

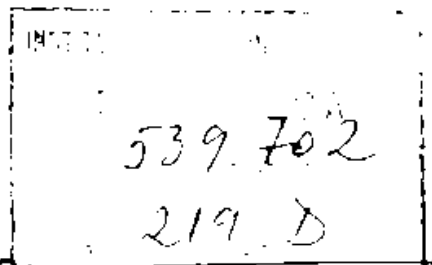
INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
TIMISOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

ing.VICTOR DOANDEȘ

CONTRIBUTII PRIVIND
DETERMINAREA RUGOZI-
TATII GALERIILOR HIDRO-
TEHNICE PRIN METODE
INDIRECTE

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC
prof. dr.ing. CORNEL JURA



TIMISOARA 1989

CAPITOLUL 1

PROBLEME ALTE CALCULULUI HIDRAULIC AL GALERIILOR HIDROTEHNICE

1.1. Implicații tehnico-economice ale rugozității galeriilor hidrotehnice.

Mișcarea apei în elementele amenajărilor hidrotehnice necesită întotdeauna o disipare a energiei mecanice generate de un potențial natural sau reprezentând parte din energia investită prin intermediul dispozitivelor tehnice. Astfel, energia consumată prin frecarea cu pereții suprafețelor de conducere a apei și prin frecarea internă în mediul fluid, trebuie considerată, sub aspectul eficienței procesului de transport, ca o pierdere de energie, deoarece energia disipată nu se poate utiliza și ea poate exprima, în funcție de condițiile de calcul 1 și 2 cu pierderea specifică de energie raportată :

1) - la unitatea de greutate de fluid, ca pierdere de energie potențială :

$$\Delta h_{12} = \frac{\alpha_1 V_1^2 - \alpha_2 V_2^2}{2g} + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + (z_1 - z_2) \quad (1)$$

2) - la unitatea de volum, ca pierdere la presiune :

$$\Delta p_{12} = \frac{\rho(\alpha_1 V_1^2 - \alpha_2 V_2^2)}{2} + (P_1 - P_2) + \rho g(z_1 - z_2) \quad (2)$$

3) - la unitatea de masă fluidă, pedanță de asemenea de densitatea fluidului :

$$\Delta E_{12} = \frac{\alpha_1 V_1^2 - \alpha_2 V_2^2}{2} + \frac{P_1 - P_2}{\rho} + g(z_1 - z_2) \quad (3)$$

Prima formă de exprimare este cea mai mult utilizată în tehnică, deoarece sugerează pierderea de sarcină specifică măsurată direct prin pierderea de sarcină redată în metri coloană de apă. Δh_{12} raportată la unitatea de lungime L a conductei sau a galeriei de transport, reprezintă panta liniei energetice $I = \Delta h/L$, respectiv raportată la unitatea de lungime a unui canal cu suprafață liberă reprezintă panta nivelului liber al apei, în ambele cazuri fiind denumită și utilizată în calcul ca pantă hidraulică, mărime adimensională.

Pierderea de energie care are loc în circuitele tehnice are adânci implicații de ordin tehnic și economico-energetic, caracterizând eficiența transportului apei cu cele mai diverse scopuri și este o mărime aleatoare, determinată la proiectare prin optimizări.

La un debit de transport dat, pierderea de energie crește odată cu creșterea vitezei, fiind proporțională cu puterea a doua a vitezei, respectiv crește odată cu sporirea caracteristicii de rugozitate. Atât creșterea secțiunii, cu scopul micșorării corespunzătoare a vitezei, cât și micșorarea rugozității conductei sau galeriei printr-o execuție îngrijită, cu aplicarea unor tehnologii prețioase sau prin căptușirea cu materiale având asperitatea cât mai redusă, favorizează însă o creștere a investiției. Funcționala de optimizare conduce la un minim al costului de exploatare sau la un minim al cheltuielilor echivalente de calcul. Pe baza acestor criterii de optimizare se stabilește secțiunea și rugozitatea cea mai rațională a elementului de transport.

Parametrul de rugozitate stabilit prin proiect trebuie efectiv realizat la execuția lucrării, în caz contrar fiind alterată funcționalitatea lucrării și ne mai fiind posibilă asigurarea, prin acțiunile preconizate, în primul rând debitul de calcul și presiunea necesară a sistemului.

Degradarea acestor parametri atrage după sine cheltuieli suplimentare, necesare pentru amenajarea de noi surse sau aducțiuni, pentru procurarea prin alte mijloace a energiei pierdute sau pentru amplificarea pompării.

Spre exemplificare, la galeriile utilizate în sistemele hidroenergetice, secțiunea galeriei și rugozitatea care trebuie asigurată prin tehnologia stabilită pentru execuție, sînt valori rezultate prin optimizare. În soluția dată prin proiect, la centrala hidroenergetică cu acumulare Rîul Mare-Retezat, cele două turbine Francis avînd fiecare puterea de 170 MW, se prevede să lucreze la vîrfului diagramei de sarcină cîte 3 pînă la 6 ore pe zi pentru a servi la acoperirea sarcinii de vîrf de 340 MW. Debitul galeriei este în regimul de lucru optimizat de $2 \times 35 = 70 \text{ m}^3/\text{s}$. Pierderea de sarcină, corespunzătoare parametrului de rugozitate $n = 0,065$ cu turnarea betonului în cofraje metalice, este la debitul nominal de 62,2 m iar la debitul maxim absorbit de turbine de $76 \text{ m}^3/\text{s}$ crește la 74,15 m. Aceasta reprezintă o pierdere de sarcină utilă, din cea de energie, în proporție de 12,6% la nivelul maxim de retenție, respectiv de 15,5% la nivelul minim de apă în acumulare (cota prizei). Dacă la același volum de apă turbinele ar funcționa o singură turbină, un număr dublu de ore pe zi

pierderea de sarcină ar fi de 18,5 m, deci randamentul hidraulic al galeriei ar crește foarte mult, rezultând pierderi de energie, între cele două limite ale nivelului apei în acumulare, de 3,15 % respectiv 3,87 %. În regimul optimizat proiectat, centrala produce la vârf o energie de mai mare valoare economică în sistemul energetic național. Dacă însă, printr-o execuție necorespunzătoare, coeficientul de rugozitate ar depăși valoarea prevăzută, pe de o parte randamentul hidraulic al amonajării ar înregistra o diminuare sensibilă iar pe de altă parte s-ar înrăutăți și randamentul energetic al turbinelor, ceea ce ar conduce la o producție mai redusă de energie, respectiv ar pretinde un consum mai mare de apă, ceea ce înseamnă de asemenea pierdere de energie cât și uzura mai intensă a agregatelor.

O galerie de deviere, un evacuator de bază sau un dispozitiv de descărcare, în cadrul unei amonajări hidroenergetice, nu poate funcționa la parametrii proiectați, dacă rugozitatea acestor elemente depășește limitele prevăzute, ceea ce ar duce la perturbări în funcționarea centralei sau uneori chiar la accidente cu urmări greu de prevăzut.

Ca alte exemple, se pot analiza condițiile de lucru ale altor categorii de galerii hidrotehnice, determinate de parametrii de rugozitate.

În cazul unei rugozități sporite, o aducțiune de apă industrială sau potabilă nu ar putea avea capacitatea de transport proiectată, fiind necesară aducțiuni suplimentare /61,97,25/, instalarea unei stații de pompare /60,58,59,98,88/, pierderile de energie specifice fiind astfel compensate prin alte cheltuieli suplimentare. De asemenea, aducțiunile de apă pentru sistemele de irigații sau orice fel de element hidrotehnic de transport ar avea de suferit din cauza nerespectării condițiilor impuse de rugozitate iar condițiile reale de exploatare nu mai corespund celor optimizate, la concepția lucrării.

Din aceste motive rezultă ca imperios necesară, din considerente de ordin tehnic cât și din condiții de ordin economic-energetic, asigurarea coeficientului de rugozitate prevăzut în proiect. Deoarece controlul condițiilor de rugozitate prin verificări directe după darea în folosință a obiectivelor, este tardivă și reabilitarea circuitelor ar pretinde întreruperi păgubitoare și cheltuieli foarte mari, posibilitatea efectuării acestor verificări pe durata execuției lucrărilor este de cea mai mare importanță. În cadrul unor cheltuieli nu mult mai reduse, se poate îmbunătăți tehnologia de execuție iar uneori se pot chiar îndrepta greșelile de proiectare, astfel fiind evitată elaborarea și aplicarea unor procedee indirecte de stabilire a

4
rugozității galeriilor hidrotehnice, așa cum se propune prin metoda elaborată în cadrul lucrării, se ridică la nivelul unor măsuri apreciable, de o deosebită însemnătate.

Deasemenea, metoda propusă pentru determinarea rugozității prin măsurători indirecte /9/ este utilă în vederea luării de măsuri în timpul exploatării care să ducă la îmbunătățirea caracteristicilor hidraulice ale galeriei hidrotehnice.

1.2. Modalități de exprimare a parametrului de rugozitate și aplicarea coeficienților de rugozitate în calculul hidraulic.

Mișcarea fluidelor reale în circuitele hidrotehnice printr-un calcul hidraulic de răspundere și cuprinzător, cu precizări certe asupra parametrilor de rugozitate.

În studiul și proiectarea conductelor cu secțiune circulară având diametrul D exprimat în metri și ca atare raza hidraulică determinată prin $R = D/4$, se aplică diferite relații de calcul în funcție de regimul de mișcare, utilizând coeficientul adimensional λ al pierderilor de sarcină liniară $h/62,20,21,52,75,41,87/$

- Relația generală Darcy-Weissbach :

$$h = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (14)$$

- în care pierderea de sarcină se obține în metri, dacă viteza medie v se exprimă în m/s, accelerația gravitațională g în m/s^2 iar diametrul și lungimea conductei exprimate în metri.

- La conducte netede în regim turbulent se aplică relația Konakov :

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2} \quad (15)$$

ca atare coeficientul λ depinde numai de viteză respectiv de numărul Reynolds.

- În zona de tranziție se aplică de preferință relația Colebrook - White.

$$\lambda = \frac{1}{\left[1,74 - 2 \lg \left(\frac{k}{D} + \frac{18,7}{Re \sqrt{\lambda}}\right)\right]^2} \quad (16)$$

- relație mai complexă indicând dependența coeficientului λ atât de viteză cât și de rugozitatea conductei, mărimea rugozității absolute k fiind introdusă în aceleași unități de măsură ca și diametrul, determinând rugozitatea relativă k/D . Pentru ușurința calculului în apli-

careea relației implicite, s-au calculat diagrame, în literatura de specialitate, spre exemplificare în /59/ pentru $k = 0,007$; $0,005, 0,01$ și $0,25$ mm.

- În zona pătratică a regimului turbulent, relația Prandtl-Nicurașe .

$$\lambda = \frac{1}{\left[2 \lg \frac{D}{k} + 1,74\right]^2} \quad (17)$$

în care apare valoarea inversă a rugozității relative, coeficientul λ depinzând numai de rugozitatea conductei. Relația se aplică cu preferință în calculul secțiunilor mari și la debite respectiv viteze mari.

Conform datelor din literatura tehnică /62, 75, 52, 31/ mărirea rugozității absolute k oscilează între limite extreme de largi, de la $0,01$ mm la $0,5$ mm, excepțional chiar mai mici la conductele cu cele mai mici asperități, $0,5$ mm la 2 mm la conductele cu asperități mai dezvoltate și ajunge la valori de 10 mm, excepțional chiar mai mari la canale periate, secțiuni ale galeriilor hidrotehnice de tencușite, în funcție de tehnologia de lucru asigurată în timpul execuției.

Neconsiderarea corectă a regimului de mișcare în calculul hidraulic poate conduce la diferențe sensibile, mai ales în condițiile conductelor cu diametre mici. Pentru exemplificare, se extrag în tabelul 1.1. valorile comparative ale coeficientului λ aplicat în calculul analitic și al pantei hidraulice I rezultate din diagramele folosite în tehnică /58/ la conducte cu diametrul $D = 1$ m, considerând în calcul coeficientul cinematic de vâscozitate $\nu = 1,131$ mm²/s și rugozitatea relativă $0,0025$.

Tabelul 1.1

Regimul	V (m/s)	Re $\times 10^5$	Regim de tranziție		Turbulența pătratică		Diferențe %	
			λ	$10^3 I$	λ	$10^3 I$	λ	I
1	0,5	382	0,017	0,21	0,018	0,22	+5,5	+4,5
2	1,2	916	0,016	1,20	0,018	1,30	+11,1	+7,7
3	3,0	2291	0,015	7,40	0,018	8,30	+16,7	+10,8

Pentru diferite regimuri de mișcare vor rezulta parametrii calculului hidraulic (tabelul 1.1)

În diagramele de calcul folosite în tehnică se consideră valori acoperitoare ale rugozității.

În domeniul vitezelor mari și îndeosebi la secțiunile mari

libate la galeriile hidrotehnice importante, diferențele devin ne-neglijabile. Practic, în calculele tehnice se ia în considerare zona pătratică a regimului turbulent.

Alegerea corectă a valorii rugozității este problema primordială în acest regim de mișcare. Calculul hidraulic al secțiunilor ci, diferite de secțiunea circulară, domeniul cel mai frecvent de aplicare și dimensionare a galeriilor hidrotehnice care lucrează în zona pătratică a regimului turbulent, elementul caracteristic este raza hidraulică R . Pentru exprimarea rugozității se utilizează în mod curent un coeficient de rugozitate n , precizat și aplicat în modele de calcul hidraulic elaborate de diferiți cercetători: Bazin, Ganguillet - Kutter, Agroskin, Pavlovski, Manning, utilizând relația generală Chézy:

$$v = C \sqrt{R \cdot I} \quad ; \quad h = \frac{v^2}{C^2 R} L \quad (1.8)$$

Coeficientul C , care exprimă influența funcției de rugozitate, este dimensional, redat ca funcție de coeficientul de rugozitate n :

1. - Relația Ganguillet - Kutter:

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{I} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (1.9)$$

- Relația Pavlovski $C = \frac{1}{n} R^y$ (1.10)

unde coeficientul y este descris printr-o relație complexă, funcție de R și n .

2. - Relația practică Manning:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = M R^{\frac{1}{6}} \quad (1.11)$$

În calculele hidraulice ale secțiunilor mari se aplică în mod obișnuit șirul de valori, în ordinea crescândă a rugozității (tabelul 1.2)

Tabelul 1.2

0,010	0,011	0,0120	0,0135	0,0169	0,025	0,034
100	90	83	74	59	40	29

Tot în calculele hidraulice ale secțiunilor mari, lucrând în zona pătratică a regimului turbulent, se aplică în tehnică și o formă de măsurare al efectului mecanic al rugozității prin alt coeficient di-

dimensional K ca în relația :

$$h = K \frac{Q^2}{D^m} L \quad (1.12)$$

cu valoarea curentă a exponentului $m = 5,33$, relația în fond derivată din formulele de tip Manning sau Pavlovski pentru secțiunile circulare.

Între diferitele moduri de exprimare a parametrului de rugozitate tehnică se pot stabili relații de echivalență. În tabelul 1. se prezintă unele valori echivalente /58/ care apropie în mod acceptabil rezultatele obținute prin aplicarea diferitelor modelități de exprimare a rugozității, între anumite limite.

Tabelul 1.3

Nr. crt.	Caracteristici de rugozitate	K	n	$M = \frac{1}{n}$	k /mm/
1	Suprafețe netede, fin prelucrate	0,00126	0,0111	90	0,05..0,1
2	Suprafețe finisate în condiții medii	0,00148	0,0120	83	0,5..2
3	Beton turnat în cofraje metalice	0,00187	0,0135	74	2...10
4	Suprafețe netenuite din beton	0,00222	0,0169	59	> 10

În determinările prin măsurători se poate utiliza orice formă de exprimare a rugozității. Esențial este ca valoarea coeficientului de rugozitate adoptat să corespundă cât mai exact posibil pierderii de sarcină efectiv înregistrate în regimul hidraulic respectiv. În cazul unor neconcordanțe a valorilor determinate în raport cu cele preconizate în proiect se pot stabili concret măsurile necesare îmbunătățirii caracteristicilor hidraulice.

1.3. Posibilități de determinare prealabilă a rugozității galeriilor hidrotehnice.

Realizarea în practică a unei galerii hidrotehnice înseamnă în final obținerea profilului proiectat al galeriei atât din punct de vedere al formei geometrice cât și din punct de vedere al caracteristicilor energetice, respectiv obținerea coeficientului de rugozitate adoptat de către proiectant. De remarcat faptul că rugozitatea pereților galeriei joacă un rol extrem de important în ceea ce privește capacitatea de transport a galeriei, respectiv eficiența e-

onomia a lucrării /83,5/. Rugozitatea este o caracteristică geometrică a pereților conductelor și albiilor în care se mișcă curcuii de fluid și este determinată de gradul de asperitate și neregularitate al suprafeței interioare /21,17,69,77,88/. Rugozitatea depinde deci de natura materialului și de modul de prelucrare (execuție a lucrării). Apare deci necesitatea determinării "in situ" a coeficientului de rugozitate, fie după darea în folosință a galeriei hidrotehnice, fie înainte de terminarea execuției.

Determinarea rugozității după terminarea execuției galeriei prezintă interes din punct de vedere al comparării parametrilor hidraulici obținuți cu cei adoptați de către proiectant și uneori servind la alegerea metodologiei de îmbunătățire a aspectului interior al galeriei prin aplicarea de toronș, glefuire, refacerea unor suprafețe degradate, etc.; metodologii ce măresc costul de execuție al galeriei în cauză. Deci, rămân în discuție metodele de determinare a rugozității în timpul execuției galeriei, putându-se lua măsuri de corectare privind schimbarea tehnologiei, natura săptugolii, etc.

Vom prezenta cîtova dintre metodele de determinare prealabilă a rugozității :

a) Metoda bazată pe determinarea supraprofilului. Supraprofilul este clasificat în normal și excesiv. Supraprofilul normal a fost definit de Colebrook /26/ ca :

$$t_n = \frac{1}{2}(D_{50} - D_1) \tag{113}$$

cu mai precis de către Wrigt /160/ :

$$t_n = \frac{A_{50} - A_1}{0,5(P_{50} + P_1)} \tag{114}$$

Supraprofilul excesiv a fost definit de către același autor astfel :

$$t_e = 0,5(D_1 - D_t) \tag{115}$$

cu :

$$t_e = \frac{(A_1 - A_t)}{0,5(P_1 + P_t)} \tag{116}$$

în care : D = diametrul unei conduite ipotetice cu aceeași rază hidraulică ca cea a galeriei considerate;

A = suprafața galeriei (secțiunea transversală);

P = perimetrul ud al galeriei ;

Tabloul 1 și 50 arată frecvența prezenței elementelor respecti-

ve iar t indică valoarea teoretică.

Definierea noțiunii de supraprofil este diferită de la autor la autor, astfel măsura supraprofilului (K) este definit și ca diferență între diametrul echivalent mediu (D_m) și diametrul echivalent nominal (D_n), astfel /50/ :

$$K = D_m - D_n = \sqrt{\frac{4}{\pi}} \left(\sqrt{A_m} - \sqrt{A_n} \right) \quad (117)$$

unde : A_m = aria medie a secțiunii transversale ;

A_n = aria nominală a secțiunii transversale ;

Supraprofilul normal este considerat a fi măsura rugozității galeriei pe cînd supraprofilul excesiv reprezintă numai diferența între secțiunea minimă excavată și secțiunea transversală teoretică și nu are influență asupra rugozității.

b) Conceptul măsurării rugozității ca variație a secțiunii transversale excavate.

Acest concept a fost definit de Rahm /85/ astfel :

$$\delta_1 = \frac{A_{99} - A_1}{A_1} \quad (118)$$

sau :

$$\delta = \frac{A_{99} - A_1}{A_1} 100\% \quad (119)$$

în care :

A_1, A_{99} reprezintă aria secțiunii transversale egală sau mai mare cu 1% respectiv 99% dintre toate secțiunile măsurate.

În feritor la acest concept testele /84/ au arătat existența unei relații sigure între variația ariei secțiunii transversale (δ) și rugozitatea relativă echivalentă ($\frac{K_s}{D_e}$) astfel că între δ și coeficientul de frecare f s-a stabilit relația :

$$f = 2,75 \cdot 10^{-3} \delta \quad (120)$$

stabilindu-se și legătura dintre δ și coeficientul lui Chezy C :

$$C^2 = 3,5 \cdot 10^5 \delta \quad (121)$$

Metode prezentate dau la posibilitatea găsirii unei valori numerice pentru rugozitatea galeriei, cu condiția ca elementele geometrice ale ariei în cauză să poată fi măsurate cu deplină precizie.

Literatură de specialitate indică mai multe metode de deter-

minare a caracteristicilor geometrice ale galeriei fără însă a fi detaliată metodologia de măsurare efectivă, astfel se pot enumera :

a) Metoda fotografică

Se fotografiază conturul secțiunii transversale a galeriei folosind repere metrice pentru determinarea scării de fotografare și un spot luminos pentru marcarea conturului secțiunii galeriei. Metoda este greoaie și de precizie mică.

b) Metoda înregistrării grafice

Există posibilitatea înregistrării pe o bandă de hirtie a rugozităților secțiunii transversale sau longitudinale a galeriei prin folosirea unui instrument original construit în Suedia [27]. Instrumentul este conceput atât pentru măsurarea diametrelor galeriei hidrotehnice cât și pentru înregistrarea rugozității galeriei fiind echipat cu un braț sensibil care urmărește suprafața porțel fie prin rotirea brațului în poziție staționară a instrumentului, fie prin tragere dealungul galeriei. Brațul este cuplat la un potențiometrul care transformă în semnale electrice mișcarea. Nu este prezentat principiul constructiv al instrumentului, se indică doar numărul de măriri al unor parametri măsurati : înălțimea principală a elementelor de rugozitate sînt cam de 2 mm iar distanța de avargament între elementele de rugozitate este în jur de 26 mm .

c) Metoda stereofotogrametrică

Examinarea tehnicilor de măsurare arată că determinarea secțiunii transversale prin intermediul coordonatelor determinate pe baza măsurărilor stereofotogrametrice este avantajoasă din punct de vedere al preciziei [72,77,10,43,37]. Se recomandă determinarea de secțiuni din 10 în 10 m dealungul galeriei studiate.

d) Metoda topografică

Presupune măsurarea directă a elementelor geometrice ale galeriei prin mijloacele topografice cunoscute. Presupune un volum mare de muncă în teren și o precizie mică a rezultatelor obținute.

În general metodele prezentate au la bază determinarea diametrelor și secțiunilor transversale ale galeriilor hidrotehnice pe baza cărora apar în literatura de specialitate o serie de relații care în final duc la determinarea coeficientului de frecare $f(\lambda)$; deci implicit la determinarea coeficientului de rugozitate.

1.4 Considerații critice asupra metodelor de determinare a rugozității galeriilor hidrotehnice.

Determinarea caracteristicii de rugozitate a galeriilor hidrotehnice pe baza datelor măsurărilor directe de supraprofil,

variația secțiunii transversale, palparea suprafeței transversale, înregistrarea grafică a formei elementelor de rugozitate, etc.; pe lângă acestea se pune preluorarea acestora în vederea obținerii caracteristicilor de rugozitate propriuzisă.

Pe lângă metodologia obosită de obținere a datelor de care se adaugă și preluorarea diferită de la autor la autor (conținutul corect de metode de măsurare aplicate la galeria uscată). Astfel, în [82] după analiza influenței dimensiunilor și a variației relative ale galeriei asupra coeficientului de frecare f propune relația:

$$f = 3,3 \cdot 10^{-3} \delta \frac{A_t^{0,5}}{(A_t + 9)^{0,5}} \tag{122}$$

și pentru pierderea de sarcină :

$$h_t = \frac{87,7 \cdot L Q^2 \delta}{A_t^2 (A_t + 9)^{0,5} (200 + \delta)^{2,5}} \tag{123}$$

obținând rezultate ce diferă față de cele obținute prin aplicarea formulilor lui Rahm [84, 85]. Aceste diferențe sînt mici pentru secțiuni medii și mari, dar pentru cazul secțiunilor transversale mici sînt considerabile.

Măsurătorile de înălțime și lățime folosite pentru determinarea rugozității relative a galeriilor au fost aranjate acordînd dimensiunilor o distribuție normală ca în metoda lui Rahm. Limita variabilei înălțimii și lățimii a fost determinată ca diferența între valoarea corespunzătoare lui 99 % și 1 % dispersie.

În toate cazurile, coeficientul de frecare este direct proporțional cu rugozitatea relativă, dar coeficientul de proporționalitate depinde de dimensiunile galeriei.

$$f = C \frac{\Delta r}{4R} + C' \tag{124}$$

în care : $\frac{\Delta r}{4R}$ = rugozitatea relativă;

- C = coeficient de proporționalitate;
- C' = constantă;
- R = raza hidraulică.

Nu a putut fi stabilită nici o relație directă între rezultatele testului și ecuația pentru curgerea rugoasă a lui Prandtl - Karman.

Reimus /86/ arată că variația coeficientului de frecare a fost diferită pentru diferite tipuri de rugozitate și orientarea lor față de direcția de curgere a apei, deși valoarea variației în secțiunea transversală δ a fost constantă. Se sugerează faptul că δ poate fi testat ca un simplu parametru și că și metoda de execuție trebuie luată în considerație. Autorul propune trei formule ca rezultat al unor studii asupra unor tuneluri din Suedia, Norvegia și Finlanda, menționându-se că aplicarea fiecărei formule este posibilă după o excavare parțială a tunelului fiind în urma măsurătorilor care trebuie efectuate se poate stabili rugozitatea suprafeței și variația secțiunii transversale pentru tehnica de execuție adoptată.

Wright /100/ arată că graficul lui $f = f(\delta_1)$ obținut prin o altă definiție a supraprofilului natural este o curbă, diferită de linia dreaptă propusă de Rahm.

Analiza datelor privind galeriile cu radierul betonat arată că coeficientul de frecare este considerabil mai mic decât valoarea calculată cu metoda comun acceptată cu aportul coeficientului de rezistență al rocii și al betonului corespunzător cu circumferința ocupată de fiecare dintre ele. Diferențele între valorile calculate și măsurate (la galeria în funcțiune) sînt de ordinul a 30 %. Relațiile prezentate de autor duc în final la aflarea dimensiunilor galeriei pentru a avea un anumit coeficient de frecare și să trebuie efectuate măsurători a secțiunii transversale a galeriei de la un interval pe care îl măsura pe o porțiune de 10 % din lungimea totală și controlul suprafeței A_{50} și δ_1 în scopul de a ajusta dimensiunile capacității proiectate dacă este necesar.

Deasemenea, Hellström /51/ arată că formula $f = 2,75 \cdot 10^{-3} \delta$ este corectă numai pentru $\delta > 17\%$ și pentru $f > 0,047$ și propune o extindere a relației rectilinii printr-o curbă atribuind valoarea minimă pentru f de 0,03 pentru galeriile cu protuberanțe de maxim 0,10 în variația ariei secțiunii transversale de 3 %. (Fig. 11)

Colebrook C.F. /26/ dă pentru secțiunile de galerie necăpturate ca folosibilă metoda Rahm adăugînd încă o formulă:

$$f_t = 0,55 \frac{t_m \cdot m^{1,5}}{(m + t_m)^{2,3}} \quad (125)$$

$$t_m = \frac{d_m - d_1}{2} \quad (126)$$

unde: m = rază hidraulică;
 t_m = supraprofilul mediu.

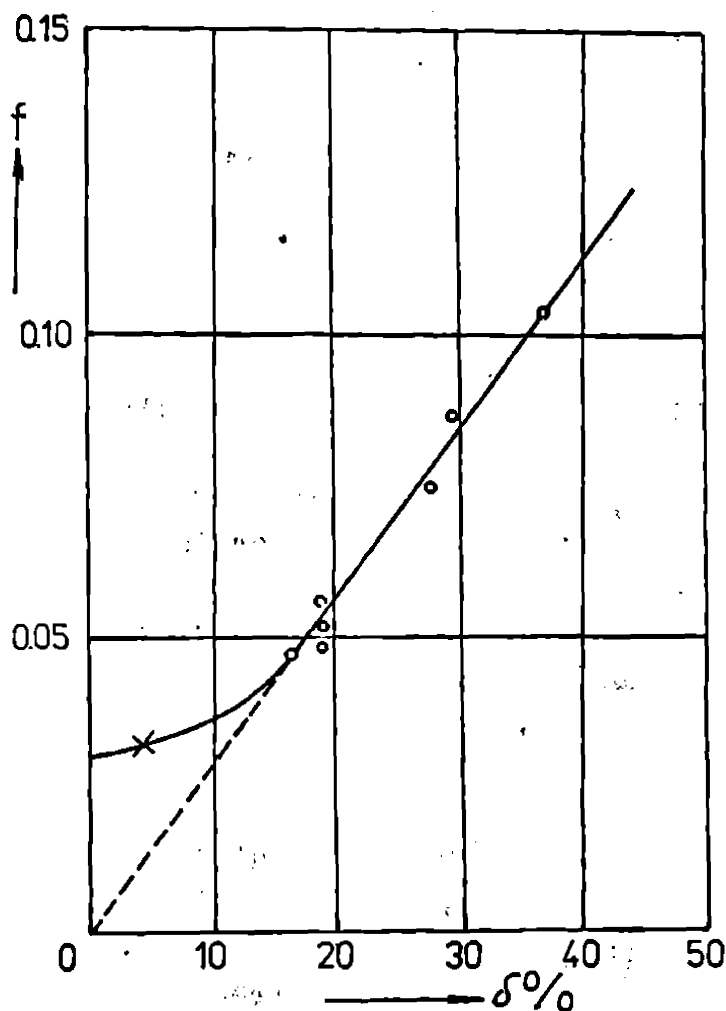


FIG. 1.1

Supraprofilul excesiv este definit ca diferența dintre diametrul minim (d_1) și diametrul teoretic, relațiile fiind valabile numai la anumite tipuri de rocă și metodă de execuție.

În urma măsurătorilor efectuate în Suedia pe baza unui program de încercări hidraulice /56/, a rezultat valoarea coeficientului lui Manning (M) pentru secțiunea transversală nominală și modifi-

$$M = \frac{Q\sqrt{L}}{AR^{2/3}\sqrt{h_i}} \quad (1.27)$$

Rezultatele obținute comparate cu cele obținute prin metoda Rahm :

$$M \cdot Re^{-0.33} = 3,5 \cdot 10^5 \delta \quad (1.28)$$

nt total diferite.

Se propune o nouă metodă pentru calculul coeficientului de scare, deasemenea bazat pe variația secțiunii transversale:

$$k = \alpha + \beta \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta A}{\sqrt{A_i}} \quad (129)$$

$$f = 0,49 \left(\frac{k}{4R} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (130)$$

care : f = coeficientul pierderilor de sarcină longitudinale;

k = rugozitatea absolută ;

ΔA = diferența între două secțiuni transversale adiacente ;

A_i = secțiunea transversală a porțiunii dintre două secțiuni adiacente măsurate ;

n = numărul de secțiuni măsurate ;

R = raza hidraulică

$\alpha = 0,15$; $\beta = 0,37$ (determinați experimental)

A rezultat că pentru tunelele cercetate k a variat de la 0,2 mm la 0,4 mm.

Se recomandă un procedeu de proiectare avînd la bază relațiile între rugozitatea relativă (r), coeficientul de frecare (f), coeficientul Manning (M) și secțiunea transversală reală.

Dacă valoarea coeficientului de frecare diferă de valoarea proiectată, secțiunea transversală poate fi ajustată la dimensiunile optime economice:

$$A_{gk} = A \left(\frac{f_0}{f} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (131)$$

unde indicele g indică valoarea corectă a coeficientului de frecare.

Diferențele severe rezultate între diferitele metode de determinare a caracteristicilor hidraulice a galeriilor hidrotehnice ilustrează dificultatea problemei.

Dispersia rezultatelor este explicată adesea ca fiind datorată erorilor de măsurare și a erorilor de măsurători sau informației inadecvate asupra adierului galeriei mai ales că adeseori radiul este exclus de la măsurători datorită faptului că este acoperit cu material excavat sau un strat de apă.

Gradul de independență a tehnicii de execuție a galeriilor hidrotehnice în diferite părți ale lumii oț și geologia locală ca-

ractoristică duce la rezultate unice specifice unei anumite țări. Se remarcă că dezvoltarea în tehnologia de execuție din același timp duce la alte caracteristici ale galeriei chiar în condiții ne schimbate de stîncă, astfel de exemplu galeriile noi din Suedia executate cu așazisă tehnică "a pușării netede" nu corespund cu formula lui Rahn bazate pe măsurători în tunele mai vechi din Suedia /26/, /27/.

A fost subliniat de către Priha /82/ că galeriile de secțiune mică ($A < 20 \text{ m}^2$) formează un grup distinct și că rugozitatea relativă a acestora este fără îndoială mai mare decât la galeriile mari și chiar a conductelor rugoase.

Fiind dată o multitudine de relații de determinare a rugozității apare ca un factor important, pentru asigurarea datelor de teren, metoda de măsurare a caracteristicilor galeriei hidrotehnice, metode care să fie ușor de aplicat și să aibă o precizie suficientă.

Astfel, măsurătorile efectuate în tunelul St.Cloud (lățimea 18 m și înălțimea 6 m) /49/ în perioada ianuarie 1972 - martie 1973 au demonstrat obținerea unei precizii superioară milimetrilor față de cea a fotoprofilurilor care dau o precizie de cîțiva centimetri. S-a folosit camera T.M.K. Zeiss ($f = 64 \text{ mm}$) punerea la scara film asigurată de etaloanele de distanță (mire de invar de 6 m și 3 m) fotografiate odată cu profilul care este definit prin niște ținte din plastic lipite pe un suport metalic și implantate în boltă (în medie 15 ținte pe profil).

Metoda stereofotogrametrii s-a folosit și la determinarea gradului de uzură a unor căi rutiere /16/ deoarece metoda nivelmentului geometric de înaltă precizie nu a dat rezultate din cauza deplasării reperilor nivelistici.

1.5. Asupra concordanței dintre valorile de proiectare și cele măsurate efectiv în cazul galeriilor hidrotehnice.

În general în literatură nu există date comparative între valoarea coeficientului de rugozitate adoptat de către proiectanți pentru un anumit tunel și valoarea reală a coeficientului de rugozitate real determinat prin măsurători în "situ". După Bieniawski /28/ există trei metode diferite de proiectare a tunelurilor: analitic, observațional și empiric.

- Metoda analitică folosește elementul finit, fotoelasticitatea, simularea analogică, etc. dificultatea metodei fiind legată de insuficiența datelor de bază.

- Metoda observațională propune măsurători și observații în

timpul execuției și precizări pe parcurs în funcție de datele geologice (exemplu : metoda australiană)

- Metoda empirică este bazată pe experiența proiectelor anterioare executate în condiții asemănătoare. Proiectarea hidraulică a galeriilor hidrotehnice este în general bazată pe experiență. În general datele de bază ale proiectantului sînt limitate și prezintă un anumit grad de incertitudine.

În urma măsurărilor hidraulice efectuate de către un colectiv al Catedrei de Construcții Hidrotehnice și Îmbunătățiri Funciare de la Facultatea de Construcții din Timișoara, colectiv din care a făcut parte și autorul tezei de doctorat, în perioada 1980-1985 au rezultat următoarele valori (tabelul 1.4) pentru galeciile date în exploatare:

Tabelul 1.4

Ord.	Amenajarea	Tipul galeriei	Coef. de rugozitate n	Anul efectuării măsurărilor	Observații
1	U.H.E Sebeș	Aducțiune principală Gildeag	0,0139	1981	
2	U.H.E Someș	Aducțiunea Mărișelul	0,0150	1981	
3	U.H.E Someș	Aducțiunea secundară Someșul Rece II	0,024	1981	
4	U.H.E Retezat	Galeria de deviere baraj	0,023	1983	
5	U.H.E Cerna-Bolareca	Galeria de deviere baraj	0,0335	1985	necaptusită
6	U.H.E Tismana	Aducțiunea principală	0,021	1983	
7	U.H.E Tismana	Galerie fugă	0,016	1983	
8	U.H.E Tismana	Aducțiune principală	0,0179	1985	
9	U.H.E Tismana	Galerie fugă	0,018	1985	
10	U.H.E Sebeș	Aducțiune Sugag	0,0173	1985	
11	U.H.E Sebeș	Galerie de fugă Nedea	0,0149	1985	
12	U.H.E Brădișor	Galerie de fugă	0,0222	1985	

În urma analizei rezultatelor obținute se pot desprinde o serie de observații :

- valorile obținute pentru coeficientul de rugozitate n la galeriile menționate în tabel depășesc cu mici excepții (Galeria de deviere Cerna-Balereca, aducțiunea de la Mărișelul, galeria de fugă barej Retezat, Galeria de fugă de la Tismana și Nedea) valorile minime recomandate de literatura de specialitate /62,52,21,83,69/. În tabelul 1.5 se prezintă un extras din recomandările de alegere a coeficientului de rugozitate după normativele sovietice /83/;

Tabelul 1.5

Caracterizarea suprafeței interioare a galeriei		$v = \frac{R^2}{R^2 + R \sqrt{R \cdot I}}$			Intervalul de valori
		R (m)	I	v (m/s)	
1.	Galerii necăptușite executate în roci stâncoase cu o prelucrare atentă a suprafețelor				0,020 - 0,025
2.	Galerii necăptușite executate în roci stâncoase fără denivelări mari și fără o prelucrare atentă a suprafețelor				0,025 - 0,035
3.	Galerii căptușite cu suprafețe netede de beton, tencuite și solivisite, rosturi bine prelucrate	0,1-5	0,1	0,5-1 1-1,5 1,5-2 2-3 3-5 5	0,0105 - 0,0120 0,0110 - 0,0120 0,0110 - 0,0125 0,0115 - 0,0130 0,0115 - 0,0130 0,0120 - 0,0130
4.	Galerii căptușite cu suprafețe de beton executate cu cofraje metalice cu o atenție prelucrare a rosturilor	0,1-5	0,11	0,3-0,6 0,6-1,2 1,2-2 2-3 3-5	0,0120 - 0,0125 0,0115 - 0,0130 0,0115 - 0,0135 0,0120 - 0,0135 0,0125 - 0,0135
5.	Galerii căptușite cu suprafețe de beton executate cu cofraje de lemn netencuite sau tencuite fără driscuială	0,1-5	0,12	0,3-0,5 0,5-0,8 > 0,8	0,0140 - 0,0165 0,0145 - 0,0165 0,0150 - 0,0165
6.	Galerii căptușite cu suprafețe de beton netencuite și negrijit executate	0,1-5	0,13	> 0,3	0,016 - 0,0170
7.	Căptușeli torcetate	0,2-4	0,13	> 0,3	0,0160 - 0,020

- în cazul aducțiunii principale de la Tismana coeficientul de rugozitate n a scăzut în urma reparațiilor efectuate în anul 1983 de la valoarea 0,021 determinată în 1983 la valoarea 0,0179 determinată în 1985, dar încă este destul de mare;

- valorile coeficienților de rugozitate determinate prin metode hidraulice reprezintă "coeficienții globali ai galeriei" și trebuie luați în considerare la evaluarea producțiilor energetice

rajărilor respective, fără a reprezenta caracteristica de rugozitate a unei anumite suprafețe de beton;

- creșterea exagerată a valorilor coeficientului de rugozitate se datorează mai multor cauze printre care mai importante ar fi rugozitatea mărită a radierului care mai ales în cazul galeriilor de fugă prezintă și sectoare cu contrapante, variații de secțiune transversală care ajung uneori la cîtiva m^2 pe secțiune, diferențe de ax longitudinal în cazul cofrajelor aluneoătoare care produc rupeuri de secțiune, precum și din cauza bavurilor rămase necurățate în cazul betonării cu cîntre și cofraje;

- în cazul galeriei de fugă de la Brădișor este de așteptat (în punerea sub presiune) la creșterea accentuată a pierderilor de sarcină deoarece volta galeriei prezintă denivelări pronunțate.

Datele existente în literatura de specialitate /26,27,34/ deși sînt pentru un număr mare de lucrări (peste 100) din întreaga lume nu sînt complete lipsind o serie de date cum ar fi: tipul de perforare, modul de execuție, tipul de căptușeală, date geologice, unele caracteristici constructive, ceea ce duce la concluzia că aceste date nu pot fi folosite pentru efectuarea unor comparații cu unele galerii hidrotehnice din țara noastră.

Tinînd cont de neconcordanța dintre valorile coeficientului de rugozitate recomandat de literatura de specialitate și coeficientul de rugozitate determinat după darea în exploatare a galeriilor hidrotehnice (tabelul 1.4), rezultă necesitatea efectuării unor măsuri în vederea determinării în "situ" a coeficientului de rugozitate încă din timpul execuției galeriei hidrotehnice.

1.6. Necesitatea și oportunitatea abordării temei. Importanța metodei propuse pentru determinarea rugozității.

Nevoia de a determina riguros parametri de funcționare a amenajărilor hidroenergetice construite la noi în țară în scopul optimizării funcționării lor pentru a obține producții sporite de energie electrică a dus la necesitatea elaborării unui program de măsurători, pentru diferite tipuri de rugozitate întilnite în cazul galeriilor hidrotehnice protejate prin suprafețe betonate, în vederea găsirii unei legături între rugozitatea fizică și hidraulică.

Oportunitatea abordării temei reiese și din prezentarea pe scurt a cîtorva concluzii interesante în legătură cu calculul hidraulic al galeriilor hidrotehnice și anume:

a) în general majoritatea lucrărilor se bazează pe teoria trecerii fluidelor în conducte introdusă de Prandtl și Von Karman avînd ca scop stabilirea unor relații între cîteva dimensiuni măsurabile

ale galeriei și rugozitatea hidraulică.

b) În alegerea parametrilor de rugozitate pe baza datelor existente în literatură va trebui să se aducă corecții pornind de la faptul că rugozitatea efectivă a materialelor, care depinde de tehnologia de execuție, să fie diferită de cea standard, în unele cazuri constatându-se majorări ale rugozității cu (20-50)% și deci trebuie efectuate măsurători experimentale de determinare a rugozității;

c) Măsurătorile efectuate, cuprind în general determinarea unor elemente geometrice (secțiuni transversale, supraprofiluri, perimetrul udat, diametre, etc.) și măsurători hidraulice care cuprind determinarea nivelelor de apă, a debitelor, viteze, temperaturi, etc.

d) Toate măsurătorile au confirmat că în galeriile hidraulice curgerea în condiții normale este în turbulență deplină și că pierderea de energie este independentă de viscozitatea fluidului și proporțională cu pătratul vitezei medii;

e) Dacă forma și dimensiunile secțiunii transversale a unei galerii variază considerabil de la o secțiune la alta, rezultând variații ale secțiunii transversale se poate alege variația secțiunii transversale ca să prezinte rugozitatea galeriei. Formula de reprezentare a fost aleasă diferit de la un autor la altul.

În măsurătorile directe efectuate la noi în țară [11] asupra galeriei de aducțiune de la Sebeș-Gilcoag și galeria de fugă de la Brădișor au scos în evidență apariția unor diferențe între secțiunea transversală proiectată și secțiunea transversală realizată de până la 20%. Dimensiunile geometrice s-au obținut prin măsurători topografice directe ceea ce implică un volum mare de lucru și o precizie relativ mică a măsurătorilor.

f) Majoritatea experiențelor au arătat existența sigură a unei relații între variația secțiunii transversale și rugozitatea echivalentă, corelațiile existente sînt diferite și depind de tehnologia de execuție a tunelurilor și de condițiile geologice. Oricum necesită metoda de posibilitatea găsirii unei valori numerice pentru rugozitatea galeriei prin măsurători directe și indirecte punându-se în practică probleme considerabile.

g) În condițiile normale întîlnite în practică, pierderea de sarcină crește odată cu creșterea mărimii supraprofilului cu toate că rezultă o secțiune mai mare.

h) Calculul hidraulic al tunelurilor se bazează pe teoria scurgerii în conducte. Aplicarea fără restricții a acestei teorii nu este întotdeauna corectă. De exemplu formula Prandtl - Karman pentru conducte rugoase

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{D}{K} + 1,14 \quad (1.32)$$

și pentru conducte netede de :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log Re \sqrt{\lambda} - 0,8 \quad (1.33)$$

presupune că distribuția vitezei în lungul conductei este constantă. Această presupunere este rareori respectată în galeriile hidrotehnice unde există variații considerabile ale secțiunii transversale a secțiunii care duc la schimbări ale vitezei curentului. Pierderea de energie este provocată nu numai de separarea curgerii turbulente pe suprafață rugoasă ci și de accelerațiile locale ale curentului și de înostinirea lui. Contribuția cantitativă a acestor factori la mărirea totală a pierderilor de energie nu este cunoscută.

Valorile rugozităților relative care există în galeriile executate prin pușcări, adesea depășesc mărirea valorilor întâlnite în experiențele pe conducte. Chiar tipul de rugozitate indicat de Morris / 72 / poate conduce la regimuri de curgere turbulentă care nu pot fi descrise de ecuația Colebrooke - White sau diagramelor lui Moody.

În prezent nu există o cale mai riguroasă pentru determinarea teoretică a coeficientului de pierdere de sarcină liniară $\lambda / 52 /$;

i) O formulă des folosită în calculul hidraulic al galeriilor hidrotehnice este formula lui Manning. Ea a fost dedusă experimental pentru curgerea cu suprafață liberă în canale dar s-a aplicat și în calculul conductelor închise.

Deoarece numărului lui Manning este presupus a fi constant pentru a anumită conductă sau independent de numărul Re, formula poate fi aplicată numai în regim de turbulență deplină a curgerii rugoase unde pierderea de sarcină este direct proporțională cu pătratul vitezei.

Unii autori privesc cu suspiciune folosirea formulei lui Manning în cazul galeriilor cu câptușeală netedă.

j) Studiile pe model ale lui Reinius au arătat că direcția de vântare în execuția galeriilor influențează mărirea pierderilor de sarcină în galeriile necâptușite.

k) Dimensiunile galeriei hidrotehnice au un rol important în determinarea parametrilor hidraulici, galeriile de secțiune mică prezentând față de galeriile de secțiune mare.

Toate aceste considerații au fost confirmate prin efectuarea măsurătorii directe asupra unor galerii executate în cadrul amenajărilor hidrotehnice existente la noi în țară (U.H.E. Tichana, U.H.E. Mureș, U.H.E. Rîul Mare, U.H.E. Someș, etc. 79, 10, 11, 55, 77)

Începând din anul 1980 în cadrul catedrei CHIF s-a inițiat un studiu privind determinarea cât mai exactă a coeficientului de rugo-

itate n pentru suprafața betonată a unei galerii hidrotehnice de apă
țară.

Ca rezultat al studiului întreprins a rezultat o metodă nouă,
bazată pe măsurători fotogrametrice, metodă prin care se stabilește
legătura dintre rugozitatea geometrică a suprafeței galeriei în cau-
ză și coeficientul de rugozitate.

Metoda în principiu constă în determinarea pe cale hidraulică
a coeficientului de rugozitate pentru cele mai întâlnite tipuri
de rugozitate și prelucrarea de cupluri de fotograme de pe aceluși
suprafețe prelucrându-se după o anumită metodologie informațiile
conținute de o stereogramă, metodologie ce are la bază un model ma-
tematic conceput în acest scop. Metoda fotogrametrică propusă a
dat rezultate bune comparativ cu metoda hidraulică folosită în mod
purent cu specificația că metoda propusă se poate aplica și înainte
te de a fi dată galeria în exploatare, adică în timpul execuției
putându-se lua măsuri corecte de atingere a parametrilor hidrau-
lici adoptați în faza de proiectare sau chiar fiind posibilă re-
proiectarea lucrării dacă se constată că prin tehnologia de exe-
cție aplicată nu se pot atinge parametri propuși. Totodată, prin ap-
licarea metodei fotogrametrice se poate cunoaște coeficientul de
rugozitate separat pentru diferitele porțiuni ale secțiunii trans-
versale ale galeriei (radier, pereți laterali sau boltă).

Metoda fotogrametrică propusă a fost aplicată atât în cazul
unor galerii date deja în exploatare cât și în cazul unor galerii
în execuție, constituind obiectul invenției "Metodă pentru deter-
minarea coeficientului de rugozitate n " al galeriilor hidroteh-
nico (Brevet nr.93847/1987).

CAPITOLUL 2

FOLOSIREA FOTOGRAMETRIEI ÎN DETERMINAREA RUGOZITĂȚII
 GALERIILOR HIDROTEHNICE. ELEMENTE FUNDAMENTALE. RECO-
 MANDARI PRIVIND APLICAREA METODEI FOTOGRAMETRICE.

2.1 Elementele fundamentale ale metodei fotogrametrice.

Fotogrametria terestră avînd posibilitatea de a imagina informații și de a permite măsurători de precizie se folosește cu succes în foarte multe domenii tehnice mai ales așa cînd mijloacele electronice automate de calcul au evoluat de așa manieră încît nu se mai pune problema prelucrării informațiilor culesse de pe stereograme.

Pentru fiecare domeniu de aplicare a fotogrametriei terestre în fiecare domeniu tehnic intervine o caracteristică a condițiilor de efectuare a măsurătorilor și totodată depinde de informațiile solicitate și precizia cerută de măsurători.

