

INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA”
TIMIȘOARA
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

Teză de doctorat

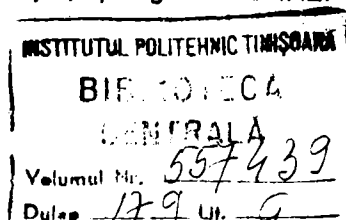
**CONTRIBUTII LA STUDIUL HIDRAULIC
AL
DEVERSOARELOR CIRCULARE**

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA „POLITEHNICA”
TIMIȘOARA

Conducător științific :
Prof. dr. ing. DAVID IOAN

Doctorand :
M. Sc. C-ții
M. Sc. Hyd., Dipl. ing. NIDAL TAEF

1991



CUPRINS

	Pag.
CAPITOLUL 1: PROBLEME ACTUALE ÎN HIDRAULICĂ DESCĂRCĂTORILOR DE APE MARI TIP PÎLNIE	1
1.1. Considerații generale privind descărcătorii de ape mari	1
1.2. Prezentarea principalelor tipuri de descărcători hidraulici	2
1.3. Probleme actuale în hidraulica descărcătorilor de tip pîlnie	15
1.3.1. Considerații de sinteză bibliografică privind hidraulica deversorului pîlnie	15
1.3.2. Metode de proiectare hidraulică a deversorului	21
1.3.3. Exemplu de proiectare a unui deversor	34
1.3.4. Probleme deschise și obiective de cercetare în hidraulica deversorului de tip pîlnie	41
CAPITOLUL 2: CONTRIBUȚII LA ELABORAREA UNUI MODEL FIZICO-MATEMATIC PENTRU REPREZENTAREA HIDRAULICII ACCESULUI APEI LA DEVERSORUL PÎLNIE	44
2.1. Considerații generale	44
2.2. Model fizico-matematic simplificat pentru reprezentarea condițiilor de acces la deversor	45
2.3. Metode de rezolvare a modelelor matematice propușe. Condiții de margine	51

CAPITOLUL 3 :	CONTRIBUȚII LA APLICAREA METODEI DE ANALOGIE ELECTROHIDRODINAMICĂ LA STUDIUL CONDIȚIILOR DE ACCES LA DEVERSOARE CIRCULARE	55
3.1.	Prezentarea bazelor metodei analogice	55
3.2.	Realizarea modelelor analogice	58
3.3.	Prezentarea programului și a rezultatelor experimentale	60
3.4.	Interpretarea rezultatelor măsurătorilor. Concluzii.	66
CAPITOLUL 4:	CONTRIBUȚII LA APLICAREA METODELOR NUMERICE LA STUDIUL CONDIȚIILOR DE ACCES A APEI LA DEVERSOARE CIRCULARE	105
4.1.	Prezentarea bazelor teoretice ale metodelor numerice	105
4.1.1.	Considerații generale	105
4.1.2.	Bazele teoretice ale metodei elementelor de frontieră	106
4.2.	Aplicarea metodei numerice (elemente de frontieră) la câteva situații de dispunere a deversorului	111
4.3.	Reprezentarea comparativă a rezultatelor obținute prin metoda numerică și analogică.	124
4.4.	Prezentarea programelor de calcul pentru P.C.	137
CAPITOLUL 5:	CONCLUZII GENERALE, EVIDENȚIEREA CONTRIBUȚIILOR	149
ANEXE		A ₁ -A ₂₂

PROBLEME ACTUALE IN HIDRAULICA DESCĂRCĂTORILOR DE APE MARI TIP PÎLNIE

1.1. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND DESCĂRCĂTORII DE APE MARI

Deversoarele sînt construcții anexe prevăzute la barajele de acumulare pentru a deversa surplusul de viitura care nu poate fi reținut în spațiul de acumulare proiectat, iar la barajele de derivație pentru a devia excesul de debit de la sistemul de derivație.

În mod obișnuit excesul de debit este luat de la lacul creat de baraj și transmis prin intermediul unui canal artificial la riu sau la un alt canal de evacuare.

Rolul și importanța deversorului nu pot fi neglijate, multe avarii la baraje fiind determinate de proiectarea improprie sau de capacitatea de deversoare insuficiente. Acest factor de debit reprezintă o importanță deosebită la barajele din materiale locale. Acestea sînt distruse dacă apele sînt debordate peste baraj, cu excepția barajelor arcuite care pot rezista la debordări moderate. În mod obișnuit, creșterea de cost nu este direct proporțională cu creșterea capacității deversorului. Costul unui deversor de capacitate mai ridicată este cu puțin mai mare decît al unui deversor de capacitate mai mică.

Pe lîngă asigurarea unei capacități suficiente, deversorul trebuie să fie adevărat din punctul de vedere hidraulic și al structurii și să fie proiectat astfel încît debitul deversorului să nu dea naștere la eroziune în aval și la piciorul barajului.

Partea de amonte a deversorului trebuie să fie rezistentă la eroziune care apare datorită vitezelor mari de curgere din cauza căderii mari. În consecința, se impune pentru dirijarea energiei cinetice la nivelul căderii.

Frecvența intrării în funcțiune a deversorului este determinată de caracteristicile de utilizare a lacului. Curgerea obișnuită este captată în rezervorul de acumulare, care urmează să fie declanșată prin dispozitivele de evacuare ca deversorul să intre în funcțiune. Curgerea peste deversor are loc de regulă în perioadele inundațiilor, care nu poate fi rezolvată prin alte sisteme de evacuare. La barajele de derivație unde suprafața de captare este limitată și posibilitățile de derivație sunt mici, deversorul este utilizat frecvent.

Pentru determinarea celor mai bune combinații între acumulare și capacitatea deversorului, trebuie luate în considerare criteriile impuse de condițiile hidrologice, hidraulice, proiectare, cost și avarii. În această privință trebuie considerate următoarele criterii:

- Caracteristicile hidrografului de inundație;
- Avariile care s-ar putea întâmpla dacă n-ar exista barajul
- Avariile care se pot întâmpla în cazul existenței barajului;
- Efectul barajului și deversorului asupra probabilității creșterii sau diminuării avariilor;
- Variația acestui relativ, în funcție de creșterea capacității deversorului.

1.2. Prezentarea principalelor tipuri de descărcători hidraulici.

Deversoarele frontale

Prin intermediul deversoarelor frontale se face descărcarea apelor mari, a ghețurilor și a plutitorilor, precum și reglarea nivelului apei din lacurile create de baraje de reținere sau de derivație. Ele constau dintr-una sau mai multe deschideri dreptunghiulare, separate prin pile, cu creasta situată sub coronamentul barajului.

Poziția crestei în elevație se alege astfel încît deasupra lamei deversante să mai rămîna un spațiu de gardă ca și gabaritul necesar pentru tabliera podului susținut de pile. [69]

În fig.1.1 și 1.2 sînt prezentate cîteva exemple din lume și din România.

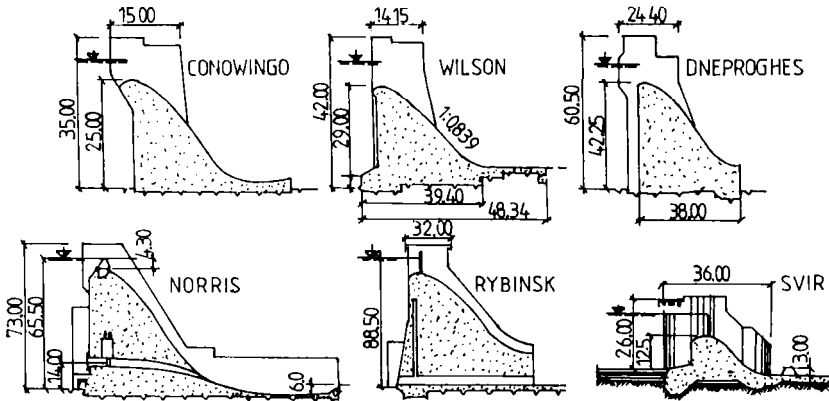


Fig. 1.1. DIFERITE TIPURI DE CRESTE DEVERSANTE

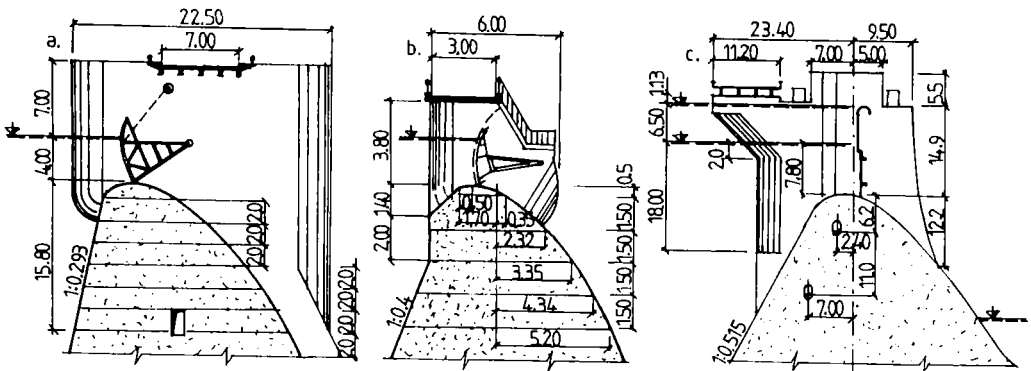


Fig. 1.2. Creste deversante la Barajele:

a- BICAZ; b- STRIMTORII; c- PORTILE DE FIER

Deversoare sifon

Aste deversoare frontale acoperite cu o capotă etanșe din beton armat sau metal. Cărgerea în sifon se face sub presiune. În principiu, orice sifon se compune din (fig.1.3): creastă deversantă;

capotă etanșe; zona de intrare; orificii dezamorsare; aruncatoarea și zonă de debușare. [69]

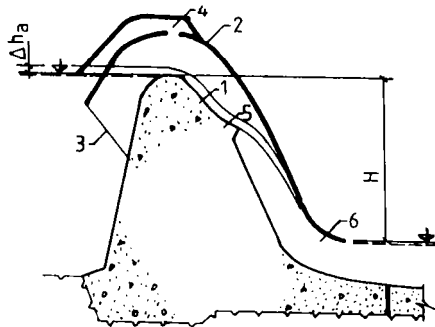


Fig.13.- Alcătuirea unui descarcător sifon: [69]

1. creastă deversantă; 2. capota; 3. grătar rar;
4. orificiu de dezamorsare; 5. vas aruncător; 6. ieșire.

Descarcătorii de tip sifon sînt utilizați la baraje atunci cînd frontul deversant este limitat, datorita capacității lor de evacuare mai mari, comparativ cu aceea a deversoarelor simple, soluția cu descarcător sifon poate fi combinată și pentru barajele de pămînt, oferind avantajul unei construcții de evacuare compacte, cu performanțe hidraulice ridicate.

Față de un deversor obișnuit, sifonul are avantajul unei eficiențe hidraulice mai ridicate, întrucît debitul specific evacuat este în funcție de cădere și nu de înălțimea lamei deversante, care se menține la numai cîțiva decimetri.

Riscurile adoptării unei asemenea soluții constau în posibilitatea dezamorsării periodice datorită vortexurilor, în perioada de îngheț pe timp de iarnă, sau de infundare cu flotanți. În plus, amorsarea și dezamorsarea pot provoca vibrații puternice, dăunătoare construcțiilor mai zvelte.

Un alt dezavantaj este acela că sifonul odată amorsat, debitul crește brusc la valoarea maximă și variază foarte puțin pînă la dezamorsare. Jocurile de debit sînt dăunătoare construcțiilor, și în special albiei aval, unde se produc eroziuni însemnate.

Deversorul canal

Deversoarele canal sînt descărcători situate în afara barajului, la racordul acestuia cu versanții sau pe unul din maluri. Deversarea se face într-un canal rapid care conduce debitele în albie, fig.14. Astfel de descărcători sînt frecvent utilizați la barajele de pămînt sau anrocamente, unde deversarea apelor peste corpul barajului nu este posibilă.[69]

Amplasarea unui deversor canal pe teren este legată de considerente topografice, hidraulice și economice. Zona de intrare trebuie să asigure un acces normal și ușor al apei spre deversare și o încărcare uniformă pe metru liniar. Totodată excavațiile de profilare trebuie să fie minime și fără consolidări speciale ale taluzurilor săpăturii.

La alegerea traseului canalului se caută să se exploateze depresiunile terenului sau porțiunile cu pante uniforme.

În același timp se ține seama că scurgerea se face de cele mai multe ori în regim supercritic ($V > 30$ m/s), dînd naștere unor forțe dinamice mari. Schimbările de direcție generează în aceste condiții zone staționare, vârtejuri, supraîncălțări importante.

În fig.14. se dă un exemplu de asemenea descărcători în România.[69]

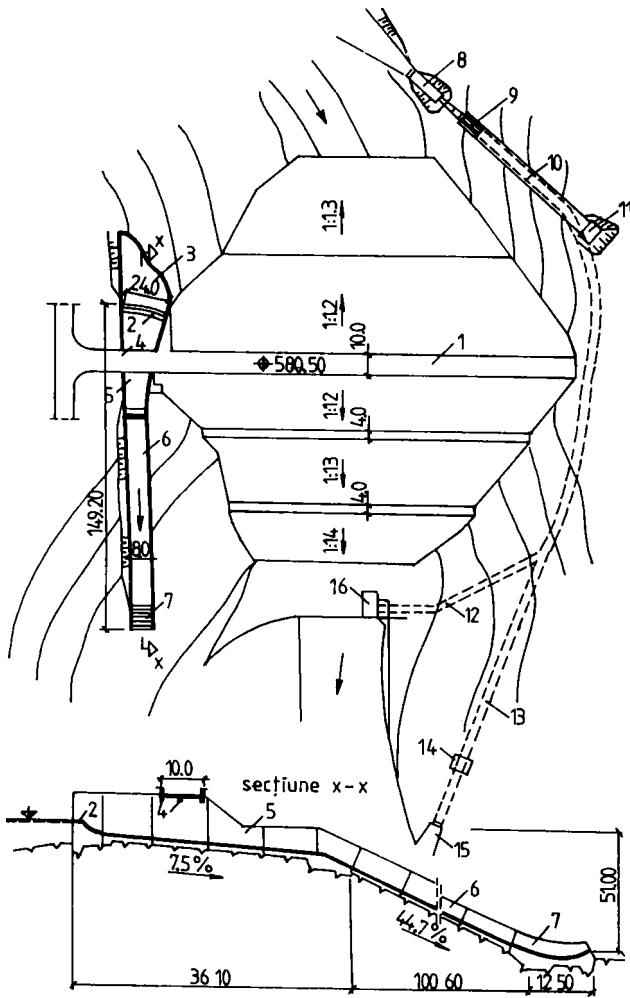


Fig.14. Varianta de deversor canal la barajul Leșu

Din punct de vedere hidrologic sînt necesare studii și analize pentru:

- zona de acces și prașii deversor, canalul rapid, racordul cu râul;
- canalul rapid
- Racordul cu râul.

Deversoare laterale

Deversoarele laterale sînt descărcători la care creasta deversantă este plasată în lungul versantului de descărcare. Debitul deversează spre peretele opus, se întoarce cu 90° și apoi se scurge spre canalul sau galeria de evacuare, fig.15.[11][69]

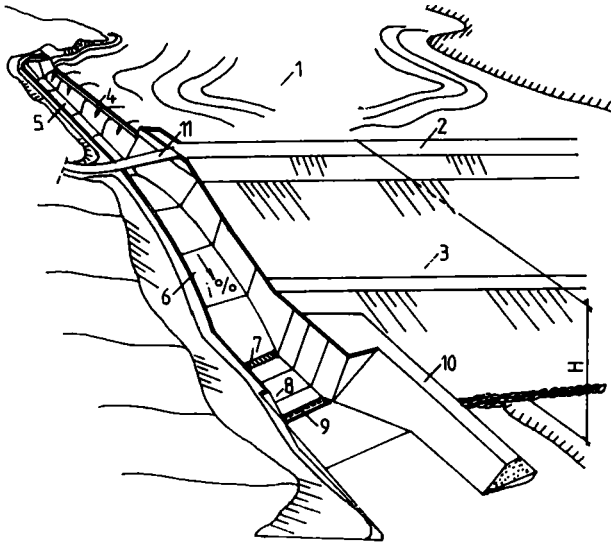


Fig.15: - Alcătuirea unui deversor lateral:

- 1- lac; 2- coronamentul barajului; 3- parament aval;
- 4- creastă deversantă; 5- canal colector; 6- canal rapid;
- 7- deflectorii; 8- bazin disipator; 9- prag șicant;
- 10- dig lateral; 11- pasarelă.

Se disting trei elemente caracteristice:

- pragul deversorului;
- canal colector;
- canalul sau galeria de evacuare.

Deversoare pîlnie

Deversoarele pîlnie sînt descărcători situați în afara corpului barajului, la care apa trece peste o creastă deversantă circulară. Cade printr-un puț vertical sau înclinat și apoi se scurge printr-o galerie (conductă) orizontală sau cu pantă redusă, fig.16. -le se adoptă de obicei în situațiile în care nu este posibilă deversarea peste construcția de retenție, îndeosebi la barajele de pământ și de anrocamente. [11][69]

În fig.16,17, se dau două exemple de asemenea tipuri de descărcători

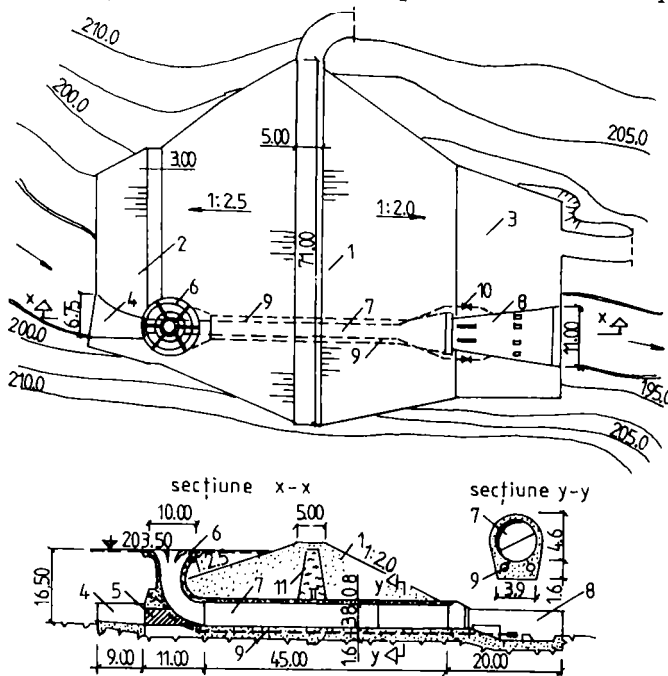


Fig.16 - Descărcătorii barajului Vida - Dobrești

1. baraj; 2. batardon amonte; 3 platforma oval; 4. priza conductei de deviere; 5. dop de beton; 6. pîlnie; 7. conductă de beton armat; 8. dissipator; 9. golire de fund; 10. vana golirii; 11. miez de argilă.

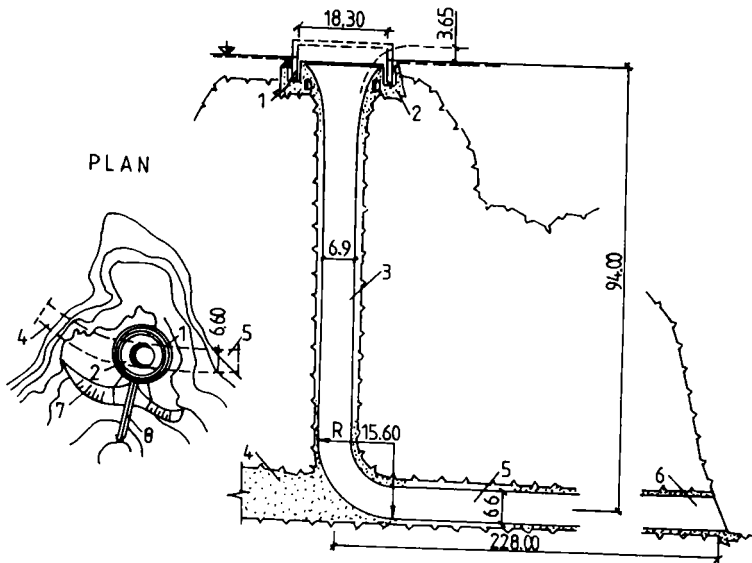


Fig.17. Deversorul pînii al barajului Owyhee

1. stăvilă inelară; 2. pînii; 3. puț; 4. fosta galerie de deviere; 5. galerie de evacuare; 6. portal de deșurare; 7. execuție de profilare; 8. perete de beton.

În ceea ce privește comportarea în exploatare a acestor tipuri de deversoare se menționează că la evacuarea unor debite mai mici decît cel de calcul apar uneori fenomene de instabilitate a curgerii, însoțite de vibrații și de zgomote. Intensitatea acestora este mai mare la pînii-ile care la debitele reduse admit depresiuni pe profilul deversant. La încălearea pînii se observă apariția unui vortex, care prin antrenare de aer micșorează cu pînii la 20% debitul evacuat. Sistemul antivortex - pile, nervuri, pereți despărțitori îmbunătățesc curgerea prin fragmentarea vortexului principal. [11] [69] [58]

Astoria vitezelor mari, pe traseul puțului se produce o puternică emulsionare a curentului.

Debitul de aer înglobat prin emulsionare se separă uneori în porțiunea de galerie din vecinătatea cotului. Surplusul de presiune

crest de înecarea pîniiei antrenată punga de aer formată spre aval sau la galeriile lungi spre amonte, prin răbufniri periodice din puț, cu antrenarea de stropi pînă la înălțimi apreciable. După evacuarea aerului, secțiunea efectivă de curgere, creșterea și înecarea puțului se reduce pînă cînd aerul degajat încep din nou să se acumuleze. Fenomenul se repetă periodic generînd o mișcare oscilatorie a nivelului din puț.

La evacuatorul barajului Ouyhee (S.U.A.) ca exemplu evacuarea pînii de aer se face spre amonte. Ca o periodicitate de 5 min., jerba de stropi ajungînd pînă la 20-30 m. [11] [69].

Curgerea liberă pe galerie este cea mai avantajoasă hidrolică și din punctul de vedere al siguranței în exploatare. Deși se propune o lărgire a excavației și un volum mai mare de beton, cantitatea de armătură se reduce corespunzător. Acesta este motivul pentru care se recomandă în general o asemenea soluție în practică.

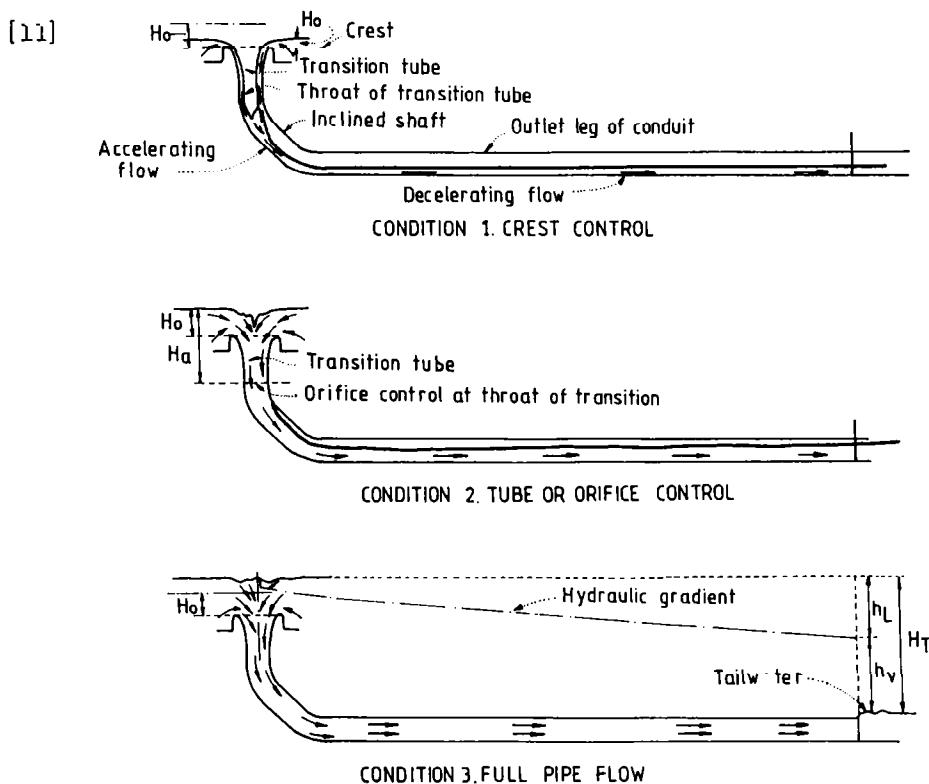


Fig.18. Tipuri de curgere la un evacuator tip pînăie [6]

Tot din categoria deversoarelor pîlnie fac parte și deversoarele de tip "Mărgăretă" care prin forma lor specială (fig.1.8) urmăresc creșterea lungimii frontului de deversare în vederea deducerii înălțimii lamei.

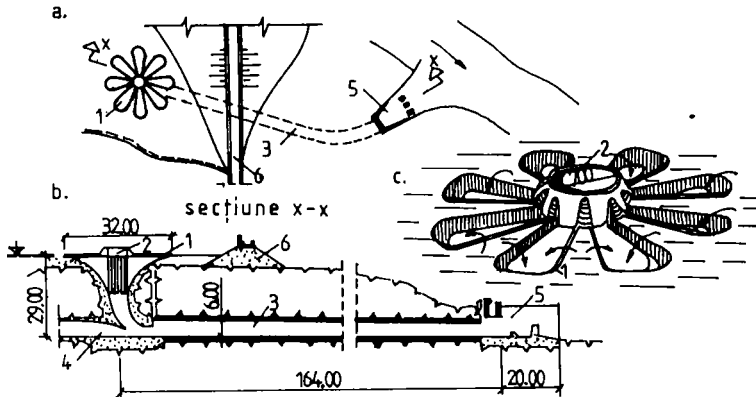


Fig.1.9. Descărcător "Mărgăretă" la barajul Sarne

a. vedere în plan; b.profil longitudinal; c.mărgăretă deversată;
1.contur de deversare; 2.inel central; 3.galerie de evacuare;
4.golire de fund; 5 disipator; 6 baraj de pământ.

La barajul de pământ Sarne (Algeria), pîlnia descărcătorului a luat forma unei mărgărete cu 8 petale dispuse radial față de puț. (fig.1.8). Debitul evacuat atinge $360 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru o lamă deversantă de numai 1 m . Capacitatea de evacuare este limitată de puțul descărcătorului și nu de condiția de deversare. Pentru detalii privind proiectarea acestor deversoare (Trasarea formei)se poate urmări [34] [35]

În ceea ce privește calculul hidraulic debitul maxim care poate trece prin evacuator depinde de capacitatea de transport a celor trei elemente componente ale sale: pîlnia, puțul și galeria. Ca urmare, pe cheia debitelor se disting trei zone caracteristice, fig.1.9. În zona (ab) este determinată condiția de deversare în pîlnie. Cînd debitul

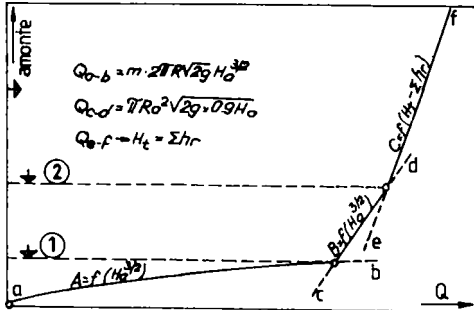


Fig.1.10- Cheia unui deversor pîlnie

- A - deversare liberă; B - curgere prin orificiu;
- C - sistem sub presiune.

crește, lama circulară devine mai groasă și converge într-un curent plin. Curgerea este determinată de natura curentului contractat sau de forma și dimensiunile zonei de tranziție, dacă acestea nu coincid cu forma curentului. În zona (cd) este deci caracteristică curgerea similară cu aceea printr-un orificiu. Ultima zonă (ef), marchează intrarea sub presiune a galeriei. Panta cheii devine și mai abruptă, iar debitul crește insensibil cu ridicarea nivelului în lac.

Existența acestor zone și determinarea efectivă a lor a fost efectuată și de autor în cadrul unor cercetări de laborator (Belgia 196 [76]) sînt prezentate sintetic în fig.1.11.

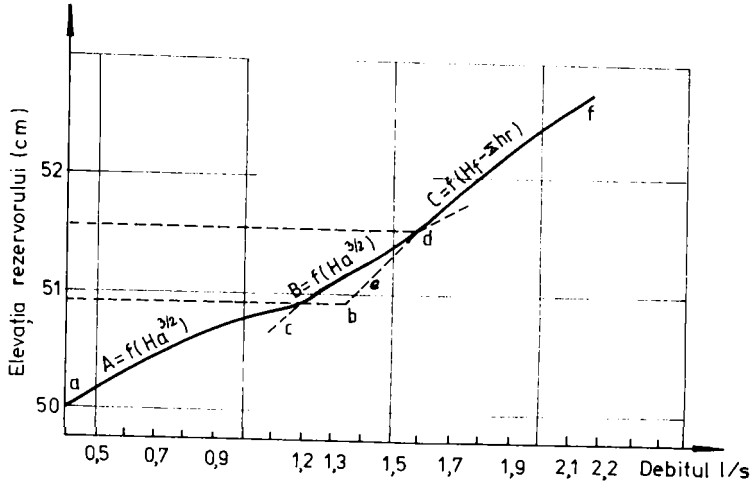


Fig.1.11 Relația SARCINĂ - DEBIT

Stabilirea formei deversante a pîlniei se face plecînd de la principiul cã aceasta trebuie sã urmãreascã profilul feței interioare a lamei deversante ce ia naștere la debitul de calcul.

Raza pîlniei se determinã din formula debitului deversant:

$$Q = m \cdot 2\pi \cdot R\sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}, \text{ unde:} \quad (1.1)$$

R - raza pîlniei

H₀ - înãlțimea lamei deversante, inclusiv înãlțimea cineticã

$$H_0 = h + \frac{v_0^2}{2g} \quad \text{\$;}$$

g - accelerația gravitației

m - coeficientul de debit al deversorului

Cînd pe deversor se prevãd pile, raza se mãrește corespunzãtor:

$$R = \frac{1}{2\pi} \left(- \frac{Q}{\epsilon m \sqrt{2g} H_0^{3/2}} + n \cdot s \right) \quad (1.2)$$

n - numãrul pilelor

g - grosimea unei pile

ϵ - coeficientul de contracție ($\epsilon = 0,9$ pentru forme hidrodinamice)

Aspecte **hidraulice** mai detaliate pentru acest tip de deversor, care constãtuie și obiectul cercetãrii în lucrare vor fi prezentate în paragraful 1.3.

1.3. Probleme actuale în hidraulica descărcătorilor
de tip pîlnie

1.3.1. Considerații de sinteză bibliografică privind hidraulica
deversorului pîlnie.

Problema de bază în proiectarea deversorului pîlnie este determinarea debitului (Q) în funcție de sarcina h_s sau H_s , în cazul cînd R_s și S sînt date (pentru semnificația notațiilor se va urmări fig.1.12. Acest obiectiv nu se poate realiza decît pe baza cercetărilor pe model. Cele mai vechi încercări pe model au fost făcute în 1939, de CAMP și HOWE [31] pentru deversor circular cu muchia ascuțită. Ei au stabilit forma lamei deversante care se trasează pe baza coordonatelor adimensionale pentru diferite valori ale razei R_s (0,305; 0,61; 0,915)m.

KRAUSE [14] a făcut experimentări similare pentru $R_s = 0,15$ m, iar WAGNER [78] pentru $R = 0,25$ m.

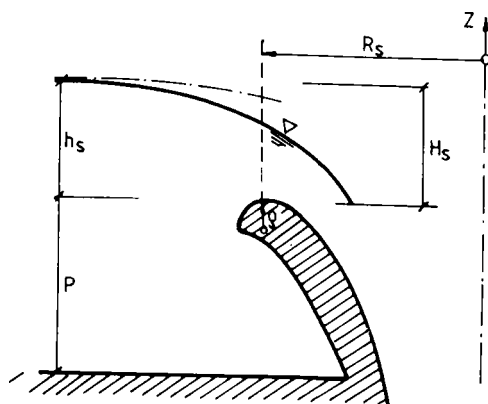


Fig.1.12- Elementele caracteristice deversorului pîlnie
circular

În aceste cercetări h_s , P au fost considerate în limite foarte largi. Pe baza experimentărilor lui WAGNER s-au stabilit o metodă de trasare pentru deversorul pînă, care se bazează pe forma profilului intradaosului lamei deversante; cercetări asemănătoare a făcut LAZARI [60]. Trasarea profilului se poate face pe baza relațiilor:

$$\frac{x_0}{h} = C_1 + C_2 \frac{h}{R} ; \quad \frac{y_0}{h} = C_3 + C_4 \frac{h}{R} \quad (1.3)$$

Valorile coeficienților din relațiile de mai sus după CAMP și HOWL, STAJAGA și WAGNER au valorile:

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,256 - 0,27 \\ C_2 &= 0,235 - 0,277 \\ C_3 &= 0,11 - 0,121 \\ C_4 &= 0,10 - 0,125 \end{aligned} \quad (1.4)$$

După LAZARI:

$$\begin{aligned} C_3 &= 0,55 \\ C_4 &= 0,03 \end{aligned}$$

pentru x_0/h se recomandă o altă formulă decît (1.3):

$$\frac{x_0}{h} = 0,144 + \frac{0,01}{h/R} \quad (1.5)$$

Rezultă din aceste diferențe mari că el a avut condiții experimentale diferite.

Pentru trasarea profilului deversorului se recomandă relația stabilită de LAZARI:

$$\frac{x}{h} = 0,608 \left(\frac{x}{h} \right)^{1,87} \quad (1.6)$$

PRESS-SHROEDER [69] recomandă la rîndul lor micșorarea exponentului determinat de LAZARI (la 1,8 pînă la 1,85) pentru a evita formarea depresiunii pe parament.

LAZARI pe baza cercetărilor experimentale recomandă pentru coeficientul $\mu = \mu$ în formula de debit de tip PALON 1.

$$\mu = a \left(\frac{hs}{R_s} \right)^{-0,05} \quad (1.7)$$

unde $a = 0,5565$

Cu această valoare a parametrului "a" se obțin în general valori mici ale coeficientului de debit ceea ce face ca BRETSCHNEIDER [14] să propună o valoare mai mare $a = 0,643$.

INDELEKOFER [50][51] calculează pe baza coordonatelor profilului stabilite de WAGNER, cu ajutorul principiului de extrem aplicat curgerii peste deversor, în care pentru profilul de viteză se consideră o distribuție rezultată dintr-o mișcare potențială generată de un vârtej inelar. Diferențele care rezulta prin această ipoteză față de mișcarea reală, au fost corectate printr-un coeficient de corecție. Pentru determinarea practică a curgerii în [49] este dat un polinom al cărui coeficienți se iau dintr-un tabel de interpolare întocmit pe baza rezultatelor experimentale.

În stabilirea condițiilor de curgere peste deversorul pîlnie, pe baza familiilor de modele experimentale, cercetătorii consideră drept lucrări de referință pe cele ale lui BRETSCHNEIDER și KRAUSE [14] respectiv cele ale lui SCHRODER și BRANDT [13]. Aceste cercetări deși au fost făcute la trei scări, ele nu furnizează rezultate generale valabile.

Asupra modificării capacității deversorului datorită componente tangențiale a vitezei, adică în condițiile de acces cu vârtej (cu cel vertical) se menționează cercetările lui VON POSEY și HSU [65] privind curgerea într-o groapă circulară (deversor pîlnie), fără praf care constată o reducere a capacității cu 75%.

$$Q_D = 0,25 a \quad (18)$$

Q_D = este acces cu vârtej;

a = acces radial

Alte cercetări asupra deversoarelor cu muchia ascuțită se da-

torează lui HELMERT [49], BINNIE și HOOKINGS [10] și BLAISDELL [19] pe baza cărora

$$Q_D = (0,15 - 0,25) Q \quad (1.9)$$

după BLAISDELL $Q_D = 0,44 Q \quad (1.10)$

Din păcate lipsește în toate cazurile precizarea exactă a condițiilor de curgere și acces astfel încît nu pot fi stabilite condiții generale asupra scăderii capacității deversorului în lacuri. Sînt de asemenea de menționat cercetările și rezultatele lui BINNIE și HOOKINGS:

$$Q_D \leq 0,4 Q \quad (1.11)$$

SATRY [73]

$$Q_D \approx 0,35 Q \quad (1.12)$$

BILLIKAT [11]

$$Q_D \approx 0,60 Q \quad (1.13)$$

Se observă și aici o scădere a debitului în jur de 50%.

În funcționare înecată BINNIE și HOOKINGS [10] stabilesc că:

$$Q_D = 0,27 \div 1,0 Q \quad (1.14)$$

INDRI [52] în baza cercetărilor pe două deversoare amplasate pe lacul PONTESSEI-SBB, observă o reducere de cel puțin 20% a debitului:

$$Q_D < 0,8 Q \quad (1.15)$$

INDRI obține formarea vârtejului pe model, prin reproducerea condițiilor de acces din natura.

BILLOCK și alții [9] dau informații asupra formării vârtejului pe modele care sînt determinate în diferite condiții de acces fără a preciza însă date asupra capacității de descărcare.

Cercetări sistematice mai recent au fost întreprinse de DALWIG [32] în cadrul unei teze de doctorat consecvent exclusiv studiului efectului vârtejului cu cel vertical asupra debitului. Autorul menționat elaborează o teorie bazată pe un model potențial prin care trecerea peste deversor este asimilată cu un vârtej inelar peste care

se suprapune un vârtej cu ax vertical, simulându-se astfel mișcarea reală în condiții de acces liber, fără sisteme de dirijare (ex.pile). Pe baza acestui model teoretic, autorul dă o expresie relativ complicată a coeficientului de debit. Numeroase cercetări experimentale efectuate de același autor pun în evidență dependența coeficientului de debit de diferiți parametri:

- forma circulară:

$$M_c = \left[1 - 0,48 \left(\frac{H_s}{R} \right)^{1,9} \right] M_0 \quad (1.16)$$

unde M_c - este coeficientul corespunzător unui deversor drept cu același profil;

H_c - sarcina de proiectare a deversorului

R - raza deversorului

- efectul scăderii sarcinii față de sarcina de proiectare (H/H_s):

$$M = \left[a + b \left(\frac{H}{H_s} \right)^c \right] M_c \quad (1.17)$$

unde în medie $a = 0,75$; $b = 0,25$ și $c = 0,72$

- efectul pragului care este neglijabil (sub 3%);

- efectul vârtejurii cu ax vertical dacă nu se iau măsuri de eliminare (prin pile de dirijare de exemplu) se apreciază la o scădere a debitului cu 15 - 20%.

Tot în legătură cu măsurile ingineresti pentru eliminarea formării vârtejurii cu ax vertical și problema condițiilor de acces (inclusiv lucrări de dirijare) se menționează [59]

În această lucrare sînt prezentate sintetic problemele hidraulice legate de condițiile de acces, cercetate în literatura de specialitate hidraulică, devenită clasică.

Se dau expresiile vitezei pe coronamentul pînii în condițiile cînd deversorul (circular) se găsește în apropierea unui perete rectiliniu fig.1.13.

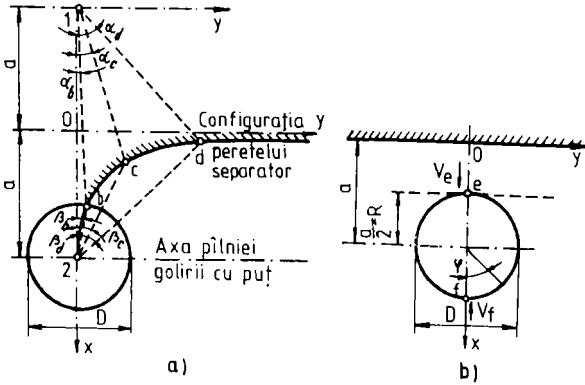


Fig. 1.13

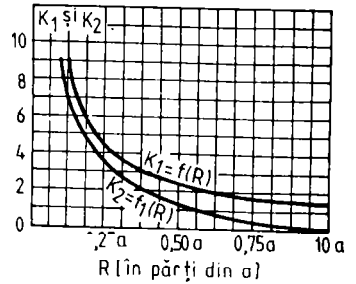


Fig. 1.14

$$V_{\varphi} = V_e + \frac{\pi - \psi}{\pi} (V_f - V_e) \quad (1.18)$$

unde
$$V_f = \frac{Q}{2\pi R \cdot 0,75H} \cdot \frac{2 K_1}{K_1 + K_2} \quad (1.19)$$

$$V_e = \frac{Q}{2\pi R \cdot 0,75H} \cdot \frac{2 K_2}{K_1 + K_2}$$

K_1 K_2 din fig. 1.14

Aceste expresii au fost deduse din teoria potențială a mișcării.

Tot în aceeași lucrare de sinteză hidraulică sînt date recomandări privind trasarea excavațiilor și a pereților respectiv a pilelor de dirijare pentru eliminarea formării vârtejului cu ax vertical.

1.3.2. Metode de proiectare hidraulică a deversorului

a. Debitul deversorului pîlnie.

Curgerea peste creastă este similară cu cea a unui deversor obișnuit ceea ce face ca formula generală a debitului să fie de forma:

$$Q = C * L * H^{3/2} \quad (1.20)$$

unde H - sarcina pe deversor;

L - lungimea creastei circulare

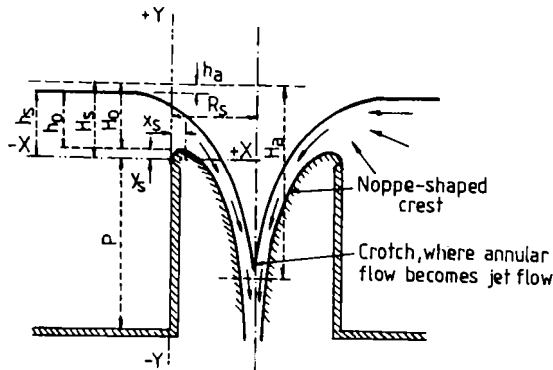


Figura 1.15. Elementele caracteristice ale curgerii peste un deversor circular.

Valoarea lui c este în funcție de L și H . Dacă L este luat la periferia deversorului în afara (la originea coordonatelor, fig.1.15) și dacă sarcina este măsurată la creasta deversorului, ecuația (1.16) se poate scrie sub forma:

$$Q = C_o (2\pi R_s) H_o^{3/2} \quad (1.21)$$

Este clar că coeficientul de debit pentru o creastă circulară este diferit de cea pentru o creastă dreaptă datorită efectelor de convergență. De aceea C_0 trebuie să fie în relație cu H_0 și R_s și este exprimat deci în funcție de $\frac{H_0}{R_s}$. Relația între C_0 și $\frac{H_0}{R_s}$ determinată prin experimentări de laborator, trei variante de înălțime a pragului.