Bazele matematice ale stereogramei sînt deosebit de complexe și includ noțiuni de geometrie proiectivă și perspectivă, optică și matematică specială, etc. /44, 45, 57, 74, 79/. Din punct de vedere geometric fotograma este o perspectivă centrală, obținută cu ajutorul obiectivelor fotogrametrice și materializată prin intermediul unei pelicule fotosensibile aplicată pe un suport transparent (sticlă). Deoarece scopul temei abordate este în principal prelucrarea informațiilor culesse de pe stereograme în cele ce urmează vom prezenta pe scurt unele elemente fundamentale ale metodei fotogrametrice.

2.1.1 Relații matematice între spațiul imagine și spațiul obiect.

Presupunem un sistem spațial în O_1 în care am plasat o cameră fotografică.

Considerînd poziția unui punct $P(X_p, Y_p, Z_p)$ definit în spațiul obiect $OXYZ$ prin vectorul \vec{R} , perspectivat pe o fotogramă F în punctul $P_1^*(X', Y', Z')$ definit în spațiul imagine $O_1X'Y'Z'$ prin vectorul \vec{R}' (fig. 2.1). Dacă poziția centrului de perspectivă O_1 este precizată prin vectorul \vec{R}_0 față de sistemul obiect, relațiile matematice între cele două spații se pot exprima prin relația :

$$\vec{R} = \vec{R}_0 + \lambda A \vec{R}' \quad (2.1)$$

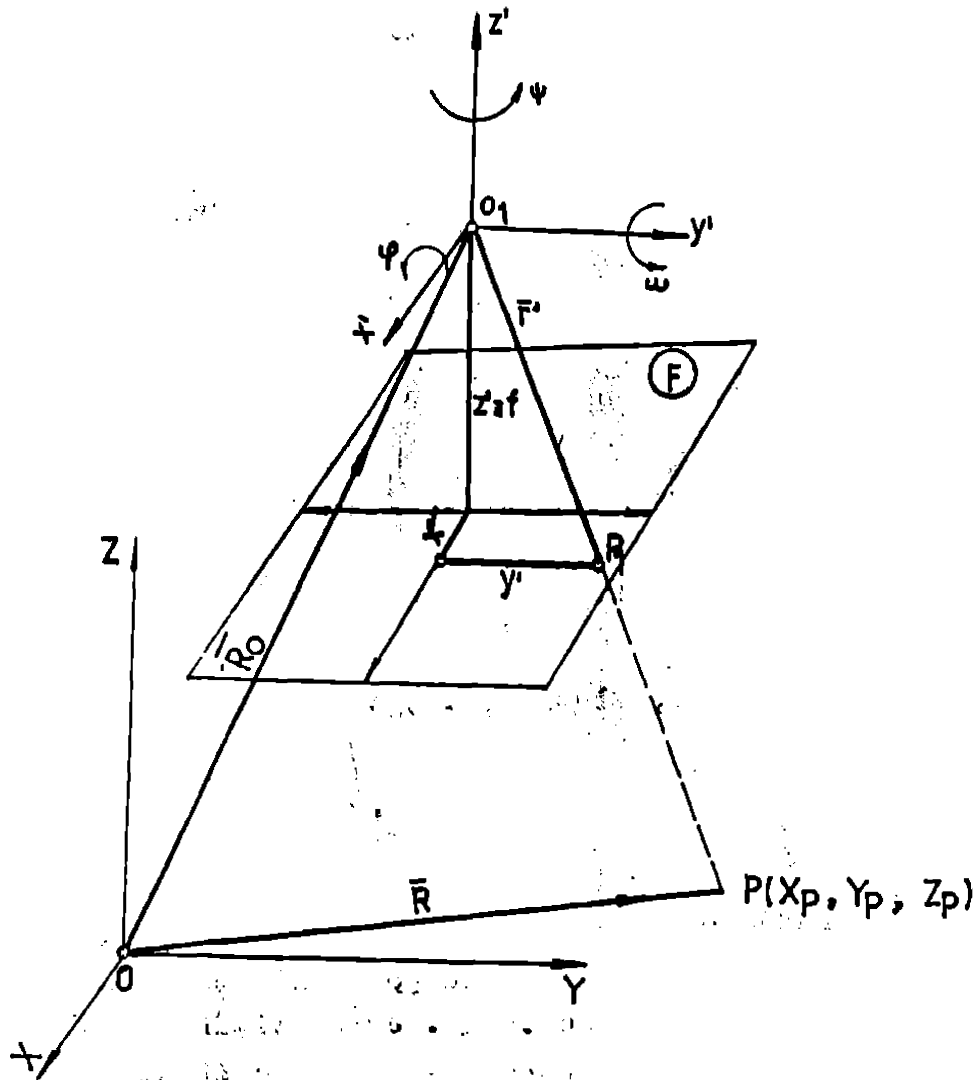


FIG. 21.

unde :

$$\bar{R} = \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix}, \quad \bar{R}_0 = \begin{pmatrix} X_{O_1} \\ Y_{O_1} \\ Z_{O_1} \end{pmatrix}, \quad \bar{r} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

λ = factorul de scară ($\overline{O_1P} / \overline{O_1P_1}$)

A = matricea de rotație a sistemului imagine într-un sistem paralel cu sistemul obiect.

Considerind că cele două sisteme au fost aduse într-o poziție corespondent-paralelă, rotind sistemul imagine succesiv cu unghiurile ψ în jurul axei O_1Z' , φ în jurul axei O_1Y' și λ în jurul axei O_1X' va rezulta matricea de rotație :

$$A = A_\omega A_\varphi A_\psi = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

care cosinusurile directe ale axelor sistemelor de coordonate 'Y'Z' se pot scrie sub forma:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \cos\varphi \cos\psi \\
 a_2 &= -\cos\varphi \sin\psi \\
 a_3 &= \sin\varphi \\
 b_1 &= \sin\omega \sin\varphi \cos\psi + \cos\omega \sin\psi \\
 b_2 &= -\sin\omega \sin\varphi \sin\psi + \cos\omega \cos\psi \\
 b_3 &= -\sin\omega \cos\varphi \\
 c_1 &= -\cos\omega \sin\varphi \cos\psi + \sin\omega \sin\psi \\
 c_2 &= \cos\omega \sin\varphi \sin\psi + \sin\omega \cos\psi \\
 c_3 &= \cos\omega \cos\varphi
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

poziția punctului P_1 în spațiul imagine transformat devine:

$$\bar{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} \tag{2.5}$$

folosind relația (2.5), relația (2.1) va putea fi scrisă sub forma:

$$\begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{O_1} \\ Y_{O_1} \\ Z_{O_1} \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \tag{2.6}$$

Poziția în spațiu a punctului P nu poate fi determinată doar pe baza relației (2.6) conține necunoscuta λ . Perspectivând punctul P simultan pe două fotograme asociate (stereogramă) cu centrul de proiecție în $O_1 (R_{O_1})$ respectiv în $O_2 (R_{O_2})$, fig.2.2) va rezulta:

$$\bar{R} = \bar{R}_{O_1} + \lambda_1 \bar{r}_1 \tag{2.7}$$

$$\bar{R} = \bar{R}_{O_2} + \lambda_2 \bar{r}_2$$

sau sub formă matricială:

$$\begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{O_1} \\ Y_{O_1} \\ Z_{O_1} \end{pmatrix} + \lambda_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \tag{2.8}$$

$$\begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{O_2} \\ Y_{O_2} \\ Z_{O_2} \end{pmatrix} + \lambda_2 \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix}$$

În ipoteza că fotogramele sînt normale se pot elimina factorii de scară:

$$\lambda_1 = \frac{Z_P - Z_{O_1}}{Z_1} ; \quad \lambda_2 = \frac{Z_P - Z_{O_2}}{Z_2} \tag{2.9}$$

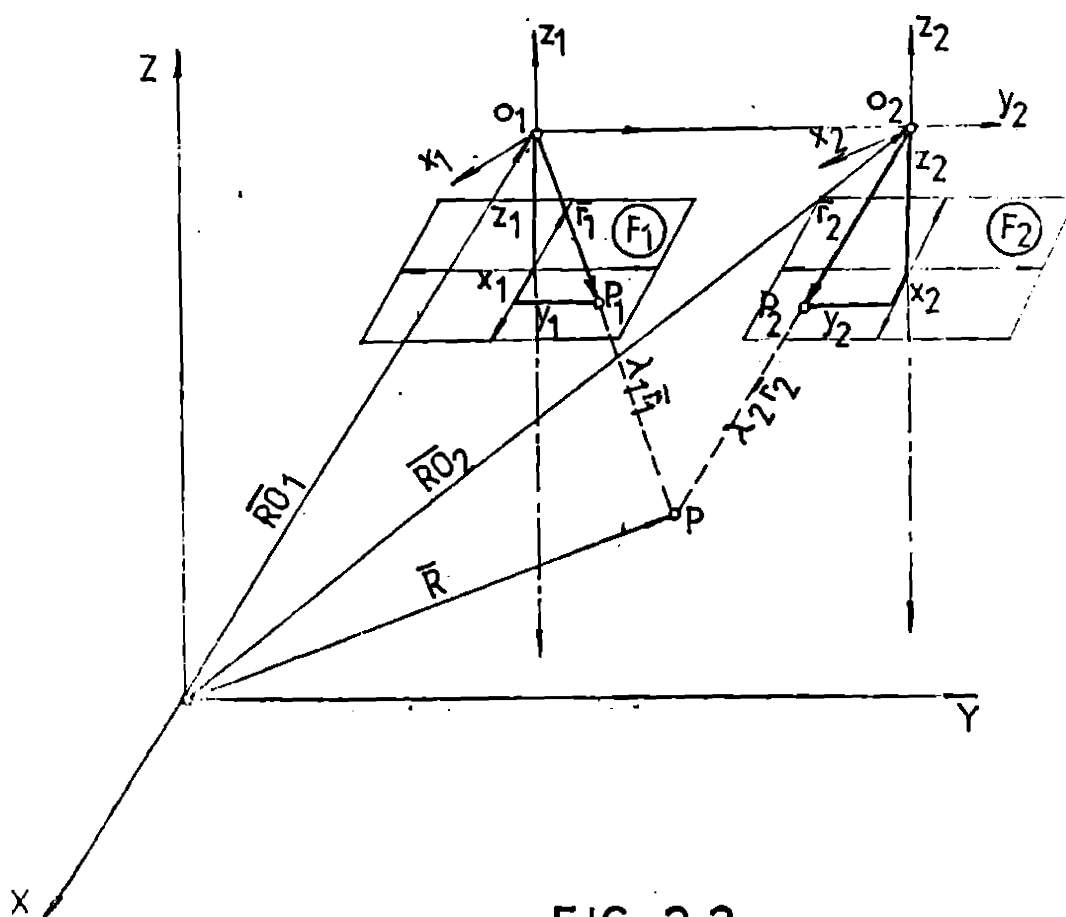


FIG. 2.2.

și înlocuind în relația (2.8) va rezulta :

$$X_P = X_{O_1} + (Z_P - Z_{O_1}) \frac{x_1}{z_1} = X_{O_2} + (Z_P - Z_{O_2}) \frac{x_2}{z_2} \quad (2.10)$$

$$Y_P = Y_{O_1} + (Z_P - Z_{O_1}) \frac{y_1}{z_1} = Y_{O_2} + (Z_P - Z_{O_2}) \frac{y_2}{z_2}$$

Prin gruparea termenilor rezultă sistemul de ecuații :

$$(Z_P - Z_{O_1}) \frac{x_1}{z_1} - (Z_P - Z_{O_2}) \frac{x_2}{z_2} = X_{O_2} - X_{O_1} = B_x \quad (2.11)$$

$$(Z_P - Z_{O_1}) \frac{y_1}{z_1} - (Z_P - Z_{O_2}) \frac{y_2}{z_2} = Y_{O_2} - Y_{O_1} = B_y$$

în care :

B_x, B_y - proiecțiile bazei de fotografiere B.

Rezolvînd sistemul de ecuații (2.11) și înlocuind în (2.10) vom rezulta relațiile ce exprimă poziția punctului $P(X_P, Y_P, Z_P)$

$$X_P = X_{O_1} + \frac{x_1}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2) \quad (2.12)$$

$$Y_P = Y_{O_1} + \frac{y_1}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2)$$

$$Z_P = Z_{O_1} + \frac{Z_1}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2) \quad (2.12)$$

sau :

$$X_P = X_{O_2} + \frac{x_2}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2)$$

$$Y_P = Y_{O_2} + \frac{y_2}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2) \quad (2.13)$$

$$Z_P = Z_{O_2} + \frac{Z_2}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2)$$

in care :

$$Z - Z_{O_1} = \frac{Z_1}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2) \quad (2.14)$$

$$Z - Z_{O_2} = \frac{Z_2}{y_1 x_2 - x_1 y_2} (B_y x_2 - B_x y_2)$$

2.1.2 Determinarea elementelor de orientare relative.

Aplicarea relațiilor (2.12) sau (2.13) asupra imaginilor
 punctelor de orientare exterioară ($X_{O_1}, Y_{O_1}, Z_{O_1}$ și $X_{O_2}, Y_{O_2}, Z_{O_2}$;
 $\omega_1, \psi_1, \varphi_1$ și $\omega_2, \psi_2, \varphi_2$). In funcție de modul de amplasare a aparaturii de
 are a fotogramelor și de complexitatea acestora elementele de orien-
 tare exterioară pot fi determinate direct prin măsurători sau prin
 reper prin determinarea poziției în spațiul obiect a cel puțin un
 te. In acest caz vom obține un sistem de 12 ecuații cu 12 necunoscute.
 Amplasarea în spațiul obiect al unor puncte și determinarea poziției
 acestora ar complica foarte mult operațiile de măsurare și în
 cauză se propune determinarea elementelor de orientare exterioară
 pe o cale mixtă : prin măsurători directe și determinări indirecte.

Eliminând din relația (2.11) pe Z_P (stergeam termenii
 care au punctele O_1 și O_2 la același nivel) se va obține ecuația cu
 12 necunoscute :

$$B_x (y_1 z_2 - y_2 z_1) - B_y (x_1 z_2 - x_2 z_1) + (Z_{O_2} - Z_{O_1}) (x_1 y_2 - x_2 y_1) = 0 \quad (2.15)$$

Pentru măsurarea rugozității alegerea sistemului de coordonate
 obiect fiind arbitrară se poate reduce numărul necunoscute.

Alegând sistemul obiect confundat cu sistemul imaginii
 unei fotografe (fig.2.3), ecuația (2.15) devine :

$$F = X_1 (y_2 - y_1 z_1) - Y_1 (x_2 - x_1 z_1) - Z_1 (x_2 y_1 - x_1 y_2) = 0 \quad (2.16)$$

in care :

$$X_{O_1} = Y_{O_1} = Z_{O_1} = 0$$

$$A_1 = E = P_1 \quad x_1 = X_1 \quad y_1 = Y_1 \quad z_1 = Z_1$$

$$X_{O_2} = X_0 \quad Y_{O_2} = Y_0 \quad Z_{O_2} = Z_0$$

$$\omega_2 = \omega \quad \psi_2 = \psi \quad \varphi_2 = \varphi$$

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = A_2 \begin{pmatrix} x_2' \\ y_2' \\ z_2' \end{pmatrix} \quad (2.17)$$

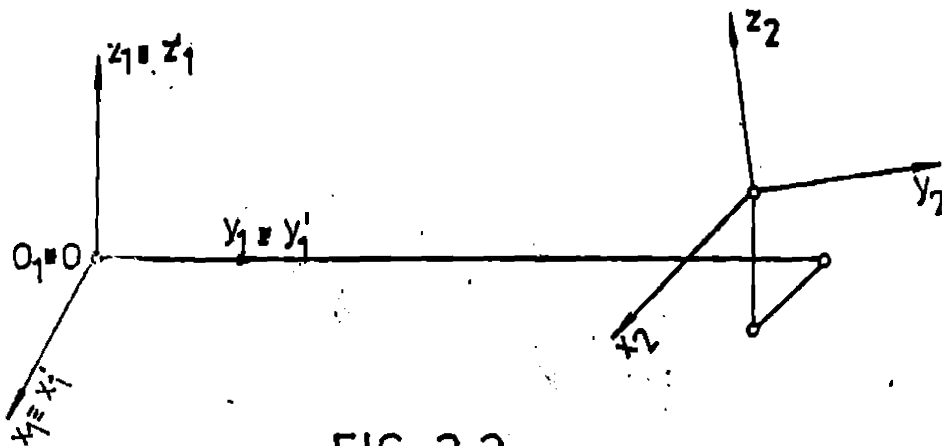


FIG. 2.3.

Dacă se cunosc valorile aproximative ale necunoscutelor x_0^* , y_0^* , z_0^* , φ^* , ω^* , ψ^* astfel ca:

$$\begin{aligned} X_0 &= X_0^* + \delta X_0 & \omega &= \omega^* + \delta\omega \\ Y_0 &= Y_0^* + \delta Y_0 & \varphi &= \varphi^* + \delta\varphi \\ Z_0 &= Z_0^* + \delta Z_0 & \psi &= \psi^* + \delta\psi \end{aligned} \quad (2.18)$$

relația (2.16) se poate pune sub forma :

$$\begin{aligned} F &= F^* + \frac{\partial F}{\partial X_0} \delta X_0 + \frac{\partial F}{\partial Y_0} \delta Y_0 + \frac{\partial F}{\partial Z_0} \delta Z_0 + \frac{\partial F}{\partial \omega} \delta\omega + \\ &+ \frac{\partial F}{\partial \varphi} \delta\varphi + \frac{\partial F}{\partial \psi} \delta\psi = 0 \end{aligned} \quad (2.19)$$

sau

$$\alpha_1 \delta X + \alpha_2 \delta Y + \alpha_3 \delta Z + \alpha_4 \delta \omega + \alpha_5 \delta \varphi + \alpha_6 \delta \psi + F = 0 \quad (2.20)$$

în care

$$\begin{aligned} A_2 &= A_2^* \\ \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} &= A_2 \begin{pmatrix} x_2' \\ y_2' \\ z_2' \end{pmatrix} \\ \alpha_1 &= \frac{\partial F}{\partial X_0} & \alpha_3 &= \frac{\partial F}{\partial Z_0} & \alpha_5 &= \frac{\partial F}{\partial \varphi} \\ \alpha_2 &= \frac{\partial F}{\partial Y_0} & \alpha_4 &= \frac{\partial F}{\partial \omega} & \alpha_6 &= \frac{\partial F}{\partial \psi} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Calculând derivatele parțiale ale funcției F în raport cu fiecare element al funcției vor rezulta valorile coeficienților $\alpha_1, \dots, \alpha_6$
 $\alpha_1 = y_1 z_2 - y_2 z_1$; $\alpha_2 = x_2 z_1 - x_1 z_2$; $\alpha_3 = x_1 y_2 - x_2 y_1$

$$\alpha_4 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} \cdot \frac{\partial F}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial F}{\partial z_2} \right) \frac{\partial A}{\partial \omega} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} ; \alpha_5 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} \cdot \frac{\partial F}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial F}{\partial z_2} \right) \frac{\partial A}{\partial \varphi} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \quad (2.22)$$

$$\alpha_6 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} \cdot \frac{\partial F}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial F}{\partial z_2} \right) \frac{\partial A}{\partial \psi} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix}$$

în care :

$$\frac{\partial F}{\partial x_2} = y_0 z_1 - z_0 x_1$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_2} = z_0 x_1 - x_0 z_1 \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial F}{\partial z_2} = x_0 y_1 - y_0 x_1$$

$$\frac{\partial A}{\partial \omega} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \cos \omega \sin \varphi \cos \psi - \sin \omega \sin \psi & -\cos \omega \sin \varphi \sin \psi - \sin \omega \cos \psi & -\cos \omega \cos \varphi \\ \sin \omega \sin \varphi \cos \psi + \cos \omega \sin \psi & -\sin \omega \sin \varphi \sin \psi + \cos \omega \cos \psi & -\sin \omega \sin \varphi \end{pmatrix} \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial A}{\partial \varphi} = \begin{pmatrix} -\sin \varphi \cos \psi & \sin \varphi \sin \psi & \cos \varphi \\ -\sin \omega \cos \omega \cos \psi & -\sin \omega \cos \varphi \sin \psi & 0 \\ -\cos \omega \cos \varphi \cos \psi & \cos \omega \cos \varphi \sin \psi & \cos \omega \sin \varphi \end{pmatrix} \quad (2.25)$$

$$\frac{\partial A}{\partial \psi} = \begin{pmatrix} -\cos \varphi \sin \psi & -\cos \varphi \cos \psi & 0 \\ -\sin \omega \sin \varphi \sin \psi + \cos \omega \cos \psi & -\sin \omega \sin \varphi \cos \psi - \cos \omega \sin \psi & 0 \\ \cos \omega \sin \varphi \sin \psi + \sin \omega \cos \psi & \cos \omega \sin \varphi \cos \psi - \sin \omega \sin \psi & 0 \end{pmatrix} \quad (2.26)$$

În funcție de pretențiile de precizie se poate adopta unul din următoarele modele de calcul :

a) modelul determinist :

- se măsoară pe o stereogramă coordonatele imaginii pentru 6 puncte $(x_{1,1}, y_{1,1}, z_{1,1}; x_{2,1}, y_{2,1}, z_{2,1})$;
- în funcție de modul de preluare a stereogramelor se aleg valorile aproximative ale necunoscutelor : $x_0^*, y_0^*, z_0^*, \omega^*, \varphi^*, \psi^*$;
- se determină elementele matricii de rotație A^* (2.3 ; 2.4) și

coordonatele transformate $\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_2' \\ y_2' \\ z_2' \end{pmatrix}$

- se determină F_1^* (2.16) ;
- se calculează coeficienții α_1 (2.21; 2.22; 2.24; 2.25; 2.26)
- se rezolvă sistemul de ecuații :

$$\alpha_{11} \delta X_0 + \alpha_{21} \delta Y_0 + \alpha_{31} \delta Z_0 + \alpha_{41} \delta \omega + \alpha_{51} \delta \varphi + \alpha_{61} \delta \psi + F_1^* = 0$$

Coeficienții sistemului fiind dependenți de necunoscute se recomandă rezolvarea iterativă introducând pentru valorile necunoscutele într-o etapă valorile rezultate din etapa precedentă.

b) modelul stohastic :

- se măsoară coordonatele imagine pentru un număr de n puncte ($n > 6$);
- se aleg valorile inițiale ale necunoscutele ;
- se determină elementele matricii de rotație a coordonatelor transformate pentru cea de a doua fotografie;
- se calculează valorile F_1^* ;
- se calculează coeficienții α_1 ;
- se formează sistemul de ecuații al erorilor ;

$$V_i = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} & \dots & \alpha_{61} \\ \alpha_{12} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{62} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{1n} & \alpha_{2n} & \dots & \alpha_{6n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta X_0 \\ \delta Y_0 \\ \delta Z_0 \\ \delta \omega \\ \delta \varphi \\ \delta \psi \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{pmatrix} = \alpha \delta + F \quad (2.27)$$

- punind condiția $\sum_{i=1}^n v_i^2 = \min$, rezultă sistemul de ecuații necunoscute $\alpha^T \alpha \delta + \alpha^T F = 0$

- rezolvarea sistemului de ecuații normale se va face prin metoda iterativă.

2.2 Principalele scheme utilizate pentru preluarea fotografiilor la determinarea rugozității galeriilor hidroenergetice.

În practică, pentru preluarea fotografiilor necesare rezolvării temei propuse s-a aplicat cazul normal al fotogrametriei terestre și anume baza fotogrametrică (B) a fost dispusă orizontal iar axele de fotografiere ale camerelor fotogrametrice au fost plimbate perpendicular pe baza de fotografiere. Axele de fotografiere funcție de mărimea suprafeței de perspectivă (suprafețe verticale înalte) au fost situate într-un plan orizontal sau inclinat cu un anumit unghi vertical dar păstrându-se perpendiculara pe baza fotogrametrică.

În funcție de aparatul fotogrametric disponibil și de natura suprafeței de perspectivă se pot utiliza următoarele sisteme de preluare :

2.2.1 Sistemul de suspensie dublu cu baza orizontală fixă (fig.2.4).

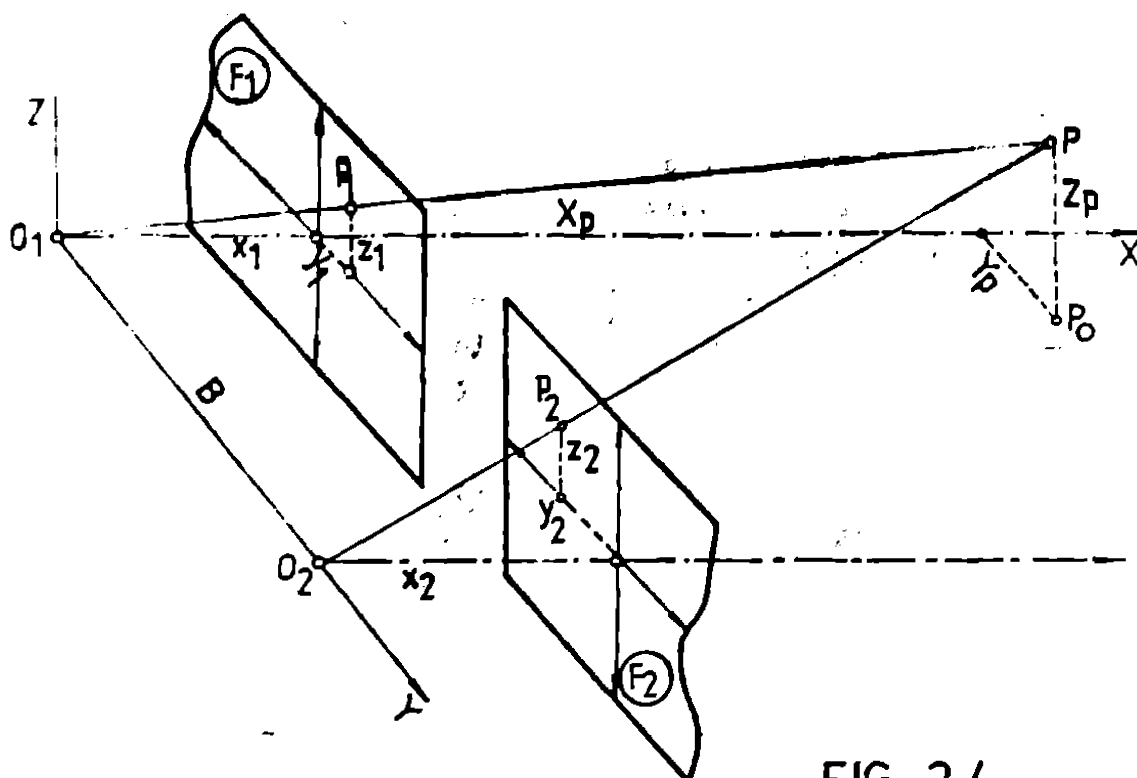


FIG. 2.4.

Acest sistem este un sistem standard caracterizat prin următorii parametri :

$$X_0 = 0 ; Y_0 = B = (320 \text{ mm} ; 580 \text{ mm}, 840 \text{ mm})$$

$$Z_0 = 0 ; \varphi = \omega = \psi = 0 ; x_1 = -f_1 ; x_2 = +f_2$$

f_1, f_2 = distanța focală a camerelor fotogrametrice folosite
($f_1 \neq f_2$)

Proiecția punctului P în spațiul obiect, ținând cont de fig.2.4 și fiind relația (2.12) adaptată noului sistem va fi definită ca:

$$\begin{aligned} X_p &= \frac{f_1 z_2}{y_1 z_2 - y_2 z_1} B \\ Y_p &= \frac{y_1 z_2}{y_1 z_2 - y_2 z_1} B \\ Z_p &= \frac{z_1 z_2}{y_1 z_2 - y_2 z_1} B \end{aligned} \quad (2.28)$$

timişoara este înzestrat cu două camere UMK 10/13 . 18 care au în distanţele focale diferite ($f_1 = 99,16$ mm şi $f_2 = 98,92$ mm). Din acest motiv pentru utilizarea relaţiilor (2.28) s-au introdus unele modificări pornind de la relaţiile (2.1) în care $A = E$ ($E =$ matricea cea unitate) rezultând :

$$\bar{r}_1 = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda_1} \begin{pmatrix} X_P - X_{01} \\ Y_P - Y_{01} \\ Z_P - Z_{01} \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda_1} \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} \quad (2.29)$$

din care rezultă :

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{X_1}{X_P} = \frac{Y_1}{Y_P} = \frac{Z_1}{Z_P} \quad (2.30)$$

unde :

$$\begin{aligned} X_1 &= f_1 \frac{X_P}{Z_P} \\ Y_1 &= \frac{f_1}{X} Y_P \\ Z_1 &= \frac{f_1}{X} Z_P \end{aligned} \quad (2.31)$$

şi

$$\bar{r}_2 = \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda_2} \begin{pmatrix} X_P - X_{02} \\ Y_P - Y_{02} \\ Z_P - Z_{02} \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda_2} \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P - Y_{02} \\ Z_P \end{pmatrix} \quad (2.32)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = \frac{X_2}{X_P} = \frac{Y_2}{Y_P - Y_{02}} = \frac{Z_2}{Z_P} \quad (2.34)$$

unde

$$\begin{aligned} X_2 &= f_2 = f_1 - pf \\ Y_2 &= \frac{f_2}{X_P} (Y_P - Y_{02}) = \frac{f_1 - pf}{X_P} (Y_P - Y_{02}) = \frac{f}{X_P} Y_P - p \\ Z_2 &= \frac{f_2}{X_P} Z_P = \frac{f_1 - pf}{X_P} Z_P = \frac{f_1}{X_P} Z_P - p_z \end{aligned} \quad (2.35)$$

La stereocomparator se vor măsura elementele y_1 , p_y , z_1 şi p_z .

p_y , p_z = paralaxe

$$\begin{aligned} p_y &= y_1 - y_2 & p_z &= z_1 - z_2 \\ p_y &= z_1 - z_2 & p_z &= y_1 - y_2 \end{aligned} \quad (2.36)$$

şi introducînd formal notaţia :

$$f_2 = f_1 - \Delta f \quad (2.37)$$

relaţiile (2.28) pot fi sub forma :

$$\begin{aligned} X_P &= \frac{f_1 B (z_1 - p_z)}{p_y z_1 - y_1 p_z} \\ Y_P &= \frac{y_1 B (z_1 - p_z)}{p_y z_1 - y_1 p_z} \end{aligned} \quad (2.38)$$

$$Z_P = \frac{z_1 B (z_1 - p_z)}{p_y z_1 - y_1 p_z} \quad (2.38)$$

în care :

B = baza de fotografiere , f_1 = distanța focală .

2.2.2 Sistemul de orientare individuală.

Se obține prin instalarea camerei pe o suspenție de orientare care la rândul ei se fixează succesiv pe unul din cele două puncte de preluare a imaginii ($f_1 = f_2 = f$), fig.2.4. Distanța între cele două puncte de preluare este funcție de mărimea suprafeței de pompedivat. Și în acest caz se va tinde spre o stereogramă normală ($\omega = \psi = 0$). Instalarea celor două trepiede la același nivel este practic foarte greu de realizat, sistemul caracterizându-se prin următorii parametrii : $Y_{01} = Z_{01} = 0$; $Y_{02} = B$; $Z_{02} = Z_0$; $X_{02} = 0$

Pentru a fi dată poziția punctului P în spațiul obiect va fi dată de relațiile :

$$\begin{aligned} X_P &= \frac{x_1}{y_1 z_2 - y_2 z_1} (B z_2 - Z_0 y_2) \\ Y_P &= \frac{y_1}{y_1 z_2 - y_2 z_1} (B z_2 - Z_0 y_2) \\ Z_P &= \frac{z_1}{y_1 z_2 - y_2 z_1} (B z_2 - Z_0 y_2) \end{aligned} \quad (2.39)$$

Folosind aceeași cameră pentru ambele fotograme ($x_1 = x_2 = 0$) relațiile (2.29...2.35) vor lua forma :

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{f}{X_P} = \frac{y_1}{Y_P} = \frac{z_1}{Z_P} \quad (2.40)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = \frac{f}{X_P} = \frac{y_1}{Y_P + B} = \frac{z_1}{Z_P - Z_0} \quad (2.41)$$

În cazul în care :

$$\begin{aligned} x_1 &= f \\ y_1 &= \frac{f}{X_P} Y_P \\ z_1 &= \frac{f}{X_P} Z_P \\ x_2 &= f \end{aligned} \quad (2.42)$$

$$y_2 = \frac{f}{X_P} (Y_P - B) = y_1 - \frac{f}{X_P} B = y_1 - B_y$$

$$z_2 = \frac{f}{X_P} (Z_P - Z_0) = z_1 - \frac{f}{X_P} Z_0 = z_1 - P_z$$

Înlocuind relațiile (2.42) în (2.39) va rezulta poziția în spațiul obiect a punctului P ținând cont că la stereocompararea următoare elementele (y_1, B_1, p_y, p_z) :

$$\begin{aligned} X_p &= \frac{f}{-y_1 p_z + z_1 p_y} [B(z_1 - p_z) - Z(y_1 - p_y)] \\ Y_p &= \frac{y_1}{z_1 p_y - y_1 p_z} [B(z_1 - p_z) - Z(y_1 - p_y)] \\ Z_p &= \frac{z_1}{z_1 p_y - y_1 p_z} [B(z_1 - p_z) - Z(y_1 - p_y)] \end{aligned} \quad (2.43)$$

2.2.3 Sistemul de suspensie dublu vertical.

Se utilizează când suprafețele de perspectivă sînt aproximativ horizontale (fig.2.2). Parametric acest sistem se caracterizează prin :

$$\begin{aligned} X_{o1} = Y_{o1} = Z_{o1} = 0 ; X_{o2} = 0 ; Y_{o2} = Y_0 = B ; Z_{o2} = Z_0 ; \omega = 0 ; \varphi_0 = \psi \\ B_1 = -f_1 ; B_2 = -f_2 \end{aligned}$$

Pentru determinarea rotației ψ și a componentei Z_0 se folosește procedura generală prezentată în paragraful 2.1.2.

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x'_2 \\ y'_2 \\ z'_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \psi & 0 \\ -\psi & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 - p_x \\ y_1 - p_y \\ -f_2 \end{pmatrix} \quad (2.44)$$

Prin prelucrări și înlocuiri succesive vor rezulta relațiile ce definesc poziția punctelor în spațiul obiect :

$$\begin{aligned} X_p &= \frac{x_1}{C_1} C_2 \\ Y_p &= \frac{y_1}{C_1} C_2 \\ Z_p &= \frac{f_1}{C_1} C_2 \end{aligned} \quad (2.45)$$

în care :

$$\begin{aligned} C_1 &= y_1 f_2 - (x_1 - p_x) \psi f_1 - (y_1 - p_y) f_1 \\ C_2 &= B f_2 - Z_0 [-(x_1 - p_x) \psi + (y_1 - p_y)] \end{aligned} \quad (2.46)$$

2.3. Precizia metodei .

Precizia metodei fotogrametrice depinde de precizia cu care au fost determinate elementele exterioare $(\omega, \varphi, \psi, X_0, Y_0, Z_0)$, precizia cu care au fost măsurate coordonatele în spațiul imaginii

(x_1, y_1, z_1, p_1) și de poziția sistemului de preluare a fotografiilor lor.

Pentru a ne putea forma o înțelegere asupra preciziei ce se poate obține, se consideră cazul sistemului 2.2.1 simplificat când $x_1 = x_2 = f$. În acest caz relațiile (2.38) se vor scrie sub formă:

$$\begin{aligned} X_p &= \frac{f \cdot B}{p} \\ Y_p &= \frac{y \cdot B}{p} \\ Z_p &= \frac{z \cdot B}{p} \end{aligned} \tag{2.47}$$

Relațiile (2.47) reprezintă cea mai simplă legătură între spațiul imagine și spațiul obiect și sînt valabile numai în cazul stereogrammei normale cu condiția ca $O \approx O_1$ și sistemul imagine să coincidă cu sistemul obiect.

Presupunind că toate punctele suprafeței au fost perspectivizate de pe o singură stereogramă (fig.2.5) vom avea :

$$\begin{aligned} \Delta R &= X_{P1} - X_{PR} \\ \Delta R &= \frac{fB}{p_{y1}} - \frac{fB}{p_{yR}} = fB \left(\frac{1}{p_{y1}} - \frac{1}{p_{yR}} \right) \end{aligned} \tag{2.48}$$

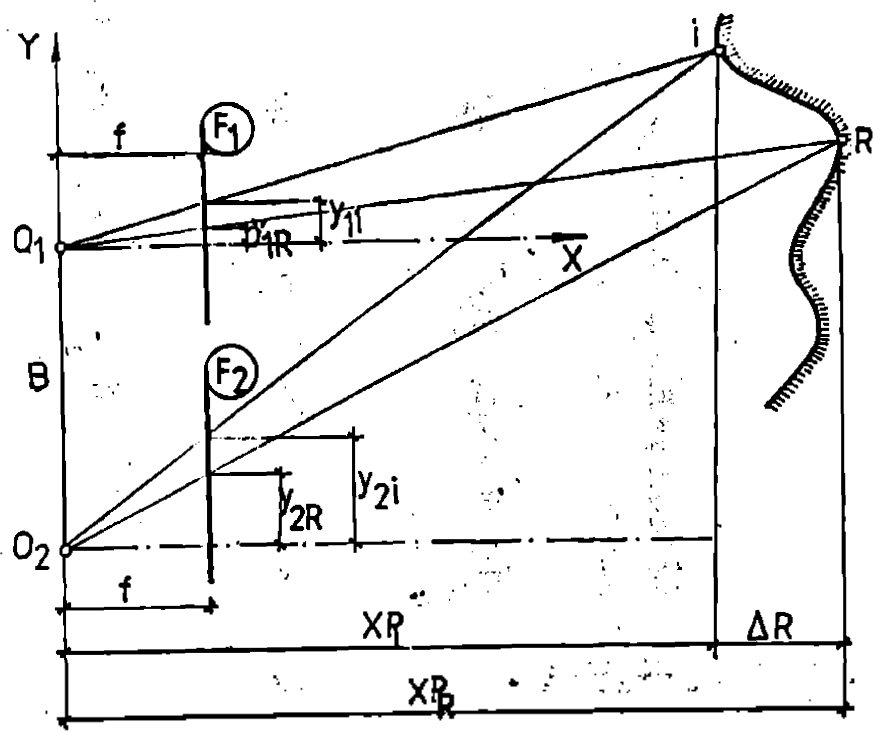


FIG. 2.5.

Toți parametrii din relația (2.46) sînt determinați prin surători directe.

Aplicînd legea de propagare a erorilor accidentale vom avea:

$$E_{\Delta R}^2 = \left(\frac{\partial \Delta R}{\partial f}\right)^2 e_f^2 + \left(\frac{\partial \Delta R}{\partial B}\right)^2 e_B^2 + \left(\frac{\partial \Delta R}{\partial p_{yR}}\right)^2 e_{p_{yR}}^2 + \left(\frac{\partial \Delta R}{\partial X_{PR}}\right)^2 e_{X_{PR}}^2 \quad (2.49)$$

$$E_{\Delta R}^2 = \left(\frac{\Delta R}{f}\right)^2 e_f^2 + \left(\frac{\Delta R}{B}\right)^2 e_B^2 + \left(\frac{X_{PR}}{B \cdot f}\right)^2 e_{p_{yR}}^2 + \left(\frac{X_{PR}}{B \cdot f}\right)^2 e_{X_{PR}}^2 \quad (2.50)$$

dar $e_{p_{yR}} = e_{p_{yR}}$

și deci :

$$E_{\Delta R}^2 = \left(\frac{\Delta R}{f}\right)^2 e_f^2 + \left(\frac{\Delta R}{B}\right)^2 e_B^2 + 2 \left(\frac{X_{PR}}{B \cdot f}\right)^2 e_p^2 \quad (2.51)$$

Folosind camera fotogrametrică de tipul UMK 10/13 . 18 și stereocomparatorul STEKO 18 . 18 ale căror caracteristici tehnice sînt următoarele :

$$f = (100 \pm 0,005) \text{ mm} ; e_f = \pm 0,005 \text{ mm}$$

$$p = (0 - 60) \text{ mm} \pm 0,002 \text{ mm} ; e_p = \pm 0,002 \text{ mm}$$

$$e_B = \pm (0,1 - 1) \text{ mm} ; e_B = \pm 1 \text{ mm}$$

rezultă pentru $B = 1000 \text{ mm}$; $p_y = 50 \text{ mm}$, $X_p = 2000 \text{ mm}$; $\Delta R = 10$ aplicînd relația (2.51), valoarea : $E_{\Delta R} = \pm 0,12 \text{ mm}$, ceea ce face obiectul cerințele problemei tehnice propuse.

2.4. Baza materială folosită, Metodologia de preluare și exploatare a fotogramelor.

În fotogrametria terestră fotografierea se execută din puncte de stație fixe, în condițiile cunoașterii elementelor de orientare a fotogramelor. În cazul tematicii propuse în lucrare, punctele de stație nu se marchează decât în cazuri izolate, distanța dintre cele două stații stabilindu-se funcție de distanța pînă la suprafața de perspectivă și între anumite limite dictate de aparatul folosit la preluarea fotogramelor /105/. În rezolvarea tematicii propuse s-a adoptat principiul stereogrammei normale cu axe de fotografiere perpendiculare pe baza fotogrametrică (păstrată orizontală) sau cu axe de fotografiere înclinate în plan vertical cu unghi vertical cunoscut /105/.

În general metodologia de preluare și prelucrare numerică a fotogramelor se poate încadra în următoarea schemă :

2.4.1 Operații de teren.

În funcție de posibilitatea de acces în galerie se vor realiza :

/40,100,49,84/ există indicații în ceea ce privește măsurarea abaterilor secțiunii excavate sau determinarea supraprofilului, în vederea determinării caracteristicii de rugozitate, indicații ce s-au folosit și în cazul metodei aplicate de noi. Se pot prelua fotografii din 20 în 20 m dealungul galeriei, numărul de secțiuni luate în studiu fiind funcție de aspectul general al suprafeței studiate.

În general, aspectul suprafețelor galeriilor hidrotehnice studiate de noi nu a prezentat abateri mari de la aspectul general, imaginea înregistrată pe fotogramă caracterizând aspectul general al suprafeței în cauză. S-a acordat o importanță deosebită verificării aparatului folosit și condițiilor de transport a acestuia.

2.4.1.1 Aparatura folosită la preluarea fotogramelor.

Laboratorul de Topografie al Facultății de Construcții din Timișoara este înzestrat cu camere fotogrametrice fabricate de firma Zeiss - Jena (RDG) de tipul UMK 16/13 .18.

Camerele fotogrametrice sînt înzestrate cu sistem individual de orientare.

Sistemul de preluare (paragraful 2.2) a depins de poziția în spațiu a suprafeței studiate și de posibilitățile de transport.

Astfel, pentru studiul canalului dreptunghiular cu pantă variabilă folosit pentru studierea celor mai frecvente rugozități, s-a folosit sistemul de preluare cu suspensie verticală, iar la preluarea fotogramelor în unele galerii hidrotehnice date în exploatare sau în faza de execuție, s-au folosit celelalte două sisteme, funcție de posibilitățile de transport. Se recomandă folosirea sistemului de suspensie dublu cu baza orizontală fixă, în acest caz nemăpunîndu-se problema preciziei de măsurare a bazei de fotografiere.

2.4.1.2 Considerații privind baza de fotografiere.

Alegerea locului de amplasare a bazei fotogrametrice /44,74, 78/ este condiționată de satisfacerea unor condiții tehnice generale:

- baza fotogrametrică se va amplasa paralel cu direcția generală a obiectului de măsurat, în cazul nostru paralelă cu axul galeriei;
- depărtarea bazei de obiectul de măsurat (suprafața) se alege în funcție de materialul fotosensibil folosit, de condițiile de vizibilitate, de parametrii tehnici ai aparatului folosit, etc.

Depărtarea față de suprafața perspectivată a fost pînă la
între limitele 1,4 m la 1,6 m;

- lungimea bazei /44,67/ se alege în raport cu depărtarea
față de obiectul măsurat (suprafața) astfel ca să se obțină o bună
precizie de măsurare.

Apelînd la relațiile (2.47) ce reprezintă legătura dintre
spațiul imagine și spațiul obiect în cazul stereogramei normale
aplicînd legea de propagare a erorilor accidentale rezultă:

$$\begin{aligned} e_x^2 &= \left(\frac{\partial X_i}{\partial B}\right)^2 e_B^2 + \left(\frac{\partial X_i}{\partial p_y}\right)^2 e_{p_y}^2 + \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_i}\right)^2 e_{x_i}^2 \\ e_y^2 &= \left(\frac{\partial Y_i}{\partial B}\right)^2 e_B^2 + \left(\frac{\partial Y_i}{\partial p_y}\right)^2 e_{p_y}^2 + \left(\frac{\partial Y_i}{\partial y_i}\right)^2 e_{y_i}^2 \\ e_z^2 &= \left(\frac{\partial Z_i}{\partial B}\right)^2 e_B^2 + \left(\frac{\partial Z_i}{\partial p_y}\right)^2 e_{p_y}^2 + \left(\frac{\partial Z_i}{\partial y_i}\right)^2 e_{z_i}^2 \end{aligned} \quad (2.52)$$

Presupunînd elementele măsurate la stereocomparatorul
18.18 putem aprecia erorile la valorile medii:

$$e_B = \pm 1 \text{ mm} ; e_{p_y} = \pm 0,002 \text{ mm} ; e_{x_1} = e_{y_1} = e_{z_1} = \pm 0,02$$

analiza relațiilor (2.52) rezultă că precizia determinării
reducerea valorilor coeficienților diferențiali la valoarea
mă posibilă /35/.

$$\frac{B_{\max}}{p_{y_1}} = \frac{X_{i \min}}{f} \quad (2.53)$$

Pentru camera UMK 10/13 . 18 ($f = 100 \text{ mm} = \text{const. } X_{i \min}$
1,4 m, $p_{y \max} = 75 \text{ mm}$) va rezulta:

$$B_{\max} = 980 \text{ mm}$$

În aceste condiții spațiul maxim (fig.2.6) perspectivată
o stereogramă va fi :

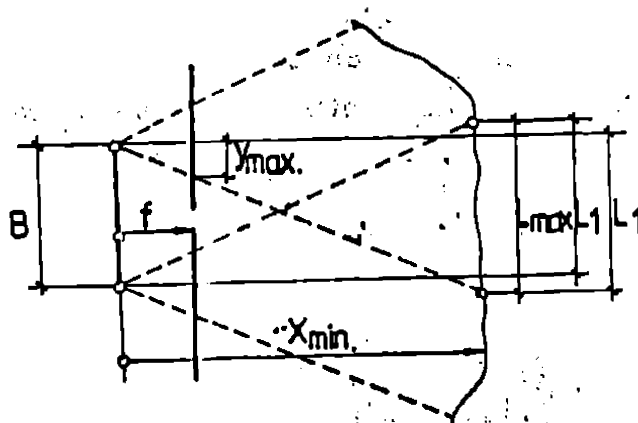


FIG. 2.6.

$$L_{max} = L_1 + L_1 - B = 2L_1 - B \tag{2.54}$$

$$L_1 = \frac{y_{max}}{f} \cdot X_{min} \tag{2.55}$$

Tinând cont de poziția fotografiei față de baza de fotografiere, vor rezulta următoarele valori:

a) pentru fotografiile cu latura lungă pe orizontală $L_1 = 1162 \text{ mm}$ și deci $L_{max_1} = 1344 \text{ mm}$

b) pentru fotografiile cu latura scurtă pe orizontală $L_1 = 840 \text{ mm}$ și deci $L_{max_2} = 700 \text{ mm}$.

Dacă s-ar putea folosi întreaga suprafață a stereogramii atunci spațiul maxim perspectivat ar fi $T_{max_1} \approx 1680 \text{ mm}$ și $T_{max_2} \approx 2320 \text{ mm}$.

În concluzie, se poate arăta că poziția absolută a punctului $I(X_1, Y_1, Z_1)$ este hotărâtor afectată de eroarea de măsurare a bazei ceea ce impune măsurarea acesteia cu precizie mare.

În practică baza de fotografiere a fost măsurată direct, cu o riglă ($l = 1 \text{ m}$) gradată în mm și jumătăți de mm, între reperii dispozitivelor individuale de centrare optică în cele două stații și s-a verificat indirect prin determinarea bazei prin calcul. În acest sens în spațiul obiect s-a amplasat un dispozitiv format dintr-o riglă orizontală și una verticală montată în centrul de greutate a celei orizontale, perpendicular pe aceasta, care s-a fixat pe pereții galeriei cu posibilitatea de orizontalizare (sau verticalizare), astfel că se putea cunoaște poziția în spațiul obiect a unor puncte cunoscută (pe stereogramă apar gradațiile sistemului de rigle).