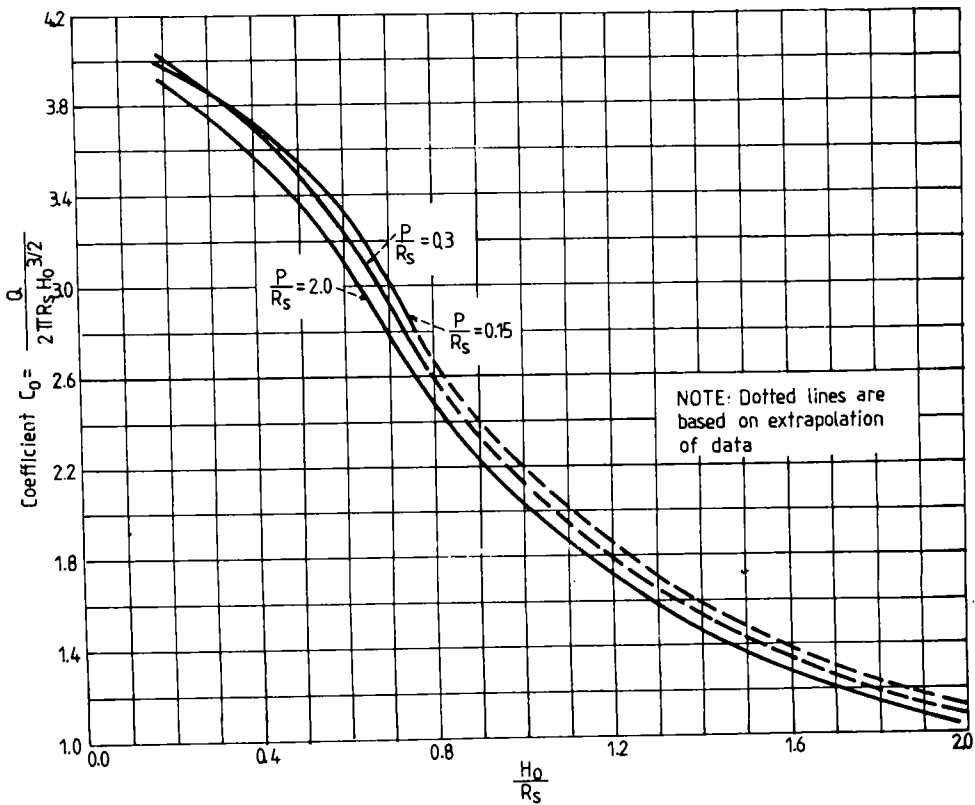


Figura 1.16. Relația dintre C_0 și $\frac{H_0}{R_s}$, pentru diferite adâncimi.

Pentru aproape toate condițiile de curgere peste un devorsor circular, coeficientul de debit crește cu reducerea înălțimii pragului adică invers decât pentru un devorsor drept.

Coefficienții pentru sarcini parțiale H_e pe creastă se pot determina din figura (1.17) pentru a stabili o relație sarcină-debit.

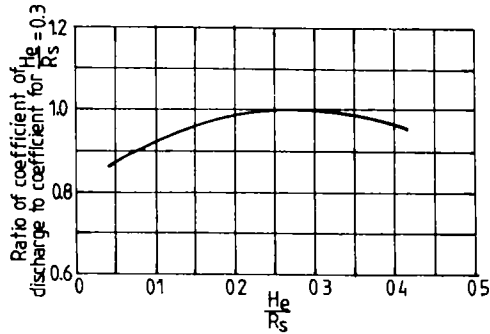


Figura (1.17). Coeficienții pentru creastă circulară, pentru alte sarcini decât sarcina de proiectare

Depresiunile și efectele înecării pot modifica condițiile de curgere pentru diferitele profile. Din acest motiv criteriile de mai sus nu pot fi aplicate pentru condiții de curgere unde $\frac{H_e}{R_s}$ este mai mare decât 0,4.

b. Profilul deversorului

Valorile coordonatelor pentru trasarea profilului de deversor, în condițiile unei curgeri aerente peste un deversor circular cu muchie ascuțită cu diferite valori ale parametrilor $\frac{P}{R_s}$ și $\frac{H_s}{R_s}$, sînt prezentate în tabelele 1.1, 1.2, și 1.3.

Aceste date sînt bazate pe rezultatele experimentale obținute de către Biroul de proiectare (SUA). Relația între H_s și H_0 sînt arătate în figura 1.18.

0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,20 1,50 2,00

$\frac{Y}{H}$ for portion of the profile above the weir crest

0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,010	0,0133	0,0170	0,0208	0,0245	0,0282	0,0319	0,0356	0,0393	0,0430	0,0467	0,0504	0,0541	0,0578
0,020	0,0250	0,0293	0,0336	0,0379	0,0422	0,0465	0,0508	0,0551	0,0594	0,0637	0,0680	0,0723	0,0766
0,030	0,0350	0,0397	0,0443	0,0489	0,0535	0,0581	0,0627	0,0673	0,0719	0,0765	0,0811	0,0857	0,0903
0,040	0,0420	0,0435	0,0447	0,0454	0,0459	0,0462	0,0464	0,0465	0,0466	0,0466	0,0466	0,0466	0,0466
0,050	0,0575	0,0595	0,0617	0,0639	0,0661	0,0683	0,0705	0,0727	0,0749	0,0771	0,0793	0,0815	0,0837
0,060	0,0650	0,0670	0,0687	0,0701	0,0714	0,0727	0,0739	0,0751	0,0763	0,0775	0,0787	0,0799	0,0811
0,070	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710
0,080	0,0765	0,0772	0,0777	0,0781	0,0784	0,0787	0,0789	0,0791	0,0792	0,0793	0,0794	0,0795	0,0796
0,090	0,0820	0,0822	0,0824	0,0825	0,0826	0,0827	0,0828	0,0829	0,0830	0,0831	0,0832	0,0833	0,0834
1,00	0,0660	0,0662	0,0663	0,0664	0,0665	0,0666	0,0667	0,0668	0,0669	0,0670	0,0671	0,0672	0,0673
1,20	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340
1,40	1,0000	0,9335	0,8772	0,8209	0,7646	0,7083	0,6520	0,5957	0,5394	0,4831	0,4268	0,3705	0,3142
1,60	1,045	0,980	0,927	0,872	0,817	0,762	0,707	0,652	0,597	0,542	0,487	0,432	0,377
1,80	1,080	1,010	0,927	0,872	0,817	0,762	0,707	0,652	0,597	0,542	0,487	0,432	0,377
2,00	1,105	1,025	0,930	0,877	0,819	0,765	0,710	0,655	0,600	0,545	0,490	0,435	0,380
2,50	1,120	1,020	0,920	0,870	0,810	0,750	0,690	0,630	0,570	0,510	0,450	0,390	0,330
3,00	1,105	1,000	0,920	0,870	0,810	0,750	0,690	0,630	0,570	0,510	0,450	0,390	0,330
3,50	1,060	0,930	0,870	0,810	0,750	0,690	0,630	0,570	0,510	0,450	0,390	0,330	0,270
4,00	0,970	0,830	0,750	0,690	0,630	0,570	0,510	0,450	0,390	0,330	0,270	0,210	0,150
4,50	0,845	0,700	0,620	0,560	0,500	0,440	0,380	0,320	0,260	0,200	0,140	0,080	0,020
5,00	0,700	0,520	0,450	0,390	0,330	0,270	0,210	0,150	0,090	0,030	0,000	0,000	0,000
5,50	0,520	0,320	0,250	0,190	0,130	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,00	0,320	0,080	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,50	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

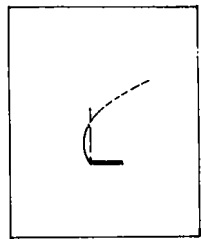


Table 1,1 Coordonatele profilului weverser pentru diferite valori

de $\frac{H_s}{R}$, cind $\frac{P}{R} = 2$

Y	X															
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
0,000	0,668	0,615	0,554	0,487	0,450	0,413	0,376	0,334	0,262	0,158	0,116	0,093	0,070	0,04		
0,020	705	652	592	526	488	452	414	369	293	185	145	120	0,096	0,07		
0,040	742	688	627	563	524	487	448	400	320	212	165	140	115	0,08		
0,060	777	720	660	596	557	519	478	428	342	232	182	155	129	0,10		
0,080	808	752	692	628	589	549	506	454	363	250	197	169	140	0,11		
1,000	838	784	722	657	618	577	532	478	381	266	210	180	150	0,11		
1,500	913	857	793	725	686	641	589	531	423	299	238	204	170	0,13		
2,000	978	925	860	790	745	698	640	575	459	326	260	224	184	0,14		
2,500	1,040	985	919	847	801	750	683	613	490	348	280	239	196	0,15		
3,000	1,100	1,043	976	900	852	797	722	648	518	368	296	251	206	0,16		
4,000	1,207	1,150	1,079	1,000	944	880	791	706	562	400	322	271	220	0,17		
5,000	1,308	1,246	1,172	1,087	1,027	951	849	753	598	427	342	287	232	0,17		
6,000	1,397	1,335	1,260	1,167	1,102	1,012	898	793	627	449	359	300	240	0,17		
8,000	1,563	1,500	1,422	1,312	1,231	1,112	974	854	673	482	384	320	253	0,18		
1,000	1,713	1,646	1,564	1,440	1,337	1,189	1,030	899	710	508	402	332	260	0,18		
2,000	1,846	1,780	1,691	1,553	1,422	1,248	1,074	933	739	528	417	340	266	0,18		
4,000	1,970	1,903	1,808	1,653	1,492	1,293	1,108	963	760	542	423	340	266	0,18		
6,000	2,085	2,020	1,918	1,742	1,548	1,330	1,133	988	780	553	430	340	266	0,18		
8,000	2,196	2,130	2,024	1,821	1,591	1,358	1,158	1,008	797	563	430	340	266	0,18		
2,000	2,302	2,234	2,126	1,891	1,630	1,381	1,180	1,025	810	572	430	340	266	0,18		
5,000	2,557	2,475	2,354	2,027	1,701	1,430	1,221	1,059	838	588	430	340	266	0,18		
3,000	2,778	2,675	2,559	2,119	1,748	1,468	1,252	1,086	853	588	430	340	266	0,18		
3,500		2,916	2,749	2,171	1,777	1,480	1,267	1,102								
4,000		3,114	2,914	2,01	1,796	1,500	1,280									
4,500		3,306	3,053	2,01	1,806	1,509										
5,000		3,488	3,178	2,01	1,811											
5,500		3,653	3,294	2,01	1,811											
6,000		3,820	3,405	2,01	1,811											
H	0,00	0,10	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,0		

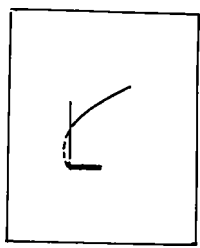


TABLE 12. Coordonatele profilului de deversor pentru diferite valori de $\frac{H}{K}$

$\frac{H}{R}$	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
$\frac{X}{H_s}$	For portion of the profile above the weir crest								
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
,010	,0130	,0130	,0130	,0125	,0120	,0120	,0115	,0110	,0100
,020	,0245	,0242	,0240	,0235	,0225	,0210	,0195	,0180	,0170
,030	,0340	,0335	,0330	,0320	,0300	,0290	,0270	,0240	,0210
,040	,0415	,0411	,0390	,0380	,0365	,0350	,0320	,0285	,0240
,050	,0495	,0470	,0455	,0440	,0420	,0395	,0370	,0325	,0245
,060	,0560	,0530	,0505	,0490	,0460	,0440	,0405	,0350	,0250
,070	,0610	,0575	,0550	,0530	,0500	,0470	,0440	,0370	,0245
,080	,0660	,0620	,0590	,0565	,0530	,0500	,0460	,0385	,0235
,090	,0705	,0660	,0625	,0595	,0550	,0520	,0480	,0390	,0215
,100	,0740	,0690	,0660	,0620	,0575	,0540	,0500	,0395	,0190
,120	,0800	,0750	,0705	,0650	,0600	,0560	,0510	,0380	,0120
,140	,0840	,0790	,0735	,0670	,0615	,0560	,0515	,0355	,0020
,160	,0870	,0810	,0750	,0675	,0610	,0550	,0500	,0310	
,180	,0885	,0820	,0755	,0675	,0600	,0535	,0475	,0250	
,200	,0885	,0820	,0745	,0660	,0575	,0505	,0435	,0180	
,250	,0855	,0765	,0685	,0590	,0480	,0390	,0270		
,300	,0780	,0670	,0580	,0460	,0340	,0220	,0050		
,350	,0600	,0540	,0425	,0295	,0150				
,400	,0495	,0370	,0240	,0100					
,450	,0300	,0170	,0025						
,500	,0090	,0060							
,550									
$\frac{Y}{H_s}$	For portion of the profile below the weir crest								
0,0000	0,519	0,488	0,455	0,422	0,384	0,349	0,310	0,238	0,144
,020	,560	,528	,495	,462	,423	,387	,345	,272	,174
,040	,598	,566	,532	,498	,458	,420	,376	,300	,198
,060	,632	,601	,567	,532	,491	,451	,406	,324	,220
,080	,664	,634	,600	,564	,522	,480	,432	,348	,238
,100	,693	,664	,631	,594	,552	,508	,456	,368	,254
,150	,760	,734	,701	,661	,618	,569	,510	,412	,290
,200	,831	,799	,763	,723	,677	,622	,558	,451	,317
,250	,893	,860	,826	,781	,729	,667	,599	,483	,341
,300	,953	,918	,880	,832	,779	,708	,634	,510	,362
,400	1,060	1,024	,981	,932	,867	,780	,692	,556	,396
,500	,156	,119	1,072	1,020	,938	,841	,745	,595	,424
,600	,242	,203	,153	,098	1,000	,891	,780	,627	,446
,800	,403	,359	,301	,227	,101	,970	,845	,672	,478
1,000	,549	,498	,430	,333	,180	,028	,892	,707	,504
,200	,680	,622	,543	,419	,240	,070	,930	,733	,524
,400	,800	,739	,647	,489	,287	,106	,959	,757	,540
,600	,912	,849	,740	,546	,323	,131	,983	,778	,551
,800	2,018	,951	,821	,590	,353	,155	1,005	,797	,560
2,000	,120	2,049	,892	,627	,380	,175	,022	,810	,569
,500	,351	,261	2,027	,697	,428	,218	,059	,837	
3,000	,557	,423	,113	,747	,464	,247	,081	,832	
,500	,748	,536	,167	,778	,489	,263	,099		
4,000	,911	,617	,200	,796	,499	,274			
,500	3,052	,677	,217	1,805	,507				
5,000	,173	,731	,223	,810					
,500	,290	,773	,228						
6,000	,400	,808							

Tabela 13 Coordonatele profilului deversor pentru diferite

valori de $\frac{H_s}{R}$, cu $\frac{P}{R} = 0,30$

$\frac{H_s}{R}$	For portion of the profile above the weir crest								
0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
,010	,0120	,0120	,0115	,0115	,0110	,0110	,0105	,0100	,0090
,020	,0210	,0200	,0195	,0190	,0185	,0180	,0170	,0160	,0150
,030	,0285	,0270	,0265	,0260	,0255	,0255	,0225	,0200	,0165
,040	,0345	,0335	,0325	,0310	,0300	,0285	,0265	,0230	,0170
,050	,0405	,0385	,0375	,0360	,0345	,0320	,0300	,0250	,0170
,060	,0450	,0430	,0420	,0400	,0380	,0355	,0330	,0265	,0165
,070	,0495	,0470	,0455	,0430	,0410	,0380	,0350	,0270	,0150
,080	,0525	,0500	,0485	,0460	,0435	,0400	,0365	,0270	,0130
,090	,0560	,0530	,0510	,0480	,0455	,0420	,0370	,0265	,0100
,100	,0590	,0560	,0535	,0500	,0465	,0425	,0375	,0255	,0065
,120	,0630	,0600	,0570	,0520	,0480	,0435	,0365	,0220	
,140	,0660	,0620	,0585	,0525	,0475	,0425	,0345	,0175	
,160	,0670	,0635	,0590	,0520	,0460	,0400	,0305	,0110	
,180	,0675	,0635	,0580	,0500	,0435	,0365	,0260	,0040	
,200	,0670	,0625	,0560	,0465	,0395	,0320	,0200		
,250	,0615	,0560	,0470	,0360	,0265	,0160	,0015		
,300	,0520	,0440	,0330	,0210	,0100				
,350	,0380	,0285	,0165	,0030					
,400	,0210	,0090							
,450	,0015								
,500									
,550									

$\frac{H_s}{R}$	For portion of the profile below the weir crest								
0,000	0,454	0,422	0,392	0,358	0,325	0,288	0,253	0,189	0,116
,020	,499	,457	,437	,404	,369	,330	,292	,228	,149
,040	,540	,509	,478	,444	,407	,368	,328	,259	,174
,060	,579	,547	,516	,482	,443	,402	,358	,286	,195
,080	,615	,583	,550	,516	,476	,434	,386	,310	,213
,100	,650	,616	,584	,547	,506	,462	,412	,331	,228
,150	,726	,691	,660	,620	,577	,526	,468	,376	,263
,200	,795	,750	,729	,685	,637	,580	,515	,413	,293
,250	,852	,807	,790	,743	,692	,627	,557	,445	,319
,300	,922	,883	,843	,797	,741	,671	,594	,474	,342
,400	1,029	,988	,947	,893	,828	,749	,656	,523	,381
,500	1,208	1,088	1,040	,980	,902	,816	,710	,567	,413
,600	,220	,177	,129	1,061	,967	,869	,753	,601	,439
,800	,380	,337	,285	,202	1,080	,953	,827	,655	,473
1,000	,525	,481	,420	,317	,164	1,014	,878	,696	,498
,200	,659	,610	,537	,411	,228	,059	,917	,725	,517
,400	,780	,731	,639	,480	,276	,096	,949	,750	,531
,600	,897	,843	,729	,535	,316	,123	,973	,770	,544
,800	2,003	,947	,809	,580	,347	,147	,997	,787	,553
2,000	,104	2,042	,879	,619	,372	,167	1,013	,801	,560
,500	,340	,251	2,017	,690	,423	,210	,049	,827	
3,000	,550	,414	,105	,738	,457	,240	,073	,840	
,500	,740	,530	,153	,768	,475	,252	,088		
4,000	,904	,609	,180	,780	,487	,263			
,500	3,000	,671	,198	,790	,491				
5,000	,169	,727	,207	,793					
,500	,286	,769	,210						
6,000	,396	,800							
$\frac{H}{R}$	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80

Tabela 14

Coordonatele profilului devorator pentru diferite

valori ale $\frac{H_s}{R}$ - unde $\frac{H}{R} = 0,15$

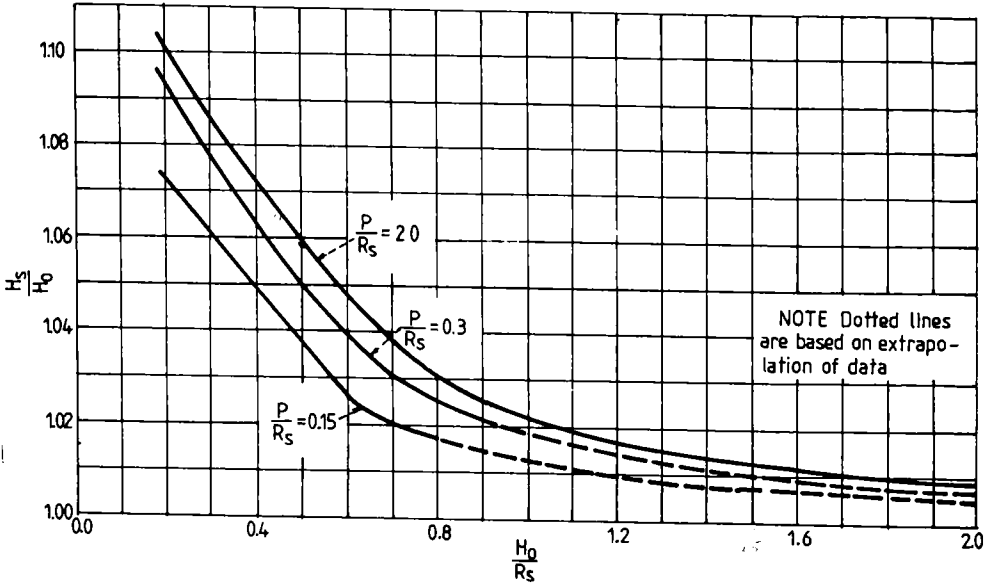


Figura 1.18. Relația dintre $\frac{H_s}{H_0}$ și $\frac{H_0}{R_s}$, pentru un deversor circular cu muchie ascuțită.

Intradosul și extradadosul lamei deversante tipice deversorului pentru $\frac{P}{R_s} = 2$ și diferite valori ale parametrului $\frac{H_s}{R_s}$ sînt prezentate în figura 35: valorile $\frac{x}{H_s}$ și $\frac{y}{H_s}$

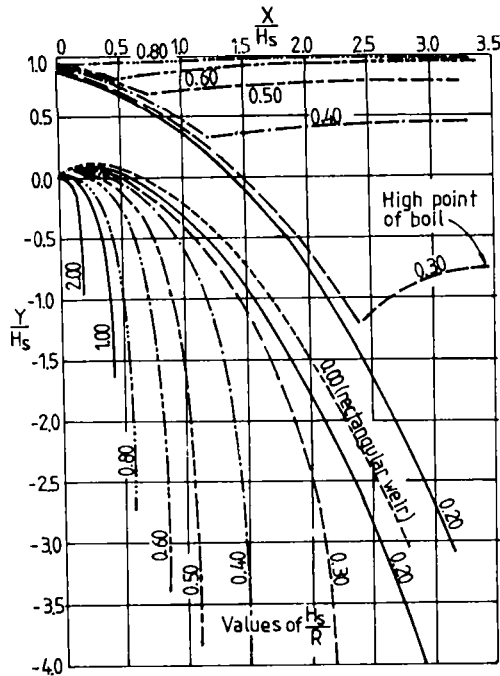


Figura (1.19) - Profile superioare și inferioare ale deversorului circular. (cu aerăție și viteză de apropiere neglijată).

În figura (1.20) sînt prevăzute profile tipice intradosului pentru diferite valori ale parametrului H_s/R pentru o valoare dată a lui P/R_s . Se menționează că pentru o creastă dreaptă lama deversantă se îndepărtează cu creșterea sarcinii, iar pentru un deversor circular această îndepărtare a lamei deversante are loc numai în zonele de uscare a traiectoriei și numai pentru valori de $\frac{H_s}{R_s}$ pînă la 0,5.