2.4.1.2.1 Determinarea indirectă a bazei de fotografiere.

Plasând în spațiul obiect un grup de puncte cunoscută (X_1, Y_1, Z_1) și determinând coordonatele acestora în spațiul imagine (x_{11}, y_{11}, z_{11} ; x_{21}, y_{21}, z_{21}), legătura între ele este exprimată prin relațiile (2.47), iar conform fig.2.7, aplicând o translație și o rotație rezultă:

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + X_{11} \cos \theta - Y_{11} \sin \theta \\ Y_i &= Y_0 + X_{11} \sin \theta - Y_{11} \cos \theta \\ Z_i &= Z_0 + Z_{11} \end{aligned} \tag{2.56}$$

Înlocuind în relațiile (2.47) și ordonând rezultă:

$$F_1 = X_0 + \frac{B}{p_{y_1}} (f \cos \theta - y_{11} \sin \theta) - X_1$$

$$F_2 = Y_0 + \frac{B}{p_{y_1}} (f \sin \theta + y_{11} \cos \theta) - Y_1 \quad (2.57)$$

$$F_3 = Z_0 + \frac{B}{p_{y_1}} z_{11} - Z_1$$

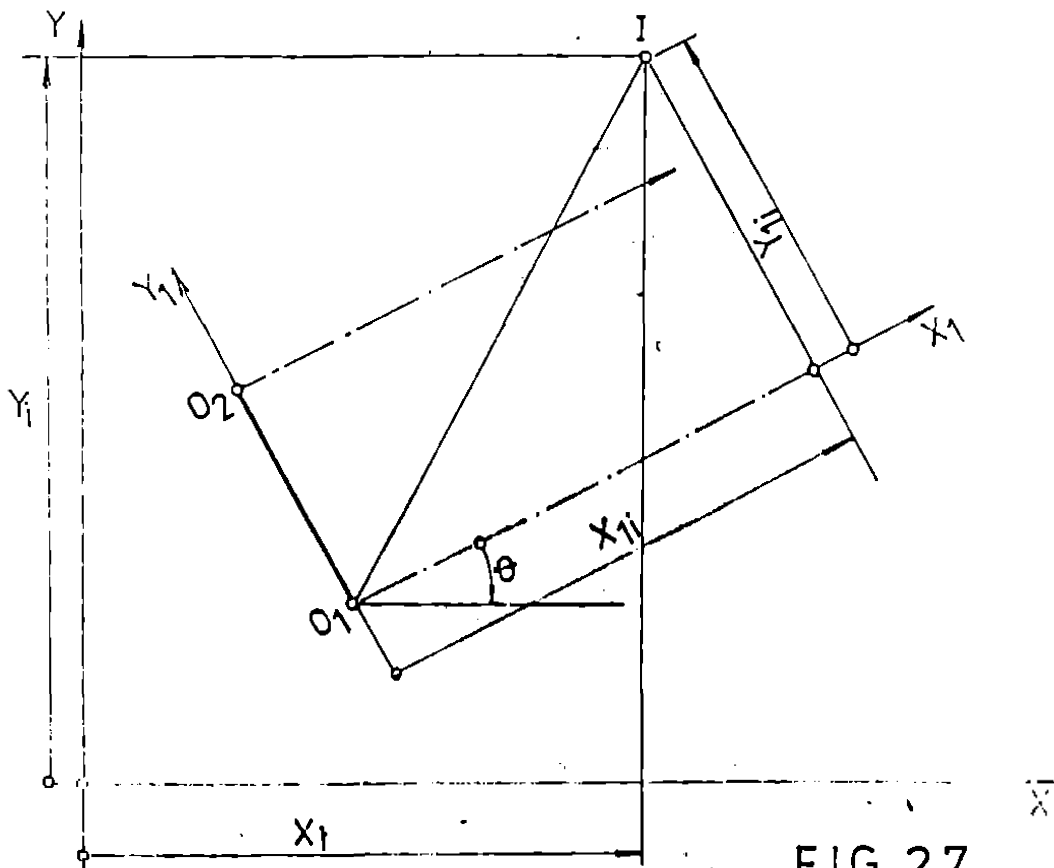


FIG. 2.7.

Cunoscând valorile provizorii X_0^* , Y_0^* , Z_0^* , B^* , G , C , la prelucrării relațiilor 2.57 vor rezulta :

$$B f \cos \theta \left(\frac{1}{p_{y_1}} - \frac{1}{p_{y_2}} \right) - B \sin \theta \left(\frac{y_{11}}{p_{y_1}} - \frac{y_{12}}{p_{y_2}} \right) - X_1 + X_2 = 0$$

sau :

$$B f \sin \theta \left(\frac{1}{p_{y_1}} - \frac{1}{p_{y_2}} \right) + B \cos \theta \left(\frac{y_{11}}{p_{y_1}} - \frac{y_{12}}{p_{y_2}} \right) - Y_1 + Y_2 = 0$$

sau :

$$B \left(\frac{z_{11}}{p_{y_1}} - \frac{z_{12}}{p_{y_2}} \right) - Z_1 + Z_2 = 0$$

În care singura necunoscută este baza fotogrametrică, toate celelalte elemente fiind cunoscute. În cazul folosirii sistemului de coordonate, relațiile se pot simplifica foarte mult.

Intre rezultatele măsurării directe a bazei și determinării indirecte nu s-au înregistrat abateri semnificative.

2.4.1.3 Preluarea și prelucrarea fotografică a plăcilor fotosensibile.

S-au folosit plăci de sticlă fotosensibile (3 DIN). După stabilirea stațiilor (stației) de fotografiere și instalarea camerei fotogrametrice (camerei fotogrametrice) cu respectarea tuturor indicațiilor date în prospecte /105/ și înregistrarea elementelor de recunoaștere a fotografei și a elementelor necesare la prelucrarea numerică în vederea stabilirii coordonatelor punctelor în spațiul imagine pentru determinarea ^{rugozității} suprafeței în cauză, se efectuează fotografierea. Iluminarea galeriei s-a făcut artificial cu o lampă foto voltaică (500 W).

Dezincarea camerelor s-a făcut cu dispozitivul electric la ieșirea camerelor fotogrametrice. Timpul de expunere a fost impus de realizarea unei imagini clare, stabilit prin încercări funcționale de poziția sursei de iluminat. Ținând cont de faptul că galeriile hidro tehnice se află la distanțe mari și că nu este avantajoasă realizarea lucrărilor de preluare a fotogramelor, este necesară existența unui laborator foto mobil pentru dezvoltarea plăcilor fotogrametrice. Totodată, se recomandă preluarea de mai multe fotogramme din aceeași stație pentru aceeași poziție a axei de fotografiere.

2.4.2 Exploatarea stereogramelor la stereocomparator.

Prin exploatarea stereogramelor se înțelege efectuarea de măsurători asupra suprafeței fotografiate. Aparatele de prelucrare a fotogramelor se împart /44,74/ în: aparate de prelucrare numerică, aparate de restituție fotogrametrică și aparate de proiecție fotografică.

Aparatele destinate prelucrării numerice a fotogramelor cu determinarea coordonatelor spațiale (X_1, Y_1, Z_1) sînt toate tipurile de comparatoare (monocomparatoare și stereocomparatoare).

Laboratorul de Topografie este înzestrat cu stereocomparatorul STERO 18 . 18 fabricat în R.D.G. care poate fi folosit în exploatarea fotogramelor terestre prin măsurarea punct cu punct a modelului stereoscopic. Puterea de mărire a microscopului binocular este de 8 ori , cu un cîmp care corespunde la un diametru de 16 mm în planul imagine.

Cifra parametrilor tehnici sînt dați în tabelul 2.1, în care valorile notate cu a și b se referă la precizia scrisă și respectiv la

precizia de citire.

Tabelul 2

Elementele măsurate	Abscisă		Ordonată		Paralaxa orizontală		Paralaxa verticală
	a	b	a	b	a	b	
Intervalul de măsurare	≤ 235 mm		≤ 180 mm		≤ 75 mm		≤ 1 mm
Possibilitatea de citire pe micrometrele gradate	0,02	0,01	0,02	0,01	0,005	0,001	0,01

Pe baza măsurătorilor efectuate la stereocomparator s-a vădit că se determină coordonatele punctelor perspectivale în sistemul de axe fotogrametric și apoi găsirea unui model matematic pentru rezolvarea problemei propuse. Va trebui să răspundem și la următoarea întrebare: câte puncte se vor determina pe o stereogramă și cum se vor alege aceste puncte?

2.5 Concluzii privind aplicarea practică în teren a metodei fotogrametrice.

- Pentru suprafețele orizontale ale galeriilor hidrotehnice s-a adoptat sistemul de suspensie dublu vertical în producerea stereogramelor. În cadrul laboratorului de Construcții Hidrotehnice la Catedra CHIF a fost necesară execuția unui cadru special pentru susținerea a camerelor fotogrametrice; cadru ce a fost realizat din două troscote și pe care s-au fixat suspensiile camerelor fotogrametrice.

- Pentru suprafețele verticale s-a folosit sistemul de suspensie dublu cu baza orizontală fixă ($B = 320$ mm ; 580 mm și 840 mm).

- În cazul în care s-a folosit sistemul de orientare în plan vertical, s-a măsurat cu o precizie deosebită baza de fotografiere iar când condițiile din teren au fost vitrege s-a efectuat verificarea acestuia prin metode indirecte.

Lungimea bazei fotogrametrice a fost cuprinsă între 350 și 950 mm, iar distanțe pînă la suprafața luată în studiu a fost cuprinsă între $1,4$ și $1,6$ m.

- Baza a fost plasată paralel cu axul galeriei.

- S-a folosit cazul stereogramelor normale pentru ușurința paratului matematic.

- Inclinarea axei de fotografiere în plan vertical s-a făcut cu unghiuri verticale fixe, cunoscute (15° , 30° , 60°).

turii folosite și transportul acestora.

- Alegerea secțiunilor de-a lungul galeriilor hidrotehnice în care urmează să se preia fotografiile, s-au stabilit funcție de aspectul general al galeriei și funcție de posibilitățile de scut în galerie (dacă aceasta este deja dată în exploatare)

- Iluminarea zonă ce urmează a fi studiată s-a făcut de o manieră încît să nu se producă umbrirea elementelor de rugozitate ceea ce ar îngreua exploatarea numerică a stereogramii.

- Timpii de expunere, s-au stabilit prin încercări.

- Se recomandă înzestrarea echipei de preluare a fotografiilor cu un laborator foto mobil.

- Folosirea plăcilor de sticlă fotosensibile este obligatorie.

CAPITOLUL 3

MODELUL MATEMATIC AL DETERMINĂRII RUGOZITĂȚII GALERIILOR
HIDROTEHNICE PRIN METODA FOTOGRAFICĂ.3.1 Considerații privind alegerea pasului de măsurare la
stereocomparator.

În vederea determinării rugozității unor suprafețe pentru care nu se pot efectua măsurători hidraulice se poate aplica metoda fotogrametriei analitice, în acest scop urmînd să se exploateze pe punct cuplurile de fotografii preluate.

În vederea găsirii unei mărimi care să poată caracteriza punct de vedere al rugozității o anumită suprafață, au apărut mai multe probleme.

Astfel, în primul rînd a apărut o problemă legată de densitatea punctelor ce trebuie luate în considerare de pe o stereocuplă astfel ca ele să poată în ansamblu caracteriza un anumit tip de suprafață [36].

Folosind stereocomparatorul STEKO - 18 . 18 s-au explorat de pe fiecare cuplu de fotografii în jur de 1000 puncte repartizate pe mai multe profile transversale, numărul de puncte explorate pe un profil fiind aproape de capacitatea maximă a aparatului de exploatare utilizată, în așa fel ca precizia obținută să fie de ordinul

Pentru cazul luat în studiu, sistemul de axe fiind ale cărui formă figurii 3.1 se poate scrie relațiile :

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{B(x_1 - x_0)}{P_{z1} - P_0} \\ Y_1 &= \frac{B \cdot f}{P_{z1} - P_0} \\ Z_1 &= \frac{B(z_1 - z_0)}{P_{z1} - P_0} \end{aligned} \quad (31)$$

în care :

- B = baza de fotografiere ;
 - f = distanța focală a camerei fotografice folosite ;
 - x_0, z_0 = coordonatele centrului fotografiei din stînga ($P_0 = 0$)
 - x_1, z_1 = elemente citite la stereocomparator ;
 - P_{z1}, P_0 = paralaxa longitudinală citită la stereocomparator ;
 - X_1, Y_1, Z_1 = coordonatele punctelor în sistemul stereogrammei ;
- Scrisoarea ecuația dreptei :
- $$y = az + b \text{ sau } az + b - y = 0 \quad (32)$$

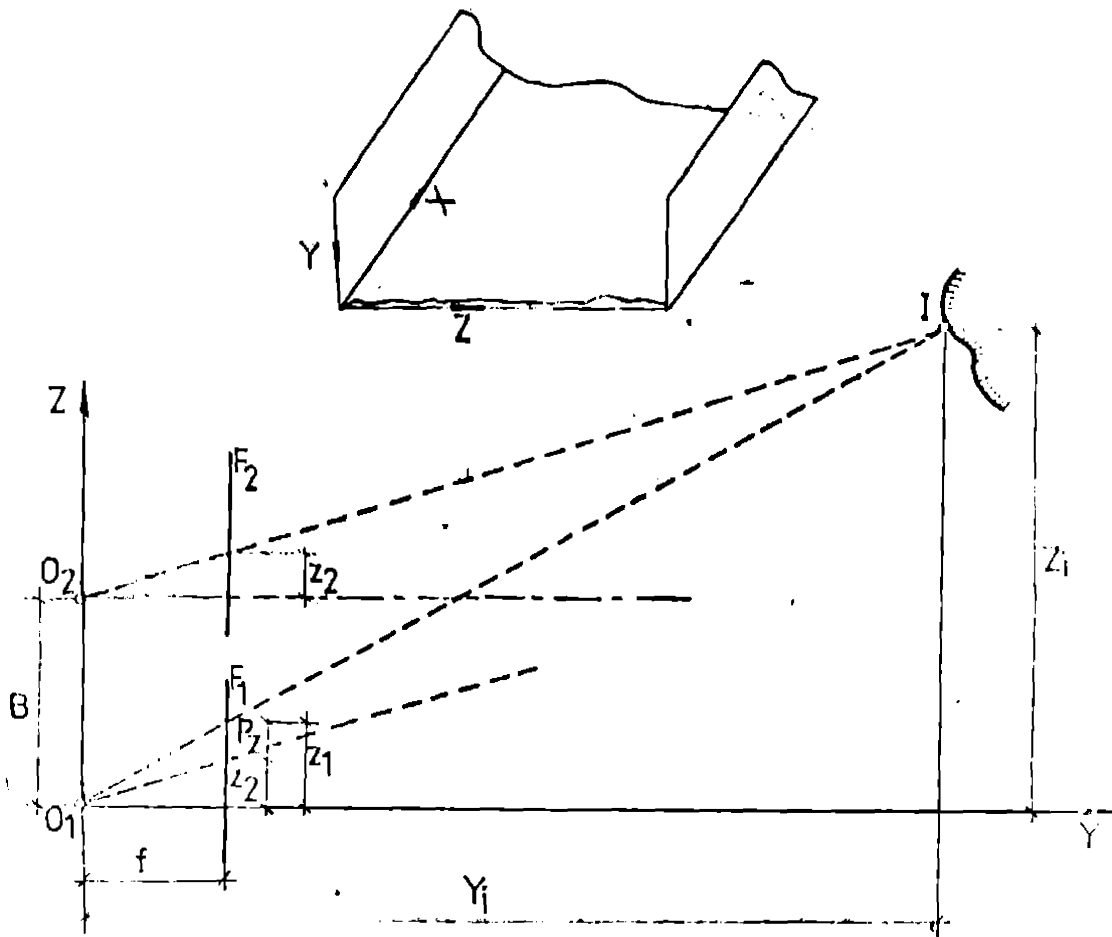


FIG. 3.1.

rezultă o abatere față de o dreaptă medie (fig.3.2) va fi :

$$\pm v_i = az + b - y_i^*$$
 (3.3)

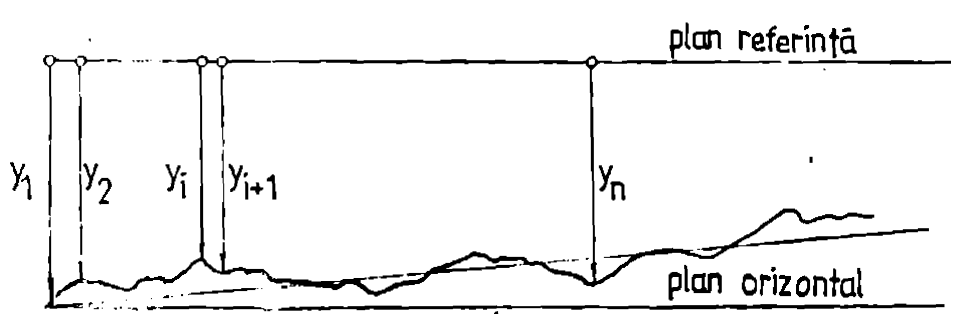


FIG. 3.2.

Ridicând la pătrat și însumând va rezulta :

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = a^2 \sum_{i=1}^n z_i^2 + b^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2 + 2ab \sum_{i=1}^n z_i - 2a \sum_{i=1}^n z_i y_i - 2b \sum_{i=1}^n y_i \quad (3.4)$$

Punind condiția de minim :

$$\frac{\partial \sum v_i^2}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial \sum v_i^2}{\partial b} = 0 \quad (3.5)$$

va rezulta sistemul :

$$\begin{aligned}
 a \sum_{i=1}^n z_i^2 + b \sum_{i=1}^n z_i &= \sum_{i=1}^n y_i z_i \\
 a \sum_{i=1}^n z_i + b &= \sum_{i=1}^n y_i
 \end{aligned}
 \tag{3.6}$$

care prin rezolvare va duce la determinarea coeficienților a și b și implicit la cunoașterea valorilor abaterilor v_1 .

Schimbând numărul de puncte luate în considerare, deci prin schimbarea pasului de măsurare la stereocomparator, și prelucrări statistice, considerând repartiția normală ^{normată}, se va putea determina abaterile medie pătratică E_1 și abaterea medie E_2 :

$$E_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad E_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-1)}}
 \tag{3.7}$$

Deoarece volumul de calcul este foarte mare, s-a întocmit un program de calcul în limbaj FORTRAN pe baza căruia au rezultat valorile abaterilor v_1 și caracteristicile șirului cu pasul "p₁" de măt din "n" puncte: deplasarea față de primul punct, rotirea față de orizontală, abaterea medie pătratică, abaterea medie și repartiția spațială a abaterilor (paragraful 4.1).

În urma studierii mai multor variante pentru un anumit tip de suprafață, caracterizată printr-un anumit tip de rugozitate, au rezultat valorile din tabelul 3.1.

Tabelul 3.1

nr. ord.	Nr. puncte pe profil	Pasul (mm)	E_1	E_2
1	109	4,2	0,444	0,043
2	53	8,5	0,411	0,035
3	37	12,7	0,469	0,077
4	28	16,9	0,429	0,091

Considerând repartiția normală normată /40/ funcția de repartiție $F(\alpha)$ poate fi scrisă sub forma :

$$F(\alpha) = \int_{-\infty}^{\alpha} f(\varphi) d\varphi
 \tag{3.8}$$

în care:

$$f(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\varphi^2/2}$$

Pentru asigurarea de 90% ($F(\alpha) = 0,9$) din tabelul 3.2, v rezulta $\alpha = 1,045$.

Tabelul 32

K	1	2	3	4	0,674	1,645	1,960	2,326	2,970
$F(x)$	0,6727	0,9544	0,9973	0,99994	0,50	0,90	0,95	0,98	0,9973

Ținând cont de precizia cu care poate fi determinată poziția punctelor exploatate numeric de pe o stereogramă la stereocomparatorul SERKO - 18, $p = 0,1$ mm, rezultă că abaterea medie E_2 va avea valoarea $E_2 = 0,06$ ($E_2 = p/\sqrt{2}$). Pasul de măsurare care asigură abaterea medie de $0,06$ mm, corespunde valorii de 8 mm (tabel 3.1), deci în exploatarea numerică a stereogramelor pentru suprafața studiată pasul de măsurare la stereocomparator va trebui să fie mai mic de 8 mm, pentru a avea certitudinea că valorile abaterilor (cu probabilități) sînt în limita de precizie impusă.

În urma testărilor diferitelor tipuri de suprafețe rugoase a rezultat pasul de măsurare cuprins între 5 mm și 8 mm (5 mm < p < 8 mm); suprafețe realizate și studiate în laborator (Cap 5).

3.2 Influența formei secțiunii transversale a galeriilor hidrotehnice asupra evaluării modelului matematic.

Forma secțiunii transversale a galeriilor hidrotehnice este influențată în considerente hidraulice, de geologie inginerescă, de comportament statică a căptușelii și de execuție /83/.

În general, suprafețele galeriilor pot fi plane sau curbe. Suprafețele plane pot fi orizontale sau verticale, iar cele curbe pot fi circulare sau de formă complexă, în general în acest caz forma obișnuită o reprezintă semicercul. Ținând cont că metoda fotogrametrică presupune găsirea unei legături dintre coeficientul de rugozitate "n" determinat hidraulic și mărimea rugozității determinată prin măsurători fotogrametrice, a fost nevoie de stabilirea unui model matematic care să țină cont de forma suprafeței de studiat în vederea calculului coordonatelor fotogrametrice și a elementelor de rugozitate (abaterilor geometrice) față de un plan mediu. Pentru toate secțiunile studiate s-a determinat abaterea medie pătratică (E_1) și abaterea medie (E_2), considerînd șirul de valori încaadrat în raportul la normală normală.

3.2.1 Galerii hidrotehnice cu suprafețe plane.

Suprafețele plane pot fi situate atât în plan orizontal cât și în plan vertical. Pentru modelul studiat în laborator, care a cuprins un canal de secțiune dreptunghiulară, cu pantă variabilă, pe teren s-au realizat mai multe tipuri de suprafețe rugoase, s-au

luat cupluri de fotografii cu camera fotogrametrică montată pe un suport vertical cu ax de fotografiere îndreptată în jos și cu l. de fotografiere paralelă cu axa canalului (latura lungă a fotografiei paralelă cu axa canalului) fig. 3.3.

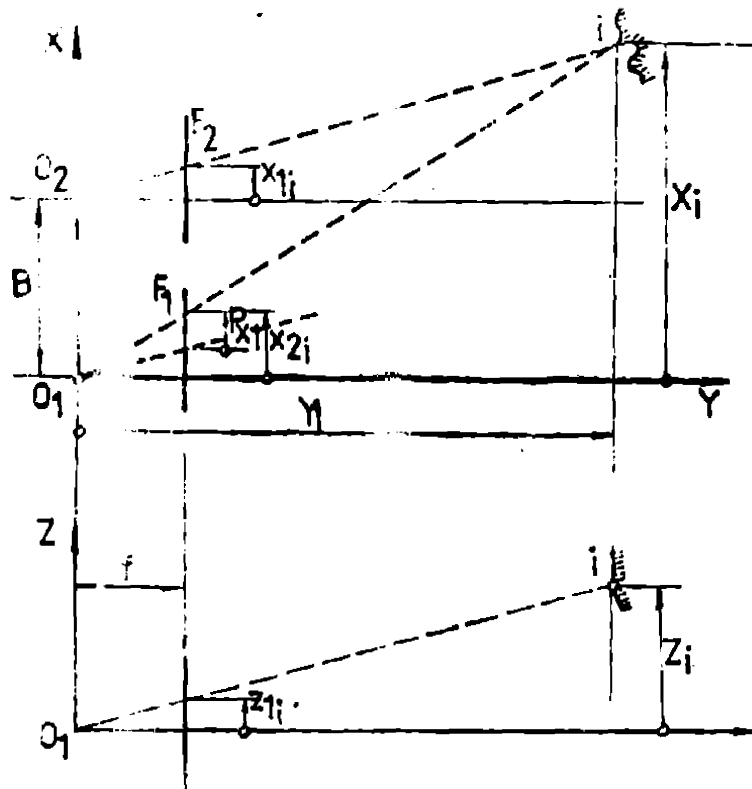


FIG. 3.3.

Cum în cazul stereogramii normale se pot scrie următoarele relații cunoscute :

$$X_i = \frac{Bz_i}{p_x} \quad Y_i = \frac{Bz_i}{p_x} \quad Z_i = \frac{Bz_i}{p_x} \quad (39)$$

La stereocomparator se vor măsura elementele (x_i, p_x, z_i) . Pentru fotografiere s-a ales aproximativ o treime din distanța de fotografiere, care s-a luat mai mare de 1400 mm.

Pentru fiecare categorie de rugozitate s-au ridicat (m n) puncte determinându-se coordonatele fotogrametrice (X_i, Y_i, Z_i) ale acestora.

Scriind ecuația planului mediu se caracterizează mulțimea punctelor determinate (fig.3.4) :

$$\text{sau} \quad z = ax + by + c \quad (3.10)$$

$$ax + by + c - z = 0$$

vor putea determina valorile abaterilor (rugozițiilor) "v_i" față de acest plan cu relația :

$$v_i = ax + by + c - z \quad (3.11)$$

Ridicăm la pătrat pentru a scăpa de semne vom avea :

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = a^2 \sum_{i=1}^n x_i^2 + b^2 \sum_{i=1}^n y_i^2 + nc^2 + \sum_{i=1}^n z_i^2 + 2ab \sum_{i=1}^n x_i y_i + 2ac \sum_{i=1}^n x_i - 2a \sum_{i=1}^n x_i z_i + 2bc \sum_{i=1}^n y_i - 2b \sum_{i=1}^n y_i z_i - 2c \sum_{i=1}^n z_i \quad (3.12)$$

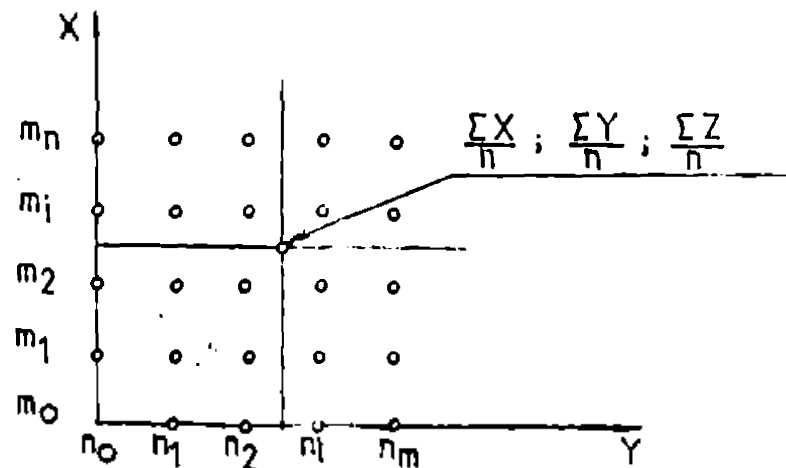


FIG. 3.4.

Punând condiția de minim :

$$\frac{\partial \sum v_i^2}{\partial a} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial \sum v_i^2}{\partial b} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial \sum v_i^2}{\partial c} = 0 \quad (3.13)$$

va rezulta următorul sistem :

$$\begin{cases} a \sum x^2 + b \sum xy + c \sum x = \sum xz \\ a \sum xy + b \sum y^2 + c \sum y = \sum yz \\ a \sum x + b \sum y + c n = \sum z \end{cases} \quad (3.14)$$

care rezolvat ne va da valorile coeficienților a, b, c cu care se pot determina valorile abaterilor v_i și apoi valoarea medie pătratică (E_1) și abaterea medie (E_2).

3.2.2 Galerii hidrotehnice cu forma suprafeței diferite de suprafața plană.

3.2.2.1 Galerii hidrotehnice de formă circulară.

Forma circulară este caracteristică galeriilor obținute prin forare cu mașini cu cap rotativ și cu cea mai mare pondere în totalul galeriilor executate la noi în țară. În general galeriile studiate în cadrul contractelor la care a participat și autorul tezei, de doctorat (contract nr. 1778/1983 și contract nr. 168/1984) au avut această formă (galeria de aducțiune Poiana Mărului, galeria de fugă Timșana, etc.)

S-a aplicat sistemul stereogramelor ^{normale} cu axa de fotografiere orizontală sau înclinată în planul vertical cu un unghi vertical cunoscut (fig. 3.5).

Se pot scrie următoarele relații /11/ :

$$X_1 = \frac{B}{P_y} (f \cos \varphi - z_1 \sin \varphi); \quad Y_1 = -\frac{B}{P_y} y_1; \quad Z_1 = \frac{B}{P_y} (x_1 \sin \varphi + z_1 \cos \varphi) \quad (3.15)$$

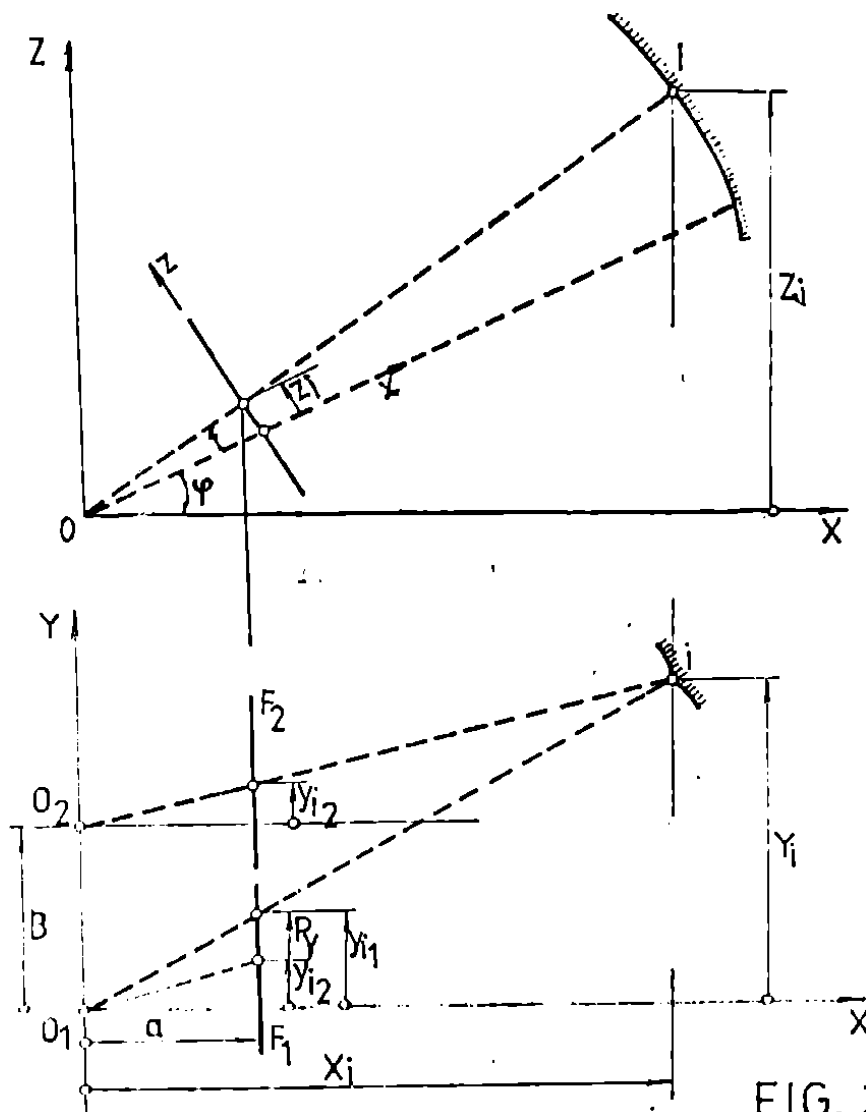


FIG. 3.5.

Pornind de la ecuația cercului și punând condiția $Y_1 = \text{constant}$, va rezulta poziția punctelor 1 (X_1, Z_1) ale secțiunii transversale:

$$(X_1 - X_c)^2 + (Z_1 - Z_c)^2 - R^2 = 0 \quad (3.13)$$

în care :

X_c, Y_c = coordonatele centrului secțiunii.

Considerând trei puncte de coordonate X_i, Z_i ($i = 1, 2, 3$),

va rezulta sistemul :

$$\begin{cases} 2(X_1 - X_3)X_c + 2(Z_1 - Z_3)Z_c = X_1^2 - X_3^2 + Z_1^2 - Z_3^2 \\ 2(X_2 - X_3)X_c + 2(Z_2 - Z_3)Z_c = X_2^2 - X_3^2 + Z_2^2 - Z_3^2 \end{cases} \quad (3.14)$$

care prin rezolvare va duce la cunoașterea valorilor provizorii ale coordonatelor centrului curbei și, implicit, la valoarea razei cercului înfățișate secțiune transversală :

$$X_C^* = \frac{(z_2 - z_3)(x_1^2 - x_3^2 + z_1^2 - z_3^2) - (z_1 - z_3)(x_2^2 - x_3^2 + z_2^2 - z_3^2)}{2[(x_1 - x_3)(z_2 - z_3) - (z_1 - z_3)(x_2 - x_3)]} \quad (3.18)$$

$$Z_C^* = \frac{(x_1 - x_3)(x_2^2 - x_3^2 + z_2^2 - z_3^2) - (x_2 - x_3)(x_1^2 - x_3^2 + z_1^2 - z_3^2)}{2[(x_1 - x_3)(z_2 - z_3) - (z_1 - z_3)(x_2 - x_3)]} \quad (3.19)$$

Valoarea abatării se poate scrie sub forma :

$$\pm v_i = \sqrt{(X_i - X_C^*)^2 + (Z_i - Z_C^*)^2} - R \quad (3.20)$$

Valorile X_C^* , Z_C^* și R^* sînt valabile numai pentru cele trei puncte luă în considerare și deci pentru "n" puncte ele vor avea un caracter provizoriu și deci valorile cele mai probabile vor rezulta prin adăugarea unor corecții C_X , C_Z și respectiv C_R :

$$\begin{aligned} X_C &= X_C^* + C_X \\ Z_C &= Z_C^* + C_Z \\ R &= R^* + C_R \end{aligned} \quad (3.21)$$

În acest caz :

$$\begin{aligned} \pm v_i &= \sqrt{(X_i - X_C^*)^2 + (Z_i - Z_C^*)^2} - R + \\ &+ \left[\left(\frac{\partial v_i}{\partial X_C} C_X \right) + \left(\frac{\partial v_i}{\partial Z_C} C_Z \right) + \left(\frac{\partial v_i}{\partial R} C_R \right) \right] \end{aligned} \quad (3.22)$$

în care :

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_i}{\partial X_C} &= - \frac{X_i - X_C^*}{\sqrt{(X_i - X_C^*)^2 + (Z_i - Z_C^*)^2}} = - \frac{(X_i - X_C^*)}{R^*} \\ \frac{\partial v_i}{\partial Z_C} &= - \frac{Z_i - Z_C^*}{\sqrt{(X_i - X_C^*)^2 + (Z_i - Z_C^*)^2}} = - \frac{(Z_i - Z_C^*)}{R^*} \\ \frac{\partial v_i}{\partial R} &= -1 \end{aligned} \quad (3.23)$$

Folosind notațiile

$$\begin{aligned} a_i &= - \frac{X_i - X_C^*}{R^*} \\ b_i &= - \frac{Z_i - Z_C^*}{R^*} \\ c_i &= -1 \end{aligned} \quad (3.24)$$

$$l_i = \sqrt{(X_i - X_C^*)^2 + (Z_i - Z_C^*)^2} - R$$

putem scrie :

$$\pm v_i = a_i C_X + b_i C_Z + c_i C_R + l_i \quad i = (1 \dots n) \quad (3.25)$$

sau ridicând la pătrat :

$$v_i^2 = a_i^2 C_x^2 + b_i^2 C_z^2 + c_i^2 C_R^2 + l_i^2 \quad (3.26)$$

Punând condiția de minimă :

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = \text{minim}$$

rezultă :

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n v_i^2}{\partial C_x} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial \sum_{i=1}^n v_i^2}{\partial C_z} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial \sum_{i=1}^n v_i^2}{\partial C_R} = 0$$

adică

$$C_x \sum_{i=1}^n a_i c_i + C_z \sum_{i=1}^n b_i c_i + C_R \sum_{i=1}^n c_i^2 = - \sum_{i=1}^n c_i l_i \quad (3.27)$$

Aplicând la notațiile adoptate (relațiile 3.24) pentru coeficienții a_i și b_i , vom avea sistemul :

$$C_x \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - X_c^*}{R^*} \right)^2 + C_z \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - X_c^*}{R^*} \right) \left(\frac{Z_i - Z_c^*}{R^*} \right) +$$

$$C_R \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - X_c^*}{R^*} \right) - \sum_{i=1}^n l_i \left(\frac{X_i - X_c^*}{R^*} \right) = 0$$

$$C_x \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - X_c^*}{R^*} \right) \left(\frac{Z_i - Z_c^*}{R^*} \right) + C_z \sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i - Z_c^*}{R^*} \right)^2 + \quad (3.28)$$

$$C_R \sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i - Z_c^*}{R^*} \right) - \sum_{i=1}^n l_i \left(\frac{Z_i - Z_c^*}{R^*} \right) = 0$$

$$C_x \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - X_c^*}{R^*} \right) + C_z \left(\frac{Z_i - Z_c^*}{R^*} \right) + n C_R - \sum_{i=1}^n l_i = 0$$

prin a cărei rezolvare se pot determina corecțiile C_x , C_z , C_R deci coordonatele centrului secțiunii (X_c , Z_c) și raza R .

Abaterile geometrice față de cercul cel mai probabil vor fi :

$$\pm v_i = \sqrt{(X_i - X_c)^2 + (Z_i - Z_c)^2} - R \quad (3.29)$$

iar poziția punctului pe cerc dată prin lungimea arcului (P) va fi :

$$P = R \cdot \alpha \quad (3.30)$$

în care :

$$\alpha = \arctg \left(\frac{Z_i - Z_c}{X_i - X_c} \right) \quad (3.31)$$

Si în acest caz s-a întocmit un program de calcul, dat fiind numărul mare de puncte ce urmează a fi prelucrate, determinându-se abaterile medii pătratice și abaterile medii a șirului de valori în

cadrat în repartiția normală (paragraful 4.3)

3.2.2.2 Galerii hidrotehnice în formă de potcoavă.

Galeriile cu forma secțiunii transversale în formă de potcoavă reprezintă unul dintre compromisurile cele mai reușite între secțiunea circulară care oferă parametrii hidraulici și statici cei mai favorabili și forma optimă din punct de vedere al execuției tehnologice.

Execuția la aceste galerii a radierului plan prefabricat constituie în ultima perioadă aproape o generalizare pentru galeriile de fugă sau cele de aducțiune a apei în lacurile de acumulare, și oțelul în formă de potcoavă este caracteristică, de exemplu galeriile de fugă de la amenajarea Sugag. Galeria având o formă complexă a fost necesară găsirea unui model de calcul care să permită calcularea debitelor (rugozităților) " \sqrt{h} ".

În principiu este vorba de trei suprafețe diferite (fig. 3.6) și anume: un arc de cerc de rază R , o a doua porțiune de rază R unghiul la centru α și ultima porțiune un arc de rază infinită toate racordându-se între ele conform fig. 3.7 (r_1 la $r_1 + 1$, r_2 la $r_2 + 1$)

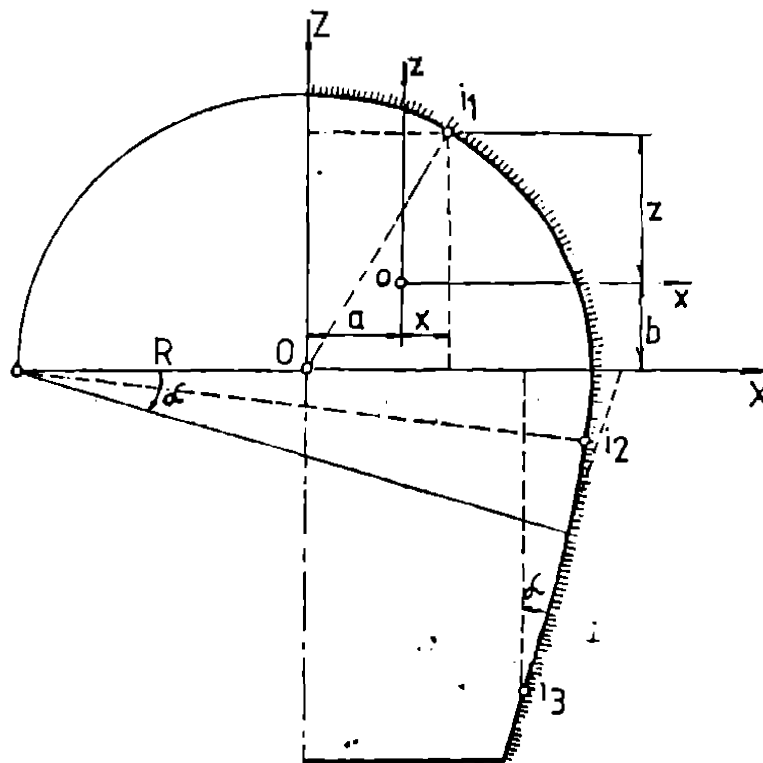


FIG. 3.6.

Pentru cele trei curbe se pot scrie următoarele ecuații de condiție /43/ :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \sqrt{X^2 + Z^2} - R = 0 \\
 F_2 &= \sqrt{(R+X)^2 + Z^2} - 2R = 0 \\
 F_3 &= (X+R)\cos\alpha - Z\sin\alpha = 0
 \end{aligned}
 \tag{3.32}$$

Față de sistemul de referință XOZ (fig.3.6) rezultă relațiile :

$$\begin{aligned}
 X &= x + a \\
 Z &= z + b
 \end{aligned}
 \tag{3.33}$$

Scriind derivatele parțiale în raport cu necunoscutele a , R și α vom obține :

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial F_1}{\partial a} &= \frac{X}{\sqrt{X^2 + Z^2}} ; \quad \frac{\partial F_1}{\partial R} = -1 \\
 \frac{\partial F_1}{\partial b} &= \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Z^2}} ; \quad \frac{\partial F_1}{\partial \alpha} = 0
 \end{aligned}
 \tag{3.34}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial F_2}{\partial a} &= \frac{R+X}{\sqrt{(R+X)^2 + Z^2}} ; \quad \frac{\partial F_2}{\partial R} = \frac{R+X}{\sqrt{(R+X)^2 + Z^2}} - 2 \\
 \frac{\partial F_2}{\partial b} &= \frac{Z}{\sqrt{(R+X)^2 + Z^2}} ; \quad \frac{\partial F_2}{\partial \alpha} = 0
 \end{aligned}
 \tag{3.35}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial F_3}{\partial a} &= \cos\alpha ; \quad \frac{\partial F_3}{\partial R} = \cos\alpha - 2 \\
 \frac{\partial F_3}{\partial b} &= -\sin\alpha ; \quad \frac{\partial F_3}{\partial \alpha} = -(X+R)\sin\alpha - Z\cos\alpha
 \end{aligned}
 \tag{3.36}$$

Se vor măsura coordonatele pentru n_1 puncte pe curba i_1 , n_2 puncte pe curba i_2 și n_3 puncte pe ultima porțiune i_3 (fig.3.7).

Se vor determina valorile aproximative ale parametrilor a , R și α (a_0 și b_0) folosind trei puncte din domeniul i_1 .

În baza celor de mai sus, se poate determina poziția aproximativă a centrului secțiunii :

$$(x + a)^2 + (z + b)^2 = R^2
 \tag{3.37}$$

sau :

$$\begin{aligned}
 x_1^2 + z_1^2 + a^2 + b^2 + 2ax_1 + 2bz_1 &= R^2 \\
 x_2^2 + z_2^2 + a^2 + b^2 + 2ax_2 + 2bz_2 &= R^2 \\
 x_3^2 + z_3^2 + a^2 + b^2 + 2ax_3 + 2bz_3 &= R^2
 \end{aligned}
 \tag{3.38}$$

Adunând câte două ecuații și ordonând după parametrii a și b va rezulta sistemul :

$$\begin{cases} a(x_2 - x_1) + b(z_2 - z_1) = -\frac{1}{2}(x_1^2 + z_1^2 - x_2^2 - z_2^2) \\ a(x_3 - x_1) + b(z_3 - z_1) = -\frac{1}{2}(x_1^2 + z_1^2 - x_3^2 - z_3^2) \end{cases} \quad (3.39)$$

care prin rezolvare ne va da valorile parametrilor a , b

$$\begin{aligned} a &= \frac{c_1(z_3 - z_1) - c_2(z_2 - z_1)}{(x_2 - x_1)(z_3 - z_1) - (x_3 - x_1)(z_2 - z_1)} \\ b &= \frac{c_2(x_2 - x_1) - c_1(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)(z_3 - z_1) - (x_3 - x_1)(z_2 - z_1)} \end{aligned} \quad (3.40)$$

unde

$$\begin{aligned} c_1 &= x_1^2 + z_1^2 - x_2^2 - z_2^2 \\ c_2 &= x_1^2 + z_1^2 - x_3^2 - z_3^2 \end{aligned}$$

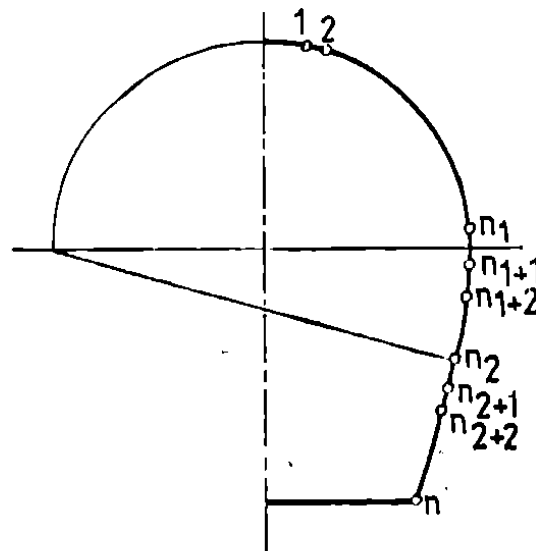


FIG. 3.7.

Pe a_0 , b_0 , R_0 și α_0 valorile aproximative ale necunoscutelelor și $\delta_a, \delta_b, \delta_R, \delta_\alpha$ diferențele acestora față de valorile celor probabile :

$$\begin{aligned} a &= a_0 + \delta_a \\ b &= b_0 + \delta_b \\ R &= R_0 + \delta_R \\ \alpha &= \alpha_0 + \delta_\alpha \\ X &= x + a_0 \\ Z &= z + b_0 \end{aligned} \quad (3.41)$$

În baza relațiilor (3.41), ecuațiile de condiție pot fi scrise sub următoarea formă :

$$F_1 = \sqrt{X_o^2 + Z_o^2} - R + \left(\frac{\partial F_1}{\partial a}\right)_o \delta_a + \left(\frac{\partial F_1}{\partial b}\right)_o \delta_b + \left(\frac{\partial F_1}{\partial R}\right)_o \delta_R + \left(\frac{\partial F_1}{\partial \alpha}\right)_o \delta_\alpha$$

$$F_2 = \sqrt{(R_o + X_o)^2 + Z_o^2} - 2R + \left(\frac{\partial F_2}{\partial a}\right)_o \delta_a + \left(\frac{\partial F_2}{\partial b}\right)_o \delta_b + \left(\frac{\partial F_2}{\partial R}\right)_o \delta_R + \left(\frac{\partial F_2}{\partial \alpha}\right)_o \delta_\alpha \quad (3.4)$$

$$F_3 = (X_o + R_o) \cos \alpha_o - Z_o \sin \alpha_o - 2R_o + \left(\frac{\partial F_3}{\partial a}\right)_o \delta_a + \left(\frac{\partial F_3}{\partial b}\right)_o \delta_b + \left(\frac{\partial F_3}{\partial R}\right)_o \delta_R + \left(\frac{\partial F_3}{\partial \alpha}\right)_o \delta_\alpha$$

rezultând sistemul de ecuații al corecțiilor :

$$v(i) = a_{1i} \delta_a + a_{2i} \delta_b + a_{3i} \delta_R + a_{4i} \delta_\alpha + F_1^o(i) \quad i=1,2,\dots,n_1$$

$$v(i) = a_{1i} \delta_a + a_{2i} \delta_b + a_{3i} \delta_R + a_{4i} \delta_\alpha + F_2^o(i) \quad i=n_1+1,\dots,n_2 \quad (3.5)$$

$$v(i) = a_{1i} \delta_a + a_{2i} \delta_b + a_{3i} \delta_R + a_{4i} \delta_\alpha + F_3^o(i) \quad i=n_2+1,\dots,n$$

pe baza cărora va rezulta sistemul de ecuații normale :

$$\begin{aligned} \delta_a \sum a_{1i} a_{1i} + \delta_b \sum a_{1i} a_{2i} + \delta_R \sum a_{1i} a_{3i} + \delta_\alpha \sum a_{1i} a_{4i} &= -\sum a_{1i} F_1^o(i) \\ \delta_a \sum a_{2i} a_{1i} + \delta_b \sum a_{2i} a_{2i} + \delta_R \sum a_{2i} a_{3i} + \delta_\alpha \sum a_{2i} a_{4i} &= -\sum a_{2i} F_2^o(i) \\ \delta_a \sum a_{3i} a_{1i} + \delta_b \sum a_{3i} a_{2i} + \delta_R \sum a_{3i} a_{3i} + \delta_\alpha \sum a_{3i} a_{4i} &= -\sum a_{3i} F_3^o(i) \\ \delta_a \sum a_{4i} a_{1i} + \delta_b \sum a_{4i} a_{2i} + \delta_R \sum a_{4i} a_{3i} + \delta_\alpha \sum a_{4i} a_{4i} &= -\sum a_{4i} F_4^o(i) \end{aligned} \quad (3.6)$$

Pein rezolvarea sistemului (3.6) rezultă valorile parametrilor $\delta_a, \delta_b, \delta_R$ și δ_α și deci :

$$\begin{aligned} X_i &= X_i^o + \delta_a \\ Z_i &= Z_i^o + \delta_b \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} R &= R_o + \delta_R \\ \alpha &= \alpha_o + \delta_\alpha \end{aligned}$$

Conoscînd geometria probabilă a secțiunii, valoarea abaterilor (elementelor de rugozitate) față de această secțiune va fi dată de relațiile :

$$\begin{aligned} v_i &= \sqrt{X_i^2 + Z_i^2} - R \quad ; \quad i=1,2,\dots,n_1 \\ v_i &= \sqrt{(X_i + R)^2 + Z_i^2} - 2R \quad ; \quad i=n_1+1, n_1+2, \dots, n \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$v_i = (X_i + R) \cos \alpha - Z_i \sin \alpha - 2R \quad ; \quad i=n_2+1, n_2+2, \dots, n$$

Deci, pe baza relațiilor (3.146) se pot determina valorile baterilor față de curba cea mai probabilă și implicit valoarea baterii medii pătratice și a abaterii medii. Si în acest caz s-a executat un program de calcul în limbaj FORTRAN, dat fiind volumul foarte mare de calcul (paragraful 4.4). Trebuie specificat numărul punctelor măsurate caracteristice fiecărei curbe (n_1 puncte pe curba 1, n_2 puncte pe curba 2 și n_3 puncte pe porțiunea 3) și valoarea aproximativă a razei și unghiului \mathcal{L} (cunoscute din profil).

Legătura dintre spațiul imagine și spațiul obiect se stabilește pornind de la cazul stereogramei normale (fig.3.5) ținând cont de coordonatele centrului fotografiei (x_0, z_0) și de valoarea paralaxei longitudinale (p_0). Dacă $\varphi = 0$ rezultă :

$$\begin{aligned} X &= \frac{B \cdot f}{p_y - p_0} \\ Y &= \frac{B \cdot (y - y_0)}{p_y - p_0} \\ Z &= \frac{B \cdot (z - z_0)}{p_y - p_0} \end{aligned} \quad (3.47)$$

Pentru $\varphi \neq 0$ (unghiul de înclinare a axei de fotografiere în plan vertical) relațiile ce stabilesc legătura dintre spațiul imagine și spațiul obiect sînt identice cu (3.15).

3.3. Preluarea rezultatelor măsurătorilor fotografice în cazul galeriilor hidrotehnice cu suprafețe de teren te de suprafața plană.

Calculul abaterilor pentru secțiuni ce se abat de la forma plană s-a făcut față de forma adoptată de proiectant (cerc sau arc de cerc) păstrîndu-se raza constantă pentru cercul în cauză. După ce s-a constatat (în urma prelucrării datelor numerice obținute la stereocomparator) că forma galeriei se abate de la forma proiectată, fapt dovedit și prin reprezentarea grafică a profilurilor transversale de rugozitate unde s-a constatat o grupare a abaterilor după semnul plus sau minus. În fig.3.8 (a,b,c) s-a reprezentat profilul transversal reprezentînd una din secțiunile preluate de pe o stereogramă preluată în galeria de aducțiune Poiana Măului.

Analizînd dispunerea abaterilor față de planul mediu adoptat (cercul cel mai probabil a fost asimilat cu o linie dreaptă pentru ușurarea reprezentării) se observă o grupare a abaterilor după semnul acestora și totodată lungimea grupării este aproximativ egală de-a lungul unui profil transversal.

În fig.3.9 s-a reprezentat schematic gruparea abaterilor pentru mai multe profile transversale rezultate de pe același stereogramă.

reogramă respectându-se doar punctul de schimbare de semn al rilor, din care rezultă lungimea aproximativ egală a grupărilor baterilor după semnul acestora ceea ce dovedește că forma plană a secțiunii transversale a galeriei se abate de la forma proiectată de către proiectant și deci abaterile nu pot fi determinate decât de cercul cel mai probabil. Forma obținută după betonarea ei este o formă deformată din cauza deplasării cofrajelor în timpul executării betonării pe porțiuni sau a deformării lor și în acest caz valoarea abaterilor nu reprezintă mărimea reală a elementelor de rugozitate. Va trebui completat modelul matematic în sensul recalculării abaterilor ținând cont de gruparea acestor după semne (fig.3.10).

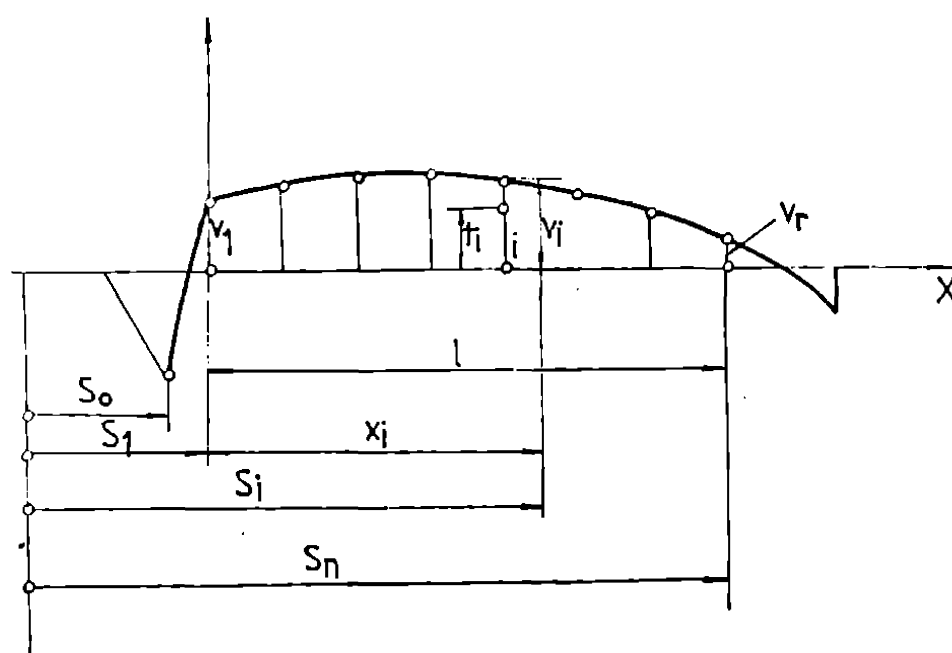


FIG. 3.10.

Asimilând curba obținută, prin unirea vîrfurilor abaterilor, cu o curbă de gradul 3 putem scrie :

$$t_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3 \quad (3.46)$$

în care :

t_i = abaterea reală ;

x_i = distanța de la prima abatere de pe interval până la punctul în care se va calcula abaterea reală ;

$a, b, c, d,$ = parametri curbei considerate

Deci $x_1 = 0$ rezultă $t_1 = V_1$ și deși :

$$V_1 = a \quad (3.49)$$

iar dacă $x_1 = 1$, rezultă $t_1 = v_1$ și deci :

$$v_n = v_1 + b \cdot l + c \cdot l^2 + d \cdot l^3 \quad (3.50)$$

în care :

l = lungimea intervalului abaterilor grupate. Pe baza relației (3.50) se poate scrie :

$$v_n - v_1 = b \cdot l + c \cdot l^2 + d \cdot l^3 \quad (3.51)$$

de unde :

$$b = \frac{v_n - v_1}{l} - c \cdot l - d \cdot l^2 \quad (3.52)$$

Înlocuind în relația (3.48) și ordonând-o rezultă :

$$t_i = v_1 + (v_n - v_1) \frac{x_i}{l} + c(x_i^2 - x_1^2) + d(x_i^3 - x_1^3) \quad (3.53)$$

Notând cu u_i diferența dintre abaterea determinată față de formă proiectată și abaterea rezultată în urma grupării abaterilor după zona vom avea :

$$u_i = t_i - v_i = c(x_i^2 - x_1^2) + d(x_i^3 - x_1^3) \quad (3.54)$$

Punând condiția de minimă :

$$\frac{\partial \sum u_i^2}{\partial c} = 0, \quad \frac{\partial \sum u_i^2}{\partial d} = 0 \quad (3.55)$$

deci :

$$\sum u_i \frac{\partial u_i}{\partial c} = 0, \quad \sum u_i \frac{\partial u_i}{\partial d} = 0 \quad (3.56)$$

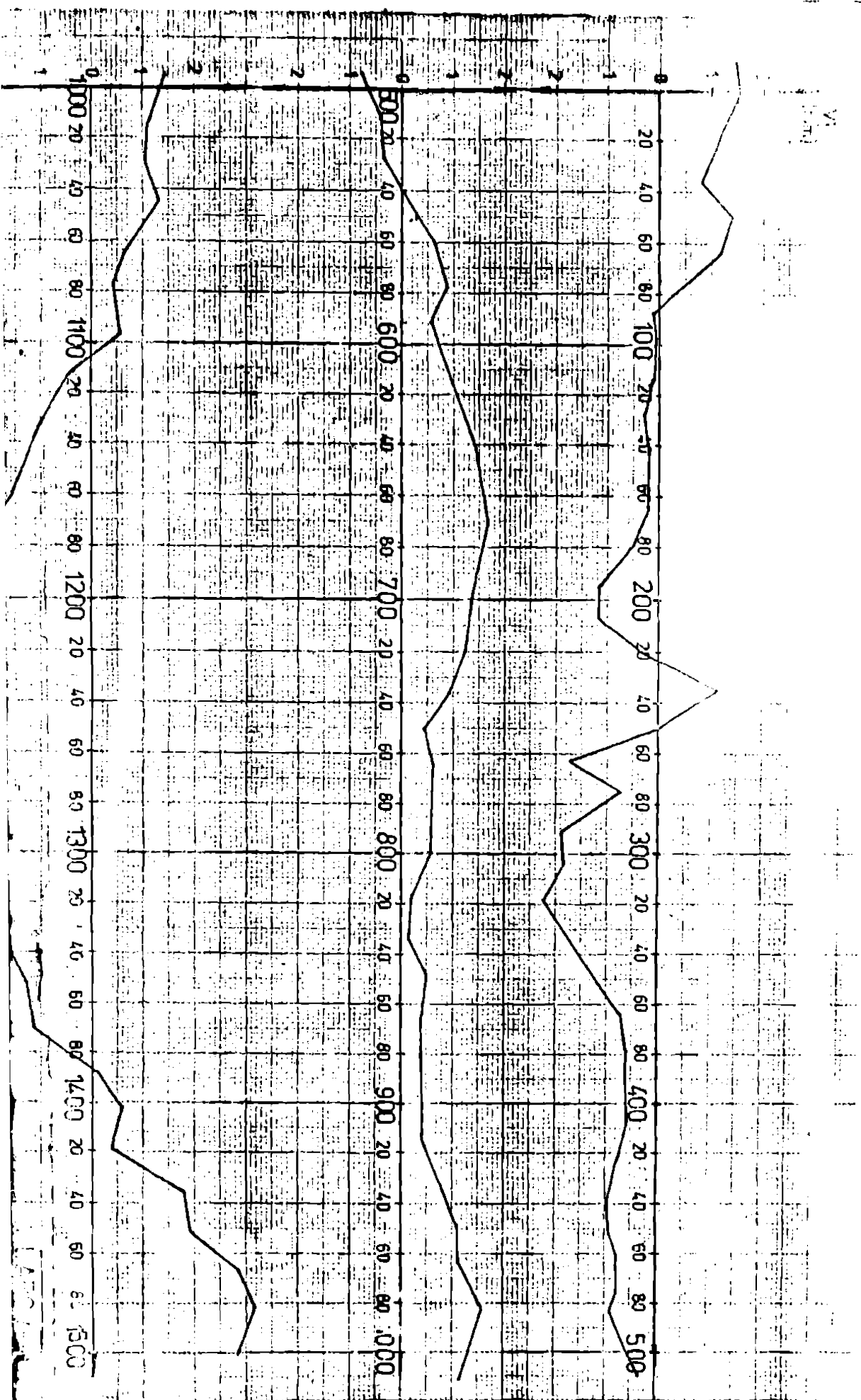
în care :

$$\frac{\partial u_i}{\partial c} = x_i^2 - x_1^2, \quad \frac{\partial u_i}{\partial d} = x_i^3 - x_1^3 \quad (3.57)$$

rezultă sistemul de ecuații :

$$\begin{aligned} c \sum (x_i^2 - x_1^2)^2 + d \sum (x_i^2 - x_1^2)(x_i^3 - x_1^3) + v_1 \sum (x_i^2 - x_1^2) + \\ + (v_n - v_1) \sum \frac{x_i}{l} (x_i^2 - x_1^2) - \sum v_i (x_i^2 - x_1^2) = 0 \\ c \sum (x_i^3 - x_1^3)(x_i^2 - x_1^2) + d \sum (x_i^3 - x_1^3)^2 + v_1 \sum (x_i^3 - x_1^3) + \\ + (v_n - v_1) \sum \frac{x_i}{l} (x_i^3 - x_1^3) - \sum v_i (x_i^3 - x_1^3) = 0 \end{aligned} \quad (3.58)$$

Sistemul de ecuații (3.58) se poate scrie sub forma simplă :



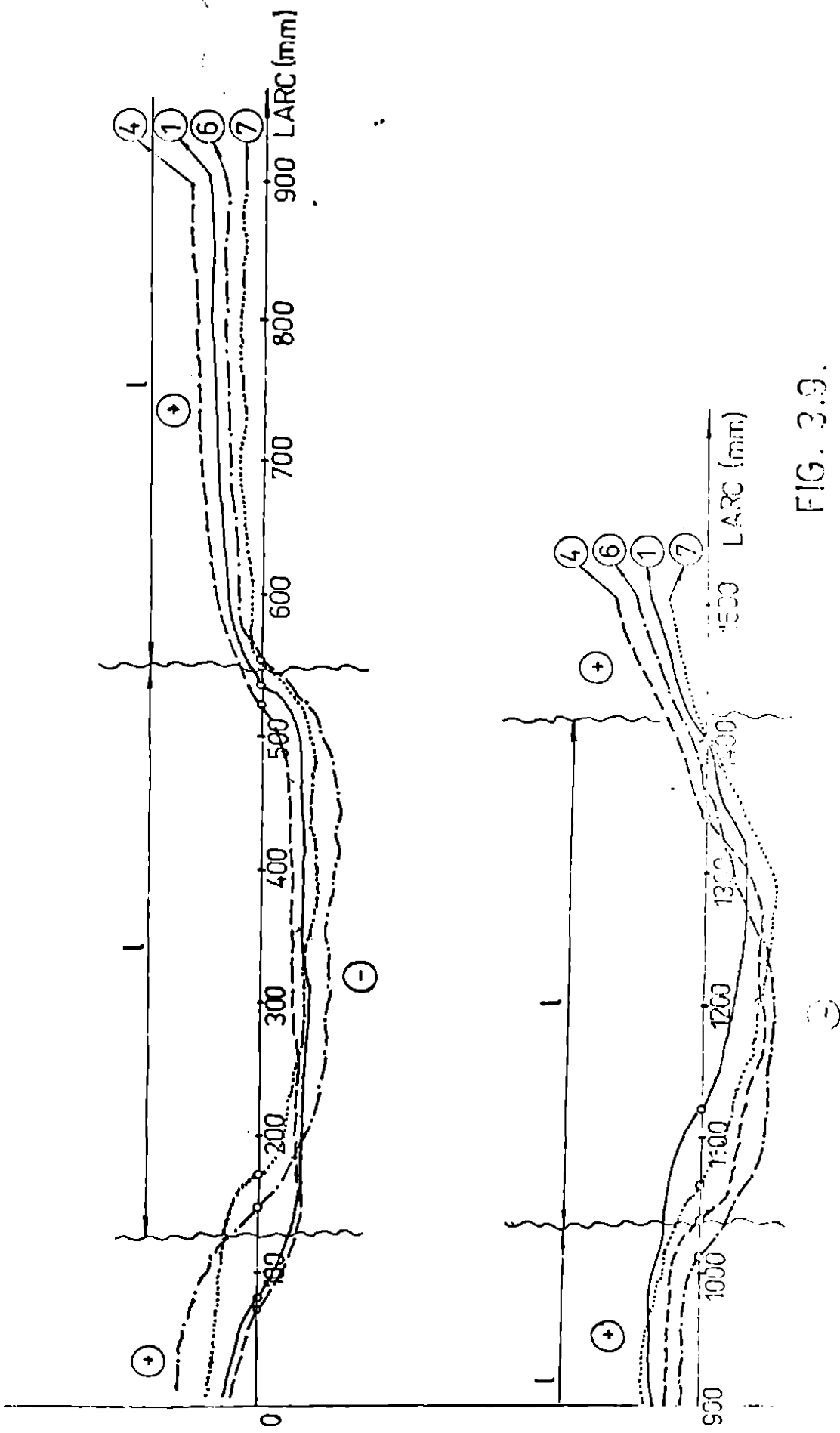


FIG. 3.9.

$$\begin{cases} cAA + dAB - TA = 0 \\ cAB + dBB - TB = 0 \end{cases} \quad (3.59)$$

în care :

$$\begin{aligned} AA &= \sum_1^1 (x_1^2 - x_{i1})^2 \\ AB &= \sum_1^1 (x_1^2 - x_{i1})(x_1^3 - x_{i1}) \\ BB &= \sum_1^1 (x_1^3 - x_{i1})^2 \end{aligned} \quad (3.60)$$

$$TA = \sum_1^1 v_1(x_1^2 - x_{i1}) - v_1 \sum_1^1 (x_1^2 - x_{i1}) - (v_n - v_1) \sum_1^1 \frac{x_{i1}}{1} (x_1^2 - x_{i1})$$

$$TB = \sum_1^1 v_1(x_1^3 - x_{i1}) - v_1 \sum_1^1 (x_1^3 - x_{i1}) - (v_n - v_1) \sum_1^1 \frac{x_{i1}}{1} (x_1^3 - x_{i1})$$

cu notația :

$$x_1 = \xi_1 \quad \text{sau} \quad \xi_1 = \frac{x_1}{b} \quad (3.61)$$

relațiile 3.60 pot fi scrise sub forma :

$$\begin{aligned} AA &= \sum_1^1 (\xi_1^2 - \xi_{i1})^2 \\ AB &= \sum_1^1 (\xi_1^2 - \xi_{i1})(\xi_1^3 - \xi_{i1}) \\ BB &= \sum_1^1 (\xi_1^3 - \xi_{i1})^2 \end{aligned} \quad (3.62)$$

$$TA = \sum_1^1 v_1(\xi_1^2 - \xi_{i1}) - v_1 \sum_1^1 (\xi_1^2 - \xi_{i1}) - (v_n - v_1) \sum_1^1 (\xi_1^3 - \xi_{i1})$$

$$TB = \sum_1^1 v_1(\xi_1^3 - \xi_{i1}) - v_1 \sum_1^1 (\xi_1^3 - \xi_{i1}) - (v_n - v_1) \sum_1^1 (\xi_1^3 - \xi_{i1})$$

simplificând cu 1² și adoptînd notațiile :

$$\begin{aligned} \xi_1 &= R_1 \\ \xi_1 - 1 &= R_1 \\ \xi_1^2 - 1 &= R_2 \end{aligned} \quad (3.63)$$

se obține :

$$\begin{aligned} AA &= \sum_1^1 R_1^2 R_2^2 \\ AB &= \sum_1^1 R_1^2 R_2 \\ BB &= \sum_1^1 R_1^2 R_2^2 \\ TA &= \sum_1^1 v_1 R_1 - v_1 \sum_1^1 R_1 - (v_n - v_1) \sum_1^1 R_2 \\ TB &= \sum_1^1 v_1 R_2 - v_1 \sum_1^1 R_2 - (v_n - v_1) \sum_1^1 R_2 \end{aligned} \quad (3.64)$$

și deci sistemul (3.59) se poate scrie sub forma extinsă :

$$\begin{cases} c \sum_1^1 R_1^2 R_2^2 + d \sum_1^1 R_1^2 R_2 - [\sum_1^1 v_1 R_1 - v_1 \sum_1^1 R_1 - (v_n - v_1) \sum_1^1 R_2] = 0 \\ c \sum_1^1 R_1^2 R_2 + d \sum_1^1 R_1^2 R_2 - [\sum_1^1 v_1 R_2 - v_1 \sum_1^1 R_2 - (v_n - v_1) \sum_1^1 R_2] = 0 \end{cases} \quad (3.65)$$

care rezolvat ducă la determinarea parametrilor c și d și deci, implicit, la cunoașterea abaterilor reale.

În programul de calcul întocmit pentru secțiunile diferite de forma plană, prelucrarea abaterilor funcție de gruparea acestora după semnul algebric a fost introdusă prin SUBROUTINE GRUPA (N, N_1, I) valorile abaterilor tipărite la imprimantă fiind valorile rezultate în urma prelucrării abaterilor grupate după semnul algebric și asociate.

În urma prelucrării grupate a abaterilor s-a obținut profilul convențional al elementelor de rugozitate prezentat în fig.3.41 (a) profilul obținut avînd la bază reprezentarea din fig.3.8 (a, b, c), egîndu-se aceiași scară de reprezentare. Comparînd valoarea obținută rezultată în cazul galeriei hidrotehnice Poiana Mărului pentru care s-a obținut coeficientul de rugozitate $n^2 = 0,0109$, cu valoarea abaterilor pentru betonul solivisit ($n = 0,0107$) obținut pe profilul din laboratorul de Construcții Hidrotehnice s-a remarcat o bună asemănare, $\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 0,38$ mm pentru Poiana Mărului și $\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 0,34$ mm pentru betonul solivisit studiat în laborator, o diferență dintre valorile medii ale abaterilor încadrîndu-se în precizia de precizie a metodei fotogrametrice propuse.

3.4 Concluzii privind modelul matematic conceput pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice.

Modelul matematic conceput pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice betonate, prin metoda fotogrametrică, are drept scop determinarea parametrilor E_1 și E_2 ; E_1 reprezentînd abaterea medie pătratică și respectiv E_2 abaterea medie.

În vederea găsirii unei legături între coeficientul de rugozitate determinat pe baza măsurărilor hidraulice directe și rugozitatea geometrică determinată indirect prin metoda fotogrametrică a fost necesară adoptarea unui parametru care să caracterizeze rugozitatea suprafeței în cauză, suprafață obținută printr-o anumită tehnologie de execuție.

În urma unor încercări de prelucrare statistică a șirului de valori obținut ca rezultat al măsurărilor fotogrametrice [49, 10, 11, 12] s-a ajuns la concluzia că șirul se încadrează în repartiția normală și că parametrul care caracterizează cel mai bine

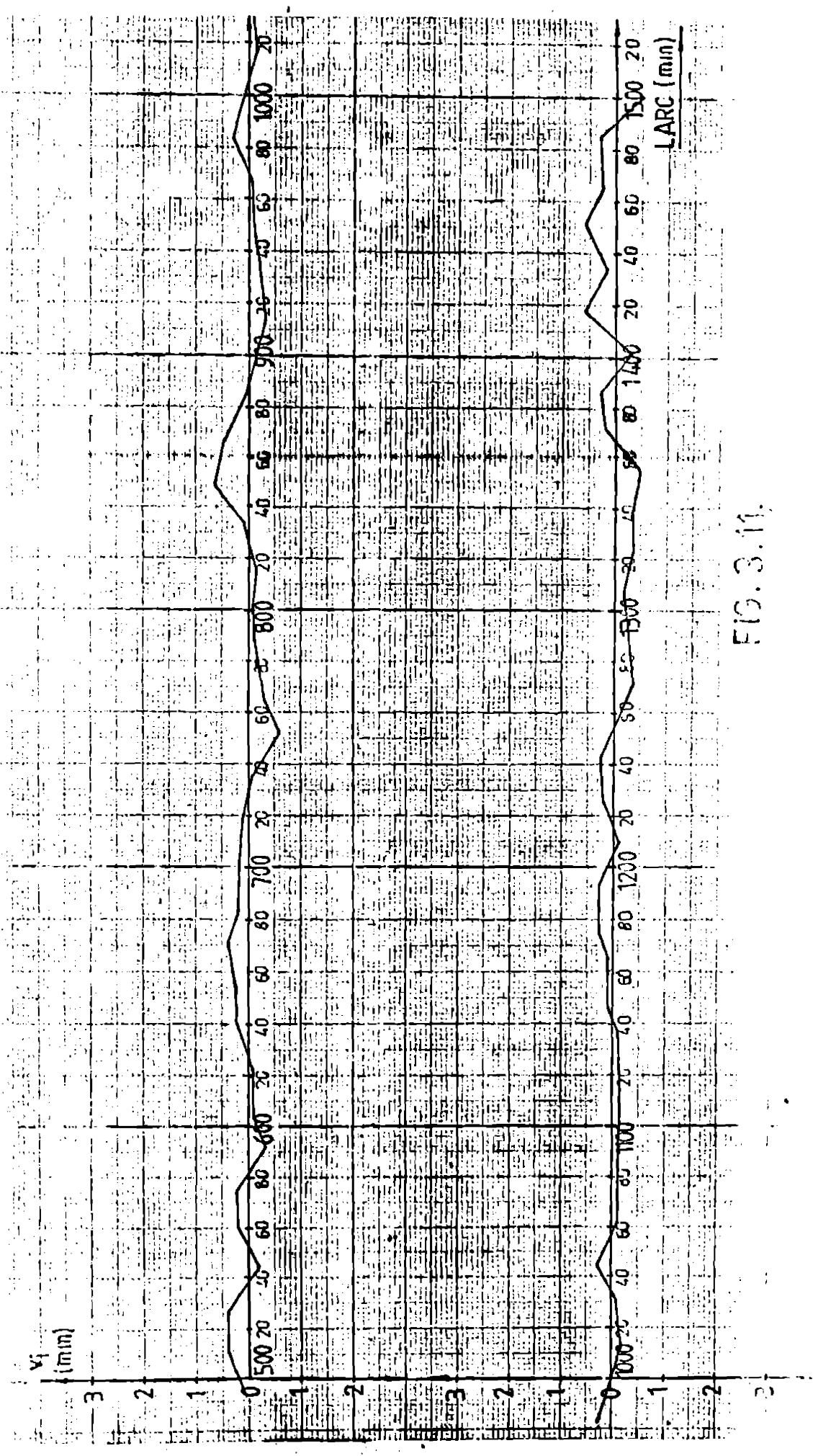


FIG. 3.11.

caracteristica de rugozitate este abaterea medie pătratică, E_1 .

Deci, abaterea medie pătratică (E_1) este parametrul care caracterizează rugozitatea geometrică a unei anumite galerii hidrotehnice, parametru pentru care s-a adoptat relația :

$$E_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-s}} \quad (3.66)$$

în care :

$\sum_{i=1}^n v_i^2$ = suma pătratelor abaterilor (rugozităților) ;

n = numărul de puncte exploatat de pe o stereogramă ;

s = parametru funcție de forma secțiunii transversale a galeriei hidrotehnice care poate lua valorile 10 și 11 pentru suprafețe plane, $s = 3$ pentru suprafețe curbe și $s = 4$. Ng pentru suprafețele curbe la care s-a aplicat gruparea abaterilor după semnul acestora (Ngr = numărul de grupări în care s-au constituit abaterile).

Pentru abaterea medie (E_2) s-a adoptat relația :

$$E_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-s)}} \quad (3.67)$$

Astfel, pentru determinarea parametrilor E_1 și E_2 au trebuit determinate mărimile elementelor de rugozitate caracteristice unei anumite suprafețe luate în studiu (abaterile de la suprafața medie cea mai probabilă).

Abaterile se determină funcție de forma secțiunii transversale a galeriei hidrotehnice și anume pentru suprafețele plane față de un plan mediu iar pentru suprafețele curbe față de curba cea mai probabilă ce definește suprafața în cauză .

Exploatarea punct cu punct a stereogramelor (exploatarea numerică), preluate în teren, s-a făcut la stereocomparatorul STEREO 18 18 ținând cont de un anumit pas de măsurare ales de așa manieră încât valorile geometrice ale rugozităților să poată fi determinate cu precizia ce poate fi atinsă prin aplicarea metodei fotogrametrice . Totodată rugozitatea obținută să caracterizeze rugozitatea globală a suprafeței galeriei hidrotehnice în cauză .

De aceea este necesară testarea pasului de măsurare ce trebuie adoptat la exploatarea numerică a stereogramelor modelul matematic necesar determinării rugozității suprafețelor galeriilor hidrotehnice a fost conceput pentru cazul stereogramelor normale cu axe de

Fotografierea orizontală sau înclinată în plan vertical și din motiv trebuie acordată o atenție deosebită orientării camerelor topografice.

Totodată, modelul matematic a fost conceput pentru o anumită orientare în spațiu a axelor X, Y, Z și deci în cazul schimbării orientării sistemului de axe va trebui să se facă schimbări corespunzătoare, schimbându-se în primul rând semnificația coordonatelor punctelor măsurate.

În cazul în care se constată o grupare a valorilor abaterilor după semnul plus sau minus, gruparea datorată deformării obiectelor folosite la betonare sau deplasării acestora este necesară prelucrarea valorilor grupate (SUBGRUPĂ GRUPĂ), deoarece forma curbei propusă de proiectant nu caracterizează secțiunea transversală obținută în urma execuției galeriei.

SECȚIUNEA TIP GALERIA DE FUGA SUGAG.

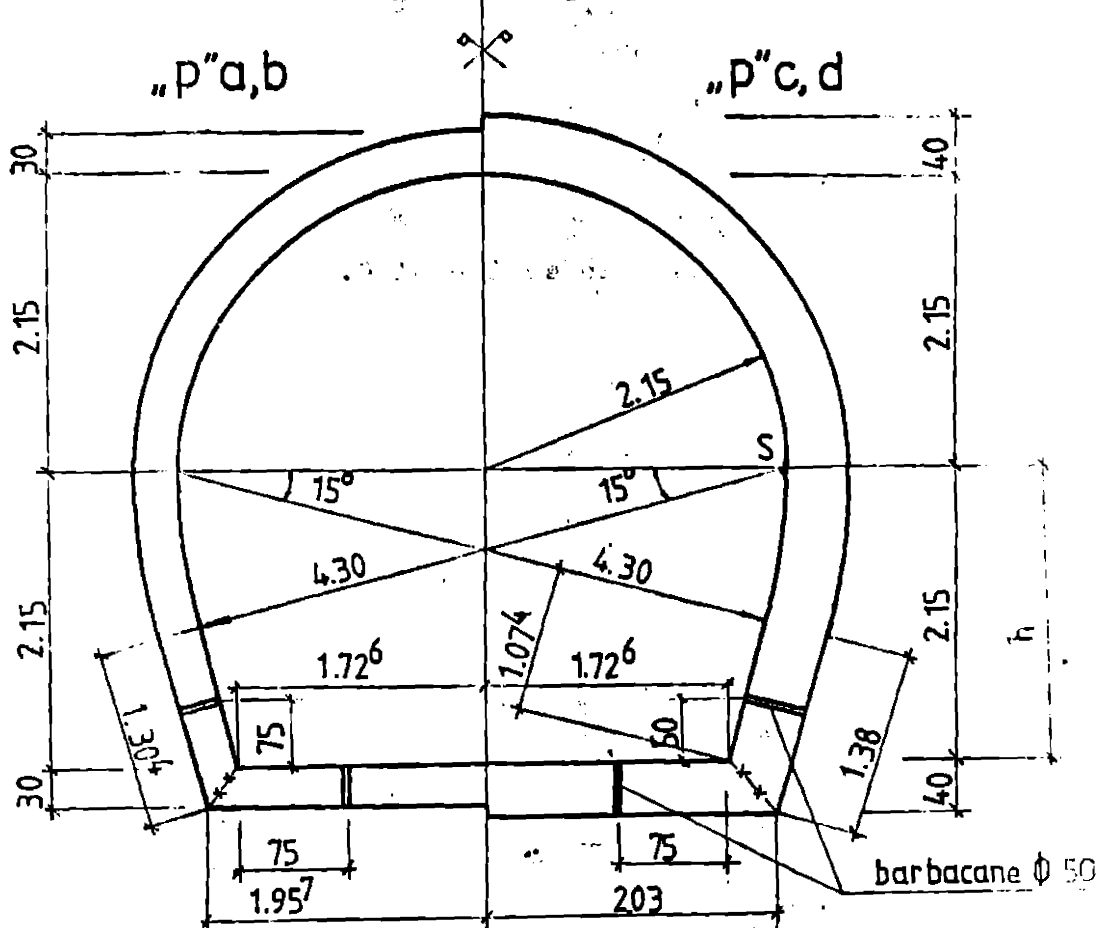


FIG. 3.12.

În cazul secțiunii transversale sub formă de potcoavă în vederea măsurării la stereocomparator trebuie avut grijă să se delimiteze și să se porționeze secțiunea circulară (fig. 3.6 și 3.7) față de celelalte porțiuni în vederea precizării numărului de puncte n_1 din această porțiune, număr necesar separării porțiunilor ce alcătuiesc secțiunea transversală a galeriei în vederea determinării abaterilor corespunzător curbei în cauză. Separarea la stereocomparator a punctului în care are loc schimbarea de formă se poate face prin marcarea în teren la înălțimea h a liniei de schimbare (separare), înălțimea h putând fi cunoscută din proiectul galeriei (fig. 3.12). Astfel că pe stereogramă apare marcarea liniei de separație, S .

Modelul matematic conceput în vederea aplicării metodei stereogrametrico la determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice a stat la baza întocmirii unor programe de calcul ce au fost rulate pe calculatorul FELIX C-256, dat fiind volumul mare de calcule ce trebuie efectuate.

Programele în limbaj FORTRAN sînt concepute pentru cele mai des întîlnite secțiuni transversale ale galeriilor hidrotehnice:

- program "PAS" ;
- program "PLAN" ;
- program "CERC" ;
- program "POTCOAVA" ;

programe ce sînt prezentate în capitolul 4.

CAPITOLUL 4

PROGRAME DE CALCUL AUTOMAT PENTRU PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂTORIILOR FOTOGRAMETRICE ÎN VEDEREA DETERMINĂRII RUGOZITĂȚII GALERIILOR HIDROTEHNICE.

Pe baza modelului matematic prezentat în capitolul 3, din fiind volumul foarte mare de calcul, s-au conceput programe de calcul în limbaj FORTRAN, programe ce s-au rulat pe un calculator ELIX C-256. Programele au fost concepute de așa manieră încât permită introducerea datelor de intrare în unitățile de măsură rezultate din măsurătorile fotogrametrice și totodată să permită tipărirea sub formă tabelară a rezultatelor calculate, pentru o ușoară înțelegere a acestora. Tabelele de rezultate au fost de asemenea concepute încât să se folosească cât mai economic spațiul de imprimantă.

Așa cum am mai menționat, programele de calcul sînt concepute pentru o anumită orientare a sistemului de axe, așa cum reiese din capitolul 3.

Pentru fiecare program de calcul vor fi prezentate în continuare următoarele: semnificația datelor de intrare și elementele ce se citesc la ieșire.

4.1 Programul "PAS" pentru testarea pasului de măsurare la stereocomparator.

a) Date de intrare :

N = numărul de puncte testate ;

X_0, Z_0 = coordonatele centrului fotografiei din stînga ;

P_0 = paralaxa orizontală folosită la orientarea fotografiilor în stereocomparator în vederea obținerii modelului stereoscopic ($P_0 = 0$) ;

B = baza de fotografiere ;

OF = distanța focală a camerei fotogrametrice ;

X_M = element de citit la stereocomparator ce stabilește poziția profilului transversal ;

$Z(I), P(I)$ = elemente citite la stereocomparator ;

b) Date de ieșire :

$V(I)$ = abaterile (rugozițiile) în (mm) caracteristicile șirului cu pasul de P mm format din N puncte

CB = deplasarea față de primul punct ;

A = rotirea față de orizontală ;

AQ = abaterea medie pătratică (E_1) ;

AS = abaterea medie (E_2) ;

- repartizarea spațială a abaterilor.

În tabelul 4.1 este dată o parte din șirul de valori, considerând repartiția normală, pentru rugozitatea canalului dreptunghiular realizat în cadrul laboratorului de Construcții Hidrotehnice. Pentru acest tip de rugozitate a rezultat pasul de măsurare la stereocomparator mai mic de 8 mm (rugozitate caracteristică suprafețelor de beton rugos - radier).

Tabel 4.1

Caracteristicile șirului cu pasul de 4,24 mm format din
109 puncte.

Nr. pot	Vi (mm)	Nr. pot	Vi (mm)	Nr. pot	Vi (mm)	Nr. pot	Vi (mm)	Nr. pot	Vi (mm)
1	0,1638	23	-0,1621	45	0,3264	67	0,0000	89	0,1111
2	-0,0510	24	0,4351	46	0,6726	68	-0,5940	90	0,3040
3	-0,2688	25	0,6560	47	-1,2358	69	-0,0583	91	-0,1980
4	-0,4856	26	0,1262	48	-0,8267	70	0,2888	92	-0,7925
5	-0,5764	27	0,1602	49	0,5850	71	0,1965	93	0,8108
6	-0,5487	28	-0,9961	50	0,4937	72	-0,1465	94	-0,2219
7	-0,5095	29	0,3523	51	0,9653	73	0,2007	95	-0,1255
8	0,2112	30	-0,1768	52	1,1245	74	-0,0159	96	0,5349
9	0,2444	31	0,1694	53	0,5320	75	0,2058	97	-0,6870
10	-1,0349	32	-0,2979	54	0,4399	76	0,4275	98	0,1003
11	0,1865	33	0,1116	55	0,2229	77	0,2732	99	0,0081
12	-0,0925	34	0,1445	56	-0,1189	78	0,3064	100	0,2935
13	0,1284	35	0,0525	57	-0,0227	79	0,1519	101	-0,1755
14	0,2246	36	0,2117	58	-0,2400	80	-0,0027	102	-0,3303
15	-0,1174	37	0,3079	59	-0,2070	81	0,0305	103	0,0173
16	0,1047	38	-0,0344	60	-0,6743	82	0,0647	104	-0,1372
17	0,4507	39	0,3750	61	-0,3274	83	-0,2786	105	-1,3611
18	0,5466	40	0,1577	62	0,0818	84	-0,1821	106	-0,0076
19	-0,1082	41	-0,0583	63	0,2412	85	-0,0857	107	-0,2878
20	-1,1379	42	0,3511	64	-0,8538	86	-0,0518	108	0,1230

Tabel 4.1 (continuare)

Tabel 4.1 (continuare)

21	-0,4163	43	0,1960	65	-0,1306	87	0,04834	109	-0,0950
22	0,6179	44	0,4805	66	-0,0964	88	0,5708		
A = 0,022452 ; E ₁ = 0,444 ; E ₂ = 0,043									
Caracteristicile șirului cu pasul de 8,47 mm format din 55 puncte.									
Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)
1	0,0352	12	-0,0925	23	-0,2493	34	0,1445	45	0,2808
2	-0,0518	13	0,0225	24	0,4351	35	-0,0120	46	0,6726
3	-0,3936	14	0,2246	25	0,5728	36	0,2117	47	-1,2778
4	-0,4856	15	-0,2197	26	0,1262	37	0,2471	48	-0,8267
5	-0,6978	16	0,1047	27	0,0806	38	-0,0344	49	0,5409
6	-0,5437	17	0,3523	28	-0,0961	39	0,3181	50	0,4957
7	-0,6270	18	0,5466	29	0,2756	40	0,1577	51	-0,9512
8	0,2112	19	-0,2029	30	-0,1768	41	-0,1113	52	1,1249
9	0,1309	20	-1,1379	31	0,0974	42	0,3501	53	0,5017
10	-1,0349	21	-0,5073	32	-0,2979	43	0,1467	54	0,4309
11	0,0767	22	0,6179	33	0,0432	44	0,4805	55	0,1960
A = 0,022894 ; E ₁ = 0,411 ; E ₂ = 0,055									
Caracteristicile șirului cu pasul de 12,71 mm format din 37 puncte.									
Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)	Nr. pot.	V _i (mm)
1	0,1602	9	0,1309	17	0,3523	25	0,6360	33	0,0492
2	-0,0518	10	-1,0447	18	0,5466	26	0,1262	34	-0,1184
3	-0,3936	11	0,0767	19	-0,1240	27	0,0806	35	-0,0120
4	-0,4912	12	-0,0925	20	-1,1379	28	-1,0183	36	0,2117
5	-0,6978	13	0,1167	21	-0,5073	29	0,2766	37	0,2775
6	-0,5437	14	0,2246	22	0,5999	30	-0,1768		
7	-0,5173	15	-0,2197	23	-0,2493	31	0,1453		
8	0,2112	16	0,0908	24	0,4351	32	-0,2979		
A = 0,022894 ; E ₁ = 0,469 ; E ₂ = 0,077									

Tabel 4.1 (continuu)

Caracteristicile șirului cu pașul de 16,95 mm format din 28 puncte

Nr. pct.	V_1 (mm)	Nr. pot.	V_1 (mm)	Nr. pot.	V_1 (mm)	Nr. pot.	V_1 (mm)	Nr. pot.	V_1 (mm)
1	-0,0926	7	-0,5173	13	-0,0874	19	-0,1240	25	0,4870
2	-0,0513	8	0,2112	14	0,2246	20	-1,1379	26	0,1100
3	-0,5936	9	0,0127	15	-0,2197	21	-0,6006	27	0,0000
4	-0,4912	10	-1,0447	16	0,0908	22	0,5999	28	-1,0100
5	-0,5242	11	0,0767	17	0,2507	23	-0,2493		
6	-0,1407	12	-0,0925	18	0,5466	24	0,4351		

$A = 0,03581$; $E_1 = 0,429$; $E_2 = 0,081$

4.2. Programul "PLAN" pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice cu suprafețe plane.

a) Date intrare :

- N = numărul de puncte pe un profil ;
- M = numărul de profile pentru care s-au efectuat măsurători pe stereogramă ;
- X \varnothing , Y \varnothing = coordonatele fotogramel din stînga ;
- P \varnothing = 0
- XF (I), YF (I) , PF (I) = elemente citite la stereoreducător ;
- CF = distanța focală a camerei fotogrametrice ;
- B = Baza de fotografiere ;

b) Date de ieșire :

- A = panta longitudinală ;
- B = panta transversală ;
- S = suma abaterilor ;
- E_1 = abaterea medie pătratică ;
- E_2 = abaterea medie ;
- X(I), Y(I), Z(I) = coordonatele punctelor măsurate, în sistemul de axe al stereogramel ;
- V(I) = abaterile față de planul mediu ;

Programul "PLAN" a fost aplicat pentru determinarea rugozității canalului dreptunghiular realizat în cadrul laboratorului de Hidrotehnică pentru patru tipuri de rugozitate (cap. 5)

4.3 Programul "CERC" pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice de secțiune transversală circulară.

a) Date de intrare :

KONT = contor

BM = baza de fotografiere ;

CK = distanța focală a camerei fotogrametrice folosită ;

NK = numărul de profile de pe o stereogramă ;

NI = numărul de puncte de pe un profil ;

YOF, ZOF = coordonatele centrului fotografiei din stânga ;

PO = 0

YF = poziția profilului de pe stereogramă ;

FI = unghiul vertical sub care a fost înclinată axa de fotografiere ;

ZF(I) = valoarea citită la stereocomparator funcție de cursul de măsurare adoptat ;

P(I) = paralaxa orizontală citită la stereocomparator ;

N₁ = numărul de puncte grupate ;

N₂ = numărul de grupări ;

b) Date de ieșire :

S = suma abaterilor ;

E₁ = abaterea medie pătratică ;

E₂ = abaterea medie ;

SMM = media modulului abaterilor ;

X(I), Y(I), Z₀(I) = coordonatele punctelor în sistemul de axe al stereogramii ;

ARC(I) = poziția punctelor pe curbă ;

RUGOZ = abaterile (V₁) (rugozitățile geometrice) ;

Programul a fost aplicat la galeriile hidrotehnice : Tâșnăuș (galeria de fugă și galeria de aducțiune), Poiana Mărului (galeria de aducțiune), etc.

Pentru a stabili numărul de puncte ce se pot grupa cit și numărul de grupări, se va rula programul fără "SUBROUTINE GRUPA" și se va analiza șirul valorilor abaterilor fără a mai fi necesară reprezentarea grafică a acestora (fig. 3.8).

4.4. Programul "POTCOAVA" pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice cu secțiune transversală de tipul "potcoavă".

a) Date de intrare :

N = numărul total de puncte pe un profil ;

N_1 = numărul punctelor din porțiunea de curbă reprezentată printr-un semicerc până care s-au făcut măsurătorile (fig. 3.7) ;

Y = poziția profilului pe stereogramă ;

R = valoarea aproximativă a razei galeriei ;

AL = unghiul de inclinare al porțiunii plane a galeriei (fig. 3.6) ;

Z , Y = coordonatele fotografiei din stînga ;

P = 0 ;

$Z(I)$, $P(I)$ = elemente citite la stereocomparator ;

F = distanța focală a camerei fotografice ;

B = baza de fotografiere ;

NL = numărul de profile pe o stereogramă ;

b) Date de ieșire :

R = raza secțiunii circulare a galeriei ;

ALV = valoarea unghiului vertical de inclinare a pereților galeriei ;

$X(I)$, $Z(I)$ = poziția punctelor în sistemul de axe al stereogramii ;

$V(I)$ = valoarea rugozităților (abaterilor) ;

S = suma abaterilor ;

E_1 = abaterea medie pătratică ;

E_2 = abaterea medie ;

Programul s-a aplicat pentru determinarea rugozității galeriei-

Sugag.

În cele ce urmează prezentăm un exemplu de calcul ce a fost folosit la testarea programului /43/.