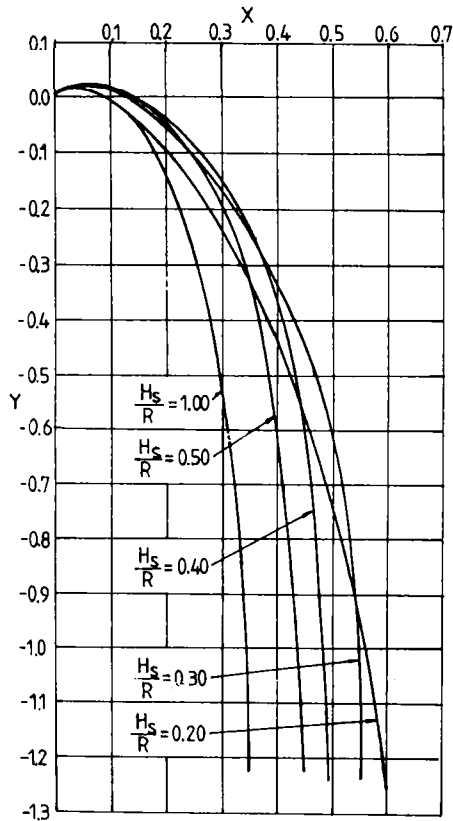


Figura (1.20) - Comparația profilelor inferioare pentru un deversor circular pentru diferite sarcini.

Dacă profilul de creastă este proiectat pentru sarcini unde $\frac{H_s}{R_s}$ este mai mare decît (0,25 - 0,3), depresiunea va apărea pe anumite porțiuni de profile dacă sarcina este mai mică decît maxima proiectată. Această depresiune se poate elimina în zona de creastă prin alegerea unui profil, care va susține lame deversante pentru valori ($\frac{H_s}{R_s}$) mai mici.

În figura (121) se arată creșterea aproximativă a razei pentru a micșora depresiunea pe creastă. În aceste condiții profilul de creastă cu rază mărită corespunde pentru $\frac{H_0}{R_S}$ de 0,3.

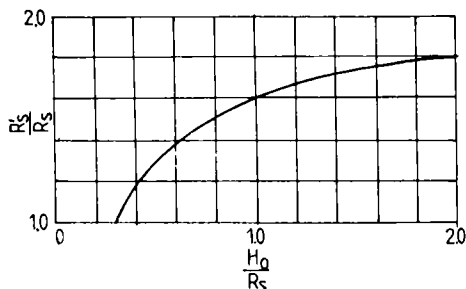


Figura (121) - Raze de creastă(circulară) mărite cerute pentru a reduce presiunea atmosferică pe creastă.

c) Proiectarea zonei de trecere deversor - puț

Se acceptă de regulă modelul jetului format de un orificiu orizontal.

Diametrul unui jet de apă creat de un orificiu orizontal poate fi determinat în orice punct sub nivelul apei din ecuația de continuitate ($Q = u \cdot v$), dacă frecarea și alte pierderi sînt neglijate.

Pentru un jet de apă circular aria este egală cu R^2 iar debitul este egal cu $Qv = \pi R^2 \sqrt{2gh}$. Prin rezolvare în raport cu R , rezultă $R = \frac{Qv^{1/2}}{5H_0^{1/4}}$, unde H_0 este diferența între nivelul apei și elevația considerată. Deci diametrul jetului de apă se micșorează cu distanța de cădere liberă pe verticală.

Dacă se consideră pierderile totale(prin contracție, frecare, pierderi de viteză din cauza schimbării direcției,etc.)

evaluate la $0,1 H_0$, ecuația pentru determinarea razei jetului devine:

$$R = 0,204 \frac{H^{1/2}}{H^{1/4}} \quad (1.22)$$

Folosirea acestei ecuații pentru determinarea formei puțului va conduce la o mărime minimă care permite trecerea apei fără obstacole și fără crearea presiunii pe pereții puțului vertical.

În figura (1.22), profilul punctat a,b,c reprezintă profilul puțului vertical obținut folosind ecuația (1.20).

Dacă profilul puțului abc, în zona de deasupra sect. AA se lărgeste așa după cum se vede din figură, linia b atunci începând de la A-A în jos, curgerea va fi sub presiune, jetul de apă trebuind să urmărească linia bc.

Secțiunea AA este o secțiune de control pentru modul de desăgurare a curgerii în continuare în puț, cot, galerie.

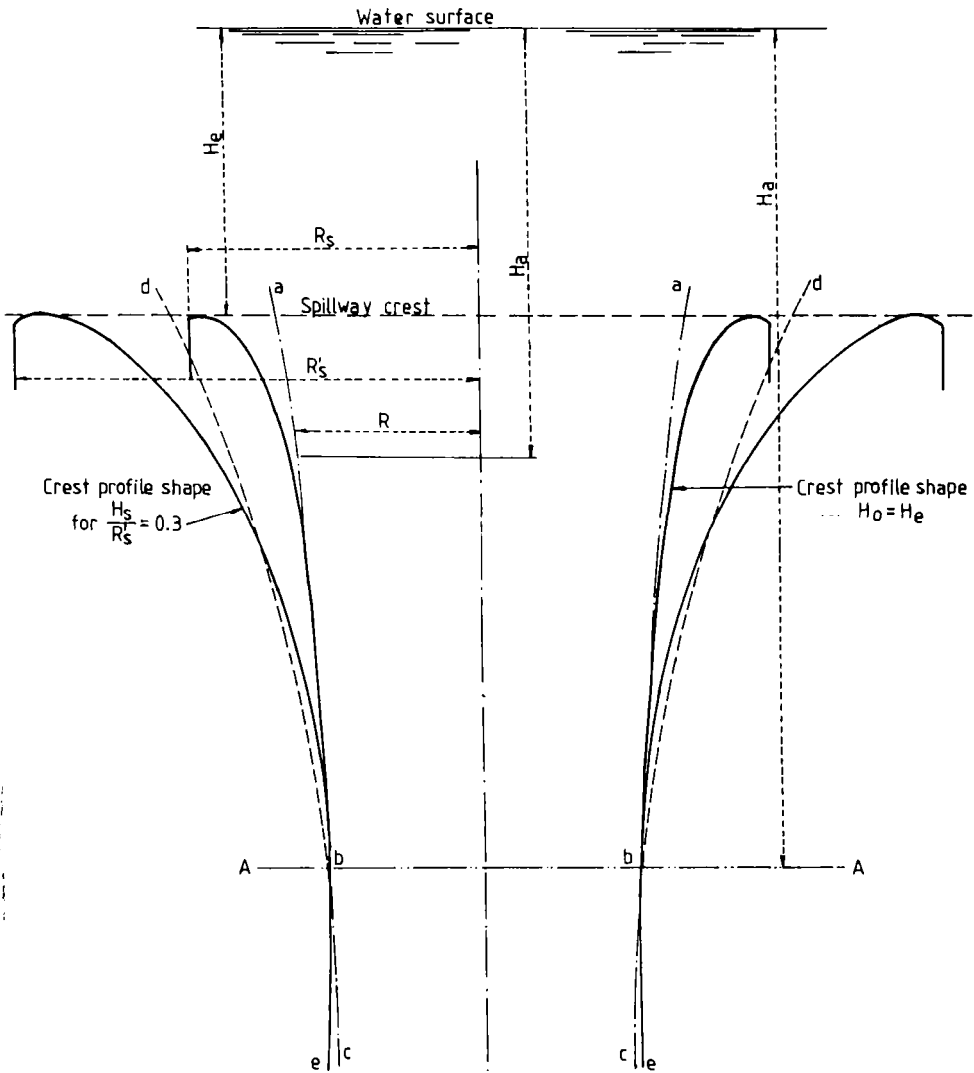


Figura (122) - Diferite forme ale profilului la accesul în puț.

Condițiile de curgere în sistem se pot urmări în fig. 122, unde se prezintă trei situații caracteristice la sarcini mai mici, la sarcina de proiectare (H_0) și la sarcini mai mari ($H > H_0$).

Se observă că proiectarea se face astfel încît la sarcina de proiectare a deversorului (H_0) curgerea în conductă să fie liberă fără a depăși un grad de umplere de 75%. În aceste condiții este asigurată aerarea și nu apar fenomene secundare care pot influența negativ funcționarea.

1.3.3. Exemplu de proiectare a unui deversor

Se consideră o sarcină de proiectare $H_0 = 3$ m la care trebuie să se realizeze o capacitate de descărcare de $48 \text{ m}^3/\text{s}$.

De asemenea se presupune că deversorul este suficient de înalt ($P/R_s > 2$).

Valoarea razei R_s deversorului se determină prin încercări luîndu-se diferite valori și calculînd pentru fiecare debitul.

Dacă presupunem $R_s = 2$ m, rezultă $H_0/R_s = 3/2 = 1,5$.

Pentru $H_0/R_s = 1,5$ și $P/R_s \gg 2$, prin folosirea diaramei din figura 32 rezultă valoarea coeficientului C_0 egală cu $C_0 = 1,35$.

Acest coeficient este transformat pentru sistemul de unități SI:

$$C_0 = 1,35 \times 0,952 = 0,74.$$

Prin folosirea formulei debitului în urma a numeroase încercări se obține în final:

$$\begin{aligned} Q &= C_0 \times 2 \times \pi \times R_s (H_0)^{3/2} \\ &= 0,74 \times 2 \times 3,14 \times 2 \times (3)^{3/2} \\ &= 48 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Din figura 34 $H_0/R_s = 1,5$ și $P/R_s \gg 2$ rezultă
 $H_s/H_0 = 1,013$.

de unde se calculează valoarea lui H_s ținându-se seama că $H_0=3\text{m}$.

$$H_s = 3 \times (1,013) = 3,039.$$

Se calculează parametrul $H_s/R_s = 3,039/2 = 1,5$.

Cu acești parametri prin folosirea tabelului 1 se determină coordonatele necesare trasării profilului de deversare.

Pentru proiectare, profilul de tranziție care trebuie să asigure trecerea unui debit de $48 \text{ m}^3/\text{s}$, cu o sarcină de $H_0 = 3 \text{ m}$, deasupra crestei (elevația suprafeței de apă este 124).

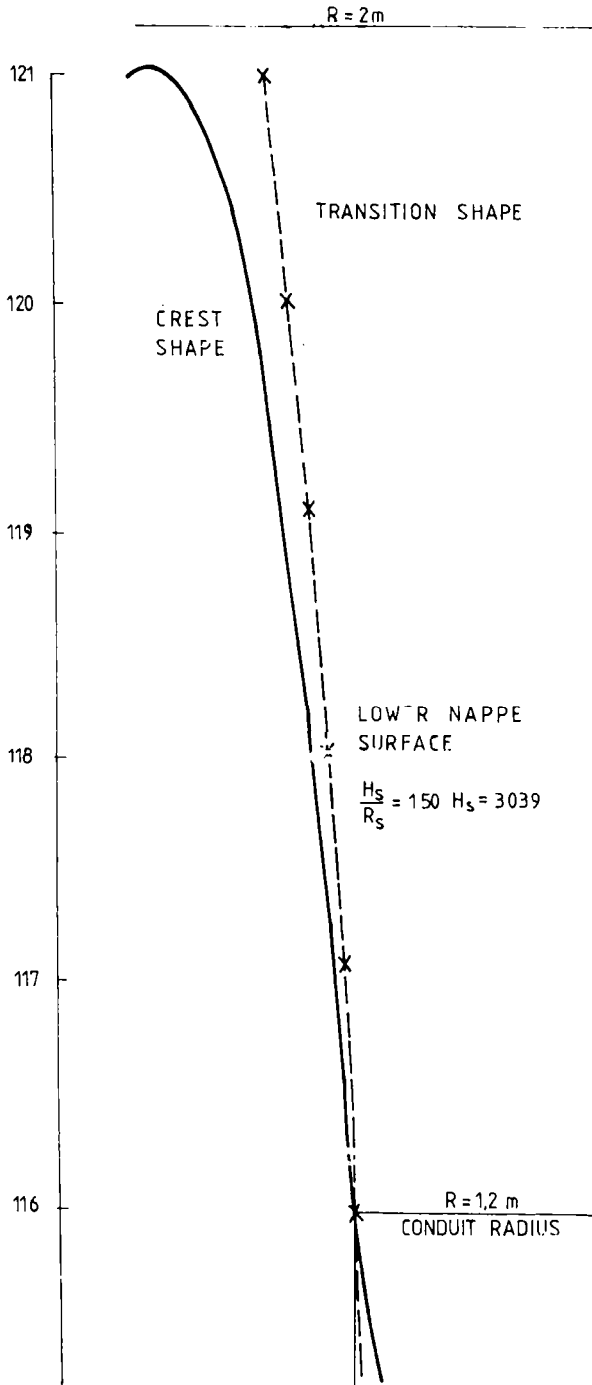


Figura 1.23 - Trasarea profilului deversorului pînă și zona de trecere.

În puț se va folosi o relație care permite determinarea razei puțului la diferite adâncimi:

$$R = 0,275 \times \frac{H_0^{1/2}}{H_a^{1/4}}$$

Punctele pentru trasarea (fig.123) profilului în zona de trecere sînt calculate și prezentate în tabelul următor:

Cota secțiunii	H_a	$H_0^{1/4}$	$R = \frac{1,91}{H_a^{(1/4)}}$
121	3	1,316	1,45
120	4	1,41	1,35
119	5	1,49	1,28
118	6	1,57	1,21
117	7	1,63	1,17
116	8	1,68	1,14

Tabela 15 - Punctele creastei și zona de trecere.

Urmează determinarea valorii minime a diametrului conductei de evacuare care asigură evacuarea debitului de la zona de trecere la ieșie la un grad de umplere de 75% din aria totală.

Pentru această problemă se ia diametrul conductei rezultate la sfîrșitul zonei de tranziție, $D = 2,4$ m, care se găsește la 5 m sub nivelul creastei. Atunci cota de intrare în conducta de evacuare este la 116 m.

Lungimea conductei de evacuare se calculează ținîndu-se seama de schema amenajării.

Pentru secțiune avem:

$$\text{Aria} = 0,75 (\pi)(1,2)^2 = 3,39 \text{ m}^2$$

$$\text{Viteza} = 48/3,39 = 14,16 \text{ m/s.}$$

$$\begin{aligned} \text{Viteza de sarcină } V^2/2g &= (14,16)^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 10,21 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$D - \text{diametrul conductei} = 2,4 \text{ m.}$$

d - adâncimea apei în conductă corespunzător ariei de 75% dau aria totală a secțiunii

$$d = 0,702 (2,4) = 1,68 \approx 1,7 \text{ m}$$

rezultând un pod de umplere de:

$$d/D = 0,702.$$

Cu formula lui Manning, pentru o valoare a coeficientului de rugozitate de $n = 0,018$ se obține succesiv

$$\text{panta hidraulică } S = \left[\frac{v \times n}{1,486 r^{2/3}} \right]$$

$$= \left(\frac{14,16 \times 0,018}{1,486 \times (0,75)^{2/3}} \right)^2 = 0,0447$$

respectiv pierderea de sarcină

$$h_f = 0,045 \times 113 = 5,06.$$

Cota la ieșire a conductei în aval este egală cu:

- (1) cota nivelului cotului, plus (2) sarcina de viteză la cot,
- minus (3) sarcina de viteză în conductă, minus (4) pierderile de sarcină în conductă, minus (5) adâncimea de curgere în aval.

Astfel cota de debugare este (fig.) de baraj:

$$\begin{aligned} 108,5 + 1/1,8 (124 - 108,5) - 10,21 - 5,06 - 1,68 = \\ = 100,14 \approx 100,00. \end{aligned}$$

In figura 124 este prezentată secțiunea transversală de baraj și reversor pînă, cu toate elementele discutate mai sus.
[77]

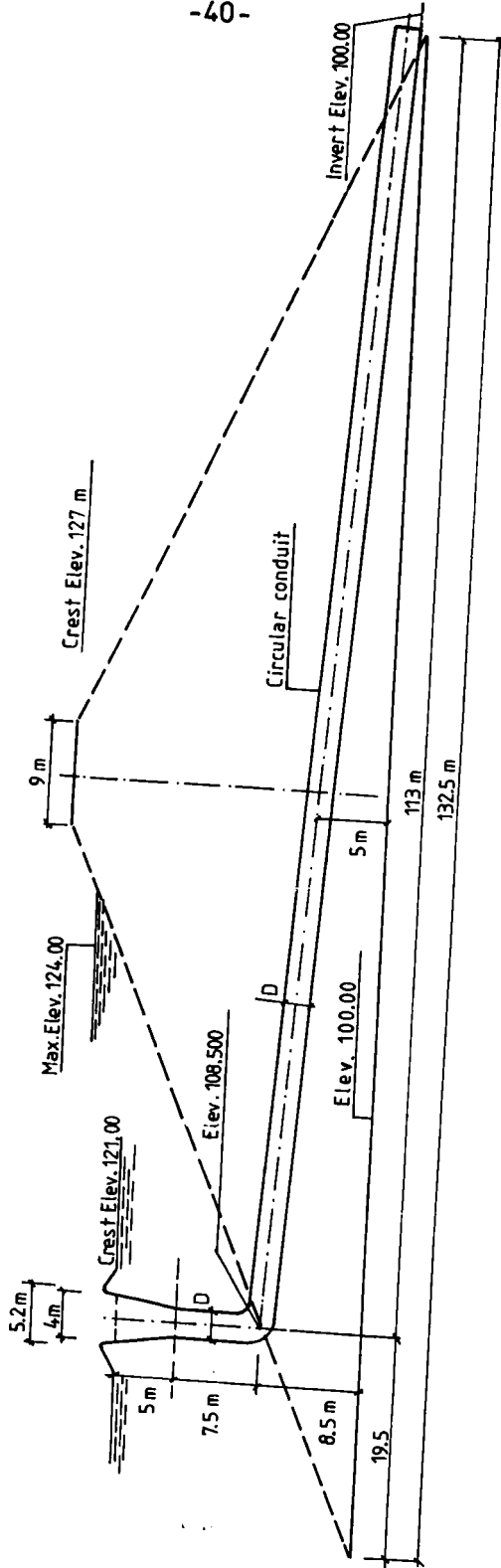


Fig. 124 - secțiunea transversală de baraj și devansorul pfinic.

1.3.4. Probleme deschise și obiective de cercetare
în hidraulica deversorului de tip pîlnie

Deși s-au consacrat numeroase studii și cercetări, elucidarea fenomenelor hidraulice în funcționarea deversoarelor de tip pîlnie, complexitatea acestora face ca să mai existe numeroase probleme deschise care necesită în continuare eforturi din partea cercetătorilor.

Unele dintre aceste probleme vor constitui obiectul prezentei teze de doctorat.

Dintre cele mai semnificative probleme hidraulice care necesită încă studii hidraulice aprofundate pentru elucidarea lor completă se menționează următoarele:

1. Dimensiunile și forma pîlniei, mai ales a celor de tip special cum este cazul deversorului cu petale (de tip "margăretă") capacitatea de descărcare coeficient de debit, etc.

2. Formarea și influența vârtejului cu ax vertical la accesul apei în pîlnie, efectul acestui vârtej asupra debitului și mijloacele de eliminare a lui.

3. Cunoașterea efectelor condițiilor de acces determinate de poziția pîlniei în raport cu limitele locului de amplasare în lac (în apropiere de baraj, maluri, etc.)

4. Fenomene secundare care apar în cotul de legătură dintre puțul vertical și galeria de evacuare (în mod deosebit distribuția presiunii).

5. Disipația energiei la debarașarea în aval a galeriei de evacuare.

Se mai menționează de asemenea o serie de fenomene secundare care în anumite situații pot afecta semnificativ condițiile de funcționare: efectele aerării, vibrații, fenomene de cavitație, etc. care constituie de regulă o clasă de probleme speciale.

În ceea ce privește primele două categorii de probleme

există studii teoretice, experimentale și semiempirice sistematice care permit proiectarea hidraulică de bază a acestor tipuri de descărcători ceea ce constă în: stabilirea dimensiunilor, a formei și a debitului deversorului, a condițiilor de eliminare a vârtejului și cu ax vertical prin construcțiile de dirijare (ex.pile).

Problema influenței condițiilor de acces este încă prea puțin studiată neexistând o metodologie generală pentru stabilirea efectului geometriei reale și alegerea pe această bază a unei poziții de așezare optime a deversorului. Aceeași apreciere generală este valabilă și pentru fenomenele locale din cotul de racordare și cele de disipatie la deșurare, menționate la punctul 4 și 5.

Pornind de la acest stadiu al cercetărilor și a problemelor deschise s-au fixat obiectivele cercetării în cadrul tezei:

1. Studiul influenței condițiilor de acces al apei la deversor ținându-se seama de poziția relativă reală față de frontierele lacului barajului constând din:

- elaborarea unui model fizico-matematic simplificat pentru reprezentarea condițiilor de acces;
- cercetări experimentale pe modele analogice urmărindu-se influența amplasamentului deversorului prin intermediul distribuției debitului pe conturul acestuia;
- aplicare de modele numerice pentru determinarea distribuției de debite pe conturul deversorului în condiții de acces într-un domeniu limitat.

2. Stabilirea unor criterii de proiectare pentru alegerea amplasamentului deversorului, urmărindu-se o influență cât mai redusă a pereților asupra distribuției de debite.

3. Determinarea prin măsurători pe model hidraulic a distribuției presiunilor în cotul de legătură dintre puțul vertical și galearia de evacuare, pentru a se evidenția zonele periculoase din punct de vedere al apariției unor modificări locale mari ale presiunii

(mai ales a depresiunilor).

4. Cercetări pe model hidraulic privind condițiile de debușare și de disipare a energiei într-un bazin divergent și stabilirea unui criteriu rapid de evaluare a eficienței disipatorului pe baza afuierilor produse pe un pat mobil din aval.