Date de intrare :

Tabelul 4.2

Z = 100 mm ; Y = 100 mm ; P = 0 ; F = 105 mm ;

B = 500 mm ; R = 1950 mm ; AL = 20° ; N = 18 ;

N_1 = 10

NOI	Z (I) (mm)	P (I) (mm)	PUNCT	Z (I) (mm)	P(I) (mm)
1	3,627	37,856	10	122,222	27,776
2	211,109	35,260	11	104,820	27,969
3	195,994	33,216	12	87,108	28,559
4	102,677	31,605	13	68,406	29,595
5	170,724	30,344	14	47,883	31,168
6	159,809	29,375	15	33,406	32,421
7	149,687	28,658	16	17,710	33,781
8	140,153	28,163	17	0,640	35,259
9	131,043	27,873	18	-17,939	36,872

Date de legire

Tabel 4.3

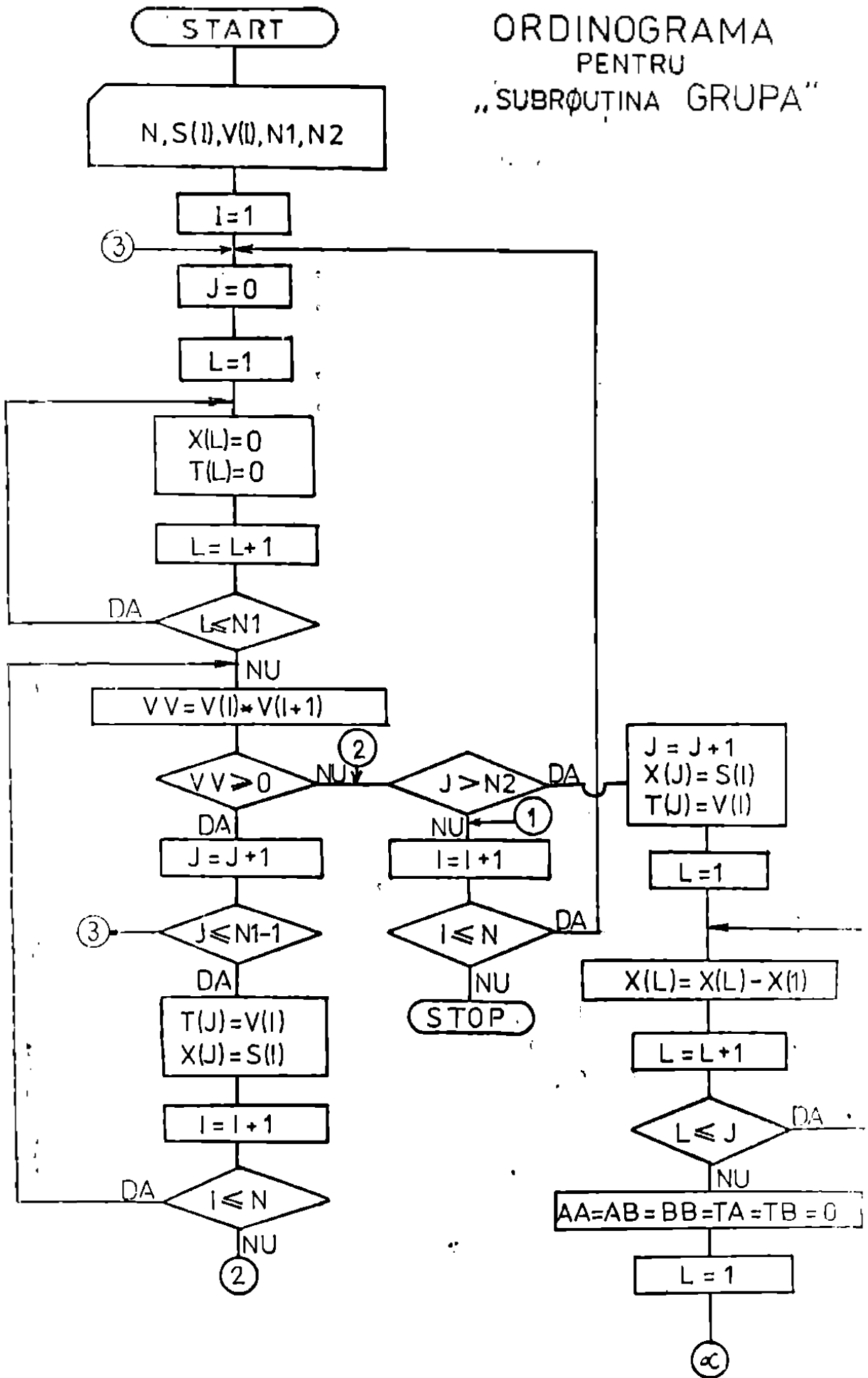
R = 1999,99 mm ; ALFA = 0,3141138 RAD ; S = 0 ; E ₁ = 0,015 ; E ₂ = 0,0035 ;							
PUNCT	X(I) (mm)	Z(I) (mm)	V(I) (mm)	PUNCT	X(I) (mm)	Z(I) (mm)	V(I) (mm)
1	1520,73	1298,88	-0,01	10	1999,92	-0,02	-0,02
2	1617,97	1175,55	0,0	11	1987,63	-313,85	0,02
3	1705,23	1044,98	0,01	12	1950,70	-625,78	0,01
4	1781,96	907,96	0,01	13	1889,41	-933,79	-0,01
5	1847,71	765,36	0,01	14	1804,19	-1236,08	-0,01
6	1902,06	618,01	0,01	15	1742,15	-1427,03	0,02
7	1944,65	466,88	-0,03	16	1680,06	-1618,01	-0,02
8	1975,31	312,85	-0,00	17	1618,01	-1809,02	-0,01
9	1993,79	156,85	0,01	18	1553,98	-2000,05	0,01

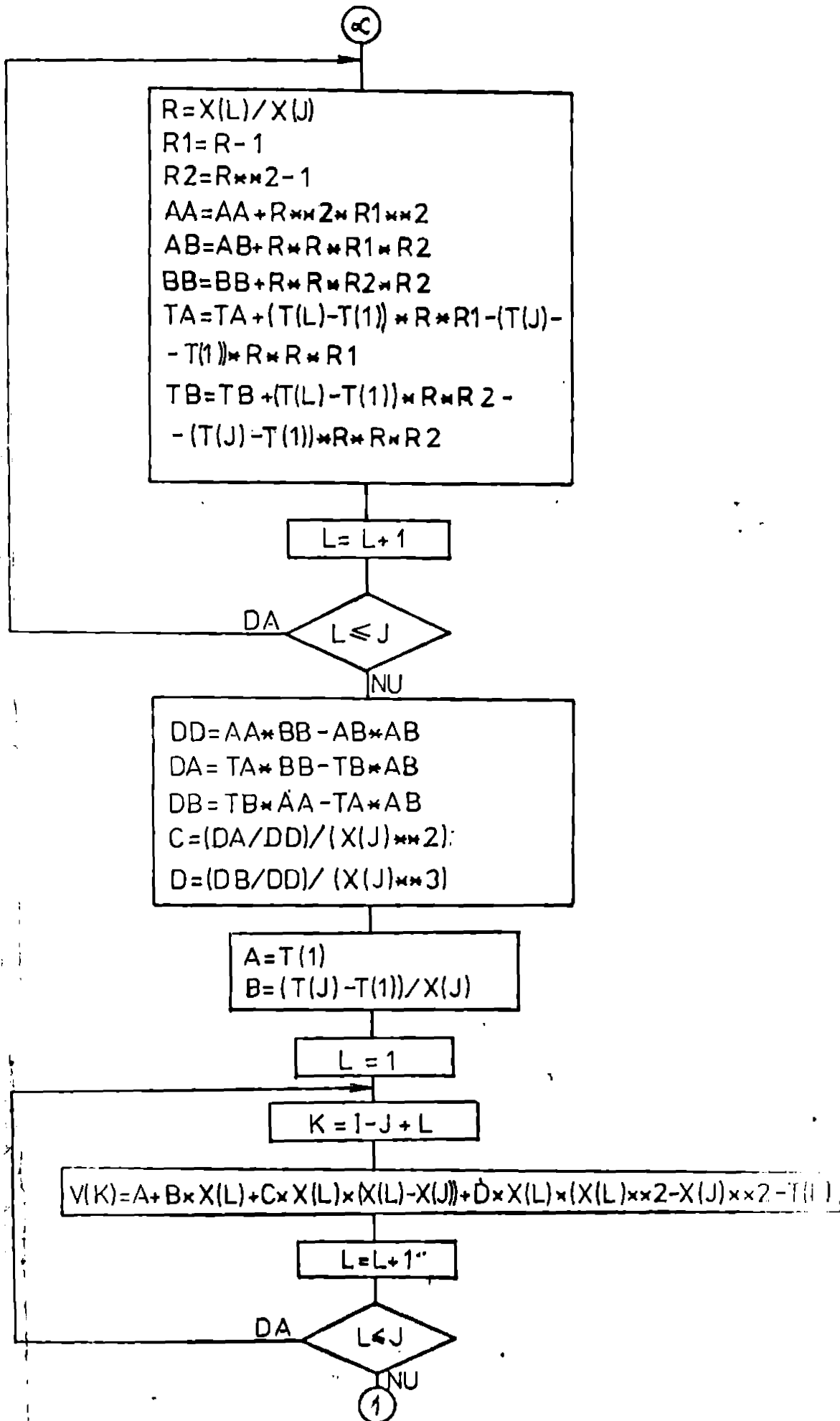
4.5 Programele propriuzise ("PAS", "PLAN", "CERC", "POTCOAVA")

În continuare sînt prezentate două din ordinogramele ce au stat la baza conceperei celor patru programe de calcul și anume ordinograma pentru gruparea punctelor la galeriile de formă circulară în care forma se abate semnificativ de la forma proiectată și ordinograma privind programul de calcul pentru galeriile compuse (în formă de potcoavă).

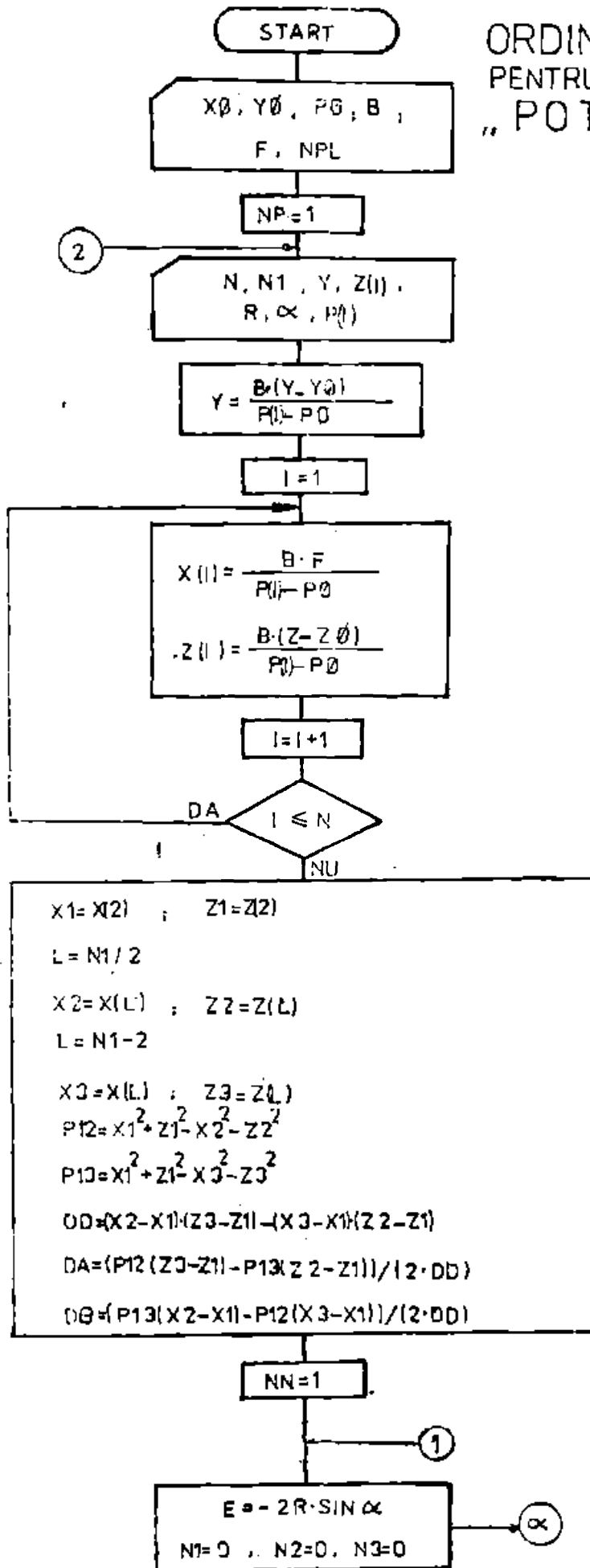
Sînt de asemenea prezentate cele patru programe în cauză, în limbaj FORTRAN, specificînd că programele prezentate au fost folosite în prelucrarea tuturor măsurătorilor fotogrametrice a căror rezultate sînt prezentate în capitolul 5, rezultate ce au stat la baza stabilirii corelației dintre coeficientul de rugozitate "n" și abaterea medie pătratică E₁ (parametrul ce caracterizează suprafața în cauză), și al pentru aplicarea acestei corelații la unele galerii hidroelectrice date în exploatare sau în fază de execuție (Obs. în unele programe planurile au fost marcate prin semnul convențional, \square).

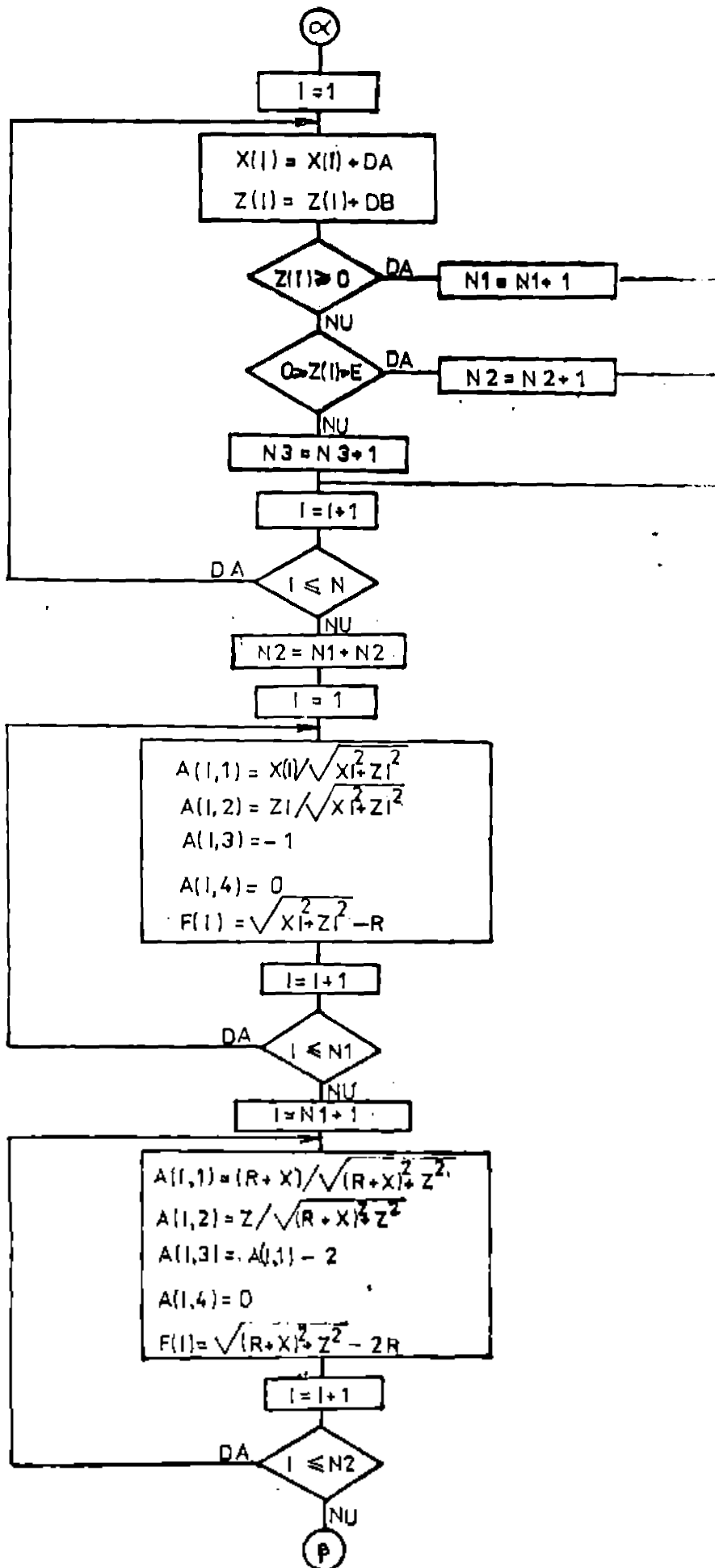
ORDINOGRAMA
PENTRU
„SUBRUTINA GRUPA”

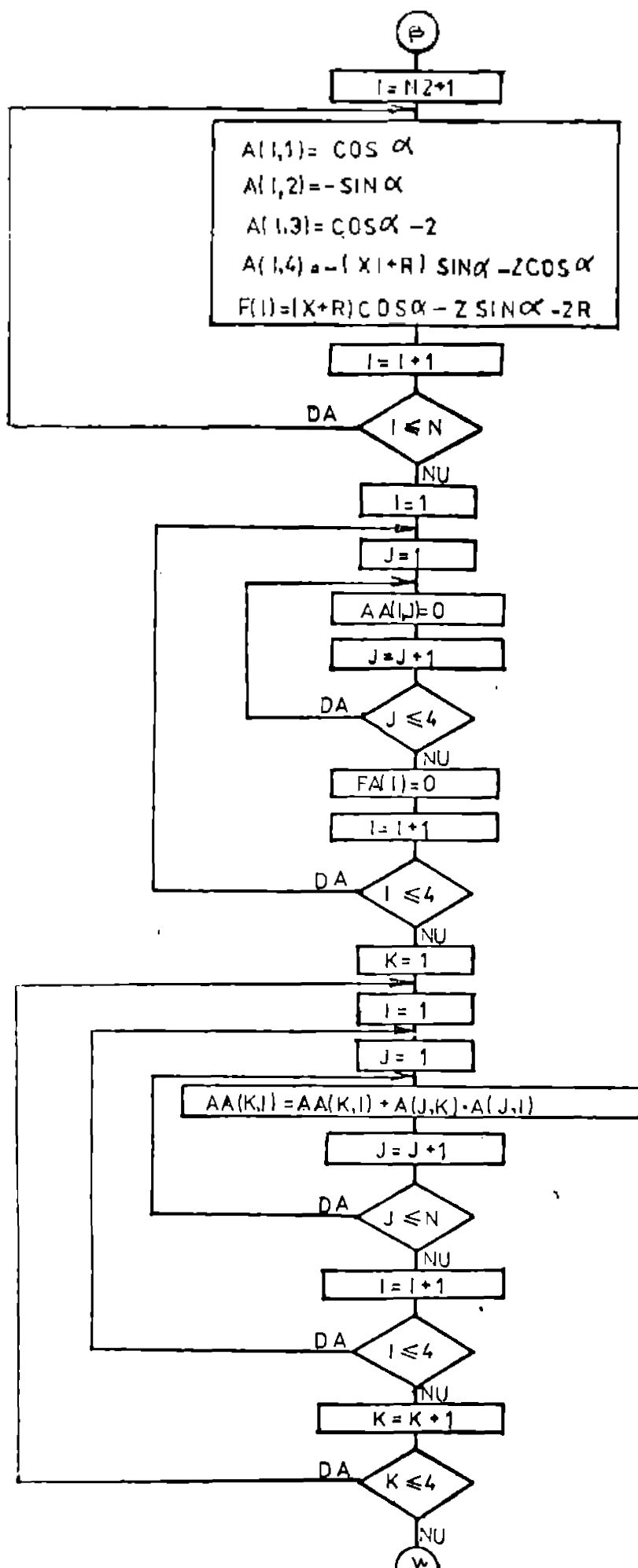


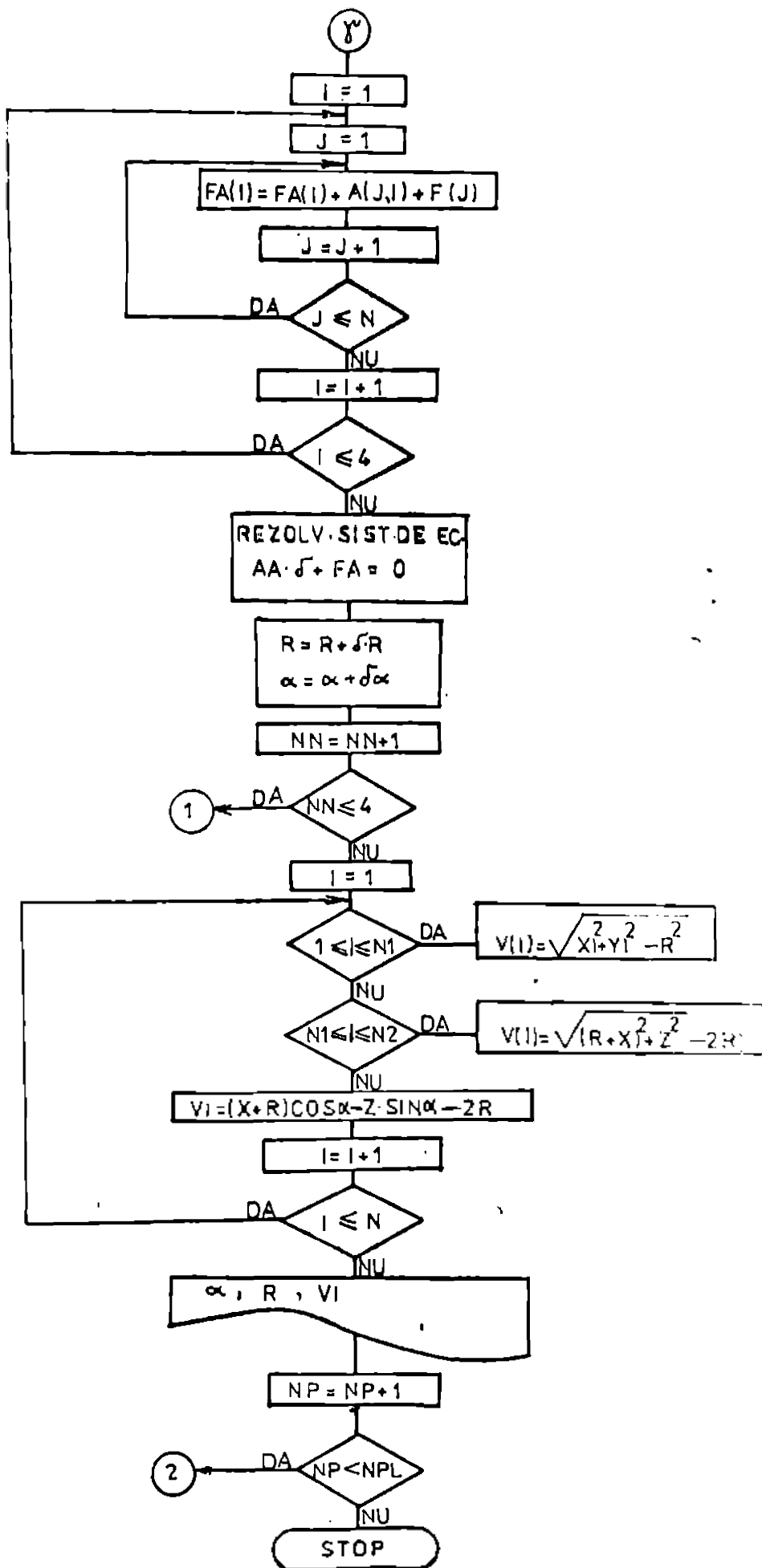


ORDINOGRAMA
PENTRU PROGRAMUL
„POTCOAVA”










```

JOB CH34 RUGØZ,AN:PHOO,PN:DØANDES
COMPILE FORTRAN
PASUL DE MASURARE PROGRAM "PAS"
COMMON Z(120),Y(120),V(120),F(12),FR(12),D(120)
DIMENSION X(120),P(120)
10 READ(105,10) N,XØ,ZØ,PØ,B,CF,XS
FORMAT(15,6F10.4)
11 READ(105,11)(Z(I),I=1,N)
FORMAT(16F5.2)
12 READ(105,12)(P(I),I=1,N)
FORMAT(16F5.3)
DO 13 I=1,N
X(I)=D*(XS-XØ)/(P(I)-PØ)
Y(I)=D*CF/(P(I)-PØ)
13 Z(I)=B*(Z(I)-ZØ)/(P(I)-PØ)
ZX=Z(1)
YX=Y(1)
DO 14 I=1,N
14 Z(I)=Z(I)-ZX
Y(I)=Y(I)-YX
DO 20 K=1,4
PA=Z(2)-Z(1)
PAS=K*PA
CALL CAST (K,N,L, AS,AQ,CB,A)
WRITE(100,90)PAS,L
90 FORMAT(10X,'CARACTERISTICILE SIRULUI CU PASUL DE',F0.5,'
DIN',I3,'PUNCTE SINT')
WRITE(108,21) CB,A,AS,AQ
X-1 FORMAT(20X,'DEPLASAREA FATA DE PRIMUL PUNCT',F9.2/20X,'
RMITIREA FATA DE ØRIZONTALA',F8.6/20X,'ABATEREA MEDIE',F6.3/
20X,'ABATEREA MEDIE PATRATICA',F6.3)
WRITE(100,22)
122 FORMAT(20X,'REPARTIZAREA SPATIALA A ABATERILOR')
DO 23 I=1,12
A1=I*0.5-3.5
A2=I*0.5-3.0
WRITE(100,24) A1,A2,M(I),FR(I),F(I)
124 FORMAT(15X,F5.2,'LA',F5.2,5X,I3,5X,F9.4,5X,F10.4)
125 CONTINUE
126 CONTINUE
STOP
END

SUBROUTINE CAST (K,N,L,AS,AQ,CB,A)
COMMON Z(120),Y(120),V(120),F(12),M(12),FR(12),D(120)
S1=0.
S2=0.
S3=0.
S4=0.
L=0.
DO 50 I=1,N,K
S1=SL+Z(I)*X2
S2=S2+Z(I)

```

```

50 | S3=S3+Z(I)*Y(I)
   | S4=S4+Y(I)
   | L=L+1
   | DD=L*S1-S2*S2
   | DA=L*S3-S2*S4
   | DB=S1*S4-S2*S3
   | A=DA/DD
   | B=DB/DD
   | VV=0.
   | DO 51 I=1,N,K
   | V(I)=A*Z(I)*D-Y(I)
   | D(I)=Z(I)-(Z(L)-Z(1))/2.
52 | VV=VV+V(I)*V(I)
   | WRITE(100,100)(V(I),I=1,L)
100 | FORMAT(10X,10F8.4)
   | AS=SQRT(VV/((L-1)*L))
   | AQ=SQRT(VV/(L-1))
   | DO 52 I=1,12
   | M(I)=0.
53 | F(I)=0.
   | DO 60 I=1,N,K
   | CF(V(I).GT.(-2,5)) GO TO 61
   | F(1)=F(1)+V(I)*D(I)
   | M(1)=M(1)+1
   | GO TO 60
61 | DO 62 J=1,10
   | DE=J*0.5
   | IF((V(I).GT.(DE-3,0)).AND.(V(I).LE.(DE-2,5))) GO
   | TO 62
63 | F(J+1)=F(J+1)+V(I)*D(I)
   | M(J+1)=M(J+1)+1
   | GO TO 60
64 | CONTINUE
   | IF(V(I).LT.2,5) GO TO 60
   | F(12)=F(12)+V(I)*D(I)
   | M(12)=M(12)+1
65 | CONTINUE
   | DO 70 J=1,12
70 | FR(J)=FLOAT(M(J))/L
   | CB=B
   | LI=1
   | RETURN
   | END

```

```

| LINK
| RUN
| )
|
|
| E0J

```

JMD CH34 RUG, ANI PHOO, PN. OVADES
COMPILE FORTRAN

```

CALCULUL RUGOZITATII (RUGOZ-1) PROGRAM"PLAN"
DIMENSION YF(20),XF(100),PF(20,100),X(20,100),Y(20,100),Z(20,100)
READ(105,1)N,M,X0,Y0,P0,CF,B
1  F0RMA1(2I5,5F10.3)
   READ(105,2) (YF(I),I=1,N
   READ(105,2) (XF(I),I=1,M)
2  F0RMA1(6F10.3)
   DO 20 I=1,N
   READ(105,3) (PF(I,J),J=1,M)
3  F0RMA1(16F5.3)
20 CONTINUE
   DO 4 I=1,N
   DO 5 J=1,M
4  Y(I,J)=B*(XF(J)-X0)/(PF(I,J)-P0)
   Y(I,J)=B*(YF(I)-Y0)/(PF(I,J)-P0)
5  Z(I,J)=B*CF/(PF(I,J)-P0)
6  CONTINUE
   NM=N*M
   SX=0.
   SY=0.
   SZ=0.
   SXX=0.
   SXY=0.
   SYZ=0.
   SYY=0.
   SZZ=0.
   DO 6 I=1,N
   DO 7 J=1,M
   SX=SX+X(I,J)/NM
   SY=SY+Y(I,J)/NM
   SZ=SZ+Z(I,J)/NM
   SXY=SXY+X(I,J)*Y(I,J)/NM
   SYZ=SYZ+X(I,J)*Z(I,J)/NM
   SXX=SXX+X(I,J)*X(I,J)/NM
   SYY=SYY+Y(I,J)*Y(I,J)/NM
7  CONTINUE
   DD=SXX*(SYY-SY*SY)-SXY*(SXY-SX*SY)+SX*(SXY*SY-SYY*SX)
   DA=SXZ*(SYY-SY*SY)-SYX*(SXY-SX*SY)+SZ*(SXY*SY-SYY*SX)
   DB=SXZ*(SX*SY-SXY)+SYZ*(SXX-SX*SX)-SZ*(SXX*SY-SXY*SX)
   DC=SXZ*(SXY*SY-SYY*SX)-SYZ*(SXX*SY-SXY*SX)+SZ*(SXX*SYY-SXY*SY)
   A=DA/DD
   C=DD/DD
   D=DC/DD
   S=0.
   SP=0.
   DO 8 I=1,N
   DO 9 J=1,M
   V(I,J)=A*X(I,J)+C*Y(I,J)+D-Z(I,J)
   S=S+V(I,J)
9  SP=SP+V(I,J)*2
10 CONTINUE
   AMP=SQRT(SP/(NM-1))
   AMPH=SQRT(SP/(NM*(NM-1)))
   WRITE (108,10) A,C,D,S,AMP,AMPH
10  F0RMA1(20X,'PARAMETRII SUPRAFETEI '//10X,'PANTA LONGITUDINALA','
   F10.0//10X,'PANTA TRANSVERSALA'B=',F10.8//10X,'DEPLASAREA
   C=',F10.8//10X,'SUMA ABATERILOR S=',F5.2//10X,'ABATEREA
   D.P.E1=',F8.2//10X,'ABATEREA STO.E2=',F8.2
   F10.8//10X)
   DO 11 I=1,N
   WRITE(108,12) I

```

```
12  FORMAT(40X,'CARACTERISTICILE SECTIUNII',I2)
    DO 13 K=1,N3
    N1=(K-1)*13+1
    N2=K*13
    WRITE(100,14)(X(I,J),J=N1,N2)
14  FORMAT(5X,122(1H)/5X,5HUXUM,13(F8.2,1H))
    WRITE(100,15)(Y(I,J),J=N1,N2)
15  FORMAT(5X,122(1H)/5X,5HYUM,13(F8.2,1H))
    WRITE(100,16)(Z(I,J),J=N1,N2)
16  FORMAT(5X,122(1H)/5X,5HZUM,13(F8.2,1H))
    WRITE(100,17)(V(I,J),J=N1,N2)
17  FORMAT(5X,122(1H)/5X,5HUVUM,13(F8.2,1H))
    WRITE(100,18)
18  FORMAT(5X,122(1H)/5X,'CONTINUAREA')
19  CONTINUE
20  CONTINUE
    STOP
    END
```

```
|| LINK
|| RUN
||
|| EOD
```

J80 CH21RUGØ, AN:PH00, PN:D8ANDES
C8MPLE F8RTRAN 08L

DETERMINAREA RUGØZITATII GALERIILØR CIRCULARE, PRØGRAM "CERC"
DIMENSIØN X(110), Y(110), Z(110), ZF(110), P(110)

C8MUN V(110), ARC(110), VT(110), VXS(110), NGR

DETERMINAREA RUGØZITATII GALERIILØR CIRCULARE

PUNCTELE MASURATE AU F8ST GRUPATE DØPA SEMNUL ADATERILØR

D8 100 KØNT=1,8

READ(105,1) ØM,CK,NK

1 F8RMAT(2F10.2,I2)

MØ

DØ 10 K=1,NK

READ(105,2) NI,YØF,ZØF,PØ,YF,FI

2 F8RMAT(I9,4F10.3,F10.8)

READ(105,3)(ZF(I),I=1,NI)

3 F8RMAT(16F5.2)

READ(105,9)(P(I),I=1,NI)

9 F8RMAT(16F5.3)

DØA I=1,NI

PØM=1

X(M)=(ØM/(P(I)-PØ))*(CK*ØCØS(FI)-(ZF(I)-ZØF)*ØSIN(FI))

Y(M)=(ØM/(P(I)-PØ))*(YF-YØF)

Z(M)=(ØM/(P(I)-PØ))*(CK*ØSIN(FI)+ZF(I)-ZØF)*ØCØS(FI))

4 CONTINUE

10 CONTINUE

I=1

DØ N/2

K=N

D=(X(I)-X(K))*(Z(J)-Z(K))-(X(J)-X(K))*(Z(I)-Z(K))

DY=(X(I)*X2+Z(I)*X2+X(K)*X2-Z(K)*X2)*(Z(J)-Z(K))

-(X(J)*X2-X(K)*X2+Z(J)*X2-Z(K)*X2)*(Z(I)-Z(K))

DZ=(X(J)*X2-X(K)*X2+Z(J)*X2-Z(K)*X2)*(X(I)-X(K))

-(X(I)*X2-X(K)*X2+Z(I)*X2-Z(K)*X2)*(X(J)-X(K))

X5=DY/(2*D)

Z5=DZ/(2*D)

RS=DSQR((X(I)-X5)*X2+(Z(I)-Z5)*X2)

99 IJ=1

AA=0.

AB=0.

AC=0.

AD=0.

AE=0.

AF=0.

AG=0.

AH=0.

AI=0.

DØ 11 I=1,M

A=(X(I)-X5)/RS

B=(Z(I)-Z5)/RS

C=DSQR((X(I)-X5)*X2+(Z(I)-Z5)*X2)-RS

AA=AA+A*A

AB=AB+A*B

AC=AC+A

AD=BB+B*B

AE=BC+B

AF=CC+1.

AG=AL+A*T

AH=BL+B*T

AI=CL+T

11 CONTINUE

ØD=AA*(BB*CC-BC*BC)+AB*(AC*BC-AB*CC)+AC*(AB*BC-AC*ØØ)

ØX=AL*(BB*CC-BC*BC)+BL*(AC*BC-AB*CC)+CL*(AB*BC-AC*BB)

```

PCZ=AL*(AC*DC-AB*CC)+BL*(AA*CC-AC*AC)+CL*(AB*AC-AA*DC)
DCR=AL*(AD*BC-BB*AC)+BL*(AC*AB-AA*BC)+CL*(AA*BB-AB*AD)
XC=XS+DCX/DCD
ZC=ZS+DCZ/DCD
R=RS+DCR/DCD
XS=XC
ZS=ZC
RS=R
II=II+1
IF(II.LT.3) GO TO 99
XC=XS
ZC=ZS
R=RS
S=0.
SP=0.
SM=0.
DO 12 J=1,M
V(I)=DSQRT((X(I)-XC)**2+(Z(I)-ZC)**2)-R
U=ATAN((Z(I)-ZC)/(X(I)-XC))
ARC(I)=R*U
12 CONTINUE
CALL GRUPE (N1,40,4)
DO 4100 I=1,M
S=S+V(I)
SP=SP+V(I)*V(I)
10 SM=SM+DABS(V(I))
T=DSQRT(SP/(M*4*NGR))
E=DSQRT(SP/(M*(M*4*NGR)))
SMM=SM/M
WRITE(100,60)S, EQ, EM, SMM
60 FORMAT(40X, 'S=' ,F5.2//40X, 'E1=' ,F7.3, 'MM'//40X, 'E2=' ,F7.3,
'EM'//40X, 'SMM=' ,F7.4//)
WRITE(100,21)
21 FORMAT(1H1,30X, 'RUGØZITATEAUSECTIUNIIUCIRCULAREU(UM,ESTEUMH)')
WRITE(100,22)
22 FORMAT(30X,62(1H*))
WRITE(100,23)
23 FORMAT(30X,62HUUPTUUUUUXX(I)UUUUUUUY(I)UUUUUUUZ(I)UUUUUUARC(I)UUU
UUUUUUZUUUU)
WRITE(100,22)
DO 31 I=1,M
WRITE(100,24) I, X(I), Y(I), Z(I), ARC(I), V(I)
24 FORMAT(30X,2HUU,13,2HUU,4(F10.2,1H),F8.3,3HUU)
WRITE(100,25)
25 FORMAT(30X,62(1H.))
31 CONTINUE
99 CONTINUE
STOP
END

SUBROUTINE GRUPE(N,N1,N2)
COMMON V(110),S(110),T(40),XS(40),NGR
I=1
NGR=0
18 T=0.
DO 10 L=1,N1
XS(L)=0.
10 T(L)=0.
14 VV=V(I)*V(I+1)
TF(VV) 11,12,12
12 J=J+1
IF(J.GT.N1) GO TO 18

```

```

1 T(J)=V(I)
2 XS(J)=S(I)
3 I=I+1
4 IF(I.L.T.N1) GO TO 14
5 IF(J.L.T.N2) GO TO 30
6 J=J+1
7 XS(J)=S(I)
8 T(J)=V(I)
9 AA=0.
10 AB=0.
11 BU=0.
12 TA=0.
13 TB=0.
14 DO 15 L=1,J
15 XS(L)=XS(L)-XS(1)
16 DO 16 L=1,J
17 R=XS(L) / XS(J)
18 R1=R-1
19 R2=R*R-1
20 AA=AA+R*R*R1*R1
21 AB=AB+R*R*R1*R2
22 BU=BU+R*R*R2*R2
23 TA=TA+T(L)*R*R1-T(1)*R*R1-(T(J)-T(1))*R*R*R1
24 TB=TB+T(L)*R*R2-T(1)*R*R2-(T(J)-T(1))*R*R*R2
25 DU=AA*BU-AB*AB
26 DA=TA*BU-TB*AB
27 DB=TB*AA-TA*AB
28 C=(DA/BU)/XS(J)**2
29 D=(DB/BU)*XS(J)**3
30 A=T(1)
31 B=(T(J)-T(1))/XS(J)
32 NRU=NRU+1
33 DO 17 L=1,J
34 K=I-J+L
35 Y(K)=A+B*XS(L)+C*XS(L)**2*(XS(L)-XS(J))+D*XS(L)**3*(XS(L)-XS(J))**2-1
36 (L)
37 CONTINUE
38 I=I+1
39 IF(I.L.T.N) GO TO 10
40 RETURN
41 END

```

```

LINK
RUN TIME:10 , NL:60000

```

```

END

```

JOB CH21RUGB, AN, PHOO, PN, DOANDES
COMPILE FORTRAN

DIMENSION X(50), Z(50), P(50), A(50,4), FL(50), AA(4,4), PA(50),
VX(4), V(300)

C

DETERMINAREA RUGOZITATII, PROGRAM "POTCOAVA"

1 READ(105,1) Z0, Y0, P0, F, B, NL

2 FORMAT(5F10.3, I5)

3 DO 100 NP=1, NL

4 READ(105,2) N, N1, Y, R, AL

5 FORMAT(2I5, 2F10.3, F10.8)

6 READ(105,2) (Z(I), I=1,N)

7 FORMAT(8F10.3)

8 READ(105,3) (P(I), I=1,N)

9 Y=B*(Y-Y0)/(P(1)-P0)

10 DO 4 I=1,N

11 X(I)=B*F/(P(I)-F0)

12 Z(I)=B*(Z(I)-Z0)/(P(I)-P0)

13 WRITE(108,200)

200

14 FORMAT(5X, 'LA 200 MERGE ')

15 X1=X(2)

16 Z1=Z(2)

17 L=N1/2

18 X2=X(L)

19 Z2=Z(L)

20 L=N1-2

21 X3=X(L)

22 Z3=Z(L)

23 P12=X1*X1+Z1*Z1+X2*X2-Z2*Z2

24 P13=X1*X1+Z1*Z1-X3*X3-Z3*Z3

25 DD=(X2-X1)*(Z3-Z1)-(X3-X1)*(Z2-Z1)

26 DA=(P12*(Z3-Z1)-P13*(Z2-Z1))/(2*DD)

27 DB=(P13*(X2-X1)-P12*(X3-X1))/(2*DD)

28 WRITE(108,300)

300

29 FORMAT(5X, 'LA 300 MERGE ')

30 NN=1

90

31 E=-2*NR*BSIN(AL)

32 N1=0

33 N2=0

34 DO 5 I=1,N

35 X(I)=X(I)+DA

36 Z(I)=Z(I)+DB

37 IF(Z(I).GT.0.) N1=N1+1

38 IF(Z(I).LT.0. .AND.Z(I).GT.E) N2=N2+1

5

39 CONTINUE

40 N2=N1+N2

41 DO 6 I=1, N1

42 RR=SQRT(X(I)**2+Z(I)**2)

43 WRITE(108,310)RR

310

44 FORMAT(5X, 'VAL APRX A RAZEI RR=', F10.3)

45 A(I,1)=X(I)/RR

46 A(I,2)=Z(I)/RR

47 A(I,3)=-1

48 A(I,4)=0.

49 FL(I)=RR-R

6

50 CONTINUE

51 L1=N1+1

52 DO 7 I=L1, N2

53 RR=SQRT((R+X(I))**2+Z(I)**2)

54 A(I,1)=(R+X(I))/RR

55 A(I,2)=Z(I)/RR


```

A(I,3)=A(I,1)-2.
A(I,4)=0.
FL(I)=RR-2*MR
7 CONTINUE
L1=N2+1
DO 8 I=L1,N
A(I,1)=COS(AL)
A(I,2)=-SIN(AL)
A(I,3)=COS(AL)-2.
A(I,4)=- (X(I)+R)*MSIN(AL)-Z(I)*M COS(AL)
9 FL(I)=(X(I)+R)*M COS(AL)-Z(I)*MSIN(AL)-2*MR
CONTINUE
DO 9 I=1,4
DO 10 J=1,4
10 AA(I,J)=0.
FA(I)=0.
DO 11 K=1,4
DO 12 I=1,4
DO 13 J=1,N
13 AA(K,I)=AA(K,I)+A(I,K)*AA(J,I)
12 CONTINUE
11 CONTINUE
DO 14 I=1,4
DO 15 J=1,N
15 FA(I)=FA(I)-A(J,I)*FL(J)
14 CONTINUE
400 WRITE (108,400) AA, FA
FORMAT(10X,4F 10.2)
CALL GAUSS(AA,FA,DX,4)
DA=DX(1)
DB=DX(2)
R=R+DX(3)
AL=AL+DX(4)
NN=NN+1
IF(NN.LE.4.) GO TO 90
WRITE(108,20) R, AL
20 FORMAT(10X,'PARAMETRII SECTIUNII SINT'//15X,'R=',F6.1,'MM'//15X,
*ALFA=',F10.0,'RAD')
WRITE(108,21)
21 FORMAT(10X,'POZITIA PUNCTELOR SI VAL RUGOZITATILOR ')
WRITE(108,22)
22 FORMAT(10X,31(1H*))
WRITE(108,23)
23 FORMAT(10X,31H*PCT*UUUU*UUUU*UUUU*UUUU*UUUU*UUUU*UUUU*
WRITE(108,22)
S=0.
SP=0.
DO 30 I=1,N
IF(I.LE.N1) V(I)=SQRT(X(I)**2+Z(I)**2)-R
IF(I.GT.N1.AND.I.LE.N2) V(I)=SQRT((R+X(I))**2+Z(I)**2)-2*MR
IF(I.GT.N2) V(I)=(X(I)+R)*M COS(AL)-Z(I)*MSIN(AL)-2*MR
SP=SP+V(I)**2.
31 WRITE(108,31) I,X(I), Z(I), V(I)
FORMAT(10X,1H*,13,2(1H*,F8.2),1H*F7.2,1H*)
WRITE(108,22)
30 CONTINUE
EQ=SQRT(SP/(N-3))
EM=SQRT(SP/(N*(N-3)))
WRITE(108,32) S,EQ,EM,Y
32 FORMAT(10X,'SUMA ABAT S=',F6.4//10X,'ABAT.PATR. E1=',F7.3//10X.
*BAT.MED A MED E2=',F8.4//10X,'POZ SECT Y=',F8.3)
CONTINUE
STOP
END

```

```

SUBROUTINE GAUSS(A,B,Y,N)
DIMENSION A(4,4),B(4),Y(4)
N1=N-1
DO 10 I=1,N1
  J=I
  K1=I+1
  DO 20 K=K1,N
    IF (ABS(A(K,I)).GT.ABS(A(J,I))) J=K
20  CONTINUE
    IF (J.EQ.I) GO TO 21
    DO 30 L=I,N
      T=A(I,L)
      A(I,L)=A(J,L)
      A(J,L)=T
30  CONTINUE
      T=B(I)
      B(I)=B(J)
      B(J)=T
40  DO J=K1,N
      R=A(J,I)/A(I,I)
      A(J,I)=0
      DO 50 K=K1,N
      A(J,K)=A(J,K)-R*A(I,K)
50  CONTINUE
      B(J)=B(J)-R*B(I)
60  CONTINUE
70  CONTINUE
      Y(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 60 M=1,N1
      I=N-M
      S=0
      DO 70 J=J1,N
      S=S+A(I,J)*Y(J)
70  CONTINUE
      Y(I)=(B(I)-S)/A(I,I)
80  CONTINUE
      RETURN
      END

```

CAPITOLUL 5

REZULTATELE MĂSURĂTORILOR EXPERIMENTALE EFECTUATE PE MODEL ȘI ÎN NATURA

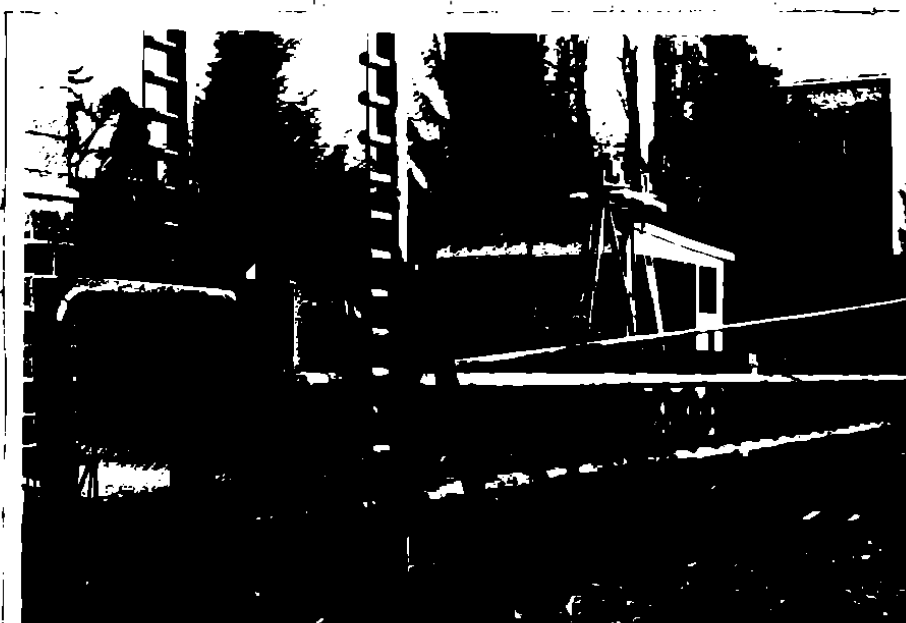
În vederea găsirii corelației dintre coeficientul de rugozitate "n" determinat hidraulic și rugozitatea geometrică determinată prin metoda fotogrametrică propusă, au fost necesare atât măsurători hidraulice pe model și în unele galerii hidrotehnice cât și măsurători fotogrametrice.

5.1 Tipuri de rugozitate investigate pe model în laborator

5.1.1 Măsurători hidraulice:

În cadrul laboratorului de OH al catedrei CHIF sau oricărui măsurători hidraulice privind determinarea coeficientului de rugozitate, pe un canal de secțiune dreptunghiulară cu lățimea de 1,5 m, cu pantă variabilă, cu o lungime de 18 m (foto 5.1).

FOTO.
5.1



Alimentarea canalului s-a făcut printr-un circuit închis pășindu-se vehicula un debit maxim de 50 l/s.

Standul este înzestrat cu o instalație de modificare a pantii longitudinale.

Măsurarea debitului s-a făcut cu ajutorul unui deversor dreptunghiular, în perete subțire, fără contracție laterală; deversor ce fost etalonat în cadrul laboratorului.

Înălțimea de apă în secțiunile de măsurare s-a determinat cu ajutorul unor limnimeetre cu vernier și semnalizare electrică.

2) montate pe cărucioare cu posibilitatea de deplasare transversală și longitudinală.

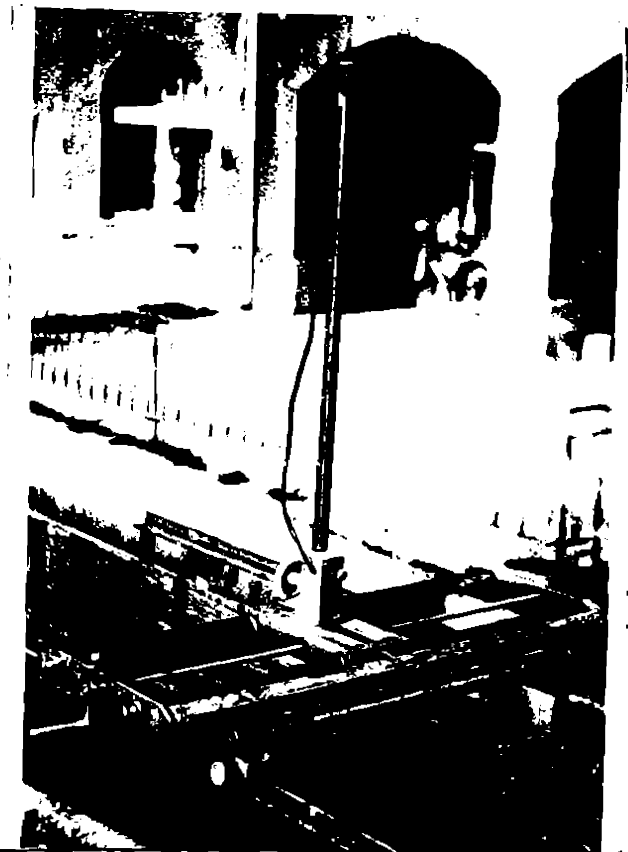


FOTO.
5.2

În fiecare secțiune de măsurare am efectuat mai multe măsurători a înălțimii de apă luându-se în considerare media aritmetică a măsurărilor. Panta longitudinală a canalului a-e determinat prin nivelment geometric de la mijloc folosind nivelmetrul de precizie KONY - 007 și o miră specială gradată în milimetri.

Calcululele hidraulice s-au efectuat pe baza relației Chézy astfel că pentru coeficientul de rugozitate "n" a rezultat relația:

$$n = (R^{0.6667} \cdot l^{0.5} \cdot S) / Q \quad (5.1)$$

în care :

R = raza hidraulică a canalului ; $R = l \cdot h_0 / (b + 2 \cdot h_0)$;

l = panta canalului ;

S = secțiunea udată ; $S = b \cdot h_0$;

Q = debitul de apă ;

b = lățime canal ;

După efectuarea și prelucrarea măsurărilor hidraulice la diferite pante longitudinale ale canalului a apărut necesitatea de a considera separat a calcululelor după cum regimul de curgere se schimbă în unul din cele două cazuri :

a) regim de curgere rapid (fig.5.1)

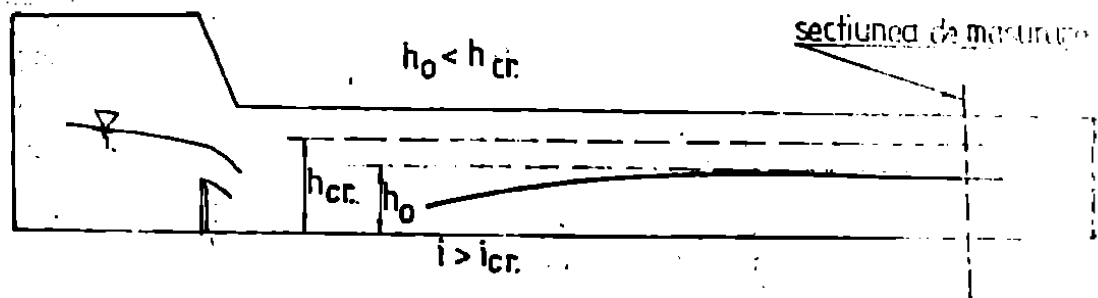


FIG. 5.1.