Se menționează că obiectivele de la punctele 3 și 4 au fost cercetate de autor în cadrul laboratorului de Hidraulică din Katholieke Universiteit LEUVEN - Belgia - 1986 și sînt prezentate în anexă la prezenta lucrare.

Principalele două obiective în prezenta secțiune cercetărilor și conținutul sînt prezentate în prezenta lucrare, și vor fi întreprinse în cel puțin unul din articolele de prezentare la Facultatea de Hidrotehnică din Cluj-Napoca.

CAPITOLUL 2.

CONTRIBUTII LA ELABORAREA UNUI MODEL FIZICO-MATEMATIC PENTRU REPREZENTAREA HIDRAULICII ACCESULUI APEI LA DEVERSORUL PÎLNIEI

2.1. Considerații generale

Din analiza studiului actual a hidraulicii deversorului pîlnie din capitolul (1) a rezultat că una dintre problemele de bază care nu și-a găsit încă o soluționare corespunzătoare, o constituie influența condițiilor de acces, determinate în principal de frontierele lacului, asupra distribuției debitului pe conturul deversorului [47],[59]. . Deși există unele cercetări în acest sens care atrag atenția asupra importanței neuniformității distribuției debitului pe conturul deversorului ca urmare a apropierii de pereți, a condițiilor de acces asimetrice în general, această problemă nu a fost încă cercetată în mod sistematic. Lucrarea citată [47] se ocupă în mod sistematic cu efectul global al acestei neuniformități în strînsă legătură cu formarea unui macrovîrtej cu ax vertical în jurul deversorului.

În [59], așa după cum s-a prezentat în primul capitol, se prezintă unele formule de calcul pentru distribuția de viteze în situații particulare (perete plan) și se dau recomandări privind amplasarea și forma pereților (pilelor de dirijare), pe baza modelului potențial al mișcării.

Eliminînd formarea vîrtejului cu ax vertical prin lucrări de dirijare adecvate (ex.pile) rămîne de studiat efectul exclusiv al apropierii pereților laterali, a condițiilor de acces în general (forma lacului, direcția de alimentare, apropierea de pereți) asupra distribuției de debit pe conturul deversorului, obiectivul fundamental al prezentei lucrări.

Pentru elucidarea completă a acestor probleme ar fi necesar un amplu program experimental pe modele hidraulice, fără a avea însă posibilitatea nici pe astfel de modele de a epuiza toate situațiile

ce se pot ivi în practică.

Din acest motiv în cadrul lucrării se propune elaborarea unor modele fizico-matematice simplificate care permit o rezolvare mai comodă și mai rapidă a problemei condițiilor de acces și de amplasament al deversorului.

Pe baza acestor modele (metode) se vor putea analiza relativ ușor un număr foarte mare de variante urmînd ca eventuale verificări pe modele hidraulice să se efectueze numai pentru cîteva variante finale.

2.2. Model fizico-matematic simplificat pentru reprezentarea condițiilor de acces la deversor

Analizînd condițiile mișcare într-o cuvă (ex.lac de acumulare) către un deversor de descarcare amplasat undeva în lac, se constată următoarele caracteristici generale ale mișcării, mai ales în condițiile unor acumulări de șes, realizate cu baraje (diguri) de mică și medie înălțime:

- adîncimi (h) relativ mici față de extinderea în plan a domeniului în care are loc mișcarea, ($\tilde{h} \ll L$)
- mișcarea relativ lentă, ceea ce face ca să se păstreze caracterul lamiar al curgerii.
- liniile de curent nu prezintă curburi accentuate decît în diferite zone locale.

O schemă de acest tip se poate urmări în fig.2.1.

Pe baza acestor caracteristici ale curgerii apare naturală ideea de a introduce un model simplificat de tip Poisenille.

Pornind de la ecuațiile lui Navier-Stokes

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{g} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \vec{V} \quad (2.1)$$

în condițiile specifice mișcării considerate mai sus și în regim de mișcare staționar aceasta se simplifică sub forma:

$$0 = \vec{g} - \frac{1}{\rho} \Delta p + \nu \Delta \vec{V} \quad (2.2)$$

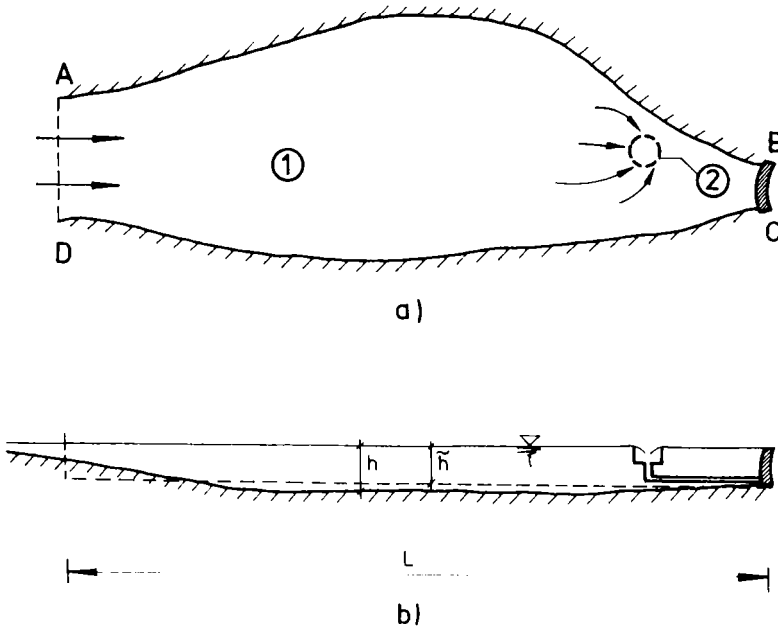


Fig. 2. 1.

Schema unui lac de acumulare prevăzut cu un descărcător circular :

- a) — vedere în plan b) — secțiune longitudinală
 h — adâncimea curentă
 \tilde{h} — adâncimea medie
 ① — lac ② — contur deversor

În obținerea acestei forme simplificate s-a ținut seama de următoarele:

- regim de mișcare staționar $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = 0$
- neuniformitate relativ redusă a mișcării ceea ce permite neglija termenului inițial: $(\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} = 0$ și de asemenea introducerea aproximărilor:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} \approx 0, \quad \frac{\partial v_x}{\partial y} \approx 0$$

$$\frac{\partial v_y}{\partial x} \approx 0, \quad \frac{\partial v_y}{\partial y} \approx 0$$

(2,3)

De asemenea se menționează că viteza de mișcare într-un sistem de axe particular, cu planul XOY orizontal (la nivel liber) și axa OZ după verticala ascendentă (fig 2.2) are expresia:

$$\vec{V} = \vec{i}V_x + \vec{j}V_y \quad (2.4)$$

adică componenta $V_z \approx 0$, iar celelalte componente sînt în funcție de (x, y, z) .

$$V_x = V_x(x, y, z) \quad (2.5)$$

$$V_y = V_y(x, y, z)$$

În aceeași situație (2), \vec{g} este accelerația gravitațională ($\vec{g} = -k\vec{g}$) ρ este densitatea apei, ν este vîscozitatea cinematică, p este presiunea iar $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ sînt versorii axelor de coordonate iar ∇ și Δ au semnificațiile cunoscute din calculul vectorial:

$$\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

În aceste condiții ecuațiile scalare corespunzătoare ecuațiilor vectoriale (2.3) sînt:

$$\frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} - \frac{1}{\rho\nu} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} - \frac{1}{\rho\nu} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

$$-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} = g$$

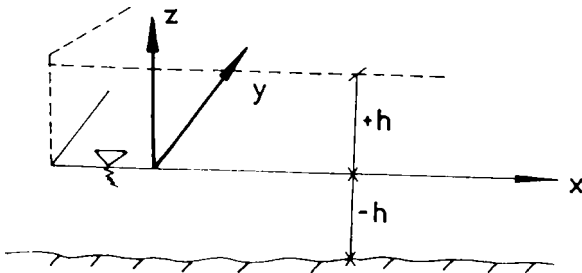


Fig.2.2. Sistemul de axe

Analizînd aceste forme ale ecuațiilor se observă ca pe baza ultimei ecuații presiunea se poate pune sub forma:

$$p = p(x, y) - gz \quad (2.7)$$

adică $\frac{\partial p}{\partial x}$ și $\frac{\partial p}{\partial y}$ sînt independente de variabila "z". Pe baza acestei observații este posibilă integrarea în raport cu z a primelor două ecuații obținându-se pentru un orizont dat.

$$V_x = \frac{1}{2\mathcal{F}v} * \frac{\partial p}{\partial x} z^2 + C_1 z + C_2 \quad (2,8)$$

$$V_y = \frac{1}{2\mathcal{F}v} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot z^2 + C_3 z + C_4$$

Constantele de integrare se determină din condițiile de margine ale mișcării.

În acest scop se consideră o extindere a domeniului mișcării prin simetrie în raport cu oglinda apei (fig.2.2), ajungîndu-se astfel la un model de mișcare între doi pereți plani ($\mathcal{Z} = \pm h$) cu:

$$Z = -h \text{ fundul lacului}$$

$$Z = +h \text{ peretele fictiv obținut prin extinderea simetrică:}$$

Cu aceste precizări condițiile din care se obțin constantele de integrare sînt:

$$\begin{aligned} Z = \pm h, & \quad V_x = V_y = 0 \\ Z = 0 & \quad \frac{\partial V_x}{\partial z} = \frac{\partial V_y}{\partial z} = 0 \end{aligned} \quad (2,9)$$

Utilizînd aceste condiții, din (8) se obțin expresiile componentelor vitezei:

$$V_x = -\frac{1}{2\mathcal{F}v} \frac{\partial p}{\partial x} (h^2 - z^2) \quad (2,10)$$

$$V_y = -\frac{1}{2\mathcal{F}v} \frac{\partial p}{\partial y} (h^2 - z^2)$$

respectiv în formă vectorială:

$$\vec{V} = -\frac{1}{2\mathcal{F}v} (h^2 - z^2) \nabla p \quad (2,11)$$

Integrînd în continuare în raport cu "z" se poate calcula viteza medie pe verticală (h), într-un punct (x,y):

$$V_{xm} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 V_x \cdot dz \quad (2,12)$$

$$V_{ym} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 V_y \cdot dz$$

obținându-se:

$$v_{xm} = - \frac{h^2}{\delta \rho V} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial x}$$

$$v_{ym} = - \frac{h^2}{\delta \rho V} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial y}$$
(2.13)

Considerînd pentru (h) o valoare medie caracteristică întregului domeniu " \tilde{h} " și introducînd potențialul hidraulic definit prin:

$$h = \frac{\rho}{\gamma \delta} \quad (2.14)$$

care reprezintă de fapt adîncimea curentă ($h(x,y)$) și respectiv un coeficient de "conductivitate" definit prin:

$$\sigma = \frac{\tilde{g} h^2}{\delta \gamma} \quad (2.15)$$

componentele (2.13) ale vitezei medii se exprimă sub forma:

$$v_{xm} = -\sigma \frac{\partial h}{\partial x} \quad \text{și} \quad v_{ym} = -\sigma \frac{\partial h}{\partial y} \quad (2.16)$$

respectiv vectorial

$$\vec{v}_m = -\sigma \nabla h \quad (2.16')$$

Apelînd în continuare la ecuația de continuitate

$$\nabla \cdot \vec{v}_m = 0 \quad (2.17)$$

se obține:

$$\nabla \cdot (\sigma \cdot \nabla h) = 0 \quad (2.18)$$

respectiv:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\sigma \frac{\partial h}{\partial y} \right) = 0 \quad (2.18')$$

care reprezintă modelul matematic al mișcării obținut prin intermediul simplificărilor de ordin fizic menționate mai sus, motiv pentru care titlul capitolului se referă la un model fizico-matematic simplificat al mișcării.

Modelul obținut corespunde unei probleme de potențial bidimensional guvernate de o ecuație cu derivate parțiale de tip eliptic (2.18').

Prin variabilitatea "conductivității" se pot cuprinde și situații mai complexe având cava (lacul), care prezintă zone cu adâncimi diferite.

În condițiile unei cive cu adâncime aproximativ constantă ($G = \text{constant}$) modelul se reduce la o problemă de potențial guvernat de o ecuație cu derivate parțiale de tip Laplace.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad (2.19)$$

Forma relativ simplă a modelului fizico-matematic coșinat permite utilizarea întregului arsenal de metode din teoria și practica soluționării problemelor de mișcare potențiale.

2.3. Metode de rezolvare a modelelor matematice propuse, condiții de margine

În paragraful precedent s-a dedus modelul matematic general, simplificat, al curgerii către deversoarele circulare, obținându-se în cazul general o ecuație cu derivate parțiale de tip eliptic (218), respectiv, în cazul unui rezervor cu adâncimea aproximativ constantă, ecuația de tip Laplace (219).

Pentru rezolvarea acestor modele matematice există numeroase metode de rezolvare dintre care cele mai uzuale sînt:

- a. metode matematice
 - a.1.- analitice
 - a.2.- numerice
- b. metode experimentale
 - b.1.- analogice
 - b.2.- hidraulice

Pentru aplicarea oricăreia dintre aceste metode, alături de modelul matematic general (218) sau (219) trebuie să se precizeze:

- domeniul mișcării (rezervorul)
- condițiile de margine

Domeniul mișcării este format din lacul de acumulare ocupat de apă.

Condițiile de margine sînt determinate de valorile măsurilor hidraulice pe frontierele domeniului ocupat de apă.

- pe porțiunile limitate de maluri de baraj sau de fundul lacului, adică apa în contact cu un perete solid se impune condiția fizică de viteză normală nulă, ceea ce exprimată cu ajutorul funcției "h" revine la gradient nul:

$$\frac{\partial h}{\partial n} = 0 \quad (2.20)$$

- pe porțiunile de alimentare cum ar fi limitele amonte ale lacului unde există un aflux de debit, respectiv conturul deversant al deversorului, se consideră valorile lui "h" date.

Un exemplu de precizare a condițiilor la limită este prezentat

în fig.2.1.

- conturul ABCD și radierul sînt frontiere impermeabile (condiție de tip(2,20))

- porțiunea AB și conturul Cd al deversorului sînt frontiere de alimentare (condiție cu "h" - precizat)

O problemă specială o constituie zona din apropierea deversorului unde apare în general și o mișcare în plan vertical. În fig. 2.3. sînt schematizate două situații care sînt practice.

a. Cazul unui deversor "perfect" (fig.2.3.a) adică fără prag (caz mai rar întîlnit în practică, dar prezentat ca un caz limită de funcționare în studiul acestor tipuri de deversoare [6]).

b. Cazul deversorului cu prag, schematizat în fig.2.3.b,caz curent întîlnit în practică, denumit în continuare deversor cu acces imperfect.

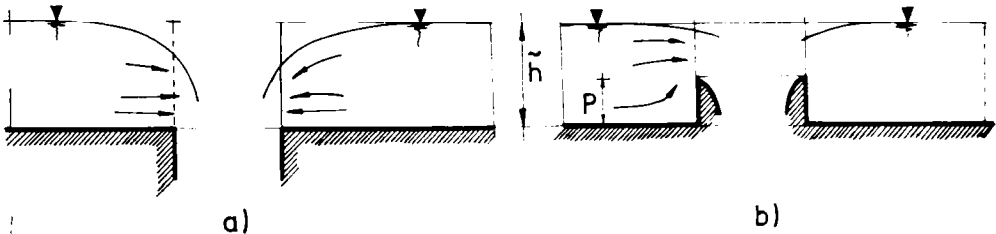


Fig.2.3

Schematizarea admisiei apei la deversor

În cazul a - mișcarea își păstrează caracterul plan (planul orizontal XOY), inclusiv în vecinătatea deversorului, în condițiile unui curent gradual variat în acest caz deci se poate aplica modelul bidimensional, fără alte corecturi.

În cazul b - apar neuniformități pronunțate în plan vertical, cauzate de prezența pragului, mai ales dacă $P/h > 0,2-0,3$ în acest caz deci fie că se apelează la un model tridimensional, fie că se introduc schematizări suplimentare.

În aplicarea metodelor experimentale (analogice sau hidraulice), reproducerea condițiilor de intrare reale nu prezintă dificultăți.

În aplicarea metodelor matematice, inclusiv a celor numerice, mișcarea tridimensională conduce la dificultăți considerabile. Din acest motiv se propune o schematizare prin care efectul local tridimensional se echivalează cu o cădere de sarcină Δh , dependență de gradul de parametrul p/\tilde{h} și de debit. În evaluarea lui Δh se poate recurge la metoda echivalenței locale introdusă în probleme de infiltrații [133]. Astfel Δh se poate evalua cu o relație de forma:

$$\Delta h = \frac{\phi}{\sigma} \frac{2}{\pi} \ln \left(\frac{1}{\cos \frac{\pi p}{2h}} \right) \quad (2.21)$$

unde σ are expresia (2.19) iar ϕ este debitul specific pe unitatea de lungime a deversorului.

Se comentează în continuare posibilitățile de aplicare a diferitelor metode.

a.1. Metodele analitice oferă soluții numai în anumite situații particulare cum ar fi de exemplu cazul semiplanului, pe baza căruia s-au dedus relațiile (1.18) (1.19) în [59].

Alte domenii conduc deja la dificultăți iar în caz general cum ar fi cel din fig.2.1. este practic nerezolvabil analitic.

a.2. Metodele numerice sînt cele mai potrivite pentru rezolvarea problemei în condiții mai generale. Dintre metodele numerice aplicabile se menționează:

- metoda diferențelor finite
- metoda elementului finit
- metoda elementelor de frontieră

În cadrul lucrării vor fi aplicate ultimele două metode. Prezentarea lor detaliat și analiza comparativă va fi făcută în capitolul 4.

Metodele experimentale sînt evident mai laborioase și dificile dar oferă elemente (de verificare) suplimentare față de cele numerice.

b.1. Metoda analogică (electrohidrodinamică) va fi prezentată în detaliu în capitolul 3, cuprinzând bazele teoretice ale metodei și un amplu program experimental. Se menționează că pentru metodele numerice, metoda analogică constituie o foarte bună modalitate de verificare.

b.2. Metoda hidraulică prezintă dificultăți deosebite și un cost ridicat motiv pentru care ea se recomandă numai în cazuri deosebite și pentru variantele finale.

Prin aplicarea acestor metode, în mod deosebit cele expeditiv (cele numerice și eventual metoda analogică) se pot compara relativ rapid numeroase variante de dispunere a deversorului, alegându-se pe această bază varianta optimă.

Programul experimental (analogic) și exemplele de aplicare a metodelor numerice urmărește:

- evidențierea influenței geometriei lacului și a locului de amplasare a deversorului asupra condițiilor de acces, în mod deosebit prin intermediul distribuției de debit.

- să ofere o metodologie eficientă de a stabili poziția cea mai favorabilă de dispunere a deversorului, efectul real al pereților și indicații precise privind amenajarea eventuală a unor lucrări de dirijare.

ANEXA 3.

CONTRIBUȚII LA APLICAREA METODEI DE ANALOGIE ELECTROHIDRODINAMICĂ LA STUDIUL CONDIȚIILOR DE ACCES LA DEVERSORE CIRCULARE.

3. PREZENTAREA SĂBILOR METODEI ANALOGICE

Metoda analogiei electrohidrodinamice are la bază identitatea formelor modelelor matematice corespunzătoare celor două fenomene luate în studiu:

- mișcarea apei în lac înspre deversor (ec210), respectiv (ec219)

- "mișcarea curenților electrici în ulei" (electrolit), descrisă de legea lui Ohm.

În tabelul 3. se prezintă tabelul comparativ al mărimilor corespundente (analogice).

Tabelul 3.

Mișcarea apei în cava	"Mișcarea" curenților electrici
1. Expresia generală a vitezei medii în mișcarea apei $\vec{V}_m = -G \text{ grad } h$	$\vec{I} = -\frac{1}{R} \text{ grad } U$ - potențial electric
h - potențialul hidraulic	U - potențialul electric
G - rezistivitatea hidraulică	R - rezistența electrică
V_m - viteza medie pe verticală a apei	I - intensitatea specifică a curenților electrici.
ρ - densitatea lichidului	ρ - densitatea curenților
2. Ecuația de continuitate $\nabla \vec{V}_m = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0$	2. Ecuația de continuitate $\nabla \vec{I} = \frac{\partial i_x}{\partial x} + \frac{\partial i_y}{\partial y} = 0$
x, y - coordonate în sensurile mișcării apei	x, y - coordonate în sensurile curenților
(D)	(D)
3. Ecuația generală $\frac{\partial}{\partial x} \left(G \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial h}{\partial y} \right) = 0$	3. Ecuația generală $\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{R} \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{R} \frac{\partial U}{\partial y} \right) = 0$

$$\text{sau} \quad \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

$$\text{sau} \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

Introducând o scară geometrică definită prin

$$\alpha_e = \frac{L}{L^*} \quad (3.1)$$

modelarea va consta în realizarea unui model electric la această scară pe care apoi se introduc condițiile la limită rezultate pe baza tabloului analogic:

mal(impermeabil)		impermeabil electric
hidraulic $\frac{\partial h}{\partial n} = 0$		$\frac{\partial u}{\partial n} = 0$
contur de alimentare		contur de alimentare
(h = h ₀ = dat)		(U = U ₀ = dat)

Dacă $\tilde{\sigma}$ este variabil, pe modelul electric va trebui realizate zone cu conductivități diferite corespunzătoare. (3.2)

$$\alpha_{\tilde{\sigma}} = \frac{\tilde{\sigma}}{1/\rho} = \text{const} \Rightarrow \frac{\tilde{\sigma}_1}{1/\rho_1} = \frac{\tilde{\sigma}_2}{1/\rho_2} \Rightarrow \frac{\tilde{\sigma}_1}{\tilde{\sigma}_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

La realizarea practică a modelării, corespondența potențialelor hidraulice (h) și electric (U) se determină în valori relative ținându-se seama de condițiile:

$$\begin{array}{ccc} h_{\max} \longleftrightarrow U_{\max} & & h_{\min} \longleftrightarrow U_{\min} \end{array} \quad (3.3)$$

$$\begin{array}{ccc} h_{\max} - h_{\min} & \longleftrightarrow & U_{\max} - U_{\min} \end{array} \quad 100\%$$

Pe această bază se obțin:

$$h = h_{\min} + \frac{U}{100} (h_{\max} - h_{\min}) \quad (3.4)$$

Pentru măsurarea directă a debitelor (fluxurilor) există posibilitatea utilizării unei scheme de montaj adecvate oferită de o punte specială care permite măsurarea rezistenței totale, respectiv a rezistențelor parțiale ale modelului.

Astfel din relațiile fundamentale de analogie se deduce relația [3.3]

$$\frac{Q}{\tilde{\sigma} \tilde{h} \Delta H} = \frac{\rho_e}{h_e \cdot Re}$$

unde:

Q - debitul hidraulic,

$\tilde{\sigma}$ - "conductivitatea" hidraulică

$$(3.5)$$

\tilde{h} - adîncimea medie a apei

ΔH - denivelarea sub care se produce scurgerea,

f_e - rezistivitatea electrică

\tilde{h}_e - ad. electrodului pe model

R_e - rezistența măsurată pe model

Dacă ne interesează debitul relativ (ex.distribuția de debite) se poate obține o expresie simplificată scriind relația (3.5) pentru debitul parțial ΔQ_i , respectiv pentru debitul total Q , avînd aceeași denivelare:

$$\frac{\Delta Q_i}{Q} = \frac{R_e}{R_{ei}} \quad (3.6)$$

Pe baza acestei relații determinarea distribuției de debite revine la măsurarea rezistenței globale (R_e) a sistemului, respectiv a rezistenței parțiale (R_{ei}) corespunzătoare unei porțiuni, evident în aceleași condiții de funcționare.

Schema de principiu pentru asemenea măsurători, utilizînd o punte specială, (BR1ND1 B-642) este prezentată în fig.3.1.

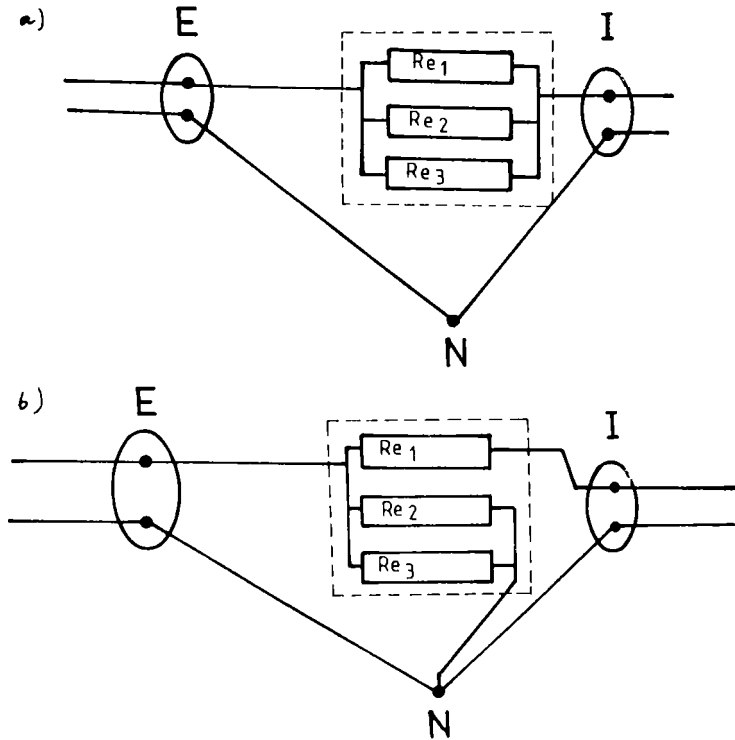


Fig.3.1 Schema de principiu pentru măsurarea rezistențelor punte B-642

În fig.3.1a se măsoară rezistența totală R_e , iar în fig.3.1b rezistența parțială R_{e1} , cu păstrarea aceluiași condiții pe ansamblul modelului încadrat punctat, (prin legarea la neutrul "N" - a celorlalte elemente.

Modelul în detaliu va fi prezentat în paragraful viitor.

3.2. Realizarea modelelor analogice

Principalele elemente ale modelului și schema de model sînt:

- cuvă de modelare executată din triplex
- modelul deversorului executat din triplex și plăcuțe de Cupru
- o punte de măsură de tip BRINDI- B 642

Schema generală de montaj în care apar elementele menționate mai sus este prezentată în fig.3.2 prin care se pot realiza cele două

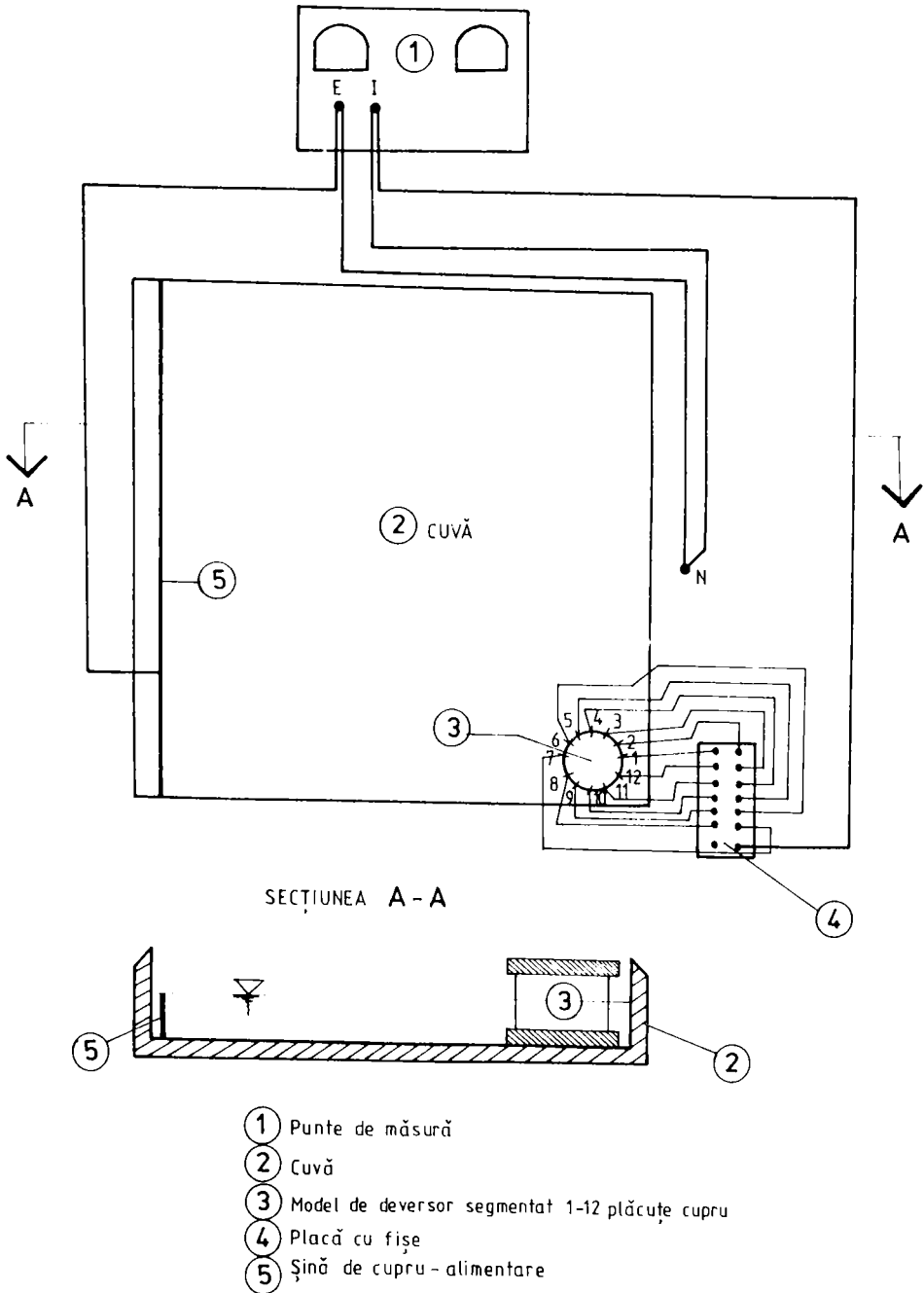


Fig.3.2. SCHEMA GENERALĂ DE MONTAJ PENTRU MODELUL ANALOGIC

tiunii de măsuratori de rezistență în fig. (3.1.a.b) paragraful (3.1).

În fig. 3.3 este prezentată schișa modelului analogic al deversorului. Se pot distinge cele 12 plăcuțe de Cupru, montate izolat în scopul determinării distribuției debitului pe conturul deversorului.

Aceste scheme de montaj prin analogie cu cele din fig. (3.1.a.b) permit măsurarea rezistențelor R_e (rezistența totală a modelului) și R_{ei} (rezistențele corespunzătoare plăcuțelor, cu păstrarea condițiilor de funcționare în sisteme).-

Cunoașterea acestor rezistențe, pe baza relației (3.6) se poate apoi determina distribuția de debit (relative) de-a lungul conturului deversorului.-

În fig. 3.4-5 sînt prezentate aspecte ale standului experimental analogic și a modelelor analogice ale deversoarelor.-

3.3. Prezentarea programului și a rezultatelor. experimentale.

Pentru evidențierea influenței pereților cuvei (lacului) asupra distribuției debitului pe conturul deversorului, în dependență cu poziția acestuia, s-a procedat la poziționarea deversorului în raport cu pereții cuvei. Pentru a avea o imagine cât mai fidelă a efectelor pereților s-a avut în calculerare un număr de 10 poziții ale deversorului, definite prin coordonate relative la pereți.-

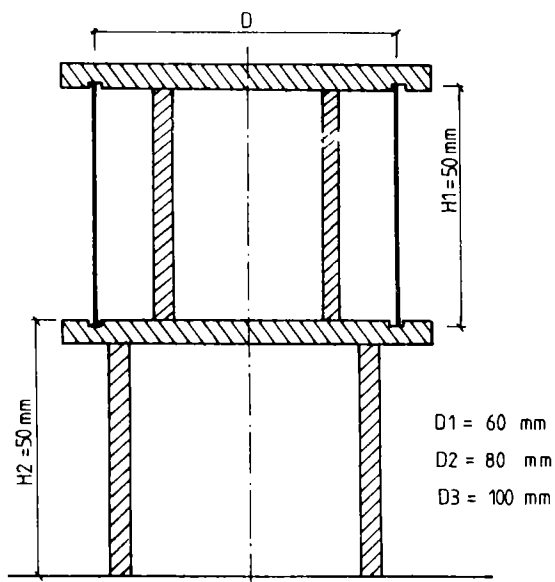
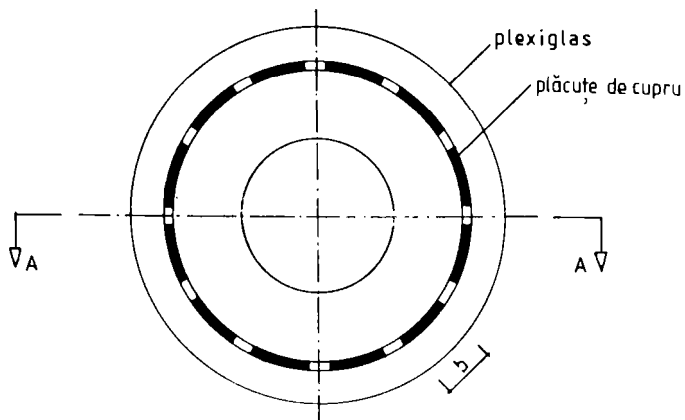
În fig. 3.6. este prezentată schema de dispunere a toate pozițiile experimentale, în cazul unui lac de forma dreptunghiulară.

- Pozițiile I, II, III, IV, se disting prin abscisa relativă x/D a centrului deversorului.-

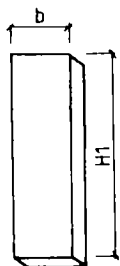
- Pozițiile A, B, C, D, se disting prin coordonata relativă y/D a aceluiași centru unde D este diametrul deversorului.

. Cu ajutorul acestor coordonate relative, o poziție este definită prin $(X/D, Y/D)$ și este indicată prin $I_A, I_B \dots II_A \dots II_D \dots IV_A$ etc., care permite o identificare ușoară a poziției în figuri.

La fiecare poziție a deversorului s-a urmărit determinarea distribuției relative a debitului pe conturul deversorului. În acest scop conturul s-a împărțit în 12 elemente (12 plăcuțe de cupru).



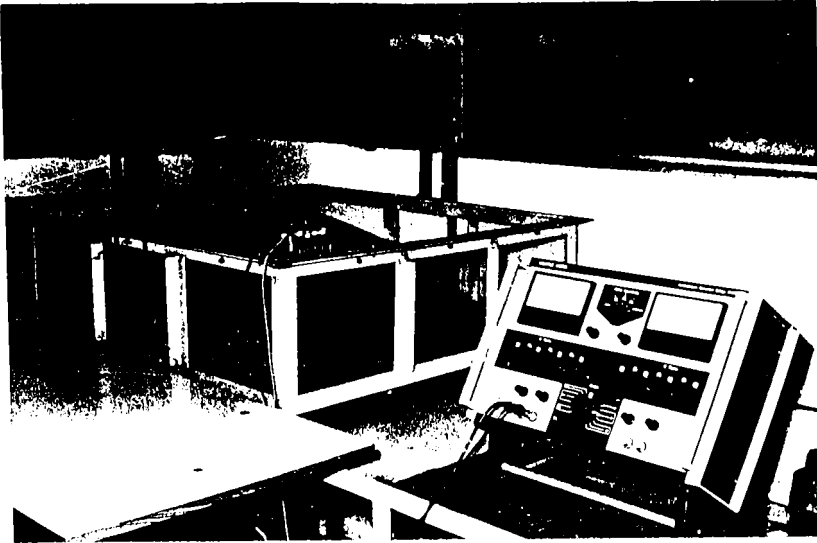
SECȚIUNEA A-A



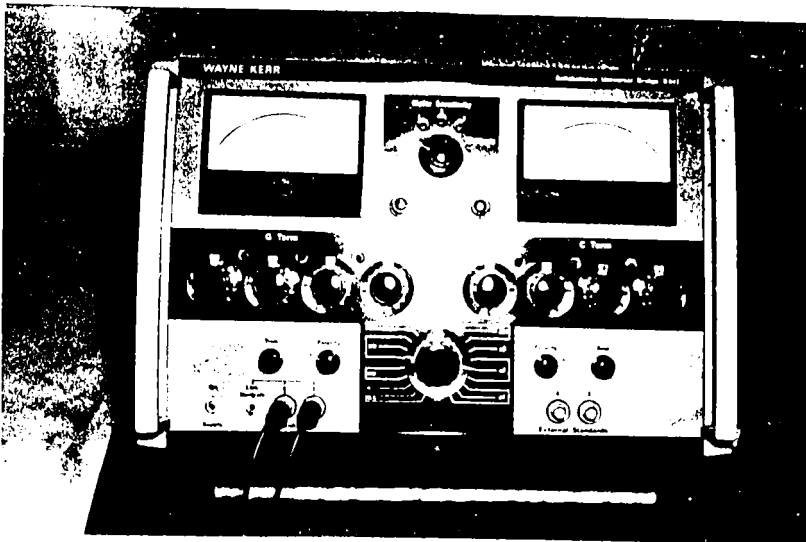
- b1 = 15 mm
- b2 = 20 mm
- b3 = 25 mm

Dimensiunile plăcuțelor de cupru

Fig.33. Schema modelului analogic al deversorului



a.) Vedere generală a modelului și a aparaturii analogice



b.) Vederea puntei de măsură

Fig.3.4 Aspecte ale standului experimental analogic

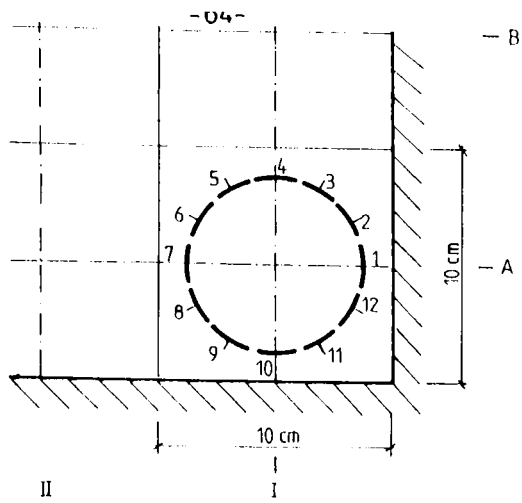


a.) Vedere de ansamblu a modelului pentru un lac triunghiular



b.) Vedere de detaliu a modelului deversorului

Fig. 3.5. Modele analogice ale deversorului



Detaliul unei poziții

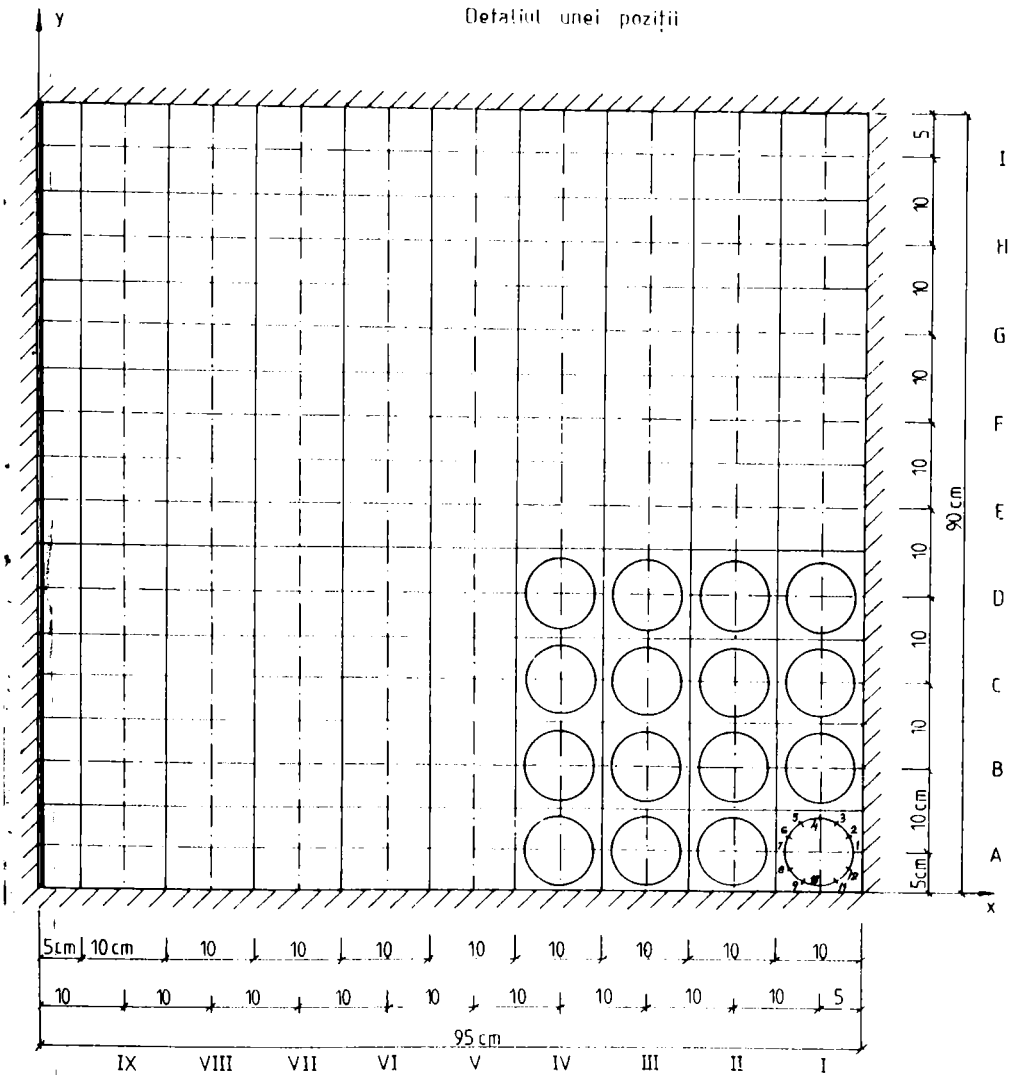


Fig.3.6.Schema de dispunere, cu pozițiile deversorului experimentat.

fig.3.5.) marșutate cu cifre arabe (1-10), în fig.3.6. se pot urmări pozițiile acestor elemente în raport cu suprafața lacului în cursul. Acesta este orientare și pozițiile elementelor s-au păstrat pe parcursul experimentelor.

Programul experimental cuprinde și alte forme de lac (lac) cum este cazul trapezoidal și al limitei triunghiulară. Poziționarea și verificarea s-a efectuat în același sistem și se poate urmări în fig. 3.17 și 3.22.

Prin măsurarea rezistenței pe element R_{p1} , respectiv a rezistenței totale, s-a determinat, pe baza relației (36) debitul specific Q în % 100 %.

Principali parametri în desfășurarea experimentărilor sînt:

- diametrul deversorului exprimat prin parametrul adimensional (h_0/D) ;

- înălțimea relativă a pragului deversorului, exprimat prin parametrul dimensional P/h_0 unde h_0 este adîncimea medie a apei.