Curba de racordare teoretică impune ca secțiunile de măsurare să fie plasate în jumătatea aval a canalului, iar ca valoare probabilă pentru h_0 se poate adopta înălțimea de apă din secțiunea de măsură aval.

b) regim de curgere lent (fig.5.2)

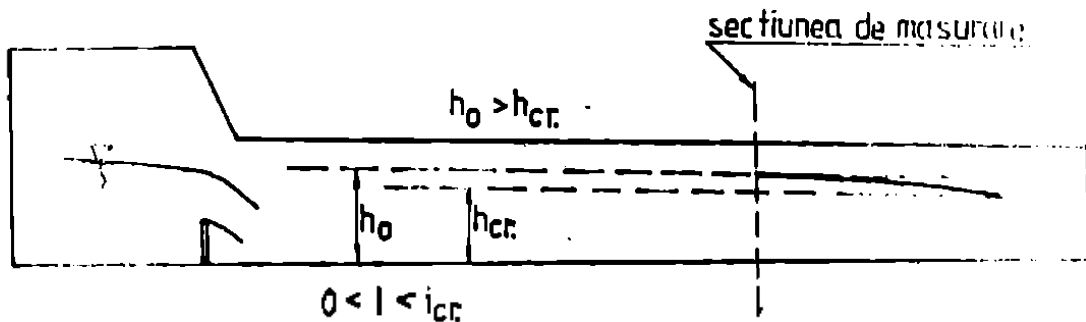


FIG. 5.2.

Curba de racordare teoretică impune ca secțiunile de măsurare să fie plasate în zona de mijloc a canalului iar ca valoare probabilă pentru h_0 se poate adopta înălțimea de apă din secțiunea de măsură amonte.

După determinarea valorilor corespunzătoare pentru coeficientul de rugozitate, la diferite regimuri de curgere și pante diferite ale canalului, conform celor două regimuri de curgere (fig.5.1 și fig.5.2) s-a rezultat o dispersie prea largă a valorilor. În acest sens s-a calculat înălțimea h_0 /17,21,75% din relația :

$$L = \frac{h_2 - h_1}{i} = \frac{h_0}{1 - \left(\frac{h_{cr}}{h_0}\right)^3} \left[B(\gamma_2) - B(\gamma_1) \right] \quad (5.2)$$

în care :

- L = lungimea dintre cele două secțiuni de măsură ;
- h_0 = înălțimea de apă în regim permanent și uniform ;
- h_{cr} = înălțimea de apă corespunzătoare regimului critic de curgere ;
- $h_1 = h_{am}$ = înălțimea de apă în secțiunea amonte ;

$h_2 = h_{av} =$ înălțimea de apă în secțiunea aval; $\eta_1 = h_1/h_0$; $\eta_2 = h_2/h_0$
 Calculul înălțimii h_0 s-a efectuat analitic pe baza relației

2, folosind un program de calcul în BASIC, pornind de la măsurările
 măsurate h_{av} , h_1 și L rezultat, astfel, gruparea valorilor obținute
 reune, răsfrîndu-se încadrarea în banda de dispersie a erozilor.

Pe canalul de secțiune dreptunghiulară cu pantă constantă
 s-a realizat patru tipuri de rugozitate caracteristico au, rezultate

5.1.1.1 Suprafețe de beton drăguit.

În tabelul 5.1 sînt prezentate măsurătorile și calculul
 efectuate pentru rugozitatea suprafeței de beton drăguit. Rezultă
 valoarea medie a coeficientului de rugozitate de $n = 0,0121$ cu o
 dispersie a valorilor cuprinsă între $0,011712$ și $0,0126$.

5.1.1.2 Suprafețe de beton sclivisite.

În tabelul 5.2 sînt prezentate măsurătorile și calculul
 efectuate pentru rugozitatea suprafeței de beton sclivisit.

Distanța între cele două secțiuni de măsurare a fost $L = 20$
 și rezultat pentru coeficientul de rugozitate valoarea medie
 de $n = 0,0107$ cu o dispersie a valorilor cuprinsă între $0,01038$ și
 $0,01127$.

5.1.1.3 Suprafețe de beton rugos-radier.

Acest tip de beton este foarte apropiat ca aspect de betonul
 cu radier al galețiilor hidrotehnice care în cazul majorității gale-
 țiilor de fugă are aspectul unui beton "spălat".

Rezultatele măsurătorilor și prelucrările aferente sînt pre-
 zentate în tabelul 5.3 din care rezultă valoarea medie $n = 0,0149$
 cu o dispersie a măsurătorilor situată între valorile $0,01529$ și
 $0,0152$.

5.1.1.4 Suprafețe toreretate cu toreret grosier.

Acest tip de suprafață a fost realizată prin bucoardare cu
 cilindrare speciale, astfel că s-a obținut corespondența unei supra-
 fețe realizată cu toreret grosier. În tabelul 5.4 sînt date pre-
 lucrările măsurătorilor efectuate pentru acest tip de rugozitate
 rezultînd pentru coeficientul de rugozitate valoarea medie $n =$
 $0,02016$.

Tabul 5.1

R U G C Z I T A E A I

regim	cotă apă		cotă rad.		h _{am}		cotă apă		cotă rad.		h _{av1}		h _{av}		Q		i canal		h _{cr}		b ₀		n _i		p ₀
	mm	mm	mm	mm	cm	cm	mm	mm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	l/s	%	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
I	54,47	50,11	49,97	49,97	4,36	4,246	52,85	52,85	48,48	48,48	4,37	4,42	4,4	17			5,68	4,4					0,0126		
II	53,80	49,82	49,82	49,82	3,98		52,57	53,90	48,16	48,16	4,41	5,11	5,31	23,6			7,08	5,39					0,01219		
III	55,39	50,11	49,97	49,97	5,28	5,033	53,54	53,54	48,43	48,43	5,42	6,04	6,04	30,5			8,39	6,145					0,011712	0,0121	
I	55,92	49,82	49,82	49,82	4,74		53,57	54,45	48,16	48,16	5,41	6,11	6,11				5,748	3,53					0,0122		
II	51,80	48,46	48,46	48,46	3,34		53,52	53,72	50,11	50,11	3,41	3,96	3,53	11				4,51					0,0119		
III	52,18	48,48	48,48	48,48	3,28	3,38	53,05	54,55	49,89	49,89	4,44	4,79	4,51	16,5			5,575	4,51					0,01211		
I	51,42	48,40	48,40	48,40	3,02		53,72	54,68	50,50	50,50	3,22	4,31	4,31					5,34					0,01211		
II	52,32	48,46	48,46	48,46	3,86		54,55	55,05	50,11	50,11	4,44	4,95	4,95					5,34					0,01211		
III	52,69	48,48	48,48	48,48	4,21	4,47	54,68	55,25	49,89	49,89	5,35	6,90	6,90	21			6,34	5,39					0,01211		
I	51,98	48,40	48,40	48,40	3,58		54,81	55,13	50,50	50,50	4,31	4,63	4,63										0,01211		
II	52,86	48,46	48,46	48,46	4,4		55,05	55,13	50,11	50,11	4,95	5,35	5,35										0,01211		
III	53,27	48,48	48,48	48,48	4,79	4,47	55,25	55,13	49,89	49,89	5,35	6,90	6,90	21			6,34	5,39					0,01211		
I	52,62	48,40	48,40	48,40	4,22		55,13	55,13	50,50	50,50	4,63	4,63	4,63										0,01211		

Tabel 5.2

R U C O Z I T A T E A

N ^o regim	A m o n t e		E a s e		L a m b a n g		C o t a a p a		C o t a r a d.		U a v		Q. I/S	C a r a b i %	h ₀ G.I	D ₁	D ₂
	U a	U a	C 2	C 2	C H	C H	M M	M M	C O	C O	C N	C N					
I	50,88	47,7	3,28	3,28	3,126	3,126	53,79	53,79	50,48	50,48	3,31	3,31	11,5	4,38	3,378	0,01098	
	50,95	47,72	3,23	3,23	3,126	3,126	53,93	53,93	50,53	50,53	3,4	3,4					
	50,45	47,44	2,97	2,97			53,95	53,95	50,50	50,50	3,45	3,45					
II	51,22	47,7	3,52	3,52	3,426	3,426	54,27	54,27	50,48	50,48	3,79	3,79	13,7	4,92	3,825	0,01194	
	51,20	47,72	3,48	3,48	3,426	3,426	54,24	54,24	50,53	50,53	3,71	3,71					
	50,72	47,44	3,28	3,28			54,43	54,43	50,50	50,50	3,93	3,93					
III	51,58	47,7	3,88	3,88	3,7	3,7	54,42	54,42	50,48	50,48	3,94	3,94	15,5	5,34	3,922	0,010287	
	51,45	47,72	3,73	3,73	3,7	3,7	54,31	54,31	50,53	50,53	3,78	3,78					
	50,93	47,44	3,49	3,49			54,58	54,58	50,50	50,50	4,08	4,08					
IV	52,09	47,7	4,39	4,39	4,03	4,03	54,63	54,63	50,48	50,48	4,15	4,15	17,8	5,86	4,26	0,010386	
	51,66	47,72	3,96	3,96			54,75	54,75	50,53	50,53	4,22	4,22					
	51,18	47,44	3,74	3,74			54,95	54,95	50,50	50,50	4,45	4,45					
V	52,85	47,7	5,15	5,15	4,436	4,436	55,01	55,01	50,48	50,48	4,53	4,53	20,15	6,44	4,699	0,01029	
	51,82	47,72	4,1	4,1			55,34	55,34	50,53	50,53	4,81	4,81					
	51,5	47,44	4,06	4,06			55,31	55,31	50,50	50,50	4,81	4,81					
VI	53,71	47,7	6,01	6,01	5,173	5,173	55,61	55,61	50,48	50,48	5,13	5,13	27,0	7,74	5,724	0,01056	
	53,66	47,72	4,94	4,94			55,87	55,87	50,53	50,53	5,34	5,34					
	52,01	47,44	4,57	4,57			56,47	56,47	50,50	50,50	5,97	5,97					
VII	53,88	47,7	6,18	6,18	5,416	5,416	56,95	56,95	50,48	50,48	5,47	5,47	23,0	8,12	6,04	0,01067	
	53,02	47,72	5,3	5,3			56,06	56,06	50,53	50,53	5,53	5,53					
	52,21	47,44	4,77	4,77			56,33	56,33	50,50	50,50	6,32	6,32					
VIII	54,72	47,7	7,02	7,02	6,45	6,45	56,77	56,77	50,48	50,48	6,29	6,29	37,2	9,64	7,10	0,010829	
	54,36	47,72	6,64	6,64			57,37	57,37	50,53	50,53	6,85	6,85					
	53,13	47,44	5,62	5,62			57,82	57,82	50,50	50,50	7,42	7,42					

R U G O Z I T A T E A I F I Tabel 5.3

Nr. regim	cotă apă		cotă rad.	h _{canal}	h _{av}	h _{av}	cotă apă	cotă rad.	h _{av}	h _{av}	Q	canal	h _{cr}	h _o	n _i	n
	m	cm														
I	50,32	47,05	3,27	48,83	45,20	3,63	48,83	45,20	3,63	3,43	10		3,993	3,43	0,01433	
	50,52	47,00	3,52	48,65	45,22	3,43	48,65	45,22	3,43							
	50,44	47,00	3,44	48,51	45,27	3,24	48,51	45,27	3,24							
II	50,75	47,05	3,7	49,17	45,20	3,97	49,17	45,20	3,97	3,83	11,8		4,459	3,83	0,01472	
	50,80	47,00	3,8	49,03	45,22	3,81	49,03	45,22	3,81							
	50,84	47,00	3,84	48,98	45,27	3,71	48,98	45,27	3,71							
III	51,34	47,05	4,29	49,84	45,20	4,64	49,84	45,20	4,64	4,56	15,4	0,975	5,326	4,56	0,01499	
	51,50	47,00	4,50	49,85	45,22	4,63	49,85	45,22	4,63							
	51,55	47,00	4,55	49,70	45,27	4,43	49,70	45,27	4,43							
IV	51,90	47,05	4,85	50,23	45,20	5,03	50,23	45,20	5,03	5,16	18,5		6,016	5,16	0,01529	
	51,94	47,00	4,94	50,5	45,22	5,28	50,5	45,22	5,28							
	52,16	47,00	5,16	50,44	45,27	5,17	50,44	45,27	5,17							
V	52,60	47,05	5,55	51,13	45,20	5,93	51,13	45,20	5,93	6,08	25,7		7,493	6,08	0,01447	
	52,96	47,00	5,96	50,90	45,22	5,68	50,90	45,22	5,68							
	52,81	47,00	5,81	51,9	45,27	6,63	51,9	45,27	6,63							
VI	52,76	47,05	5,71	51,46	45,20	6,26	51,46	45,20	6,26	6,56	29,5		8,215	6,61	0,01449	
	53,68	47,00	6,68	51,59	45,22	6,37	51,59	45,22	6,37							
	53,22	47,00	6,22	52,32	45,27	7,05	52,32	45,27	7,05							
I	58,18	47,05	11,18	55,86	45,20	10,66	55,86	45,20	10,66	10,66	30,5	0,24	8,399	11,7	0,0132	
	58,00	47,00	11,00	55,86	45,22	10,64	55,86	45,22	10,64							
	58,13	47,00	11,13	55,95	45,27	10,68	55,95	45,27	10,68							
II	56,3	47,05	9,25	54,22	45,20	9,02	54,22	45,20	9,02	8,9	20,6		6,466	9,5525	0,01456	
	56,25	47,00	9,25	54,08	45,22	8,85	54,08	45,22	8,85							
	55,10	47,00	8,1	54,09	45,27	8,62	54,09	45,27	8,62							
I	54,15	47,05	7,1	52,23	45,20	7,03	52,23	45,20	7,03	7,00	13,0		4,757	7,100	0,01435	
	54,05	47,00	7,05	52,22	45,22	6,95	52,22	45,22	6,95							
	54,00	47,00	7,00	52,15	45,27	6,83	52,15	45,27	6,83							

R U G O Z I T A T S A Y

Tabel 7.4

No. regim	A M O Z I T A T S A Y		Juga rad. cobi apd		Juga rad. cobi apd		Juga rad. cobi apd		Q	I caral	D ₀	D ₁	D
	rad.	apd	rad.	apd	rad.	apd	rad.	apd					
I	47,45	50,37	2,92		47,86	2,68					2,2394	0,021724	
	47,17	50,14	2,97	3,003	47,56	2,56	2,68	4,2					
	46,98	50,10	3,12		47,53	2,7							
II	47,45	51,00	3,55		48,3	3,62				0,8989	3,118	0,0215809	
	47,17	51,07	3,9	3,806	48,61	3,61	3,596	6,9					
	46,98	50,45	3,97		48,79	3,56							
III	47,45	52,02	4,57		49,48	4,3					3,913	0,0206778	
	47,17	51,69	4,52	4,576	49,56	4,3	4,3	9,7					
	46,98	51,62	4,64		49,53	4,3							
IV	47,45	52,43	4,98		49,96	4,78					4,634	0,0195819	
	47,17	52,10	4,93	5,1	50,09	4,83	4,846	12,5					
	46,98	54,37	5,39		50,1	4,87							
V		44,36	4,91		50,44	5,04					0,052	0,01996	
	45,48	44,09	4,64	4,673	50,22	4,82	4,9	14,9					
		43,92	4,47		50,24	4,84							
VI		44,85	5,4		51,00	5,6					0,0568	0,0204	
	45,48	44,59	5,14	5,09	50,65	5,25	5,37	17,0					
		44,20	4,75		50,67	5,27				1,28			
VII		45,36	5,91		51,54	6,14					0,068	0,01869	
	45,48	45,15	5,7	5,732	51,32	5,92	6,0	22,3					
		45,65	5,6		51,34	5,94							
VIII	45,48	43,1	8,63		53,87	8,47					0,1056	0,01884	
		48,62	6,57	6,51	54,5	7,1	6,94	13,0					
		47,76	6,31		54,65	7,23							

Pentru cele patru tipuri de suprafețe am obținut valorile din tabelul 5.5, tabel în care s-au centralizat valorile coeficientului de rugozitate determinat prin măsurători hidraulice.

Comparând valorile obținute pentru coeficientul de rugozitate cu valorile date în literatură de specialitate /21,69,85,50,82/ pentru asemenea suprafețe observăm o apropiere foarte bună între cele două grupe de valori.

Tabel 5.5

Tipul de rugozitate	Descrierea suprafeței	n
I	Beton drișcuit	0,0121
II	Beton scivisit	0,0107
III	Beton rugos radier	0,0145
IV	Torcret grosier	0,02013

5.1.2 Măsurători fotogrametrice referitoare la tipurile de rugozitate testate pe modelul de laborator.

Pentru fiecare din cele patru tipuri de rugozitate pentru care s-au efectuat măsurători hidraulice s-au preluat cupluri de fotografii folosind un suport special montat pe două trepte cu posibilitate de orizontalizare pe care s-au montat suporturile verticale de susținere a camerelor fotogrametrice (foto.5.3).

La rândul lor camerele fotogrametrice au fost calibrate cu mare atenție. Distanța până la suprafața de fotografiat a fost mare de 1400 mm. Declanșarea camerelor fotogrametrice s-a făcut simultan cu ajutorul sistemului electric atașat camerelor, în acest mod nederanjându-se sistemul de suspensie dublu vertical și păstrându-se constante elementele de fotografiere. Prelucrarea fotografiilor s-a făcut cu camerele fotogrametrice de tipul UMK/15.12, exploatarea numerică a punctelor de pe stereograme s-a făcut la stereocomparatorul STEKO / 18.18.

Prelucrarea măsurătorilor s-a făcut apelând la programul "PLAN".

5.1.2.1 Rugozitate tip I (Beton drișcuit)

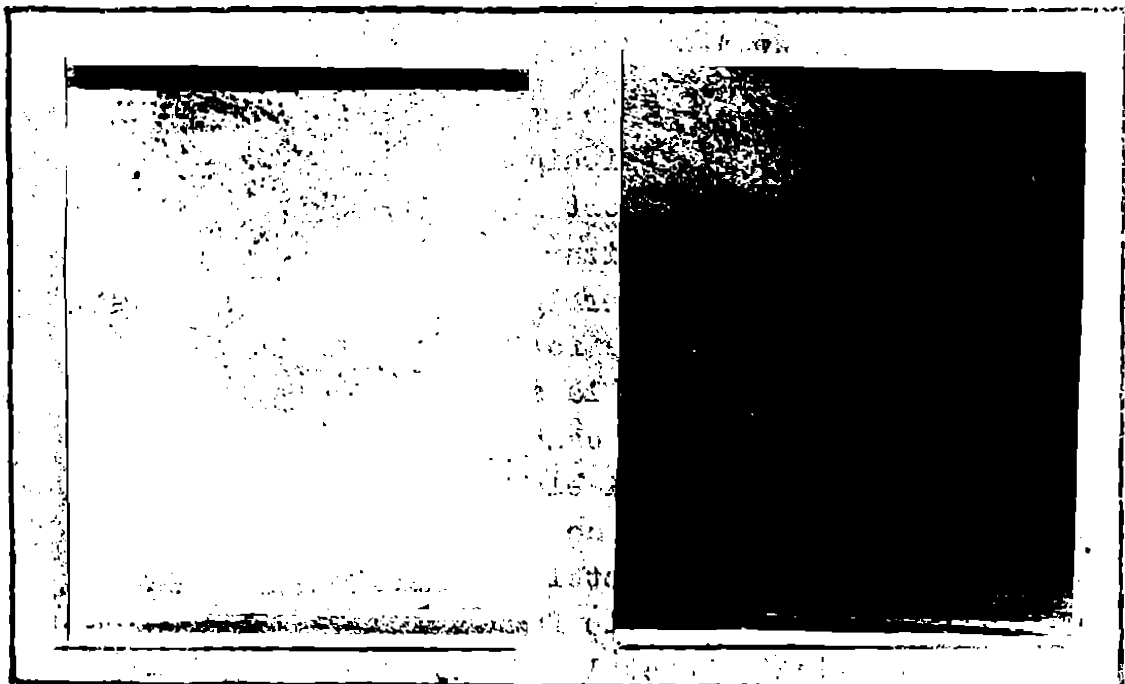
Pentru acest tip de rugozitate (foto.5.4) s-au efectuat

148 puncte reprezentând 16 profile a 53 de puncte pe profil.

FOTO
5.3



FOTO
5.4



Elemente măsurate : $B = 537 \text{ mm}$; $CF = 106,05 \text{ mm}$; $XG = 100 \text{ mm}$; $YF = 100 \text{ mm}$; $PF = 0$; $YF (I) = (100, 102, \dots, 130) \text{ mm}$; $XF (I) = (86, 88, 90, \dots, 112) \text{ mm}$; $PF (I) = (35, 460, \dots, 35, 090) \text{ mm}$.

Aspectul suprafeței de beton este prezentată în foto 5.4.

Deoarece volumul valorilor calculate este foarte mare, în tabelul 5.6 sînt prezentate numai o parte dintre punctele prelucrate.

Pentru tipul de rugozitate au rezultat următorii parametri:
 $E_1 = 0,9 \text{ mm}$; $E_2 = 0,03 \text{ mm}$; $E_3 = 0,2242 \text{ mm}$ ($E_1 =$ abaterea medie pătratică ; $E_2 =$ abaterea medie ; $E_3 =$ media modulelor abaterilor

Tabel 15

Nr. puncte	X_1 (mm)	Y_1 (mm)	Z_1 (mm)	V_1 (μm)
0	1	2	3	4
1	-212,07	0,00	1606,46	1,12
2	-204,50	0,00	1606,46	1,36
3	-197,194	0,00	1607,82	0,23
4	-169,55	0,00	1608,18	0,10
5	-182,03	0,00	1608,72	-0,21
6	-174,55	0,00	1609,63	-0,89
7	-166,98	0,00	1609,89	-0,88
8	-159,37	0,00	1609,63	-0,41
9	-151,82	0,00	1610,09	-0,63
10	-144,23	0,00	1610,09	-0,39
11	-136,66	0,00	1610,32	-0,39
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27	-15,22	0,00	1613,74	-0,02
28	-7,61	0,00	1614,20	-0,24
29	0,00	0,00	1614,43	-0,23
30	7,61	0,00	1614,88	-0,45
31	15,22	0,00	1614,56	0,11
32	22,84	0,00	1614,93	-0,02
33	30,46	0,00	1614,88	0,27
34	38,07	0,00	1615,11	0,27
35	45,71	0,00	1615,85	-0,22
36	53,34	0,00	1616,12	-0,26
37	60,96	0,00	1616,30	-0,20
38	68,60	0,00	1616,72	-0,38
39	76,25	0,00	1617,18	-0,60
40	83,92	0,00	1618,09	-1,25
41	91,52	0,00	1617,64	-0,58
42	99,18	0,00	1618,09	-0,80
43	106,87	0,00	1619,15	-1,62
44	114,58	0,00	1620,17	-2,39
45	122,19	0,00	1619,84	-1,83
46				
47				
48				
49				
50	-212,22	30,32	1602,59	0,14

0	1	2	3	4
55	-204,64	30,32	1607,59	0,50
56	-197,12	30,33	1608,04	0,15
57	-189,57	30,33	1608,27	0,17
58	-181,99	30,33	1608,32	0,50
59	-174,48	30,34	1609,00	-0,07
60	-166,98	30,36	1609,82	-0,67
127	-182,02	60,67	1608,59	0,24
128	-174,49	60,69	1609,09	-0,05
129	166,94	60,71	1609,50	-0,20
130	-159,35	60,70	1609,41	0,15
131	-151,74	60,70	1609,18	0,59
132	-144,21	60,72	1609,86	0,15
164	-197,05	90,85	1607,50	1,10
165	-189,58	91,00	1608,41	0,54
166	-181,58	90,99	1608,32	0,67
167	-174,45	91,02	1608,72	0,49
252	83,91	122,05	1617,87	-0,42
253	91,53	122,05	1617,87	-0,15
254	99,20	122,09	1618,51	0,59
255	106,84	122,10	1618,60	0,44
256	114,55	122,18	1619,71	-1,50
257	122,18	122,18	1619,61	-0,97
326	-159,49	182,27	1610,82	-0,66
327	-151,88	182,25	1610,64	-0,24
328	-144,33	182,32	1611,23	-0,60
329	-136,70	182,27	1610,77	0,09
330	-129,12	182,29	1611,00	0,10
331	-121,54	182,32	1611,23	0,11
332	-113,95	182,33	1611,32	0,26
372	-212,37	212,37	1608,72	-0,07
373	-204,79	212,37	1608,72	0,17
374	-197,43	212,61	1610,54	-1,42
375	-189,77	212,54	1610,00	-0,63
376	-182,17	212,53	1609,91	-0,30

0	1	2	3	4
377	-174,62	212,58	1610,27	-0,43
410	76,27	213,54	1617,59	-0,09
421	83,92	213,60	1618,05	-0,33
410	91,54	213,60	1618,05	-0,11
413	99,18	213,62	1618,14	-0,25
424	106,84	213,67	1618,55	-0,8
415	114,53	213,79	1619,48	-0,60
416	122,14	213,75	1619,15	-0,04
442	-83,65	243,34	1612,87	-0,03
443	-83,65	243,34	1613,15	-0,07
444	-76,06	243,38	1613,15	-0,07
445	-68,43	243,30	1612,60	-0,72
446	-60,85	243,39	1613,19	-0,36
447	-53,22	243,30	1612,60	-1,19
448	-45,62	243,32	1612,73	-1,29
525	-145,14	274,99	1620,17	-0,02
526	152,72	274,90	1619,61	0,77
527	160,48	275,11	1620,86	-0,24
528	168,05	274,99	1620,17	0,69
529	175,71	275,03	1620,40	0,70
530	183,30	274,95	1619,94	1,40
532	-204,90	303,56	1609,63	-0,27
533	-197,40	303,70	1610,30	-0,77
534	-189,83	303,73	1610,54	-0,71
535	-182,29	303,82	1611,00	-0,93
536	-174,73	303,88	1611,32	-1,01
537	-167,14	303,90	1611,41	-0,87
538	-159,62	304,04	1612,19	-1,41
679	122,24	366,21	1620,40	-0,50
680	129,89	366,74	1620,54	-0,40
681	137,52	366,71	1620,40	-0,02
682	145,18	366,78	1620,63	-0,01
683	152,83	366,79	1620,77	-0,07
684	160,46	366,76	1620,63	0,47
685	168,10	366,76	1620,63	0,70

0	1	2	3	4
686	175,74	366,76	1620,63	0,94
759	-68,52	426,37	1614,88	-0,63
760	-60,92	426,43	1615,11	-0,62
761	-53,29	426,31	1614,65	0,02
762	-45,68	426,35	1614,79	0,17
763	-38,07	426,43	1615,11	0,09
764	-30,47	426,60	1615,75	-0,31
765	-22,85	426,63	1615,85	-0,17
766	-15,24	426,67	1616,03	-0,11
810	-83,66	456,35	1613,19	0,74
811	-76,08	456,48	1613,65	0,52
812	-68,53	456,87	1615,02	-0,61
813	-60,90	456,78	1614,70	-0,61
814	-53,29	456,74	1614,56	0,32
815	-45,69	456,90	1615,16	-0,04
819	122,87	457,41	1616,95	0,32
820	30,50	457,48	1617,18	0,33
821	38,13	457,54	1617,41	0,33
822	45,78	457,80	1618,32	-0,34
823	53,40	457,74	1618,09	0,12
824	61,03	457,76	1618,19	0,27
825	68,71	458,06	1619,25	-0,55
826	76,33	458,01	1619,06	-0,13
827	84,00	458,17	1619,61	-0,44
828	-91,61	458,06	1619,25	0,12
829	99,29	458,26	1619,94	-0,20
830	106,88	458,06	1619,25	0,64
831	114,58	458,32	1620,17	-0,04
832	122,24	458,39	1620,40	-0,05
833	129,85	459,30	1620,07	0,59
834	137,52	458,41	1620,49	0,36
835	145,16	458,39	1620,40	0,69
836	152,83	458,50	1620,81	0,51
837	160,48	458,52	1620,86	0,71
838	168,07	458,36	1620,30	2,50
839	175,75	458,48	1620,72	1,32
840	183,33	358,32	1620,17	2,11

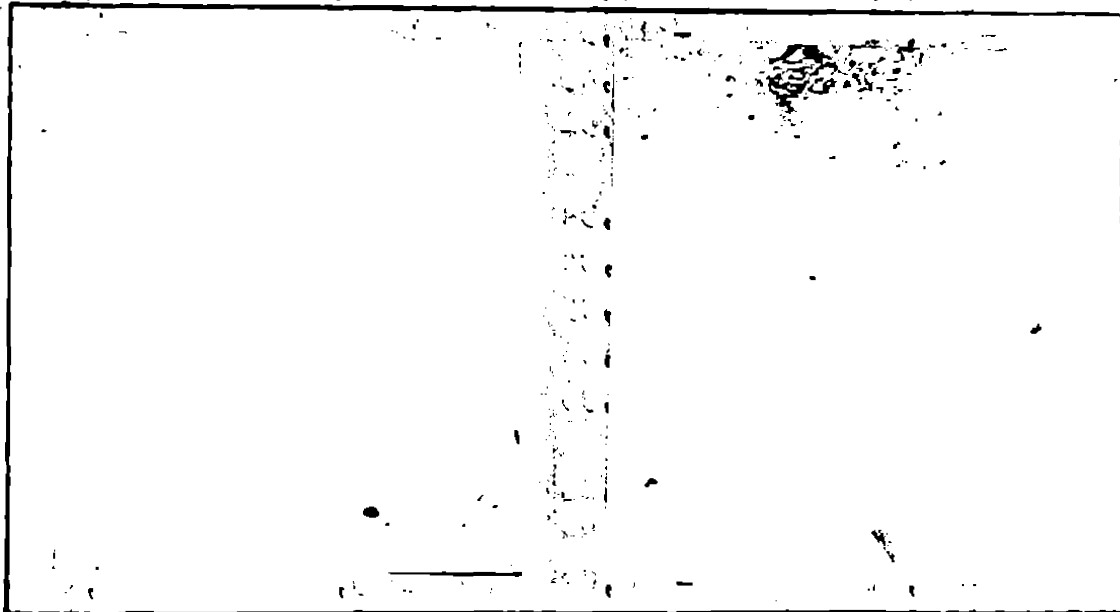
5.1.2.2 Rugozitate tip II (Beton sclivisit)

S-au măsurat la stereocompător 1040 de puncte de pe o atenogramă reprezentând 16 profile cu câte 65 puncte pe profil.

Elementele măsurate : $B = 509\text{mm}$; $CF = 106,31\text{mm}$; $YF = 100\text{mm}$; $YV = 100\text{mm}$; $PV = 0$; $YF(I) = (70,72, \dots, 100)\text{mm}$; $XF(I) = (80, 90, \dots, 112,5)\text{mm}$; $PF(I) = (41,750, \dots, 41,480)$. În tabelul 5.7 sunt prezentate o parte din valorile obținute în urma proiecțiilor, măsurărilor fotografice.

Au rezultat următorii parametri: $E_1 = 0,44\text{mm}$; $E_2 = 0,014\text{mm}$; $E_3 = 0,3412\text{mm}$.

În foto.5.5 se prezintă aspectul suprafeței de beton sclivisit.



OTO
5.5

Tabel 5.7

Nr. punct	X_1 (mm)	Y_1 (mm)	Z_1 (mm)	V_1 (mm)
0	1	2	3	4
1	-243,94	-365,91	1296,65	0,43
2	-237,80	-365,85	1296,46	0,69
3	-231,72	-365,87	1296,53	0,70
4	-225,73	-366,06	1297,18	0,12
5	-219,65	-366,08	1297,27	0,10
6	-213,58	-366,14	1297,14	-0,04
49	48,93	-366,99	1300,48	0,17
50	55,05	-367,00	1300,51	0,21
51	61,18	-367,08	1300,83	-0,02
52	67,31	-367,15	1301,05	-0,17

0	1	2	3	
53	73,44	-367,20	1301,23	-0,20
70	-219,63	-341,65	1297,18	0,17
71	-213,53	-341,65	1297,18	0,17
72	-207,51	-341,77	1297,64	-0,01
73	-201,43	-341,82	1297,80	-0,10
74	-195,37	-341,91	1298,14	-0,40
75	-183,24	-341,86	1297,96	-0,14
138	-201,40	-317,64	1297,64	0,00
139	-195,37	-317,48	1298,11	-0,20
140	-139,31	-317,55	1298,42	-0,11
141	-183,16	-317,49	1298,11	-0,11
142	-177,08	-317,51	1298,27	-0,01
252	97,98	-293,94	1302,02	-0,11
253	104,10	-293,94	1302,02	-0,11
254	110,23	-293,95	1302,08	-0,11
255	116,36	-293,96	1302,14	-0,11
256	122,50	-293,99	1302,27	-0,11
287	-103,88	-268,86	1299,20	-0,14
288	-97,76	-268,85	1299,17	-0,07
289	-91,61	-268,82	1299,02	0,11
290	-85,56	-268,90	1299,39	-0,11
291	-79,43	-268,85	1299,14	0,20
292	-73,34	-268,90	1299,39	0,04
384	91,83	-244,89	1301,70	-0,19
385	97,93	-244,83	1301,39	0,20
386	104,03	-244,77	1301,08	0,19
407	-164,88	-219,84	1298,42	0,30
408	-158,78	-219,84	1298,42	0,10
409	-152,70	-219,89	1298,70	-0,10
410	-146,80	-219,90	1298,74	-0,06
411	-140,49	-219,90	1298,74	0,01
412	-134,36	-219,85	1298,49	0,34
413	-128,29	-219,95	1298,95	-0,01
414	-122,19	-219,95	1299,05	-0,07

0	1	2	3	4
475	-146,61	-195,43	1298,83	-0,03
476	-140,48	-195,44	1298,58	0,04
477	-134,37	-195,44	1298,59	0,51
478	-128,30	-195,51	1299,05	-0,06
479	-122,16	-195,46	1298,70	0,34
480	-116,08	-195,50	1298,95	0,16
481	-110,00	-195,56	1298,56	-0,17
540	-146,02	-171,05	1298,89	-0,08
541	-140,52	-171,07	1299,05	-0,16
542	-134,37	-171,02	1298,64	0,32
543	-128,31	-171,08	1299,08	-0,04
592	-225,76	-146,44	1297,33	0,58
593	-219,73	-146,49	1297,77	0,22
594	-213,69	-146,53	1298,11	-0,01
595	-207,63	-146,56	1298,42	0,29
596	-201,53	-146,57	1298,45	-0,25
654	-244,01	-122,00	1297,02	0,73
655	-237,92	-122,01	1297,08	0,73
656	-231,95	-122,18	1297,80	0,10
657	-225,88	-122,10	1298,02	-0,04
658	-219,83	-122,13	1298,33	-0,28
720	-243,93	-73,18	1296,59	1,31
721	-238,04	-73,24	1297,77	0,20
722	-232,01	-73,27	1298,14	-0,10
723	-225,97	-73,29	1298,52	-0,40
724	-219,93	-73,31	1298,95	-0,77
725	-213,87	-73,33	1299,20	-0,94
801	-244,05	-48,81	1297,27	0,69
802	-238,12	-48,84	1298,17	-0,14
803	-232,09	-48,86	1298,58	-0,47
804	-225,99	-48,86	1298,64	-0,46
805	-219,94	-48,88	1298,98	-0,73
806	-213,87	-48,88	1299,20	-0,87
807	-207,85	-48,91	1299,83	-1,42

0	1	2	3	4
860	-244,03	-24,41	1297,40	-0,63
861	-238,02	-24,41	1297,64	0,46
862	-232,06	-24,43	1298,42	-2,25
863	-226,01	-24,43	1298,74	-0,49
864	-219,94	-24,44	1298,98	-0,66
865	-213,86	-24,44	1299,14	-0,74
883	-73,38	-24,46	1300,14	-0,03
889	-67,27	-24,46	1300,20	-0,01
890	-61,15	-24,46	1300,23	0,03
891	-55,05	-24,47	1300,31	-0,18
892	-48,92	-24,46	1300,23	0,10
893	-42,81	-24,46	1300,23	0,25
894	-36,39	-24,46	1300,14	0,42
895	-30,58	-24,46	1300,36	0,28
919	-201,67	0,0	1299,39	-0,78
920	-195,59	0,0	1299,58	-0,89
921	-189,49	0,0	1299,67	-0,91
922	-183,36	0,0	1299,51	-0,68
923	-177,17	0,0	1299,51	-0,60
924	-171,17	0,0	1299,83	0,84
925	-165,04	0,0	1299,67	-0,61
1025	55,09	0,0	1301,15	0,23
1026	61,22	0,0	1301,70	0,12
1027	67,36	0,0	1301,95	-0,05
1028	73,49	0,0	1302,14	-0,17
1029	79,61	0,0	1302,02	0,3
1030	85,77	0,0	1302,55	-0,42
1031	91,92	0,0	1302,96	-0,76
1032	98,04	0,0	1302,83	-0,56
1033	104,15	0,0	1302,64	-0,29
1034	-110,29	0,0	1302,80	-0,38
1035	-116,44	0,0	1303,05	-0,55
1036	-122,57	0,0	1303,02	-0,45
1037	-128,71	0,0	1303,11	-0,46
1038	-134,84	0,0	1303,71	-0,48
1039	-140,99	0,0	1303,33	-0,53
1040	147,25	0,0	1304,53	-1,65

5.1.2.3 Rugozitate tip III (Beton rugos)

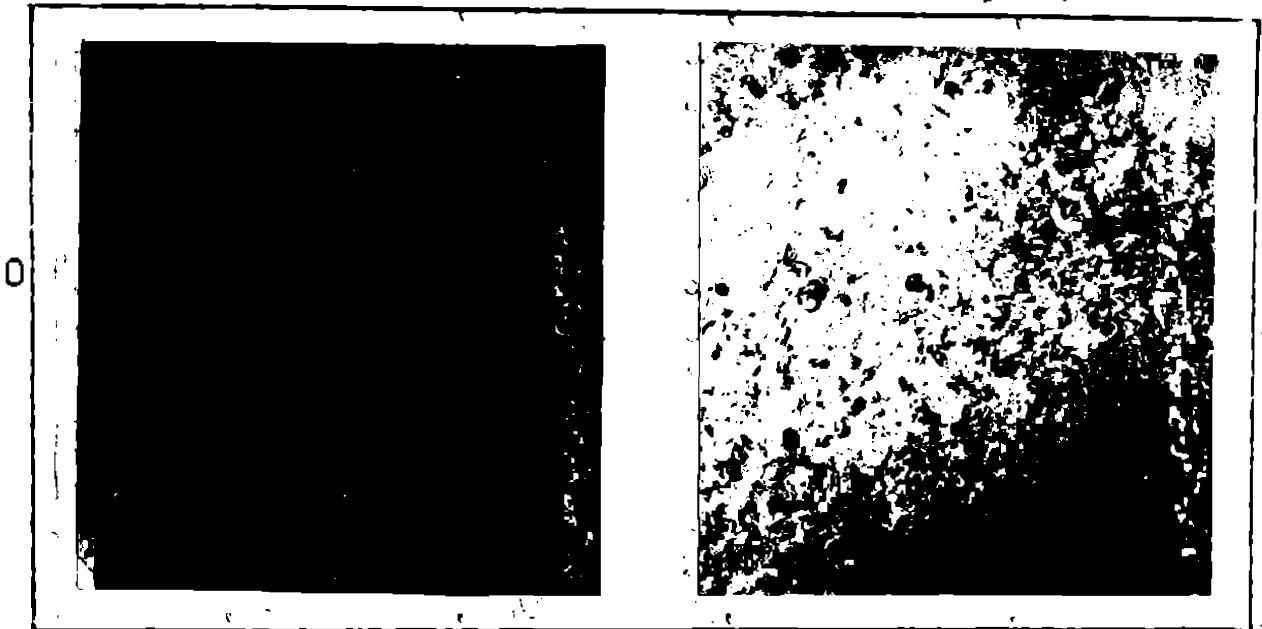
S-au preluorat 915 puncte de pe o stereogramă reprezentând 15 profile cu câte 61 puncte pe profil.

Elemente măsurate :

$B = 459 \text{ mm}$; $CT = 106,47 \text{ mm}$; $X_0 = 100 \text{ mm}$; $Y_0 = 100 \text{ mm}$;

$P_0 = 0$; $XF (I) = (98,100, \dots, 126) \text{ mm}$; $XF (I) = (87,5 ; 88, \dots, 117,5) \text{ mm}$; $PF (I) = (34,540, \dots, 34,276) \text{ mm}$.

Aspectul suprafeței este prezentat în foto.5.6 .



Pe baza preluorărilor prezentate în tabelul 5.8 (o parte dintre acestea) au rezultat următorii parametri : $E_1 = 1,07 \text{ mm}$; $E_2 = 0,04 \text{ mm}$ și $E_3 = 0,8287 \text{ mm}$.

Tabel 5.8

Nr. punct	X_1 (mm)	Y_1 (mm)	Z_1 (mm)	v_1 (mm)
	1	2	3	4
7	-126,66	-26,67	1419,52	0,72
8	-119,98	-26,65	1418,78	1,55
9	-113,32	-26,66	1419,39	1,01
10	-106,65	-26,66	1419,39	1,10
11	-100,00	-26,67	1419,56	1,01
12	-93,32	-26,66	1419,39	1,26
17	78,49	-26,72	1422,58	0,16
18	80,25	-26,75	1424,03	-1,21
19	80,32	-26,75	1423,82	-0,91

0	1	2	3	4
40	93,58	-26,74	1423,32	-0,33
41	100,19	-26,72	1422,29	0,73
42	106,78	-26,70	1421,17	1,93
94	46,72	0,00	1421,25	1,03
95	53,46	0,00	1422,91	-0,55
96	60,13	0,00	1422,70	-0,26
97	66,79	0,00	1422,29	0,24
98	73,45	0,00	1421,95	0,66
99	80,15	0,00	1422,20	0,49
100	86,79	0,00	1421,62	1,15
160	80,22	26,74	1423,45	-0,88
161	86,85	26,72	1422,53	0,12
162	93,46	26,70	1421,58	1,15
163	100,14	26,70	1421,58	1,23
164	106,92	26,73	1422,21	-0,01
165	113,55	26,72	1422,37	0,62
234	167,03	53,45	1422,70	0,88
235	173,94	53,52	1424,57	-0,95
236	180,60	53,51	1424,36	-0,66
237	187,29	53,51	1424,36	-0,53
238	193,83	53,47	1423,24	0,62
239	200,53	53,47	1423,36	0,58
240	207,37	53,51	1424,40	-0,37
241	213,86	53,47	1423,11	1,00
242	220,52	53,46	1423,02	1,16
243	227,25	53,47	1423,38	1,00
244	233,90	53,46	1423,07	1,29
298	113,43	80,07	1420,76	1,98
299	120,36	80,24	1423,82	-1,00
300	126,94	80,17	1422,70	0,20
301	133,55	80,13	1421,87	1,11
302	140,31	80,17	1422,70	0,07
319	-86,78	106,80	1421,38	-1,27
320	-80,08	106,77	1420,96	-0,77
321	-73,42	106,79	1421,25	-0,98

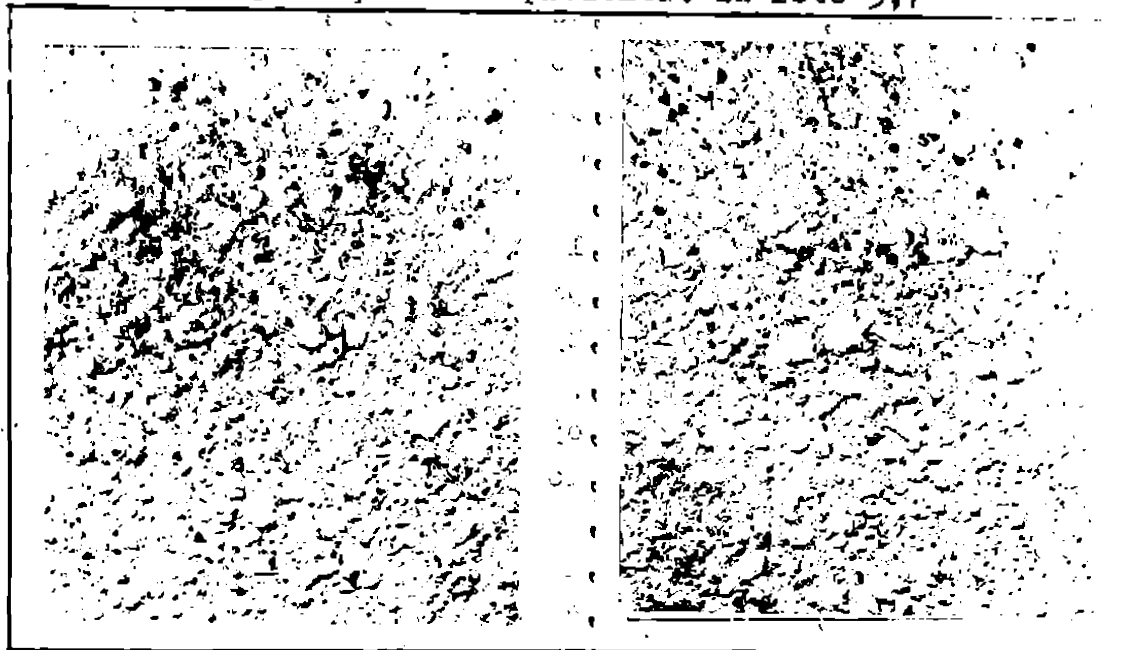
0	1	2	3	4
322	-66,70	106,71	1420,22	0,14
323	-60,05	106,76	1420,84	-0,40
329	40,05	106,81	1421,46	0,23
330	46,75	106,86	1422,12	-0,35
331	53,41	106,82	1421,66	0,19
332	60,08	106,81	1421,54	0,40
333	66,77	106,83	1421,79	0,23
334	73,50	106,90	1422,74	-0,63
335	80,19	106,92	1422,91	-0,72
336	86,91	106,96	1423,53	-1,25
337	93,58	106,95	1423,32	-0,96
338	100,36	107,06	1424,77	-2,33
404	80,09	133,48	1421,17	0,90
405	86,79	133,53	1421,60	0,48
406	93,46	133,51	1421,46	0,77
407	100,22	133,62	1422,70	-0,33
408	106,96	133,69	1423,45	-1,05
409	113,63	133,69	1423,36	-0,88
410	120,33	133,70	1423,53	-0,96
491				
491	-166,23	126,18	1415,90	2,85
492	-159,93	186,59	1418,98	-0,16
493	-153,20	186,50	1418,36	0,54
494	-146,70	186,70	1419,89	-0,90
495	-139,96	186,61	1419,19	-0,12
496	-133,43	188,80	1420,63	-1,48
530	133,59	187,02	1422,29	0,19
531	140,24	186,99	1422,88	0,48
532	147,00	187,09	1422,78	-0,14
533	153,71	187,13	1423,11	-0,38
534	160,43	187,17	1423,45	-0,63
649	113,56	240,49	1422,49	-0,51
650	120,33	240,66	1423,53	-1,47
651	126,96	240,56	1422,91	-0,76
763	33,36	293,55	1420,63	0,10

0	1	2	3	4
764	39,99	293,29	1419,39	1,42
765	46,70	293,54	1420,59	0,30
766	53,39	293,64	1421,01	-0,11
767	60,12	293,93	1422,49	-1,43
768	66,78	293,82	1421,95	-0,81
845	173,62	320,53	1421,95	0,40
846	180,39	320,70	1422,70	-0,26
847	187,12	320,77	1423,03	-0,51
848	193,76	320,70	1422,70	-0,10
849	200,30	320,48	1421,75	0,94
850	206,91	320,37	1421,25	1,51
876	-19,99	346,58	1419,23	0,59
877	-13,34	346,72	1419,81	0,09
878	-6,66	346,52	1418,98	1,00
879	0,00	346,67	1419,60	0,46
880	6,67	346,90	1420,55	-0,40
881	13,34	346,87	1420,43	-0,20
889	60,05	346,96	1420,80	0,01
890	66,67	346,67	1419,60	1,29
891	73,35	346,77	1420,01	0,96
892	80,01	346,70	1419,72	1,34
893	86,72	346,89	1420,51	0,64
894	93,48	347,20	1421,79	-0,56
895	100,20	347,37	1422,49	-1,18
896	106,82	347,15	1421,58	-0,19
897	113,51	347,21	1421,83	-0,35
898	120,17	347,17	1421,66	-0,11
899	126,90	347,30	1422,20	-0,56
900	133,64	347,47	1422,91	-1,18
901	140,24	347,27	1422,08	-0,27
902	146,67	346,67	1419,60	2,29
903	153,65	347,37	1422,49	-0,52
904	160,32	347,35	1422,41	-0,35
905	167,09	347,54	1423,20	-1,05
906	173,61	347,22	1421,87	0,35
907	180,37	347,37	1422,49	-0,18
908	186,99	347,27	1422,08	0,31
915	233,67	347,17	1421,66	1,31

5.1.2.4 Rugozitate de tip IV (Torcret grosier)

Aspectul suprafeței este prezentat în foto 5,7

FOTO
5.7



S-au prelucrat 928 de puncte, De pe fiecare profil s-au luat 58 de puncte.

Data de intrare :

$B = 486 \text{ mm}$; $CF = 106,61 \text{ mm}$; $X_0 = 100 \text{ mm}$; $Y_0 = 100$

$XF (I) = (80; 80,5; 81 \dots; 115) \text{ mm}$; $PF (I) = (34,619; \dots; 34,619)$

În tabelul 5.9 sînt prezentate o parte din prelucrarea rezultatelor pe baza cărora au rezultat următorii parametri :

$E_1 = 1,41 \text{ mm}$; $E_2 = 0,05 \text{ mm}$; $E_3 = 1,412 \text{ mm}$.

Tabelul 5.9

Nr. punct	X_1 (mm)	Y_1 (mm)U	Z_1 (mm)	V_1 (mm)
1	2	3	4	5
1	-189,53	-421,17	1497,69	2,52
2	-182,50	-421,65	1496,65	2,64
3	-175,87	-422,09	1499,98	1,37
4	-169,06	-422,66	1501,98	-0,57
5	-161,93	-422,43	1501,16	0,24
6	-156,00	-422,73	1502,25	-0,67
7	-147,98	-422,80	1502,51	-0,86
8	-140,90	-422,71	1502,16	-0,43
9	-133,67	-422,12	1500,07	1,75
10	-126,85	-422,64	1502,64	-0,75
11	-119,64	-422,25	1500,55	1,43

1	2	3	4	5
12	-112,67	-422,51	1501,46	0,59
13	-105,68	-422,73	1502,25	-0,12
14	-98,68	-422,90	1502,86	-0,65
15	-91,65	-423,00	1503,20	-0,92
16	-84,60	-422,98	1503,12	0,75
17	-77,49	-422,67	1507,03	0,42
18	-70,48	-422,88	1502,77	-0,25
19	-68,47	-423,16	1503,77	-1,17
20	-56,40	-422,98	1503,12	-0,44
21	-49,33	-422,83	1502,59	0,17
22	-42,28	-422,76	1502,33	0,51
23	-35,25	-423,05	1503,38	-0,46
24	-28,21	-423,10	1503,35	-0,56
25	-21,15	-423,04	1503,34	-0,26
26	-14,11	-423,28	1504,21	-1,06
27	-7,06	-423,44	1504,78	-1,55
28	0,0	-422,66	1504,98	1,34
29	7,04	-422,12	1500,07	3,34
30	14,09	-422,61	1501,81	1,67
31	21,11	-422,27	1500,59	2,97
32	28,18	-422,68	1502,07	1,57
33	35,26	-423,16	1503,77	-0,06
34	42,32	-423,22	1503,99	-0,20
35	49,36	-423,12	1503,64	0,23
36	56,45	-423,34	1504,43	-0,48
37	63,44	-422,95	1503,03	1,00
38	70,51	-423,04	1503,34	0,77
39	77,63	-423,43	1504,73	-0,35
40	84,68	-423,38	1504,50	-0,30
41	91,69	-423,20	1503,90	0,44
42	98,83	-423,57	1505,21	-0,80
43	105,87	-423,49	1504,95	-0,45
44	112,97	-423,65	1505,52	0,24
45	120,02	-423,59	1509,30	-0,65
46	126,99	-423,28	1504,21	0,53
47	133,92	-422,92	1502,90	1,92
48	140,81	-422,43	1501,16	3,75
49	147,97	-422,78	1502,42	2,56
50	155,38	-423,76	1505,91	-0,86
51	162,56	-424,07	1507,01	-1,88

1	2	3	4	5
52	169,66	-424,15	1507,27	-2,07
53	176,48	-423,55	1505,12	0,12
54	183,37	-423,16	1503,77	1,60
55	190,42	-423,15	1503,73	1,73
56	197,83	-423,91	1506,44	-0,71
57	204,95	-424,03	1506,88	-1,27
58	211,64	-429,28	1504,21	1,48
59	-189,91	-393,89	1499,72	1,94
60	-182,99	-394,13	1500,64	1,10
61	-175,86	-393,92	1499,85	1,96
62	-168,63	-393,47	1498,12	3,79
63	-161,86	-394,09	1500,51	1,47
64	-155,03	-394,63	1502,55	-0,51
65	-148,10	-394,93	1503,68	-1,57
66	-140,98	-394,74	1502,99	-0,79
67	-133,77	-394,26	1501,16	1,13
68	-126,93	-394,89	1503,55	-1,20
69	-119,79	-394,61	1502,46	-0,3
70	-112,71	-394,49	1502,03	0,49
71	-105,76	-394,84	1503,34	-0,74
72	-98,53	-394,11	1500,59	2,09
73	-91,67	-394,89	1503,55	-0,86
74	-84,55	-394,58	1502,38	0,46
75	-77,48	-394,43	1501,81	1,11
76	-70,54	-395,01	1503,99	-1,01
77	-63,46	-394,89	1503,55	-0,49
78	-56,43	-395,21	1503,99	-0,85
79	-49,35	-394,84	1503,34	-0,11
80	-42,27	-394,48	1501,98	1,33
81	-35,21	-394,32	1501,38	2,02
82	-28,20	-394,84	1503,34	0,13
83	-21,16	-395,01	1503,99	-0,45
84	-14,12	-395,35	1505,30	-1,69
85	7,06	-395,31	1505,13	-1,43
86	0,00	-395,24	1504,89	-1,09
87	7,14	-394,42	1501,17	2,10
88	14,12	-395,26	1504,95	-1,02
89	21,18	-395,37	1505,39	-1,38
90	28,23	-395,27	1504,99	-0,90

1	2	3	4
91	35,29	-395,28	1504,73
92	6,23	-394,18	1500,85
93	49,23	-393,85	1499,59
94	56,32	-394,25	1501,11
95	63,40	-394,47	1501,94
96	70,61	-395,41	1505,52
97	77,67	-395,39	1505,43
98	84,76	-395,54	1506,00
99	91,66	-394,84	1503,34
100	98,92	-395,70	1506,61
101	105,93	-395,49	1505,83
102	112,92	-395,24	1504,86
103	120,05	-395,46	1505,69
104	126,89	-394,76	1503,03
105	134,20	-395,72	1506,70
106	141,34	-395,74	1506,79
107	148,45	-395,87	1507,27
:			
918	134,76	-28,37	1512,29
919	141,89	-28,38	1512,64
920	148,94	-28,37	1512,24
921	156,11	-28,38	1513,04
922	163,13	-28,37	1512,33
923	169,97	-28,33	1510,08
924	177,34	-28,37	1512,46
925	184,39	-28,37	1512,11
926	191,25	-28,39	1510,35
927	198,47	-28,35	1511,32
928	205,36	-28,33	1509,91

În tabelul 5.10 sînt prezentate rezultatele finale ale
procedurilor măsurătorilor fotogrametrice pentru cele patru
tipuri de rugozitate.

Tabel 5.10

Tipul de rugoz.	Descrierea suprafeței	Nr. puncte măsurate	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)
I	net și drept	848	0,9	0,63	0,7242
II	net și scivisit	1040	0,44	0,64	0,542
III	net și rugos radier	915	1,07	0,64	0,828
IV	net și grosier	928	1,41	0,65	1,141

5.2 Stabilirea corelației dintre coeficientul de rugozitate determinat hidraulic și abaterea medie pătratică determinată prin preluarea măsurătorilor fotogrametrice.

Așa cum am arătat în capitolul 3, mărimea care caracterizează cel mai bine din punct de vedere global rugozitatea unei suprafețe este abaterea medie pătratică, E_1 .

Pe baza măsurătorilor hidraulice și fotogrametrice efectuate pentru patru tipuri de suprafețe, suprafețe ce acoperă intervalul de valori care poartă denumirea de rugozitate al galeriilor hidraulice captușite (interval ce variază de la $n = 0,005$ până la $n = 0,0200$ conform datelor din literatura de specialitate - tabel 1.5) s-au obținut valorile trecute în tabelul 5.11 (pe baza tabelurilor 5.5 și 5.10).

Tabel 5.11

Tipul de suprafață studiată	Măsurători hidraulice - n -	Măsurători fotogrametrice - E_1 -
Beton scivilisit	0,0107	0,44
Beton șlefuit	0,0121	0,90
Beton rugos radier	0,0145	1,07
Tencușit grosier	0,02018	1,41

Pe baza valorilor din tabelul 5.11, valori obținute de rezultat al măsurătorilor efectuate, se poate observa că la o creștere a coeficientului de rugozitate se înregistrează o creștere a abaterii medii pătratice, concluzie normală atât din punct de vedere teoretic cât și din punct de vedere tehnic.

Deci, se poate presupune că între cei doi parametri, n și E_1 , se poate stabili o anumită corelație.

Dacă am reprezenta în abscisă valorile abaterii medii pătratice " E_1 " și în ordonată valorile coeficientului de rugozitate " n " se obține grafioul din fig.5.3 (a).

Considerând valorile n determinate hidraulic, ce valori reprezintă pentru suprafețele în cauză și reprezentând intervalul de selecție al acestor coeficienți de rugozitate, valorile minime și maxime din literatura de specialitate pentru tipul respectiv de suprafață, se obține aproximativ intervalul din care proiectantul își alege coeficientul de rugozitate pentru galeria proiectată, în funcție de viteza de cărbuseală adoptată, fig.5.3(b).

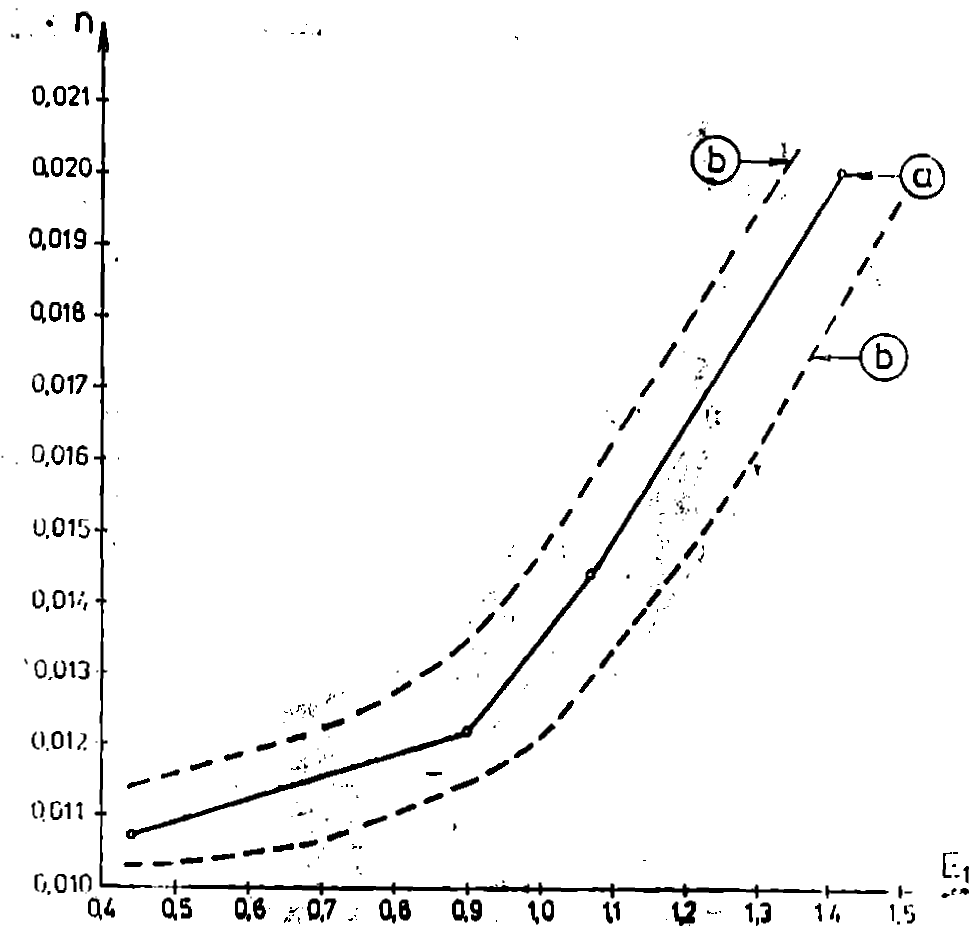


Fig. 5.3.

Încercând mai multe variante de interpolare /99,68,91/ în vederea găzirii unei ecuații care să satisfacă condiția unuia din mai sus și anume o dată cu creșterea coeficientului de rugozitate determinat hidraulic, crește și abateră, media pătratică datorată, prin măsurători fotogrametrice, să obținut o ecuație de formă:

$$10^3 n = 6,491212 E_1^3 - 6,938338 E_1^2 + 4,764085 E_1 + 9,394117 \quad (5.3)$$

la carei reprezentare grafică este redată în fig. 5.4.

De remarcat că dacă se suprapune fig. 5.4 peste fig. 5.3 (cele două curbe fiind reprezentate la aceeași scară) curba dată de relația (5.3) se află în intervalul de selecție a coeficientului de rugozitate pentru galeriile hidrotehnice căptușite și anume aproape de centrul acestui interval, fiind totodată o funcție strict crescătoare pe intervalul de la 0,0105 la 0,020, limita minimă și maximă în-

tre care variază coeficientul de rugozitate al galeriilor hidrotehnice căptușite.

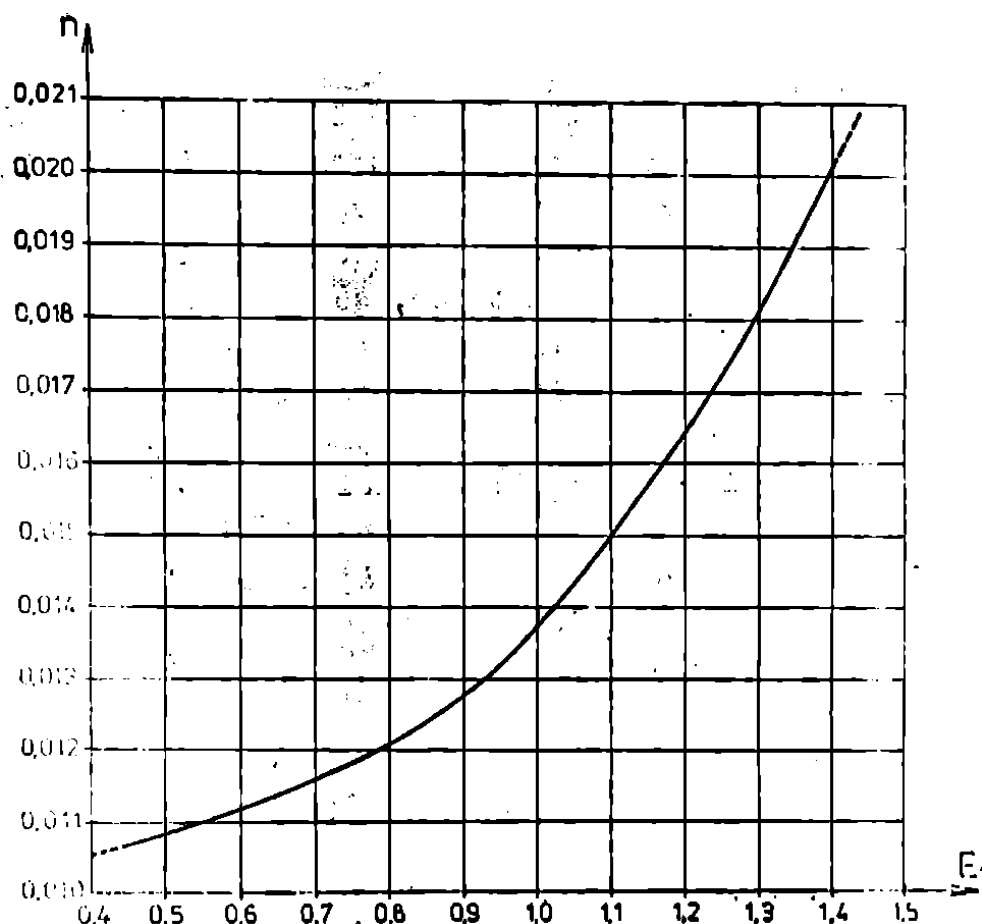


Fig. 5.4

În cadrul colectivului bare a luat la cele două contente de cercetare referitoare la rugozitatea suprafețelor galeriilor hidrotehnice s-a obținut și o altă ecuație/10/ obținută prin intermediul metodei lagrangiană, ecuație ce poate fi folosită cu foarte bune rezultate în intervalul coeficienților de rugozitate de la 0,012 până la 0,0195.

Relația 5.3 are avantajul că poate fi folosită fără restricții pentru domeniul coeficienților de rugozitate cuprinși între 0,015 și 0,02 (0,0215), gamă de rugozități ce acoperă domeniul galeriilor hidrotehnice căptușite. Diagrama $n = f(E_1)$ din fig. 5.4 poate fi folosită de asemenea cu bune rezultate fără a mai fi nevoie de aplicarea relației 5.3.

5.3 Măsurători referitoare la unele galerii hidrotehnice.

5.3.1 Măsurători hidraulice privind determinarea coeficientului de rugozitate.

S-au efectuat măsurători directe în vederea determinării coeficientului de rugozitate pentru o serie de galerii hidrotehnice (tabelul 1.4) dar în cele ce urmează vom prezenta măsurătorile și rezultatele prelucrărilor numai pentru galeriile pentru care au fost efectuate măsurători fotogrametrice, deoarece nu în toate galeriile date în folosință se poate intra cu aparatura fotogrametrică. Acesta este motivul pentru care se recomandă metoda fotogrametrică și se recomandă pentru galeriile în construcție sau care nu au fost date în exploatare.

Pentru determinarea coeficientului de rugozitate pe baza măsurătorilor hidraulice am folosit metodologia clasică de lucru. S-a determinat debitul cu ajutorul unei moriști hidrometrică A.C.B. moriștea aceasta a fost etalonată înainte de începerea măsurătorilor. Etalonarea s-a făcut în laboratorul de meteorologie și hidrologie din Cluj-Napoca.

Înălțimea de sarcină a fost determinată prin citiri la nivelimetrele existente sau prin măsurători topografice.

5.3.1.1 U.H.E. Tismana . Galeria de aducțiune principală.

Determinarea debitului uzinat s-a făcut în canalul de aducțiune cu o secțiune dreptunghiulară bine definită și după citirea debitului la funcționarea în regim a centralei hidroelectrice. În urma prelucrării măsurătorilor (tabel 5.12 și fig.5.5) a rezultat o viteză medie pe secțiune $v_{med} = 1,149$ m/s și un debit $Q = 12,9$ m³/s.

Pentru galeria de aducțiune cu diametrul $D = 3,6$ m rezultă viteza $v = 1,267$ m/s.

Cunoscând pierderea totală de sarcină a galeriei $h_r = 5,95$ m

$$h_r = H_{inc} - (H_{ex\ vană\ fl.} + 44,5 \text{ m col. apă}) = 474,90 - (424,75 + 4,5)$$

$$= 5,65 \text{ m}$$

și admitând o pierdere de sarcină la intrarea în aducțiune de aproximativ 10%, va rezulta o pierdere de sarcină finală $h_r = 5,10$ m la o pantă $i = 0,0594$ ‰ și aplicând relația (5.1) va rezulta un coeficient de rugozitate $n = 0,0179$.

5.3.1.2 U.H.E. Tismana, Galeria de fugă.

Galeria de fugă are radierul plan și a fost executată folosind

sind cofraje alunecătoare.

Distanța de la perete la axul galeriei măsurată în perimetrul pentru secțiunea de măsurători hidraulice a fost 2,15 m. În urma măsurătorilor de nivel în camera de expansiune în secțiunea de ieșire de la portal a rezultat o pierdere de sarcină $h_r = 6,05$ m.

Înălțimea apei în secțiunea transversală $h = 1,54$ m. Pentru debitul de $12,9$ m³/s, debit pentru care s-au făcut măsurările în de nivel, a rezultat viteza apei în galerie $v = 1,969$ m/s. Luând în account viteza, raza hidraulică $R = 6,55/7,28 = 0,9$ m și $h_r = 6,05$ m a rezultat valoarea coeficientului de rugozitate $n = 0,0187$.

5.3.1.3 U.H.E. Sebes. Aducțiunea principală Sugaș.

Determinarea debitului s-a făcut în cazul secțiunii de topografic la de debușării de la Nedea rezultând o viteză medie de regim $v_{med} = 2,117$ m/s și un debit de regim $Q = 23,75$ m³/s. Măsurătorile și prelucrarea acestora este prezentată în tabelul 5.13 și fig. 5.6.

Rezultă pe aducțiune o viteză medie $v = 1,89$ m/s. Pierdere de sarcină totală pe aducțiune a fost $h_r = 8,6$ m.

Pentru $h_r = 8,6$ m, $R = 1$ m și $i = 0,1071\%$ a rezultat valoarea coeficientului de rugozitate $n = 0,0173$.

5.3.1.4 U.H.E. Sebes. Galeria de fugă Sugaș.

Pierderile de sarcină s-au determinat prin măsurarea nivelului apei în secțiunea camerei de expansiune și la debușare pe teren topografic, rezultând o pierdere de sarcină totală în axul galeriei $h_r = 10,92$ m. Înălțimea de apă a galeriei a fost 2,5 m, rezultând $S = 7,48$ m², $R = 1,092$ m și viteza medie $v = 2,77$ m/s la debitul $Q = 23,75$ m³/s.

Coeficientul de rugozitate în acest caz are valoarea $n = 0,0173$.

5.3.1.5 U.H.E. Brădișor. Galeria de fugă.

Pentru determinarea debitului de regim am făcut măsurători de ridicare a epurei de viteze în zona batardoului din camera subterană.

Au rezultat valori mai mari ale vitezei față de cele în camera la nivele centrale subterane la care măsurătorile s-au făcut în zona batardoului centralei.

În tabelul 5.14 și fig. 5.7 sînt prezentate măsurătorile efectuate și prelucrarea acestora.

Table 5.12

No. of verticals	Vertical I				Vertical II				Vertical III						
	V	n	$\frac{n}{v}$	V_1	V_{II}	V	n	$\frac{n}{v}$	V_1	V_{III}	V	n	$\frac{n}{v}$	V_1	V_{III}
cm	rot. sec.	rot. sec.	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	cm	rot. sec.	rot. sec.	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	cm	rot. sec.	rot. sec.	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$
1 16,5	116	11,485	1,230		16,5	80	8,6	0,865		16,5	87	8,613	0,929		
2 33,0	147	14,7	1,568		36,0	106	10,6	1,138		36,5	103	10,198	1,095		
3 53,0	154	15,4	1,642		56,0	133	13,3	1,421		56,5	130	12,621	1,350		
4 73,0	158	15,643	1,667		76	135	13,361	1,428		76,5	131	13,1	1,400		
5 93,0	157	15,544	1,657	1,60	96	138	14,526	1,550	1,366	96,5	133	13,169	1,407	1,316	
6 113,0	161	15,94	1,698		116	142	14,2	1,516		116,5	136	13,465	1,438		
7 133,0	165	16,836	1,992		136	154	15,247	1,626		136,5	142	14,639	1,562		
8 153,0	166	16,274	1,733		156	158	16,286	1,735		156,5	147	14,554	1,555		

$h = 150$ cm

$h = 150$ cm

$h = 150$ cm

Table 5.12 (continued)

Nr. of rot. pe. vert.	Verticale IV				Verticale V				
	y	n	$\frac{E}{t}$	v_{IV}	y	n	$\frac{E}{t}$	v_{IV}	
	cm	rot.	$\frac{rot.}{sec.}$	$\frac{E}{s}$	cm	rot.	$\frac{rot.}{sec.}$	$\frac{E}{s}$	
1	16,5	79	7,745	0,838	16,5	-	-	-	
2	76,5	87	8,613	0,925	76,5	82	0,282	0,894	
3	56,5	97	10,104	1,066	56,5	120	11,881	1,272	
4	76,5	111	11,110	1,190	76,5	123	12,947	1,384	
5	96,5	126	12,353	1,322	96,5	137	13,7	1,463	
6	116,5	141	14,10	1,505	116,5	132	13,069	1,097	
7	136,5	141	13,685	1,462	136,5	120	11,881	1,272	
8	156,5	180	14,851	1,589	156,5	96	9,6	1,033	
h = 158cm				h = 158cm					

Tabel 5.13

Nr. pct. pe vert	Verticella I				Verticella II				Verticella III							
	h	n	$\frac{n}{t}$	v_I	v_{II}	h	n	$\frac{n}{t}$	v_I	v_{II}	h	n	$\frac{n}{t}$	v_I	v_{III}	
	cm	rot. sec	$\frac{rot.}{sec}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	cm	rot. sec	$\frac{rot.}{sec}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	cm	rot. sec	$\frac{rot.}{sec}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	
1	10	57	5,7	1,467		10	58	5,8	1,493		10	64	6,4	1,647		
2	30	74	7,32	1,885		30	66	6,6	1,699		30	85	8,333	2,144		
3	50	92	9,108	2,343		50	107	10,514	2,725		50	96	9,896	2,546		
4	70	102	10,2	2,624		70	125	12,5	3,215		70	118	11,8	3,035		
5	90	117	11,7	3,009		90	131	13,1	3,369		90	119	11,9	3,061		
6	110	103	10,3	2,65		110	131	13,1	3,369		110	120	11,881	3,056		
7	130	100	9,803	2,522	2,36	130	112	11,09	2,852	2,535	130	108	10,8	2,778	2,534	
8	150	97	9,603	2,47		150	100	10,416	2,679		150	99	9,801	2,521		
9	170	93	9,3	2,393		170	96	9,6	2,47		170	95	9,313	2,396		
10	190	87	8,613	2,216		190	85	8,415	2,165		190	89	8,9	2,29		
h = 220 cm															h = 220 cm	

1997-1998 (Confidential)

No. de vert.	Vertical IV					Vertical V				
	h	n	$\frac{h}{s}$ rot. sec.	V_i $\frac{h}{s}$	V_{IV} $\frac{h}{s}$	h	n	$\frac{h}{s}$ rot. sec.	V_i $\frac{h}{s}$	V_{V} $\frac{h}{s}$
1	10	61	6,161	1,586		10	72	7,2	1,853	
2	30	80	8	2,059		30	87	8,7	2,328	
3	50	92	9,2	2,367		50	107	10,49	2,698	
4	70	103	10,2	2,65		70	124	12,783	3,288	
5	90	123	12,178	3,132		90	125	12,45	3,215	
6	110	121	12,1	3,112	2,517	110	125	13,02	3,349	2,757
7	130	113	11,188	2,876		130	119	11,9	3,061	
8	150	108	11,134	2,864		150	111	10,99	2,827	
9	170	97	9,7	2,495		170	102	10,2	2,624	
10	190	87	8,613	2,216		190	100	9,803	2,522	
h = 220 cm										
h = 220 cm										

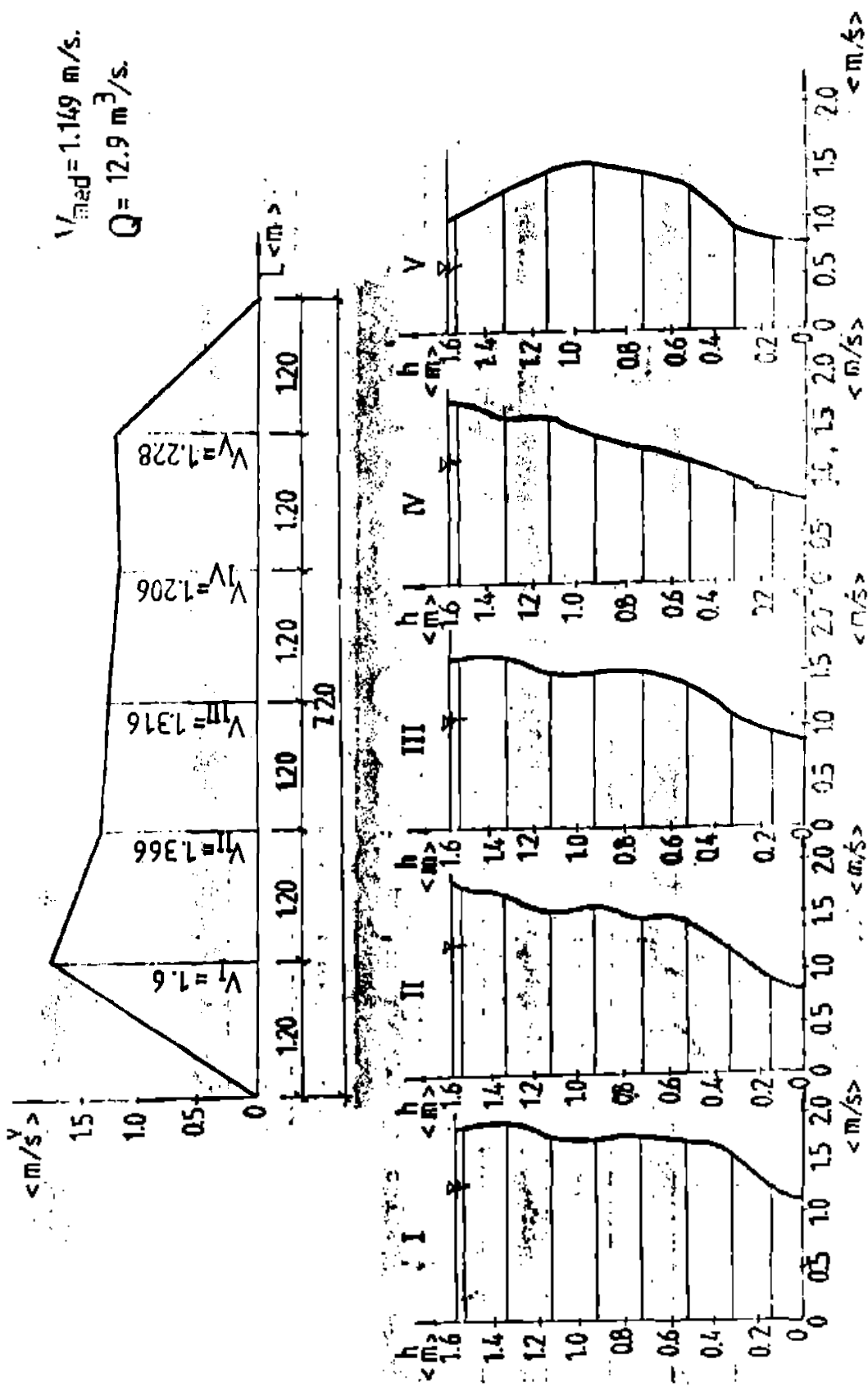


FIG. 3.5.

$V_{med} = 2.117 \text{ m/s}$

$Q = 23.75 \text{ m}^3/\text{s}$

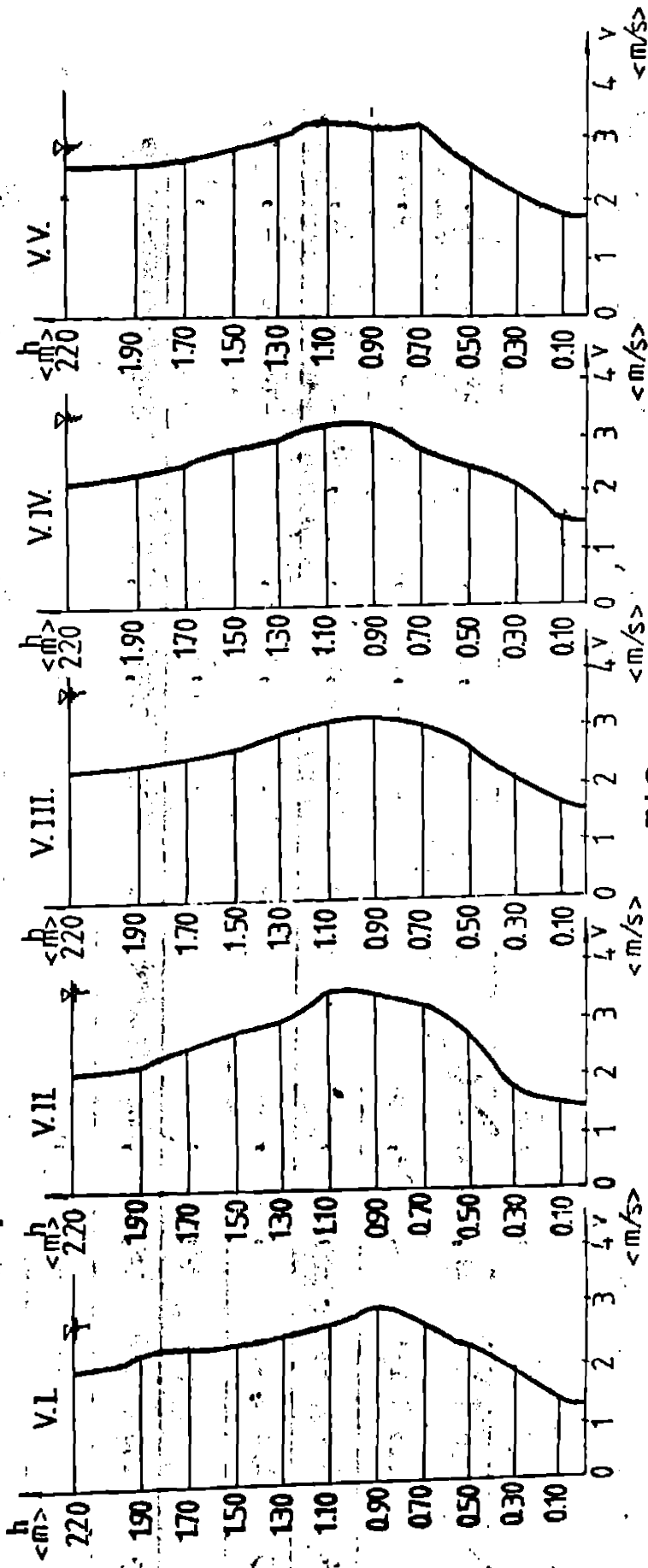
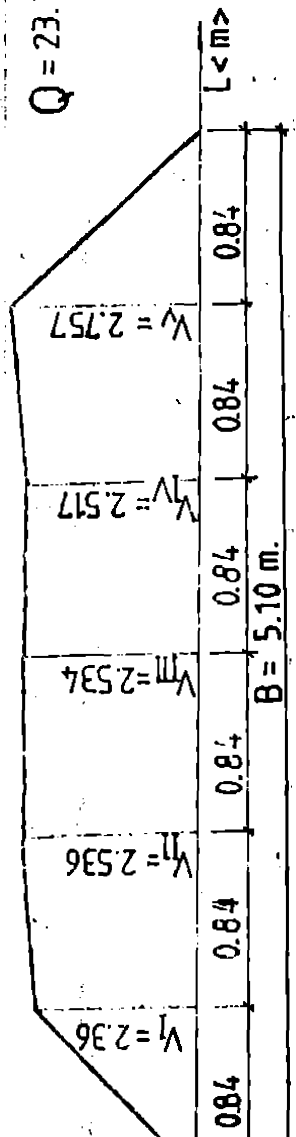


FIG. 5.6.

Table 5.10

No. Dct. De part.	Verticale I				Verticale II				Verticale III					
	h	n	$\frac{D}{V}$	V_i	V_{II}	h	n	$\frac{D}{S}$	V	V_{III}	h	n	$\frac{D}{S}$	V_{III}
	cm	rot.	$\frac{rot.}{sec.}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	ca.	rot.	$\frac{rot.}{sec.}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	ca.	rot.	$\frac{rot.}{sec.}$	$\frac{m}{s}$
1	70	175	17,15	4,41		70	169	16,9	4,346		70	167	16,7	4,294
2	90	168	16,8	4,32		90	171	16,93	4,35		90	173	17,1	4,397
3	110	166	16,43	4,225		110	167	16,7	4,295		110	166	16,6	4,269
4	130	165	16,5	4,243	4,293	130	166	16,6	4,279	4,410	130	163	16,3	4,192
5	150	156	15,6	4,012		150	168	16,8	4,32		150	165	16,5	4,243
6	170	155	15,5	3,986		170	171	17,1	4,307		170	161	15,95	4,099
7	190	148	14,8	3,806		190	173	17,3	4,449		190	167	17,21	4,426
8	210	157	15,7	4,037		210	159	16,56	4,258		210	163	16,3	4,192
9	230	163	16,3	4,192		230	169	16,73	4,302		230	159	15,58	4,007
h = 236 cm										h = 236 cm				

$V_{med} = 3.385 \text{ m/s.}$
 $Q = 30.37 \text{ m}^3/\text{s.}$

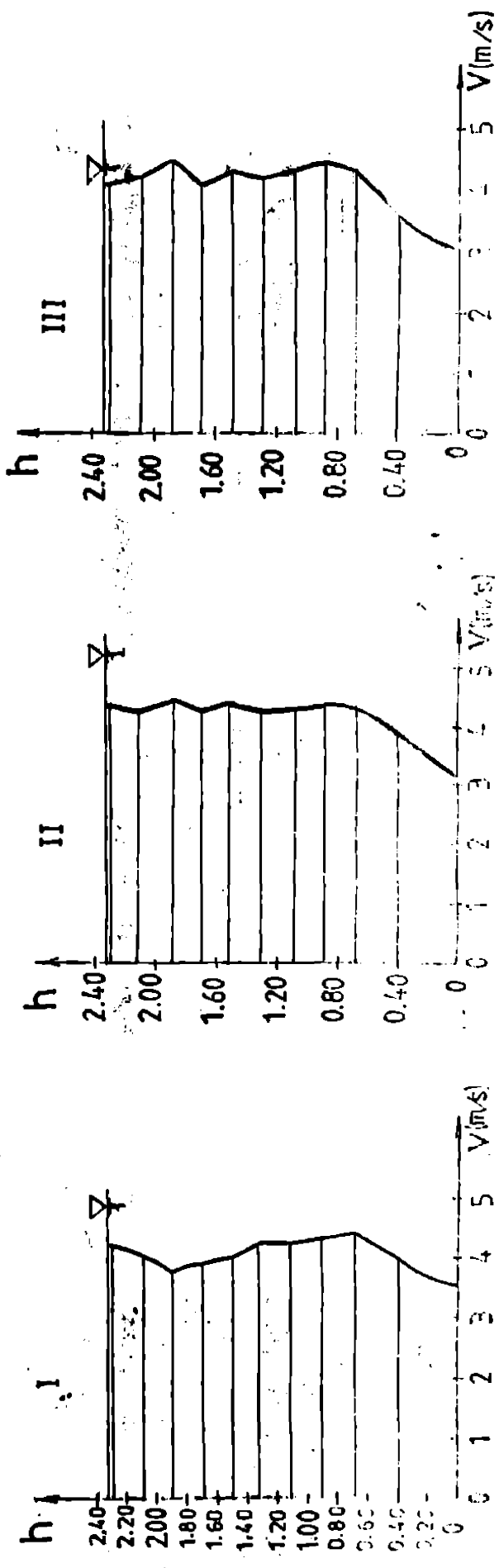
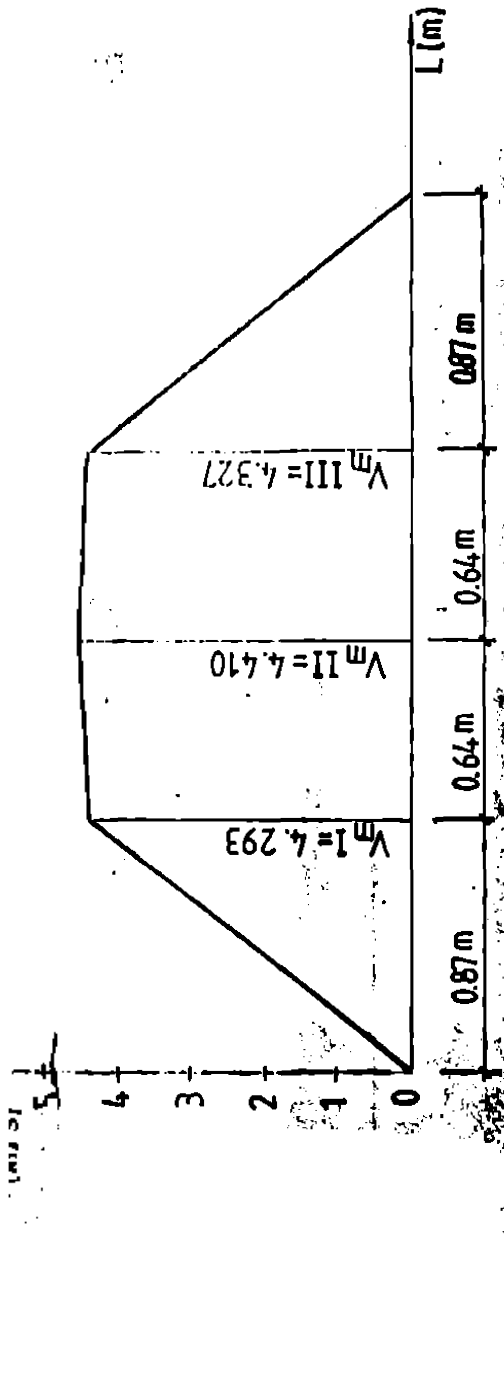


FIG. 5.7.

Tabla 5.15

Amplasarea	Tipul galeriei	Elemente caracteristice					coeficient de rugozitate
		Q (m ³ /s)	v (m/s)	l %	R (m)	S (m ²)	
U.H.E. FISMANA	Aducțiune principală	12,9	1,267	0,0594	0,9	10,179	0,0179
	Fugă	12,9	1,969	0,1458	0,9	6,55	0,01808
U.H.E. SERES	Aducțiune principală	23,75	1,89	0,1071	1,0	12,57	0,0173
	Fugă	23,75	3,175	0,199	1,092	7,48	0,0149
U.H.E. BRADISOH	Fugă	30,37	2,106	0,1413	1,393	14,418	0,0222

Conform tabelului 5.14 viteza medie pe secțiune este :
 $v_{med} = 3,386 \text{ m/s}$ iar debitul uzinat determinat prin integrarea
 epurei de viteze a rezultat $Q = 30,37 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pierderea de sarcină a fost determinată pe o porțiune a ga-
 leriei de fugă în lungime de 5191,44 m cuprinsă între centrală și
 galeria de pompă de la Valea lui Stan prin măsurarea nivelului de
 apă, rezultând $h_r = 7,336$ pentru un nivel de apă în amonte
 $h_{av} = 2,465 \text{ m}$ și în aval $h_{av} = 2,667 \text{ m}$.

Pentru debitul de $30,37 \text{ m}^3/\text{s}$ și secțiunea transversală a
 galeriei $S = 14,418$ a rezultat o viteză medie $v_m = 2,106 \text{ m/s}$.
 Pentru raza hidraulică $R = 1,393 \text{ m}$ și $i = 0,1413 \%$ a rezultat
 coeficientul de rugozitate $n = 0,0222$.

În tabelul 5.15 sînt prezentate valorile centralizate ale
 măsurătorilor hidraulice efectuate în unele galerii hidrotehnice
 executate prin betonare.

5.3.2 Măsurători fotogrametrice privind dezvoltarea longitudinală unor galerii hidrotehnice.

S-au efectuat măsurători fotogrametrice pe baza unor repro-
 duceri preluate din galeriile date în exploatare (Șugag, Brădișor și
 Rueni) în curs de execuție la data efectuării fotografiilor
 (Poiana Mărului și Rueni). În tabelul 5.16 sînt trecute caracte-
 risticile acestor galerii privind forma secțiunii transversale și me-
 tudă de betonare.

Tabel 5.16

Denumirea galeriei hidrotehnice	Forma secțiunii transversale	Betonare
Galeria de fugă Șugag	Compusă (potcoavă)	cintre și cofraje
Galeria de fugă Brădișor	Compusă (perete vertical + boltă circulară)	cintre și cofraje
Galeria de aducțiune Poiana Mărului	circulară	cofraj alunecător
Galeria de fugă Rueni	Compusă (ovoidală)	cintre și cofraje

S-a acordat o atenție deosebită asigurării paralelismului
 dintre baza de fotografiere și suprafața ce urma a fi fotografiată.
 Preluarea fotogramelor s-a făcut cu axa de fotografiere

pendiculară pe baza de fotografiere.

Pentru a putea perspectiva de pe stereograme toate sursele de la galeria am preluat fotografe și cu axa de fotografiere înclinată față de plan vertical cu unghiul de 15° și 30° .

Pentru punerea trepiedelor aproximativ la aceeași înălțime în cazul sistemului de orientare individuală am folosit cadrul de la sistemul cu suspensie dublu verticală, cadru ce are posibilitatea de orizontalizare.

După demontarea cadrului s-au montat pe unul din trepiede camera fotogrametrică cu sistemul de orientare și pe celălalt la picior ținta de vizare, urmând ca după preluarea fotografiei din stație să se inverseze aparatura ca poziție de stație, rămânând pe loc piciorde embazele.

S-a acordat o deosebită atenție orientării camerei și a țintei față de galerii acestea. Baza de fotografiere s-a măsurat atât între ținte cu plumb cât și între reperii dispozitivelor individuale de orientare optică.

Pentru ușurarea măsurătorilor la stereocomparator s-a acordat o deosebită atenție, iluminării suprafeței fotografiate. Nu s-au putut prelua fotografe privind radierea galeriilor, deoarece în majoritatea cazurilor acestea erau acoperite cu apă sau cu diverse materiale (la galeriile în execuție) dar în general suprafețele acestora nu diferă ca aspect de suprafața laterală.

Pentru prelucrarea măsurătorilor efectuate la stereocomparator s-au folosit programele de calcul "PLAN", "CERC" și "RUGOZITATE" pentru determinarea de forma secțiunii transversale a galeriei în cauză.

Valoarea finală a abaterii medii pătratice (parametru care caracterizează din punct de vedere geometric rugozitatea suprafeței) s-a calculat ca o medie ponderată a abaterii medii pătratice aferente diferitelor porțiuni din perimetrul galeriei

$$E = E_1 = \frac{\sum_{i=1}^n l_i E_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad (84)$$

în care :

- n = numărul de porțiuni cu rugozitate diferită ;
 - l_i = lungimea perimetrului caracterizat de o anumită rugozitate (%);
 - E_i = abaterii medii pătratice pentru o anumită porțiune calculată ca o medie aritmetică pentru porțiunea în cauză.
- Stabilirea procentuală a porțiunilor (suprafețelor) cu rugozitate

tății diferite (bavuri longitudinale și transversale, etc.) au fost citite în teren oit și de pe fotografiile în cauză.

În lucrare nu au putut fi prezentate în totalitate rezultatele privind valorile rugozităților (abaterile de la suprafața cerută probabilă) dat fiind numărul mare de puncte prelucrate (circa 100 de puncte pentru fiecare stereogramă).

5.3.2.1 Galeria de fugă Sugag.

S-au preluat fotograme cu $\varphi = 0^\circ$ și $\varphi = 30^\circ$ cu camera instalată la 1,6 m de perete, $B = 710$ mm, $f = 105,63$ mm. S-au prelucrat 999 puncte pentru o poziție a axei de fotografiere.

S-a considerat $R_0 = 2150$ mm și $C = 0,26179939$ ca valori aproximative de intrare.

La această galerie se remarcă existența unor bavuri rămase după decofrare, bavuri ce nu au fost curățate astfel că suprafața galeriei prezintă două tipuri de rugozitate (foto. 5.8 și foto. 5.9)

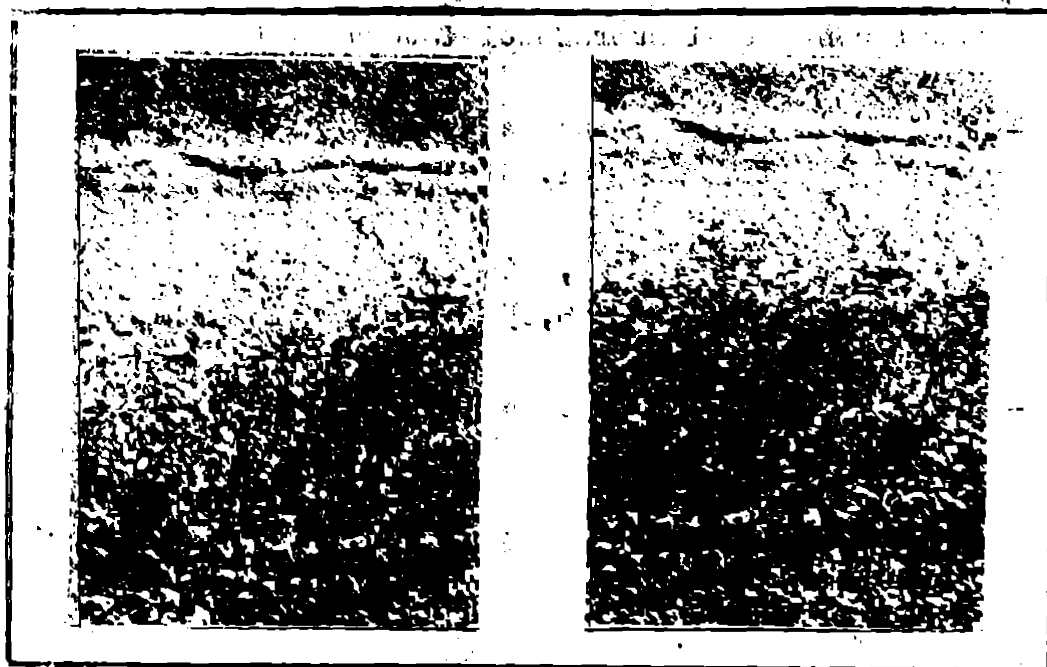


FOTO.
5.8

În urma prelucrării măsurătorilor au rezultat parametri prezentați în tabelul 5.17.