Pentru parametrul h_0/D , s-au luat două valori $h_0/D = 0,263$ și $h_0/D = 0,413$. Pentru înălțimea pragului s-au considerat valorile

$P_1/h_0 = 0,95$ $P_2/h_0 = 1,45$.-

Rezultatele măsurătorilor pentru 10 poziții ale deversorului sînt prezentate în trei moduri:

- tabelar: - pentru lacul dreptunghiular
tabelele: 3.2 - 3.18
- pentru lacul trapezoidal
tabelele: 3.19 - 3.22
- pentru lacul triunghiular
tabelele: 3.23 - 3.26

Diagrame de distribuție reprezentate:

- pentru lacul dreptunghiular
fig. 3.7 - 3.13
 - pentru lacul trapezoidal
fig. 3.18 - 3.21
 - pentru lacul triunghiular
fig. 3.23
- + diagrame de distribuție reprezentate pe circumferința deversorului
- pentru lacul dreptunghiular
fig. 3.8 - 3.14
 - pentru lacul triunghiular
fig. 3.24

3.4. Interpretarea rezultatelor măsurătorilor, Concluzii

Din tabelele și diagramele de distribuție a debitului se evidențiază în mod pregnant influența poziției deversorului în raport cu pereții cuvei (lacului). Se poate observa o variație foarte largă a neuniformității debitului astfel față de o medie de $(\Delta Q/Q = 8,33 \%)$, apar valori extreme : minimă de $0,4 \%$ pentru elementul 12 poziția I_A , maximă de $15,9 \%$ pentru elementul 7 și aceeași poziție I_A , adică deversorul așezat în colț foarte apropiat de pereți.

Aceste extreme se atenuează odată cu depărtarea de la pereți, poziția cea mai favorabilă, așa cum era de așteptat este cea corespunzătoare lui IV-D, în această poziție $(\Delta Q/Q)_{\max} = 11,4 \%$ și $(\Delta Q/Q)_{\min} = 4 \%$. Se observă deci că distribuția prezintă neuniformități și în poziții îndepărtate de pereți. Cauza acestei neuniformități se datorează condițiilor de acces de ansamblu în întreaga cuvă, care se menține semnificativă și pentru distanța relativă de la pereți $L/D \geq 4$. Prin urmare aprecierea că influența pereților nu ar mai fi semnificativă la distanțe relative de peste $L/D \geq 4$ nu se confirmă.

Concluzii similare se pot trage și în cazul lacurilor de formă trapezoidală sau triunghiulară.

Astfel, din analiza reprezentării rezultatelor pentru lacul de formă trapezoidală (tabelele 3.19 - 3.22 și graficele din fig. 3.18 - 3.21), situația cea mai defavorabilă o reprezintă poziția de colț I - C_1 (fig. 3.18) cu valoarea minimă $\Delta Q/Q = 4,5 \%$ și maximă de $14,0 \%$ pe elementul nr. 7 se observă că efectul de colț este ceva mai atenuat față de cel precedent datorită faptului că unghiul de colț este mai mare decât cel drept.

De asemenea în cazul lacului de formă triunghiulară se constată aceeași concluzie între pozițiile III_3 și V_{30} .

Rezultă din aceste constatări că este necesar să se stabilească un criteriu cantitativ pentru evaluarea efectelor de neuniformitate din cauze locale, diferit de cel al unei distribuții uniforme (constante) care nu poate să apară decât în cazul unei alinieri axial simetrice (radiale).-

Pentru evidențierea unui asemenea criteriu s-a procedat la reprezentarea valorilor caracteristice neuniformității: $(\Delta Q/Q \%)_{\max}$ și $(\Delta Q/Q \%)_{\min}$ în funcție de poziția deversorului. O asemenea reprezentare permite evidențierea efectelor locale semnificative în stabilirea poziției prin $(X/D, Y/D)$ limită de la care aceste efecte devin neglijabile (fig. 3.15).-

În mod analog, reprezentarea parametrului $\Delta Q/Q$ max./ $\Delta Q/Q$ min. în funcție de poziție conduce la posibilități de evaluare similare.

În fig. 3.15 și tabelul 3.18, sînt prezentate aceste variații ale distribuțiilor extreme. Din fig. 3.15, rezultă că începînd de la poziția a 3-a (înspre mijloc, deci spre IV-D valorilor $(\Delta Q/Q)$ max. respectiv $(\Delta Q/Q)$ min., rămîn practic constante (variații ne semnificative). Prin urmare dacă deversorul este așezat cel puțin la îndepărtarea III-D, influență locală a pereților nu mai este semnificativă. Acest mod de prezentare a rezultatelor și criteriului "Stabilității" valorilor extreme reprezintă o modalitate simplă de a stabili poziția deversorului pentru care efectele locale ale pereților sînt neglijabile în sensul că neuniformitatea distribuției de debite rămîne practic aceeași la modificări ale poziției deversorului față de pereți. Prin urmare neuniformitatea "stabilizată" este efectul geometric global al întregului sistem (lac).-

Rezultate similare rezultă și pentru celelalte două geometrii ale cuvei, cea triunghiulară, respectiv cea trapezoidală.

În concluzie deci pe baza rezultatelor cuprinse în graficele de sinteză (de stabilitate), privind distribuția de debite:

- graficele din fig. 3.2 și 3.13 pentru lacul dreptunghiular;
- graficele din fig. 3.18 și 3.21 pentru lacul trapezoidal;
- graficele din fig. 3.23 pentru lacul de formă triunghiulară;

Se poate concluce că la distanțe relative de $L/D \geq 3-4$ de la pereți se realizează practic o distribuție de debite de-a lungul deversorului stabilizată, determinată de condițiile geometrice de ansamblu.

Rezultate Experimentale
LABORATORY TESTING

TEST 1 I-A

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENT GTERM $\cdot 10^{-6}$	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta\alpha/Q$	$\Delta\alpha/Q$ [%]
1	1		0,006	0,6
2	5,9		0,035	3,5
3	17		0,1	10
4	23,3		0,137	13,7
5	25,6	$0,177 \times 10^{-3}$	0,151	15,1
6	26,6		0,156	15,6
7	27		0,159	15,9
8	24		0,141	14,1
9	12		0,071	7,1
10	3		0,018	1,8
11	0,8		0,005	0,5
12	0,6		0,004	0,4

TABEL 32.: Măsurări de rezistență totală și individuală de Curgere
Rezistența totală Calibrată G term. = $0,17 \times 10^{-3}$

D - Diametru de deversor
h - Adâncimea apei

h = 21 mm
D = 80 mm

$$h/D = 0,263$$

$$X_I = X/D = \frac{50 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0,625$$

$$Y_1 = \frac{YA}{D} = \frac{50 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{YB}{D} = \frac{150 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{YC}{D} = \frac{250 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{YD}{D} = \frac{350 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 4,375$$

TEST 2 I - B

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE TERM. 40°C	REZISTENȚA TOTALĂ TERM.	$\Delta a/a$	$\Delta a/a$ [%]
1	0,7	$0,12 \times 10^{-3}$	0,006	0,6
2	4,5		0,038	3,8
3	11,4		0,095	9,5
4	15		0,125	12,5
5	17,3		0,144	14,4
6	18,5		0,154	15,4
7	18		0,150	15,0
8	17		0,143	14,3
9	7,9		0,066	6,6
10	4,5		0,038	3,8
11	2,7		0,023	2,3
12	1,3		0,018	1,8

TABEL 3.3. Măsurii de rezistenți totală și individuali de Curgere
rezistenți totală Calibrată G term. $0,12 \times 10^{-3}$

$$X_I = X/D = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_1 = \frac{YA}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{YB}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{YC}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{YD}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

TABEL 1 - C

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE - G GTERM # 10	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	1,2	$0,2 \times 10^{-3}$	0,006	0,6
2	0,4		0,032	3,2
3	17,6		0,088	8,8
4	24		0,120	12,0
5	25,9		0,130	13
6	26,7		0,134	13,4
7	27		0,135	13,5
8	26		0,130	13
9	16		0,080	8
10	11,3		0,057	5,7
11	7,5		0,038	3,8
12	5,6		0,028	2,8

TABEL 34. Măsurări de rezistență totală și individuală de Curgere
Rezistență totală Calibrată G term. = $0,2 \times 10^{-3}$

$$X_I = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_1 = \frac{Y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{Y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{Y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{Y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

TEST I - D

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM + 10	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	1,57	$0,21 \times 10^{-3}$	0,007	0,7
2	9,3		0,044	4,4
3	18,8		0,090	9
4	23,5		0,112	11,2
5	25,5		0,121	12,1
6	27		0,129	12,9
7	27		0,12	12,9
8	26		0,124	12,4
9	19		0,090	9,
10	13,8		0,066	6,6
11	10,2		0,048	4,8
12	7,5		0,036	3,6

TABEL 3.5. Măsurile de rezistență totală și individuală de Curgere
Rezistența totală Calibrată $G_{term} = 0,21 \times 10^{-3}$

$$X_I = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_1 = \frac{Y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{Y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{Y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{Y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

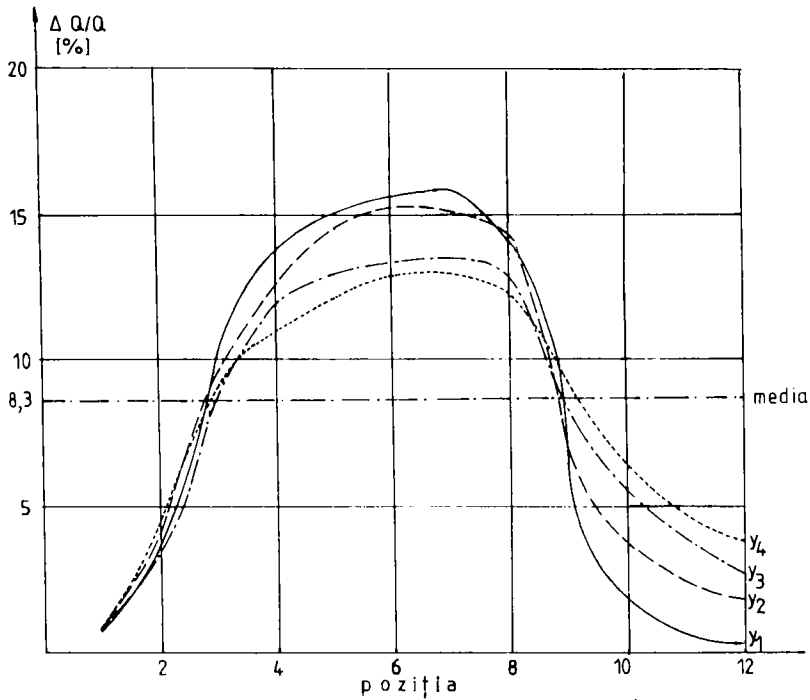
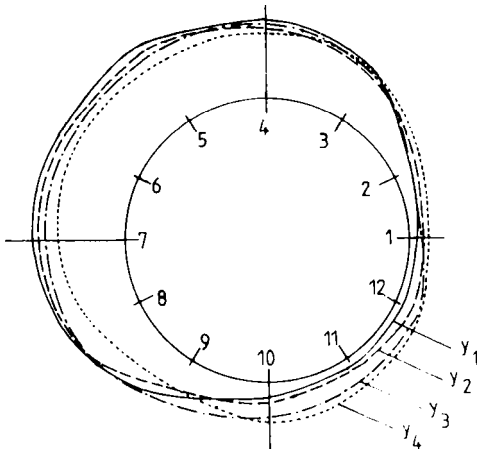


Fig.37. DIAGRAMA DE DEBIT PENTRU DIFERITE POZIȚII ÎN FUNCȚIE DE REZISTENȚA ELEMENTELOR



$$(I-A): y_1 = \frac{y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$(I-B): y_2 = \frac{y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$(I-C): y_3 = \frac{y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$(I-D): y_4 = \frac{y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

$$x_1 = \frac{x}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$h/D = \frac{21}{80} = 0,263$$

$$I_A : (5,5)$$

$$I_B : (5,15)$$

$$I_C : (5,25)$$

$$I_D : (5,35)$$

Fig.38. DISTRIBUȚIA DEBITULUI PE DEVERSOR

TEST 2 II-A

PUNCT	REZISTENȚA DE ELEMENTE CITERM 10-6	REZISTENȚA TOTALĂ CITERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	3,5		0,018	1,8
2	13,2		0,066	6,6
3	21		0,105	10,5
4	25,7	$0,213 \times 10^{-3}$	0,129	12,9
5	28,4		0,142	14,2
6	28,6		0,149	14,9
7	29,4		0,147	14,7
8	23,9		0,120	12
9	11,7		0,059	5,9
10	3,1		0,016	1,6
11	1,2		0,006	0,6
12	1,1		0,006	0,6

TABELA 36. Măsurări de rezistență totală și individuală de Curgere
 Rezistență totală Calibrată $G_{term.} = 0.2 \times 10^{-3}$

$$D = 80 \text{ mm}$$

$$h = 21 \text{ mm}$$

$$h/D = 0,263$$

$$X_{II} = X/D = \frac{150 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 1,875$$

$$Y_1 = \frac{YA}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{YB}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{YC}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{YD}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

TEST 2 11-B

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM $\times 10^{-4}$	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta a/Q$	$\Delta a/Q$ [%]
1	5,5		0,026	2,6
2	13,2		0,063	6,3
3	21		0,1	10
4	25,7		0,121	12,2
5	27,7	$0,21 \times 10^{-3}$	0,132	13,2
6	29,2		0,139	13,9
7	29,4		0,140	14
8	23,9		0,114	11,4
9	15,4		0,073	7,3
10	10,8		0,051	5,1
11	7,5		0,036	3,6
12	5,5		0,026	2,6

TABELA 3.7. Măsurii de rezistență totală și individuală de Curgere
 Rezistență totală Calibrată G term. = $0,21 \times 10^{-3}$

TEST 2 II-C

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM $\times 10^{-6}$	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	6,5	$0,22 \times 10^{-3}$	0,028	2,8
2	13,8		0,06	6
3	21,5		0,093	9,3
4	25,1		0,109	10,9
5	27,4		0,119	11,9
6	28,8		0,125	12,5
7	29,2		0,127	12,7
8	28,5		0,111	11,1
9	18,4		0,080	8
10	12,9		0,05	5,0
11	10,6		0,046	4,6
12	9,7		0,042	4,2

TABELA 38. Măsurile de rezistență totală și individuală de Curgere
rezistență totală Calibrată G term. $0,23 \times 10^{-3}$

TEST 2 II-D

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM $\times 10^{-6}$	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	8	$0,235 \times 10^{-3}$	0,035	3,5
2	16		0,065	6,5
3	21		0,091	9,1
4	24,6		0,107	10,7
5	27		0,117	11,7
6	28,2		0,123	12,3
7	29		0,126	12,6
8	29,2		0,11	11
9	19,9		0,087	8,7
10	15,7		0,058	6,8
11	13,8		0,050	6
12	12,5		0,054	5,4

TABELA 39. Măsurile de rezistență totală și individuală de Curgere
Rezistență totală calibrată G term. = $0,235 \times 10^{-3}$

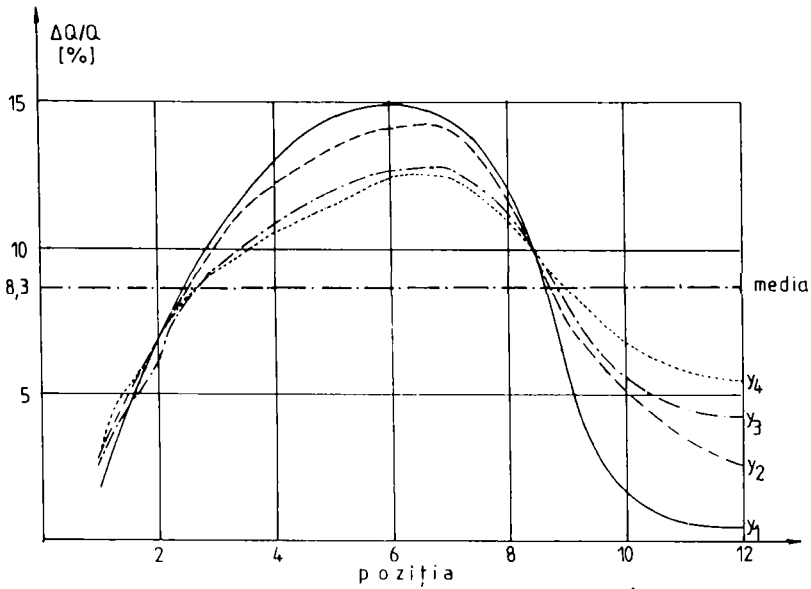


Fig.3.9. DIAGRAMA DE DEBIT PENTRU DIFERITE POZIȚII ÎN FUNCȚIE DE REZISTENȚA ELEMENTELOR

$$(II-A): y_1 = \frac{y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$(III-B): y_2 = \frac{y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$(II-C): y_3 = \frac{y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$(II-D): y_4 = \frac{y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

$$X_{II} = \frac{X}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$h/D = \frac{21}{80} = 0,263$$

$$II_A : (15,5)$$

$$II_B : (15,15)$$

$$II_C : (15,25)$$

$$II_D : (15,35)$$

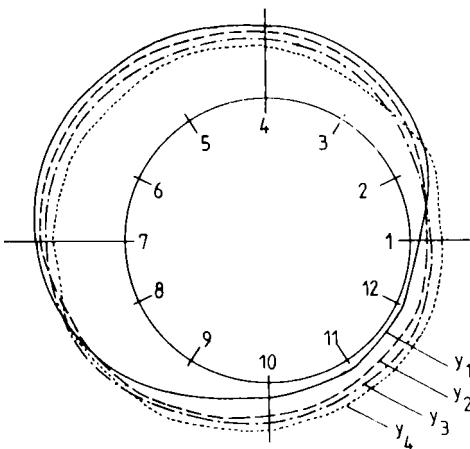


Fig.3.10. DISTRIBUȚIA DEBITULUI PE DEVERSOR

TEST 3 III-A

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM 10^{-6}	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta a/a$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	8,7	$0,22 \times 10^{-3}$	0,040	4
2	15,5		0,075	7,5
3	21,8		0,099	9,9
4	26,4		0,120	12
5	29,2		0,133	13,3
6	29,		0,132	13,2
7	28,9		0,131	13,1
8	22,4		0,102	10,2
9	10,8		0,049	4,9
10	3,9		0,018	1,8
11	2,8		0,013	1,3
12	2		0,009	0,9

TABELA 3.10. Măsurii de rezistență totală și individuală de Curgere
Rezistență totală calibrată $G_{term} = 0,22 \times 10^{-3}$

$$D = 80 \text{ mm}$$

$$h = 21 \text{ mm}$$

$$h/D = 0,263$$

$$X_{1III} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_1 = \frac{Y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{Y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{Y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{Y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

TEST 3 III-B

PUNCT	REZISTENȚA TE ELEMENTE GTERM 10^{-6}	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	8,9	$0,234 \times 10^{-3}$	0,039	3,9
2	16,7		0,073	7,3
3	19,9		0,087	8,7
4	26,3		0,114	11,4
5	29,1		0,127	12,7
6	30		0,131	13,1
7	29,8		0,130	13
8	25,8		0,112	11,2
9	16,6		0,072	7,2
10	11,6		0,050	5
11	9,8		0,043	4,3
12	8,6		0,037	3,7

TABELA 3.11. Măsurări de rezistență totală și individuală de Curgere.