Aplicând relația (5.3) a rezultat pentru coeficientul de rugozitate valoarea $n = 0,01826$ corespunzătoare abaterii medii ponderate calculată ca medie ponderată, $\bar{E}_1 = 1,307$.

Tabelul 5.17

\bar{E}_1	\bar{E}_2	\bar{E}_3	σ_1	\bar{E}_1	n
1,2635	0,124	0,890	95%	1,307	0,01826
2,138	0,210	1,450	5%		

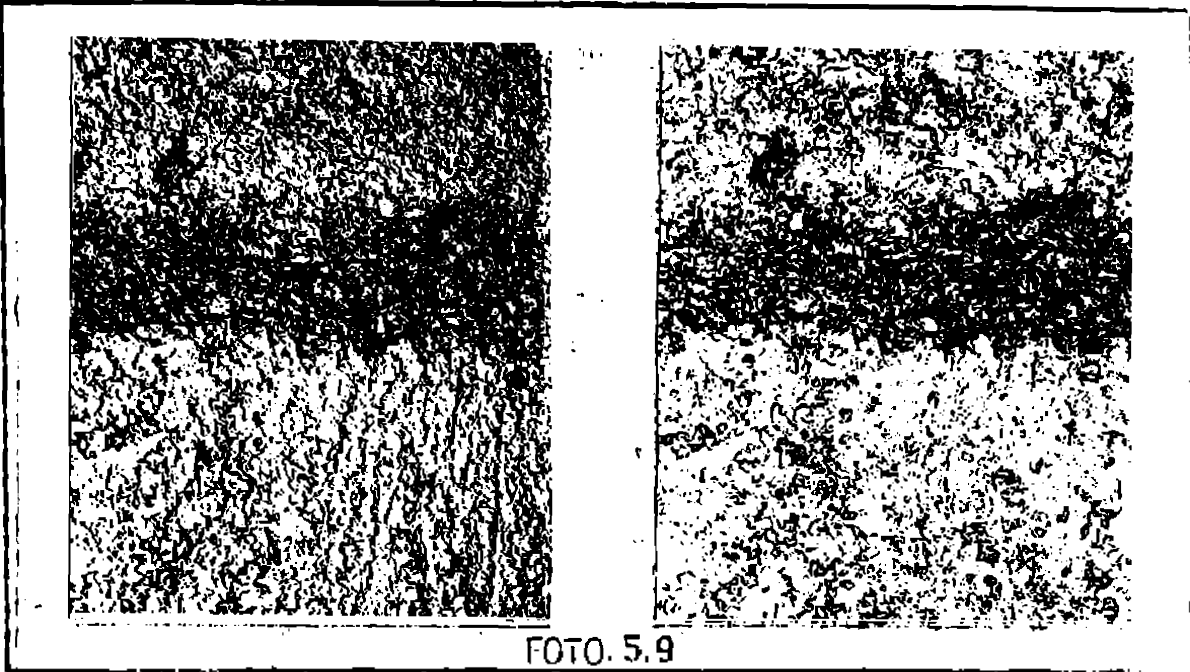


FOTO. 5.9

5.1.2.2 Galeria de fugă Brădișor.

Aspectul general al suprafeței laterale al galeriei este prezentat în foto.5.10.

S-au preluat fotograme cu axa de fotografiere orizontală și înclinată cu 30° în plan vertical. Distanța până la peretele galeriei a fost de 1,5 m.

Date obiective: $B = 670$ mm, diafragma 8, timp de exp. 1/100 s, distanța focală a camerei $f = 106,05$ mm (s-a introdus și un obiectiv de 100 mm în camera fotografică).

S-au măsurat 712 puncte de pe o stereogramă.

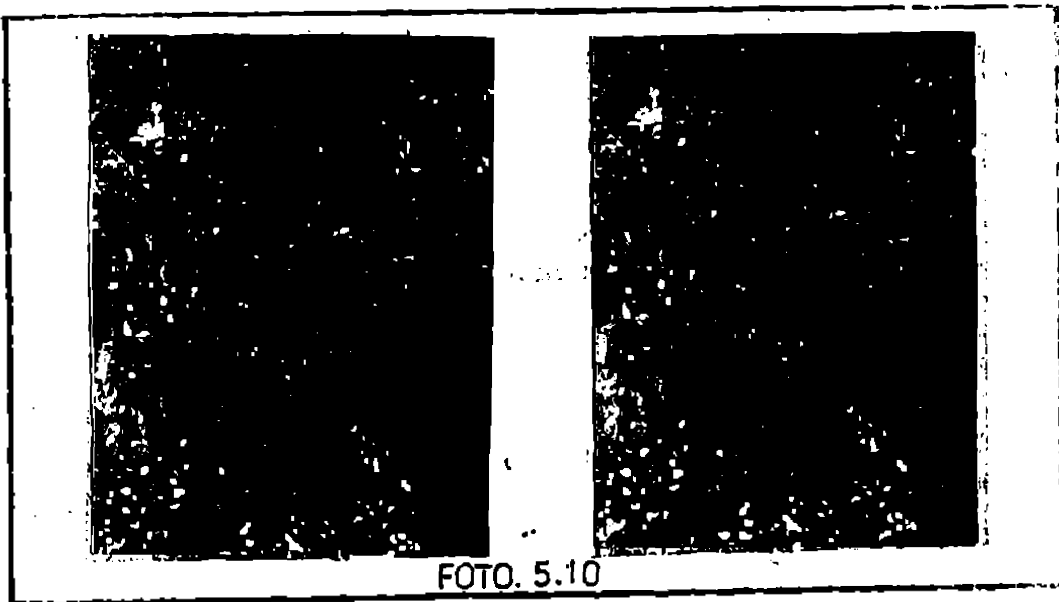


FOTO. 5.10

În tabelul 5.18 sînt prezentate valorile finale ale măsurătorilor.

Tabel 5.18

E_1	E_2	E_3	l_1	E_4	n
1,163	0,125	0,90	85%	1,328	0,0169
2,261	0,244	1,17	15%		

5.3.2.3 Galeria de aducțiune Poiana Mărului.

Preluarea de fotografii s-a făcut în anul 1985. Galeria are fa suprafața executie (foto 5.11).

FOTO
5.11

Suprafața galeriei se poate compara cu suprafața test de laborator și anume rugozitatea de tip II, (beton solidizat).

S-au efectuat măsurători pentru 800 de puncte cu $h = 700 \mu m$ și $\lambda = 109,63 \mu m$.

În tabelul 5.19 se prezintă măsurătorile efectuate la un comparator pentru unul dintre profile iar în tabelul 5.20, sint prezentate valorile abaterilor prin aplicarea programului "CERC".

Pentru valorile din tabelul 5.19 și 5.20 au rezultat următorii parametri $E_1 = 0,502$; $E_2 = 0,057$ și $E_3 = 0,310$.

În tabelul 5.21 sint prezentate valorile finale ca rezultat al prelucrării celor 800 puncte rezultând abaterea medie aritmetică $E_1 = 0,543$ și un coeficient de rugozitate $n = 0,01097$.

Tabel 5.19

$Z \varnothing = 100 \text{ mm}$; $Y \varnothing = 100 \text{ mm}$; $P \varnothing = 0$
 $Y_p = 142,30 \text{ mm}$; $F1 = 0^\circ$

Unitatea de măsură : mm

Nr. pot	X(I)	P(I)	Nr. pot	Z(I)	P(I)	Nr. pot	Z(I)	P(I)	Nr. pot	Z(I)	P(I)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	52	56,647	26	77	51,034	51	102	46,815	76	127	44,646
2	53	56,445	27	78	50,837	52	103	46,682	77	128	44,596
3	54	56,192	28	79	50,685	53	105	46,565	78	129	44,558
4	55	55,946	29	80	50,475	54	105	46,450	79	130	44,529
5	56	55,708	30	81	50,272	55	106	46,330	80	131	44,500
6	57	55,467	31	82	50,092	56	107	46,220	81	132	44,469
7	58	55,210	32	83	49,861	57	108	46,108	82	133	44,450
8	59	54,938	33	84	49,640	58	109	46,008	83	134	44,415
9	60	54,702	34	85	49,439	59	110	45,920	84	135	44,405
10	61	54,485	35	86	49,260	60	111	45,825	85	136	44,398
11	62	54,235	36	87	49,086	61	112	45,722	86	137	44,389
12	63	53,988	37	88	48,933	62	113	45,627	87	138	44,376
13	64	53,778	38	89	48,769	63	114	45,530	88	139	44,370
14	65	53,532	39	90	48,605	64	115	45,443	89	140	44,359
15	66	53,282	40	91	48,453	65	116	45,358	90	141	44,349
16	67	53,085	41	92	48,305	66	117	45,278	91	142	44,339
17	68	52,832	42	93	48,145	67	118	45,195	92	143	44,330
18	69	52,637	43	94	47,980	68	119	45,119	93	144	44,320
19	70	52,414	44	95	47,832	69	120	45,040	94	145	44,310
20	71	52,203	45	96	47,686	70	121	44,980	95	146	44,301
21	72	52,015	46	97	47,527	71	122	44,915	96	147	44,290
22	73	51,905	47	98	47,368	72	123	44,844	97	148	44,280
23	74	51,610	48	99	47,221	73	124	44,785	98	149	44,270
24	75	51,422	49	100	47,082	74	125	44,734	99	150	44,268
25	76	51,218	50	101	46,952	75	126	44,689	100	151	44,268

Tabel 5.20

Nr. pot.	X(I) (mm)	Y(I) (mm)	Z(I) (mm)	v(I) (mm)
0	1	2	3	4
1	1352,11	541,46	-550,42	0,053
2	1350,40	543,98	-540,12	0,091
3	1369,13	546,67	-529,97	0,613
4	1371,02	549,03	-519,18	0,280
5	1376,48	551,22	-508,21	-0,469

0	1	2	3	
6	1382,82	553,76	-497,46	
7	1389,15	556,29	-486,59	
8	1394,57	558,46	-475,29	
9	1400,98	561,03	-464,21	
10	1407,55	563,66	-453,00	
11	1412,78	565,75	-441,37	
12	1419,54	568,46	-430,04	
13	1423,80	570,57	-418,15	
14	1430,37	573,10	-406,30	
15	1436,65	575,32	-394,42	
16	1441,84	577,39	-382,20	
17	1447,68	579,73	-370,04	
18	1453,15	581,92	-357,68	
19	1458,47	584,05	-345,18	
20	1464,28	587,38	-332,70	
21	1469,56	588,49	-319,98	
22	1475,25	590,77	-307,26	
23	1479,67	592,54	-294,17	
24	1485,83	595,01	-281,33	
25	1491,63	597,41	-268,34	
26	1497,19	599,56	-255,13	
27	1504,13	602,33	-242,07	
28	1510,82	605,02	-228,89	
29	1516,97	607,48	-215,42	
30	1522,48	609,68	-201,79	
31	1527,88	611,84	-188,04	
32	1532,65	613,64	-174,12	
33	1537,81	615,82	-160,14	
34	1543,00	617,90	-146,08	
35	1547,84	619,84	-131,88	
36	1552,50	621,74	-117,59	
37	1557,74	623,80	-103,23	
38	1563,10	625,95	-88,79	
39	1567,93	627,89	-74,22	
40	1572,73	629,81	-59,56	
41	1577,99	631,91	-44,82	
42	1583,29	634,04	-29,98	
43	1588,22	636,01	-15,04	
44	1592,91	637,89	0,00	
45	1597,32	639,65	15,12	

0	1	2	3	
46	1601,99	641,53	30,33	0,100
47	1606,56	643,35	45,63	0,100
48	1610,59	644,97	60,99	0,100
49	1614,58	646,57	76,43	-0,100
50	1618,76	648,24	91,95	0,100
51	1622,62	649,78	107,53	-0,100
52	1626,56	651,36	123,19	0,100
53	1630,09	652,78	138,89	-0,100
54	1633,22	654,03	154,62	0,100
55	1636,60	655,38	170,43	-0,100
56	1638,50	656,14	186,14	-0,100
57	1643,70	658,23	202,29	0,100
58	1647,21	659,63	219,32	0,100
59	1650,36	660,89	234,36	0,100
60	1653,45	662,13	250,45	0,100
61	1656,37	663,30	267,58	-0,100
62	1659,42	664,52	282,77	-0,100
63	1662,58	665,79	299,05	0,100
64	1665,13	666,81	315,28	0,100
65	1667,35	667,70	331,48	-0,100
66	1669,76	668,66	347,77	-0,100
67	1672,40	669,72	364,15	0,100
68	1674,61	670,60	380,48	0,100
69	1677,32	671,37	396,79	0,100
70	1678,20	672,04	413,09	-0,100
71	1679,82	672,69	429,38	-0,100
72	1681,70	673,45	445,73	0,100
73	1683,14	674,02	462,09	0,100
74	1684,23	674,46	478,34	-0,100
75	1685,33	674,90	494,61	-0,100
76	1687,31	675,37	510,92	-0,100
77	1687,23	675,66	527,11	-0,100
78	1686,56	676,19	543,51	0,100
79	1688,94	676,34	559,62	0,100
80	1689,20	676,45	575,70	-0,100
81	1690,31	676,89	592,08	0,100
82	1690,04	676,78	607,99	-0,100
83	1690,27	676,88	624,07	-0,100
84	1690,84	677,11	640,29	-0,100
85	1691,26	677,27	656,46	0,100

0	1	2	3	
86	1691,83	677,50	672,70	0,043
87	1691,64	677,43	688,64	-0,043
88	1691,72	677,46	704,68	-0,043
89	1691,80	677,49	720,73	-0,1
90	1691,76	677,47	736,73	-0,043
91	1691,64	677,43	752,70	-0,043
92	1691,83	677,50	768,80	-0,043
93	1691,87	677,52	784,84	+0,043
94	1691,49	677,36	800,67	-0,043
95	1691,64	677,43	816,75	0,043
96	1691,41	677,33	832,66	0,043
97	1690,96	677,15	848,44	0,043
98	1690,84	677,11	864,39	0,043
99	1690,08	676,80	880,00	-0,043
100	1689,51	676,57	895,70	-0,043

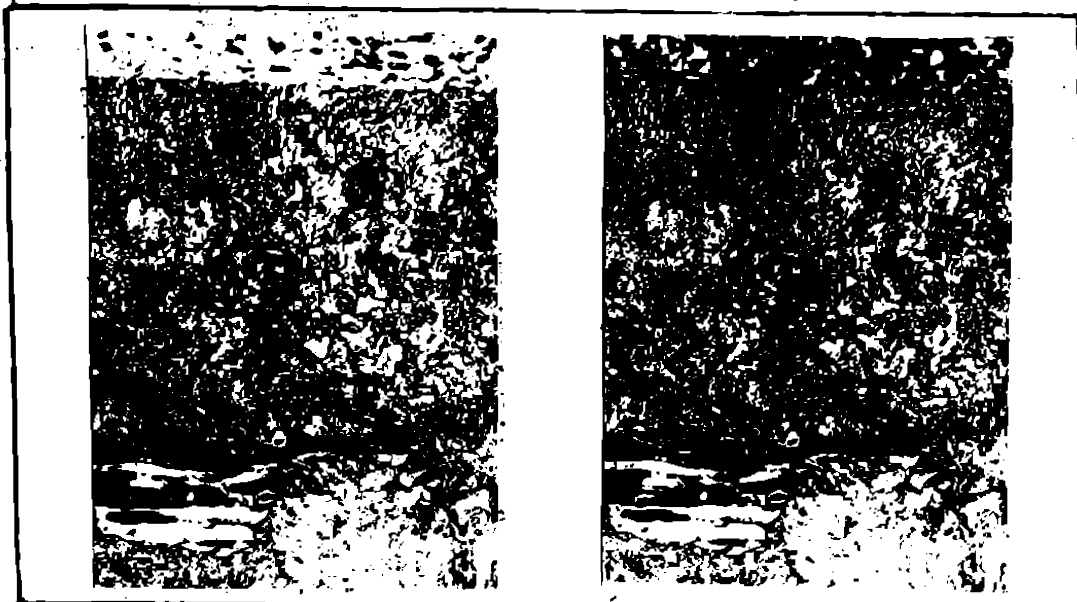
Tabel 5.21

E_1	E_2	E_3	E_1	μ
0,457	0,046	0,302		
0,454	0,045	0,304		
0,755	0,078	0,439		
0,605	0,061	0,371	0,543	0,043
0,535	0,054	0,313		
0,462	0,046	0,292		
0,502	0,050	0,316		
0,573	0,057	0,310		

5.3.3.4 Galeria de fugă Ruleni

Galeria se află în execuție în stația de lucru a aparatelor fotogrametrice (anul 1985). Accesul în galerie, făcut prin intermediul fotografiilor suprafeței acestora a fost îngreunat din cauza existenței unor materiale necesare tehnologiei de lucru (conectori, șuruburi, etc., suspendate pe pereții galeriei). S-au preluat fotografii cu axa de fotografiere orizontală într-o zonă caracteristică pentru aspectul general al galeriei (foto.5.12).

Baza de fotografiere a fost $B = 693$ mm iar distanța focală a obiectivului $f = 105,63$ mm. S-au preluat un număr de 520 puncte măsurând valorile prezentate în tabelul 5.22.

FOTO
5.12

Tabel 5.2

\bar{E}_1	\bar{E}_2	\bar{E}_3	l_i	E	n
0,822	0,130	0,38	50%	1,3536	0,0192
1,885	0,298	0,95	50%		

Si în cazul galeriei de fugă Ruleni sînt două zănci distinctue și rugozitate ca efect al modului de betonare.

5.4 Concluzii privind rezultatele măsurărilor fotogrametrice pentru galeriile și zăncile investigate:--

În tabelul 5.23 sînt prezentate centralizat valorile rezultate în urma prelucrării măsurărilor foto grametrice efectuate pentru două galerii date în exploatare (Sugar și Brădișor) și pentru două galerii în faza de execuție (Poiana Mărului și Ruleni).

Tabel 5.23

Denumirea galeriei hidrozehnice	Abaterea medie patratice - E_1 -	Coeficientul de variație		OBS.
		calculat - E_1 -	pe baza observațiilor	
Galeria de fugă Sugar	1,507	0,0176	0,0136	în expl.
Galeria de fugă Brădișor	1,328	0,0282	0,0209	în expl.
Galeria de aduc- țiune Poiana Mărului	0,543	-	0,01097	în exec.
Galeria de fugă Ruleni	1,354	-	0,0192	în expl.

Pentru galeria de aducțiune Tismana s-a determinat prin metoda fotografică raza galeriei, constatându-se o abatere relativă față de valoarea din proiect și anume :

- valori măsurate : $R_1 = 1742,10 \text{ mm}$; $R_2 = 1751,30 \text{ mm}$;
 $R_3 = 1773,9 \text{ mm}$;

- valoare proiectată = 1800 mm ;

ceea ce are implicații și asupra pierderilor de sarcină.

În cazul aceleiași aducțiuni s-a constatat o scădere a coeficientului de rugozitate (tabelul 1.4) de la $0,021$ determinat în 1983 la $0,0179$ determinat în 1985 (după efectuarea unor lucrări de întreținere). Valoarea ce corespunde tipului de cofrare cu cindre și cofraj cu cindre se observă și la celelalte galerii cofrate după același tip de cofraj (tabel 5.16 și tabel 5.23). Din observațiile făcute în cazul unor galerii cu număr mare de galerii (tabel 1.4 și 5.23) am constatat că în general al galeriei în ceea ce privește aspectul suprafeței se prezintă în mod obișnuit pe toată lungimea ei, exceptând unele materiale rămase în galerie după terminarea execuției și nefinlăturate în momentul intrării în exploatare.

Din tabelul 5.23 observăm că rugozitatea suprafeței laterale a galeriilor executate cu cofraje cu cindre metalice se prezintă în limita coeficientului de rugozitate de la $n = 0,019$ cu o abatere de $\pm 5\%$.

Ținând cont de faptul că radierul la cele trei galerii analizate nu prezintă bavuri, radierul reprezentând cam (20-25) % din suprafața transversală a galeriei s-ar putea avansa următoarea apreciere :

- pentru galeria de fugă Șugag radierul se prezintă în mod obișnuit cu o rugozitate ca cea de pe suprafața laterală a galeriei ($R_1 = 1,264$) și dacă ținând cont de ponderea radierului (20...25) % va rezulta abaterea medie pătratică, aplicând media ponderată :

$$E_1 = (1,307 \cdot (75...80) \% + 1,264 \cdot (25...20) \%) / 100 \%$$

$E_1 = (1,296...1,298)$ corespunzător unui coeficient de rugozitate

$n = (0,01804...0,01808)$ apropiat de cel determinat pe cale hibridă ;

- pentru galeria de fugă Brădișor radierul se prezintă cu o suprafață torontată grosier ($R_1 = 1,4$) și aplicând același raționament (radierul reprezentând (20...25) % din suprafață) va rezulta abaterea medie pătratică :

$$E_1 = (1,328 \cdot (75...80) \% + 1,4 \cdot (25...20) \%) / 100 \% = (1,342...1,346)$$

ceea ce corespunde, conform diagramei 5.4 sau relației 5.3, unui coeficient de rugozitate $n = (0,01898...0,01902)$, coeficient de corecție în funcție de modul de execuție al galeriei și cu valoarea coeficientului de

rugozitate determinat hidraulic.

- pentru galeria de aducțiune Poiana Mărului, galeria este acoperită cu cofraj alunecător în condiții foarte bune de execuție așa cum reiese și din valoarea coeficientului de rugozitate pentru suprafața laterală ($n = 0,01097$), aplicând aceeași raționare și considerând radierul ca o suprafață de beton rugos ($E_1 = 1,07$) rezultă o abateră medie pătratică :

$$E_1 = (1,07(20...25) \% + 0,543(80...75) \%) / 100\% = (0,04...0,07)$$
 care corespunde unui coeficient de rugozitate $n = (0,0113...0,0116)$ caracteristic galeriilor căptușite cu suprafețe netede de beton cu rosturi bine prelucrate (tabel 1.5), cum de fapt se prezintă în aspect această galerie.

- pentru galeria de fugă Rucienii aspectul radierului este egal și suprafața laterală deci preconizăm un coeficient de rugozitate $n = (0,018...0,019)$.

În general radierul fiind acoperit cu apă, (la galeriile care în exploatare) metoda fotogrametrică se recomandă pentru galeriile în curs de execuție putându-se determina coeficientul de rugozitate global al galeriei în cadrul unui program de măsurători stabile de mare acord cu executantul care să cuprindă inclusiv radierul care poate fi dogărit pe diferite porțiuni pentru a facilita măsurătorile fotogrametrice.

Necurățirea baverilor după decofrare, necurățirea cofrajelor folosite etc. duce la creșterea coeficientului de rugozitate, fapt care este dovedit și din măsurătorile hidraulice efectuate asupra unor galerii de galerii hidrotehnice (tabel 1.4 și 5.23), al căror coeficient de rugozitate în general nu se încadrează în prescripțiile de proiectare.

CAPITOLUL 6

CONCLUZII GENERALE

Pierderea de energie care are loc în circuitole tehnice, prin
 adîncii implicații de ordin tehnic și economico-energetic, care
 rîzînd eficiența transportului apei cu cele mai diverse scopuri.
 Pierderea de sarcină este o mărime aleatoare determinată la pînă
 bare prin optimizări, stabilindu-se secțiunea și rugozitatea ra-
 ționabilă a elementului de transport al apei. Parametrul de ru-
 gozitate stabilit prin proiect trebuie efectiv realizat în timpul ex-
 ecuției lucrării, rezultînd în acest sens ca imperios necesar, în
 considerente de ordin tehnic și din condiții de ordin economic și
 energetic, verificarea parametrilor hidraulici ai galeriilor și de
 tehnice, implicit a parametrului de rugozitate. Verificarea prin
 metoda execuției lucrării face ca, în cadrul unor cheltuieli cu mult
 mai reduse, să se poată îmbunătăți tehnologia de execuție, iar une-
 ori să se poată chiar îndrepta unele greșeli de proiectare. În
 acest sens s-a propus o nouă metodă de determinare indirectă a
 coeficientului de rugozitate, și anume o metodă bazată pe prelucra-
 rea măsurătoarelor fotogrametrice efectuate asupra cuplurilor de
 fotografie preluate din galeria în cauză.

În determinările prin măsurători se poate utiliza orice metodă
 de exprimare a rugozității, esențial este ca valoarea coeficientului
 de rugozitate adoptat să corespundă cît mai exact posibil și a
 sarcinii de sarcină efectiv măsurate în regimul hidraulic respectiv.

Ținînd cont de faptul că la sfîrșitul fiecărui capitol
 prezentat o serie de concluzii parțiale, în acest capitol
 prezenta unele concluzii referitoare la metoda propusă și
 unele rezolvări teoretice și experimentale, concluzii ce re-
 prezintă și contribuții ale autorului :

- măsurătorile hidraulice efectuate de către colectivul
 din care a făcut parte și autorul, într-o serie de galerii bi-
 tonnice, au arătat că valoarea coeficientului de rugozitate
 în general depășește valoarea medie recomandată de literatura de
 specialitate pentru tipul de cîptușeală în cauză ;
- s-a elaborat un program experimental de determinare prin
 măsurători hidraulice a coeficientului de rugozitate pe un model
 de laborator reprezentat de un canal dreptunghiular cu parabol
 și pe care s-au testat 4 tipuri de suprafețe betonate, repre-
 zînd cele mai întîlnite forme de rugozitate, specifice gal-

hidrotehnice (beton drisuit, beton sclivisit, beton rugos masat și suprafețe torcetate);

- metoda fotogrametrică, propusă ca metodă indirectă de determinare a coeficientului de rugozitate a suprafeței unor galerii hidrotehnice, constă în determinarea (pe baza exploatarea nu arde la stereocomparator, a cuplurilor de fotograme preluate din galerii în cauză) valorii abaterilor (rugozităților) față de planul cel mai probabil (ce reprezintă forma suprafeței) și implicit a abaterii medii pătratice;

- girul de măsurători a fost încadrat în repartiția normală, abaterea medie pătratică fiind adoptată ca parametru care caracterizează rugozitatea unei suprafețe;

- s-a stabilit modelul matematic, funcție de forma medie și caracteristicile a galeriei hidrotehnice, necesar determinării abaterilor, respectiv abaterii medii pătratice;

- s-au conceput programele de calcul în limbaj ALGOL și FORTRAN pentru prelucrarea măsurătorilor fotogrametrice, dat fiind numărul mare de puncte măsurate (circa 1000). Au fost elaborate programele și anume programele "PAS", "PLAN", "CERC" și "APROXIMAT";

- s-a stabilit corelația dintre coeficientul de rugozitate determinat prin măsurători hidraulice (n) și abaterea medie pătratică (σ_p), ca rezultat al prelucrării măsurătorilor fotogrametrice, rezultând astfel o relație (5.3) reprezentată printr-o diagramă de gradul 3.

Relația în cauză este o funcție strict crescătoare pe intervalul de la 0,005 la 0,020: limita minimă și maximă încadrate în valoare coeficientul de rugozitate al galeriilor hidrotehnice, precum și în literatura de specialitate;

- s-a întocmit o diagramă corespunzătoare relației stabilite;

- s-a verificat justetea relației stabilite prin măsurători hidraulice efectuate în unele galerii hidrotehnice aflate în construcție (Galeria de fugă Șugag și galeria de fugă Brădișor) și prin măsurători fotogrametrice. (Între valorile coeficienților de rugozitate determinați prin cele două metode neexistând abateri semnificative);

- metoda, propusă se pretează foarte bine, așa cum s-a vădit și în cazul galeriilor în execuție. În acest sens am efectuat măsurători fotogrametrice asupra a două galerii aflate în execuție (galeria de aducțiune Poiana Mărului și galeria de fugă Brădișor), procedându-se la obținerea unor coeficienți globali de rugozitate de (0,013...0,014) și respectiv (0,018...0,019);

- metoda propusă, privind determinarea coeficientului de rugozitate pentru galeriile hidrotehnice căptușite prin betonare, cu presupunerea conturbării procesului de execuție al galeriei; coeficientul de rugozitate putând fi determinat separat pentru pereții laterali și boltă. Coeficientul de rugozitate global calculat ca o medie ponderată, funcție de ponderea fiecărei părți.

⑥ parte din rezultatele cercetărilor au fost valorificate astfel :

- în cadrul a două contracte de cercetare și studii științifice: contractul nr. 1778/1983 intitulat "Măsurători efectuate în natură privind rugozitatea galeriilor hidrotehnice" și contractul nr. 1887/1984 intitulat "Determinarea prin măsurători directe și indirecte a coeficientului de rugozitate la unele galerii hidrotehnice"; contracte la care a participat și autorul tezei de doctorat.

- prin publicarea a 7 lucrări : coautor la 5 lucrări /10, 11, 13, 77 / și autor a două lucrări /36, 37/ ;

- la elaborarea unei invenții "Metodă pentru determinarea coeficientului de rugozitate "n" al galeriilor hidrotehnice" (Brevet 93847/1987).

BIBLIOGRAFIE

1. Abramov N.N.-Teoria i metodika raschiota sistem podzemi raspredelenia vodi.Moscova,1972.
2. Agroschin I.I.-Rascetania formula dlia koeffitienta C₀ i C₁. Gidrotehničeskoe stroitelstvo,Vol.XVIII,1972.
3. BALĂ M.-Amenajarea resurselor hidroenergetice în Planul Național "Probleme actuale în gospodărirea apelor.Concepții în cercetare-proiectare-explorare", Timișoara,1982.
4. BALĂ M.,Popa Ghe.,Ion M.-Mecanica rocilor și tuneluri hidro-tehnice.Vol.I,II,O.D,P.T.,București,1973.
5. BALĂ M.-Construcții hidrotehnice.Vol.1,2,3,4,Contenut tipografic al IPT,Timișoara,1980.
6. BALĂ M.,Popa Ghe.,Ion M.-Construcții hidrotehnice.1981.Calcul și execuție.Vol.I,II,Editura Tehnică,București,1981.
7. Bălan St.,Aroan M.-Încercarea construcțiilor.Editura Tehnică,București,1985.
8. Bănu V.V.-Optica geometrică.Editura Tehnică,București,1977.
9. Boieriu P.,Doandea V.-Folosirea unor metode moderne în urmărirea galeriilor hidrotehnice din punct de vedere hidrotehnic.Al V-lea Simpozion Național "Aplicații ale informaticii în proiectare și cercetare în construcții" Sibiu,1986.
10. Boieriu P.,Doandea V.-Folosirea aparatului modern în urmărirea suprafețelor betonate,Sibiu,1986.
11. Boieriu P.,Doandea V.-Considerații asupra galeriilor proiectate prin betonare.Simpozionul "Soluții noi, metode noi" în proiectarea și execuția structurilor,Timișoara,1985.
12. Boieriu P.,Nicoară Tr.,David I.,Doandea V.,Irimie S.-Metode pentru determinarea coeficientului de rugozitate al galeriilor hidrotehnice.Invenție,Brevet nr.9367/1987.
13. Botez M.-Teoria erorilor și metoda celor mai mici pătrate.Editura didactică și pedagogică,București,1961.
14. Brădeanu P.-Mecanica fluidelor.Editura Tehnică,București,1973.
15. Carlifer M.-Hydraulique générale et appliquée.Ed.Eyrolles,Paris,1972.
16. Catillon M.-Rapport sur la détermination du degré d'usure d'échantillons de revêtements routiers.Institut Géographique National,Service de la Photogrammétrie,Saint-Mandé,1974.

17. Certousov M.P.-Hidraulică.Editura Tehnică,București,1978.
18. Ciucu G.,Craiu V.-Introducere în teoria probabilităților și statistică matematică.Editura didactică și pedagogică,București,1971.
19. Cioc D.-Hidraulica.Editura didactică și pedagogică,București,1975.
20. Cioc D.-Mecanica fluidelor.Editura didactică și pedagogică,București,1967.
21. Cioc D.-Hidraulică(editia a II-a).Editura didactică și pedagogică,București,1983.
22. Cîrlig A.-Rugozitatea tuburilor din material plastic.Inst. ICIFP,Seria Hidrotehnica,Vol. I,1957.
23. Cîrlig A.-Studiul rugozității conductelor de fontă.Inst. ICIFP,1963.
24. Cîrlig A.-Studiul rugozității conductelor de azbest-ciment beton precomprimat tip Premo.
25. Greșu Ghe.-Optimizarea sistemelor de gospodărirea apelor.Editura Facla,Timișoara,1980.
26. Colebrook C.F.-The Flow of Water in Unlined,Lined and Lined Rock Tunnels.Proceedings.Institution of Civil Engineers,Vol.II,1958.
27. Czarnota Z.-Rapport Angående Fältmätningar i Borad Stenar i Mjölners Kraftstation.Stockholm,1979.
28. Czarnota Z.-Friction losses in rock tunnels .Stockholm,1980.
29. Dandol R.-La photogrammétrie appliquée a la topographie.Ed.Byrolles,Paris,1952.
30. Davis G.R.,Foote S.F.,Kelly W.J.-Surveying:theory and practice.Ed.Now York,1967.
31. David I.-Hidraulică Vol.I,Elemente de mecanica fluidelor.Tehnografia IPT,Timișoara,1982.
32. David I.,Boieriu P.-Hidraulică teoretică și aplicată.Tehnografia IPT,Timișoara,1977.
33. Diaconu A.,și alții.-Determinarea prin măsurători a coeficientului de rugozitate a aducțiunilor hidrocentrale la Institutul de Cercetări Tehnico-Științifice al Academiei Române,Tr.Severin,1982.
34. Dima P.-Programarea în FORTRAN.Editura didactică și pedagogică,București,1971.

33. Doandea V., Guțescu D. - Unele considerații asupra preciziei determinării reliefului unei suprafețe prin fotogrametrie analitică. Simpozionul "Soluții noi, eficiențe în proiectarea și execuția lucrărilor", Timișoara, 1976.
35. Doandea V. - Considerații privind alegerea pasului de măsurare în vederea determinării rugozității unei suprafețe prin metoda fotogrametrică. Al VI-lea Simpozion Național Informatică în Construcții, Timișoara, 1978.
37. Doandea V. - Program de calcul pentru determinarea caracteristicilor geometrice a unei galerii hidrotehnice proiectate pe baza măsurărilor fotogrametrice. A III-a Conferință Națională de Geodezie, București, 1988.
38. Dumitrașcu L., Pătruț St., Stan St. - Invățăm FORTRAN... convorbim cu calculatorul. Vol. 1 și 2, Editura Tehnică, București, 1982.
39. Dumitrescu M., Flores D., Tudor C. - Probleme de teorie probabilităților și statistică matematică. Editura Tehnică, București, 1985.
40. Gotthardt E. - Einführung in die Ausgleichsrechnung. Karlsruhe, 1968.
41. Gheorghiu V. - Funcții de rugozitate pentru sistematizarea calculului rezistențelor hidraulice în conducte turbulente. Revista de mecanică nr. 2/1976.
42. Copoi M. - Dezvoltarea materialului alb-negru. Editura Tehnică, București, 1978.
43. Guțescu D., Doandea V. - Folosirea fotogrametriei analitice în determinarea secțiunii unei galerii. Buletinul Științific și Tehnic al IPTV, Tom 3/(45), Timișoara, 1986.
44. Guțu A., Andrei O. - Fotogrametria terestră în cercetare și proiectare. Editura Tehnică, București, 1976.
45. Hallort B. - Photogrammetry. Basic Principles and General Survey. New York, 1960.
46. Høgsbøen P.B. - Friksjonsforhold i en fullprofilboret Tunnel. Trondheim, 1976.
47. Hîncu S. - Curs de hidraulică, Vol. I. Litografia Institutului de Hidraulică N. Bălcescu, București, 1976.
48. Hîncu S., Popescu M., Duma D., Dan P., Rus E., Zaharescu E., Dăncuș A., Constantinou A. - Hidraulică aplicată. Simularea numerică a mișcării nepermanente a fluidelor. Editura Tehnică, București, 1985.
49. Hottier G.I. - Contrôle de précision des profils de tunnels. Méthode analytique des facteurs influant sur la précision. Saint-Mandé, 1974.

50. Huvila G.J.-Hidraulic Design of Unlined Rock Tunnels. Proceedings of the Hydraulics Division, ASCE, Vicksburg, 1968.

51. Hellström B.-Friction Losses in unlined Rock Tunnels. Proceedings of Hydraulics at the Royal Institute of Technology, Stockholm, 1955.

52. Ionescu Ghe.-Introducere în hidraulică. Editura Tehnică, București, 1977.

53. Ionescu C.-Energia apelor țării. Știință și tehnică nr. 9/1973.

54. Ișculescu I., Ispășoiu Ghe., Petrescu V.-Sistemul internațional de unități de măsură (SI). București, 1970.

55. Ivanov B.T., Lovington A.L.-Stereoskopiceskaja fotografija. Moscova, 1959.

56. Johanson F., Solvik G.-Falltap i rasprengte tunneler. Trondheim, 1974.

57. Johanson O., Blindheim O.T.-Full profilboring av tunneler. Trondheim, 1976.

58. Jura C.-Alimentări cu apă, vol. I. Litografia IPTV, Timișoara, 1984.

59. Jura C., Jura D.-The optimisation of Water delivery. Buletinul Științific și Tehnic al IPTV, Tom 24(55), Timișoara, 1973.

60. Jura C.-Alimentări cu apă, vol. III. Litografia IPTV, Timișoara, 1985.

61. Jura C., Crețu Ghe., Chiverșeanu D.-Dimensionarea tehnică și economică a aducțiunilor. Materialele celei de a II-a Conferințe hidroedilitare din R.S.R., Galați, 1970.

62. Kiselev P.G.-Indreptar pentru calcule hidraulice. Editura Tehnică, București, 1988.

63. Levallois J.I.-Géodésie générale, Tom I. Ed. Eyrolles, Paris, 1959.

64. Levallois J.I.-Géodésie générale, Tom II. Ed. Eyrolles, Paris, 1959.

65. Lovi I.I.-Dinamica cursurilor de apă (Traducere din limba rusă). Editura Tehnică, 1951.

66. Lupoi N.-Zestrea energetică a lumii. Editura Albatros, 1968.

67. Marton C., Zegheru N.-Fotogrametrie. Editura Ceres, 1972.

68. Marciuk G.I.-Metode de analiză numerică. Editura Academiei, București, 1983.

69. Mateescu C.-Hidraulica. Editura didactică și pedagogică, București, 1963.

70. Mihoc Ghe., Craiu V.-Tratat de statistică matematică. Editura Academiei RSR, București, 1976.

71. Mirel I.-Hidraulică și construcții edilitare. Litografia IPTV, Timișoara, 1986.

72. Morris H.M.-Design Methods for Flow in Rough Conduits. Journal of the Hydraulics Division, Atlanta, 1958 (HY-7)
73. Morozov A.A.-Utilizarea energiei apelor. Editura Tehnică, București, 1952.
74. Neguț N., Schiau S.-Fotogrametria și topografia în lucrările de îmbunătățiri funciare și gospodărirea apelor. Editura Tehnică, București, 1979.
75. Nicoară Tr.-Hidraulică și mașini hidraulice. Litografia ICB, Timișoara, 1985.
76. Nicoară Tr.-Contribuții la hidraulica disipării energiei în canale rapide cu macrorugozitate de geometrie regulată. Teză de doctorat, Timișoara, 1973.
77. Nicoară Tr., Boieriu P., Lazăr Ghe., Orlescu M., Donlog V., și P.-Cercetarea rugozității galeriilor hidrotehnice prin determinări experimentale directe. Simpozionul "Determinarea proiectării lucrărilor hidrotehnice pe baza cercetărilor experimentale", Timișoara, 1984.
78. Oprea N.-Fotogrametrie. Litografia ICB, București, 1971.
79. Oprea N.-Fotogrametrie. Aplicațiile fotogrametriei. Metode didactice și pedagogice, București, 1961.
80. Pavel D.-Hidraulică teoretică și aplicată. Editura Tehnică, București, 1950.
81. Popescu P.P., Mihardea P.-Măsurarea debitului în tehnică. Editura Tehnică, București, 1969.
82. Priha S.-Hydraulic Properties of Small Unlined Rock Tunnels. Helsinki, 1968.
83. Prișcu R.-Construcții hidrotehnice, vol. I și II. Editura didactică și pedagogică, București, 1974.
84. Rahn L.-Friction Losses in Unlined Swedish Rock Tunnels. Göteborg, 1953.
85. Rahn L.-Friction Losses in Swedish Rock Tunnels. Water Power, vol. 10, 1958.
86. Reinius E.-Head Losses in Unlined Rock Tunnels. Water Power, vol. 22, Stockholm, 1970.
87. Reynolds A.J.-Curgeri turbulente în tehnică (traducere din limba engleză adaptată și completată de dr. ing. Săvulescu N.). Editura Tehnică, București, 1982.
88. Rusănoscu N.-Rugozitatea și hidraulica conductelor ce transportă soluții de NaCl. Teză de doctorat. Timișoara, 1978.
89. Săvulescu S.N.-Tranziția de la curgerea laminară la cea turbulentă. Editura Academiei RSR, București, 1968.

90. Stapf H.-Practica fotografică (traducere din limba germană). Editura Tehnică, 1958.
91. Soceneanțu A.-Programarea și utilizarea calculatoarelor, vol.II. Litografia IPT, Timișoara, 1980.
92. Sisman I., Sirbu St.-Metode simplificate de măsurare a debitelor de apă. Studii de hidrologie, vol. XXI, CMA-Instituția de studii și cercetări hidrometrice, București, 1987.
93. Tiron M.-Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici pătrate. Editura Tehnică, București, 1972.
94. Tiron M.-Prelucrarea statistică și informațională a datelor de măsurare. Editura Tehnică, București, 1976.
95. Tiron M.-Metode clasice și moderne utilizate în prelucrarea matematică a observațiilor geodezice. Editura Tehnică, București, 1985.
96. Trofin P.-Alimentări cu apă. Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
97. Trofin P.-Studiul și proiectarea instalațiilor pentru distribuția apei. Materialele celei de a II-a Conferințe hidrografice editate din RSR, Galați, 1970.
98. Trofin P.-Unele aspecte privind sporirea capacității de transport. Materialele celei de a II-a Conferințe hidrografice editate din RSR, Galați, 1970.
99. Worthing A.G., Geffner J.-Prelucrarea datelor experimentale. Editura Tehnică, București, 1959.
100. Wright D.E.-The Hydraulic Design of Unlined and Lined Rock Tunnels, London, 1971.
101. ISPH. Calculul energo-economic al galeriilor. București, 1970.
102. Manualul inginerului geodez. Vol. I (1972), Vol. II (1973), Vol. III (1974). Editura Tehnică.
103. Manualul inginerului hidrotehnician. Vol. I. Editura Tehnică, București, 1969.
104. Progrese în fotogrametrie. Culegeri de traduceri. Editura Tehnică, București, 1972.
105. Prospekte de aparatură fotogrametrică a firmei "Carl Zeiss Jena" din R.D.G.

CUPRINS

Capitolul 1. PROBLEME ALE CALCULULUI HIDRAULIC AL GALERIILOR HIDROTEHNICE.	3
1.1. Implicații tehnico-economice ale rugozității galeriilor hidrotehnice.	1
1.2. Modalități de exprimare a parametrului de rugozitate și aplicarea coeficienților de rugozitate în calculele hidraulice.	6
1.3. Posibilități de determinare prealabilă a rugozității galeriilor hidrotehnice.	7
1.4. Considerații critice asupra metodelor de determinare a rugozității galeriilor hidrotehnice.	10
1.5. Asupra concordanței dintre valorile de proiectare și cele măsurate efectiv în cazul galeriilor hidrotehnice.	11
1.6. Necesitatea și oportunitatea abordării temei. Importanța metodei pentru determinarea rugozității.	13
Capitolul 2. FOLOSIREA FOTOGRAMETRIEI ÎN DETERMINAREA RUGOZITĂȚII GALERIILOR HIDROTEHNICE. ELEMENTE FUNDAMENTALE. RECOMANĂRI PRIVIND APLICAREA METODEI FOTOGRAMETRICE.	14
2.1. Elemente fundamentale ale metodei fotogrametrice.	14
2.1.1. Relații matematice între spațiul imagine și spațiul obiect.	16
2.1.2. Determinarea elementelor de orientare exterioară.	17
2.2. Principalele scheme utilizate pentru preluarea fotogramelor la determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice.	20
2.2.1. Sistemul de suspensie dublu cu baza orizontală fixă.	20
2.2.2. Sistemul de orientare individuală.	21
2.2.3. Sistemul de suspensie dublu vertical.	22
2.3. Precizia metodei.	23
2.4. Baza materială folosită. Metodologia de preluare și exploatare a fotogramelor.	35
2.4.1. Operații de teren.	35
2.4.1.1. Aparatura folosită la preluarea fotogramelor.	36
2.4.1.2. Considerații privind baza de fotografiere.	37

2.4.1.2.1. Determinarea indirectă a bazei de fotografiere. 28

2.4.1.3. Preluarea și preluarea fotografică a plășilor fotosensibile. 30

2.5. Concluzii privind aplicarea practică în teren a metodei fotogrametrice. 30

Capitolul 3. MODELUL MATEMATIC AL DETERMINĂRII RUGOZITĂȚII GALERIILOR HIDROTEHNICE PRIN METODA FOTOGRAMETRICA. 30

3.1. Considerații privind alegerea pasului de măsurare la stereocomparator. 30

3.2. Influența formei secțiunii transversale a galeriilor hidrotehnice asupra evaluării modelului matematic. 30

3.2.1. Galerii hidrotehnice cu suprafețe plane. 30

3.2.2. Galerii hidrotehnice cu forma suprafeței diformitate de suprafața plană. 30

3.2.2.1. Galerii hidrotehnice de formă circulară. 30

3.2.2.2. Galerii hidrotehnice în formă de potcoavă. 30

3.3. Prelucrarea rezultatelor măsurărilor fotogrametrice în cazul galeriilor hidrotehnice cu suprafețe diferite de suprafața plană. 30

3.4. Concluzii privind modelul matematic conceput pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice. 30

Capitolul 4. PROGRAME DE CALCUL AUTOMAT PENTRU PRELUCRAREA REZULTATELOR MASURATORILOR FOTOGRAMETRICE ÎN VEDEREA DETERMINĂRII RUGOZITĂȚII GALERIILOR HIDROTEHNICE. 30

4.1. Programul "PAS" pentru testarea pasului de măsurare la stereocomparator. 30

4.2. Programul "PLAN" pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice cu suprafețe plane. 30

4.3. Programul "CERC" pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice de secțiune transversală circulară. 30

4.4. Programul "POTCOAVA" pentru determinarea rugozității galeriilor hidrotehnice cu secțiune transversală de tipul "potcoavă". 30

4.5. Programele propriuzise, ("PAS", "PLAN", "CERC", "POTCOAVA"). 30

Capitolul 5. REZULTATELE MASURATORILOR EXPERIMENTALE EFECTUATE PE MODEL SI IN NATURA 30

5.1. Tipuri de rugozitate investigate pe model în laborator.	90
5.1.1. Măsurători hidraulice	90
5.1.1.1. Suprafețe de beton drișcuit	91
5.1.1.2. Suprafețe de beton sclivisit.	92
5.1.1.3. Suprafețe de beton rugos-radier.	95
5.1.1.4. Suprafețe torcretate cu torcret grosier	
5.1.2. Măsurători fotogrametrice referitoare la tipurile de rugozitate testate în laborator.	
5.1.2.1. Rugozitate tip I (Beton drișcuit).	
5.1.2.2. Rugozitate tip II (Beton sclivisit)	103
5.1.2.3. Rugozitate tip III (Beton rugos)	105
5.1.2.4. Rugozitate tip IV (Torcret grosier)	107
5.2. Stabilirea corelației dintre coeficientul de rugozitate determinat hidraulic și abaterea medie pătratică determinată prin prelucrarea măsurătorilor fotogrametrice	110
5.3. Măsurători referitoare la unele galerii hidrotehnice	
5.3.1. Măsurători hidraulice privind determinarea coeficientului de rugozitate.	111
5.3.1.1. U.H.E. Tismana. Galeria de aducțiune principală.	111
5.3.1.2. U.H.E. Tismana. Galeria de fugă.	112
5.3.1.3. U.H.E. Sebeș. Aducțiunea principală Sugag	113
5.3.1.4. U.H.E. Sebeș. Galeria de fugă Sugag.	114
5.3.1.5. U.H.E. Brădișor. Galeria de fugă	115
5.3.2. Măsurători fotogrametrice privind determinarea rugozității unor galerii hidrotehnice.	116
5.3.2.1. Galeria de fugă Sugag.	117
5.3.2.2. Galeria de fugă Brădișor	118
5.3.2.3. Galeria de aducțiune Poiana Mărului	119
5.3.2.4. Galeria de fugă Rușeni	120
5.4. Concluzii privind rezultatele măsurătorilor fotogrametrice pentru galeriile hidrotehnice investigate	120
Capitolul 6. CONCLUZII GENERALE	122
BIBLIOGRAFIE	125
CUPRINS	128