Rezistența Totală Calibrată Gterm. = $0,229 \times 10^{-3}$

TEST 3 III-C

PUNCT	REZISTENȚA DE ELEMENTE GTERM $\times 10^{-6}$	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	9,9	$0,238 \times 10^{-3}$	0,04	4
2	18,2		0,076	7,6
3	22		0,092	9,2
4	26,4		0,110	11
5	29,4		0,123	12,3
6	30		0,125	12,5
7	29,8		0,124	12,4
8	27,8		0,116	11,6
9	17,8		0,074	7,4
10	14,3		0,060	6
11	13		0,054	5,4
12	11,8		0,049	4,9

TABELA 312. Măsurări de rezistenți totali și individuali de Curgere
 Rezistența totală Calibrată G term. = $0,24 \times 10^{-3}$

TEST 3 III-D

PUNCT	REZISTENȚA TE ELEMENTE GTERM * 10 ⁻⁶	REZISTENȚA TOTALA GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	10,7	0,244 x 10 ⁻³	0,043	4,3
2	18,7		0,075	7,5
3	22,2		0,089	8,9
4	26,5		0,106	10,6
5	29,4		0,118	11,8
6	30		0,120	12
7	30,4		0,122	12,2
8	27,9		0,112	11,2
9	18,9		0,076	7,6
10	16,9		0,068	6,8
11	14,9		0,060	6
12	13,9		0,056	5,6

TABELA 3.13. Măsurări de rezistență totală și individuală de Curgere
 Reziștanță totală calibrată G term. = 0,25 x 10⁻³

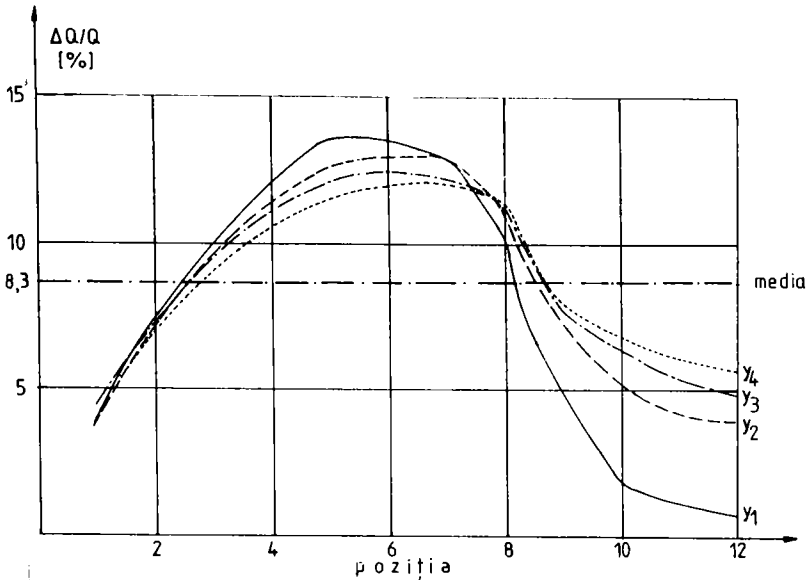


Fig.3.11 DIAGRAMA DE DEBIT PENTRU DIFERITE POZIȚII ÎN FUNCȚIE DE REZISTENȚA ELEMENTELOR

$$(III-A): y_1 = \frac{y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$(III-B): y_2 = \frac{y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$(III-C): y_3 = \frac{y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$(III-D): y_4 = \frac{y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

$$X_{III} = \frac{X}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$h/D = \frac{21}{80} = 0,263$$

$$III_A : (25,5)$$

$$III_B : (25,15)$$

$$III_C : (25,25)$$

$$III_D : (25,35)$$

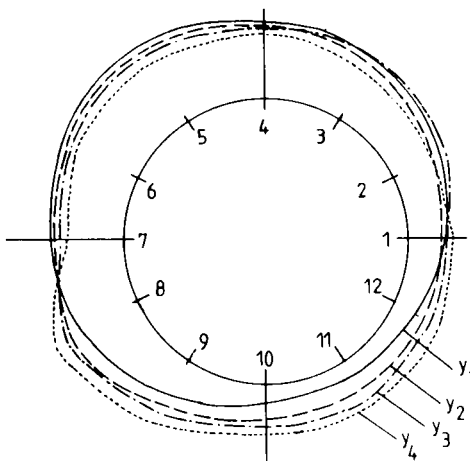


Fig.3.12 DISTRIBUȚIA DEBITULUI PE DEVERSOR

TEST 4 IV-A

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM * 10 ⁻⁶	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	10,3	0,246x10 ⁻³	0,042	4,2
2	19,9		0,081	8,1
3	24,6		0,1	10
4	27,8		0,113	11,3
5	29,9		0,122	12,2
6	31,9		0,130	13
7	30,9		0,126	12,6
8	24,9		0,101	10,1
9	10,4		0,042	4,2
10	3,4		0,014	1,4
11	2		0,008	0,8
12	1,5		0,006	0,6

TABELA 314. Măsurări de rezistenți totală și individuală de Curgere
Rezistenți totală Calibrată G term. = 215 x 10⁻⁶

$$D = 80 \text{ mm}$$

$$h = 21 \text{ mm}$$

$$h/D = 0,263$$

$$X_{IV} = \frac{350}{80} = 4,375$$

$$Y_1 = \frac{YA}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$Y_2 = \frac{YB}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$Y_3 = \frac{YC}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$Y_4 = \frac{YD}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

TEST IV-B

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM $\times 10^{-6}$	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	8,14	$233,4 \times 10^{-3}$	0,035	3,5
2	16,9		0,072	7,2
3	20,6		0,088	8,8
4	24		0,102	10,2
5	25,9		0,111	11,1
6	28,3		0,121	12,1
7	29,2		0,124	12,4
8	25,20		0,107	10,7
9	14,5		0,062	6,2
10	9,5		0,040	4
11	8,8		0,037	3,7
12	8,5		0,036	3,6

TABELA 3.15. Măsurări de rezistenți totală și individuală de Curgere
 Rezistenți totală Calibrată G term = 235×10^{-6}

TEST 4 IV-C

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE $G_{TERM} \cdot 10^{-6}$	REZISTENȚA TOTALĂ G_{TERM}	$\Delta Q/Q$	$\Delta Q/Q$ [%]
1	10,6	$0,27 \times 10^{-3}$	0,039	3,9
2	17,5		0,065	5,5
3	22,5		0,083	8,3
4	25		0,093	9,3
5	29		0,107	10,7
6	30,8		0,114	11,4
7	31,2		0,116	11,6
8	29,9		0,111	11,1
9	19,9		0,074	7,4
10	15		0,056	5,6
11	14,4		0,053	5,3
12	13,5		0,050	5

TABELA 316. Măsurări de rezistență totală și individuală de Curgere
 Rezistență totală Calibrată $G_{term} = 0,27 \times 10^{-3}$

TESTUL 4 IV-C
 10/12/2011
 EVALUAREA CALITĂȚII

TEST 4 IV-D

PUNCT	REZISTENȚA PE ELEMENTE GTERM * 10 ⁻⁶	REZISTENȚA TOTALĂ GTERM	ΔQ/R	ΔQ/Q [%]
1	11,1	0,28 x 10 ⁻³	0,040	4
2	16		0,061	6,1
3	21		0,075	7,5
4	25,3		0,09	9
5	28,5		0,102	10,2
6	30,9		0,110	11
7	31,9		0,114	11,4
8	31		0,111	11,1
9	25,2		0,083	8,3
10	19,6		0,070	7
11	17		0,061	6,1
12	14,9		0,053	5,3

TABELA 3.17. Măsurări de rezistenți totală și individuală de Curgere
 Rezistenți totală Calibrată G term. = 0,28 x 10⁻³

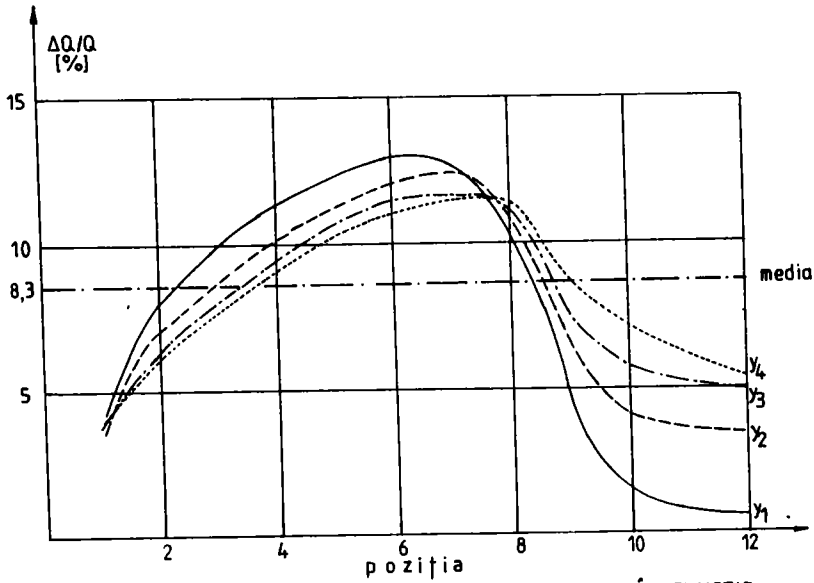


Fig.3.13 DIAGRAMA DE DEBIT PENTRU DIFERITE POZIȚII ÎN FUNCȚIE DE REZISTENȚA ELEMENTELOR

$$(IV-A): y_1 = \frac{y_A}{D} = \frac{50}{80} = 0,625$$

$$(IV-B): y_2 = \frac{y_B}{D} = \frac{150}{80} = 1,875$$

$$(IV-C): y_3 = \frac{y_C}{D} = \frac{250}{80} = 3,125$$

$$(IV-D): y_4 = \frac{y_D}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

$$X_{IV} = \frac{X}{D} = \frac{350}{80} = 4,375$$

$$h/D = \frac{21}{80} = 0,263$$

$$IV_A : (35,5)$$

$$IV_B : (35,15)$$

$$IV_C : (35,25)$$

$$IV_D : (35,35)$$

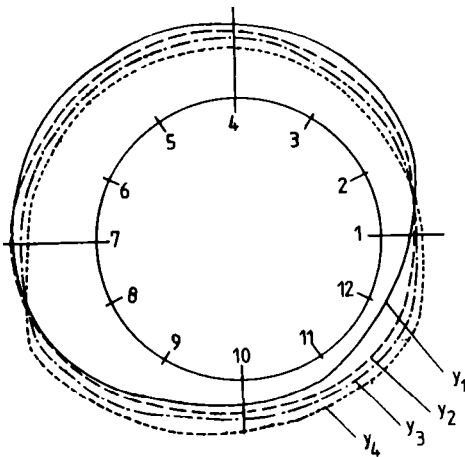


Fig.3.14 DISTRIBUȚIA DEBITULUI PE DEVERSOR

Tabelul 3.18.

Valorile $\Delta Q/Q$ maxime și minime în funcție de poziția deversorului

	Poziția	$\Delta Q/Q^{(1)}$ max	$\Delta Q/Q^{(2)}$ min	1/2
$X/D = \frac{50}{80} = 0,625$	I - A	15,9	0,4	39,7
	I - B	15,4	0,6	25,7
	I - C	13,5	0,6	22,5
	I - D	12,9	0,7	18,4
$X/D = \frac{150}{80} = 1,875$	II - A	14,9	0,6	24,8
	II - B	14,0	2,6	5,3
	II - C	12,7	2,8	4,5
	II - D	12,6	3,5	3,6
$X/D = \frac{250}{80} = 3,125$	III - A	13,3	0,9	14,7
	III - B	13,1	3,7	3,5
	III - C	12,5	4,0	3,1
	III - D	12,2	4,3	2,8
$X/D = \frac{350}{80} = 4,375$	IV - A	13,0	0,6	21,6
	IV - B	12,4	3,5	3,0
	IV - C	11,6	3,9	3,0
	IV - D	11,4	4,0	2,85

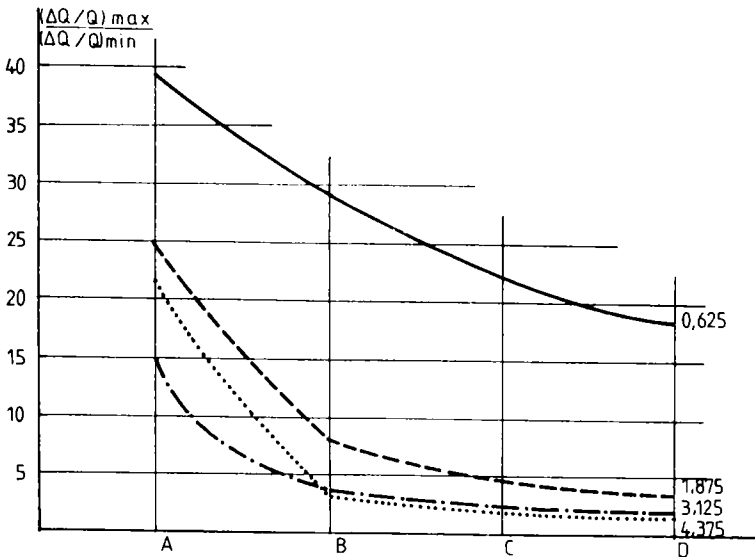


Fig.3.5 Influența poziției asupra raportului $(\Delta Q/Q)_{max}/(\Delta Q/Q)_{min}$

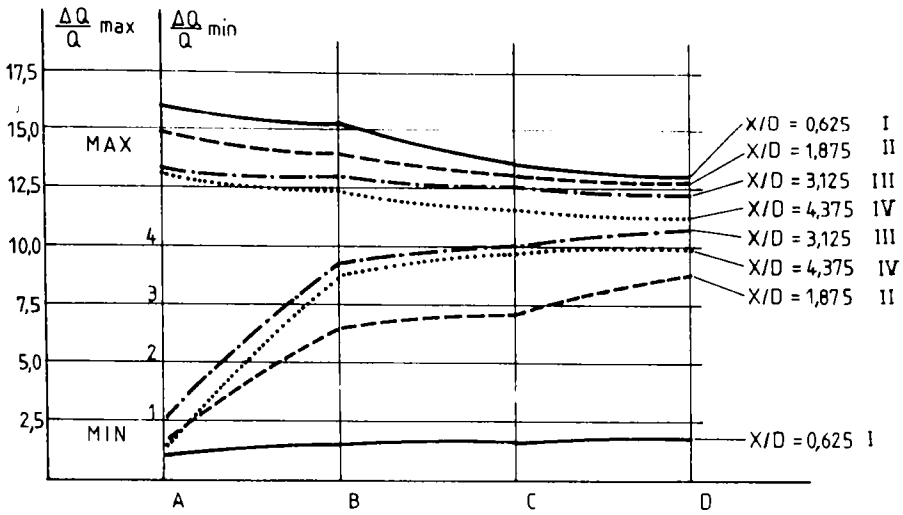


Fig. 3.16. Influența poziției asupra valorilor relative minime și maxime a distribuției debitului

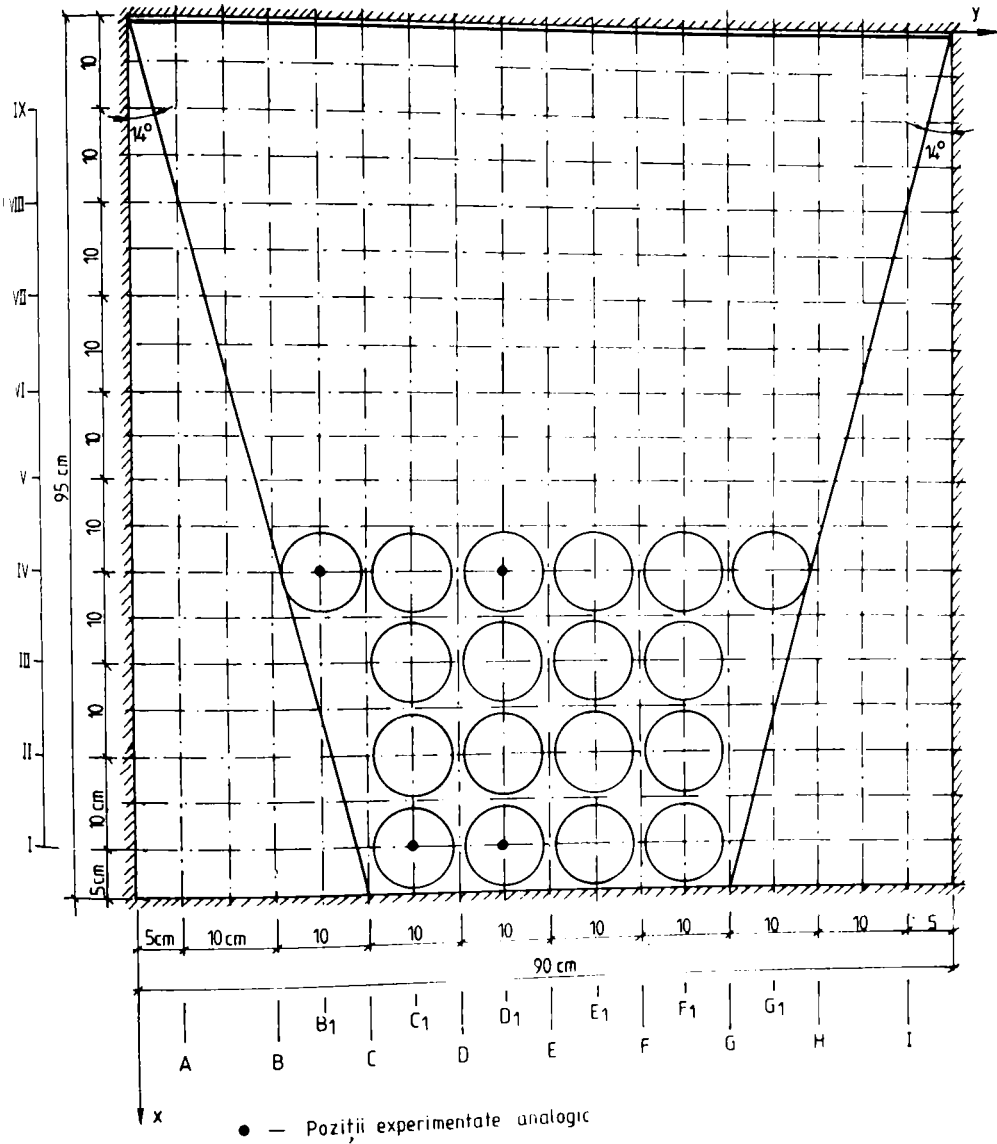


Fig.3.17. Schema de dispunere a pozițiilor deversorului experimentate

Rezultate experimentale

Pozitia I-C₁

Punct	Rezistenta pe element G _{term} *10 ⁻⁶	Rezistenta Totala G _{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	6.7	0.436*10 ⁻³	0.015	1.5
2	22.2		0.051	5.1
3	33		0.076	7.6
4	44.7		0.102	10.2
5	53.2		0.122	12.2
6	59		0.135	13.5
7	61		0.140	14.0
8	51.4		0.118	11.8
9	38.4		0.088	8.8
10	28.6		0.066	6.6
11	21.5		0.049	4.9
12	16		0.037	3.7

Tabela 3.9: Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata G_{term} = 0.44*10⁻³
 Unghiul de inclinare a peretilor cuvei este de 14°

D - diametrul de deversor = 80 mm
 h - adincimea apei = 21 mm

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_{I C1} = \frac{50 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.625$$

$$Y_I = \frac{Y_{C1}}{D} = \frac{300 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 3.75$$

Poziția I - C₁, 14°, h_{apă} = 2,1cm

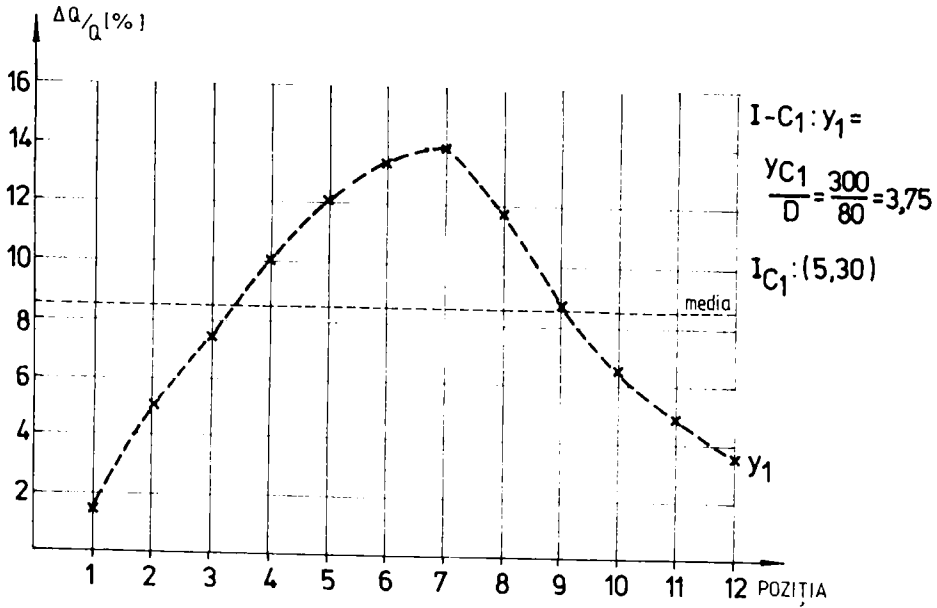


Fig.3.18. Diagrama de debit pentru poziția I-C₁, în funcție de rezistența elementelor într-o cuvă trapezoidală

Pozitia IV D₁

Punct (Element)	Rezistenta pe element G _{term} *10 ⁻⁶	Rezistenta Totala G _{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	6.5	0.424*10 ⁻³	0.015	1.5
2	19.3		0.045	4.6
3	31.5		0.074	7.4
4	42		0.099	9.9
5	51.5		0.121	12.1
6	54		0.127	12.7
7	54.9		0.129	12.9
8	50		0.118	11.8
9	40.5		0.096	9.6
10	33		0.078	7.8
11	25		0.059	5.9
12	16.5		0.039	3.9

Tabela 3.20: Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata G_{term} = 0.425*10⁻³
 Unghiul de inclinare a peretilor cuvei este de 14°

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_{I D1} = \frac{50 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.625$$

$$Y_{I D1} = \frac{Y_{IV D1}}{D} = \frac{400 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5$$

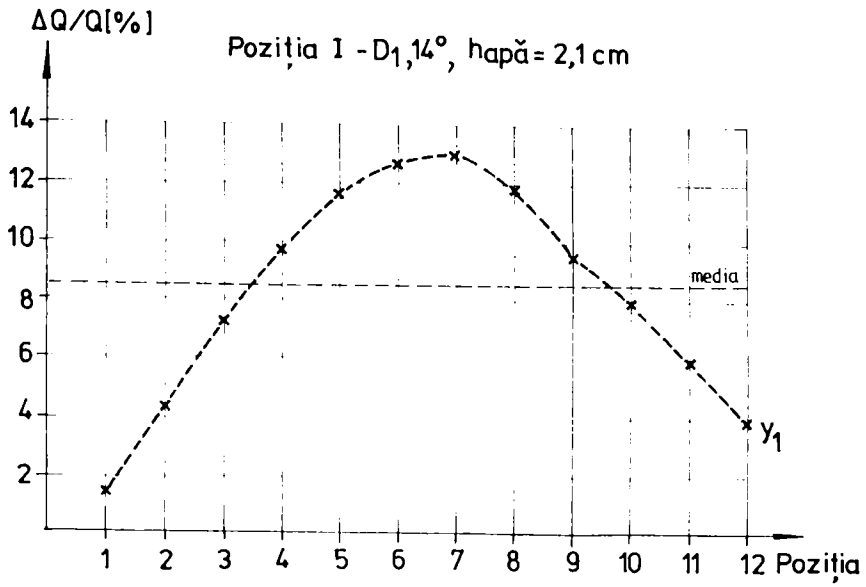


Fig.3.19. Diagrama de de debit pentru poziția I-D₁, în funcție de rezistența elementelor într-o cuvă trapezoidală

Pozitia IV B₁

Punct	Rezistenta pe element $G_{term} \cdot 10^{-6}$	Rezistenta Totala G_{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	30	$0.603 \cdot 10^{-3}$	0.049	4.9
2	37.9		0.063	6.3
3	45.2		0.075	7.5
4	53		0.088	8.8
5	56.8		0.094	9.4
6	60.4		0.100	10
7	63		0.104	10.4
8	60.4		0.100	10
9	56.7		0.094	9.4
10	51.8		0.086	8.6
11	45.5		0.075	7.5
12	43.2		0.071	7.1

Tabela 3.21. Măsurători de rezistență totală și parțială
 Rezistența totală calibrată $G_{term} = 0.603 \cdot 10^{-3}$
 Unghiul de inclinare a pereților cuvei este de 14°

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_{IV B1} = \frac{350 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 4.375$$

$$Y_{IV B1} = \frac{Y_{IV D1} - 200 \text{ mm}}{D - 80 \text{ mm}} = 2.5$$

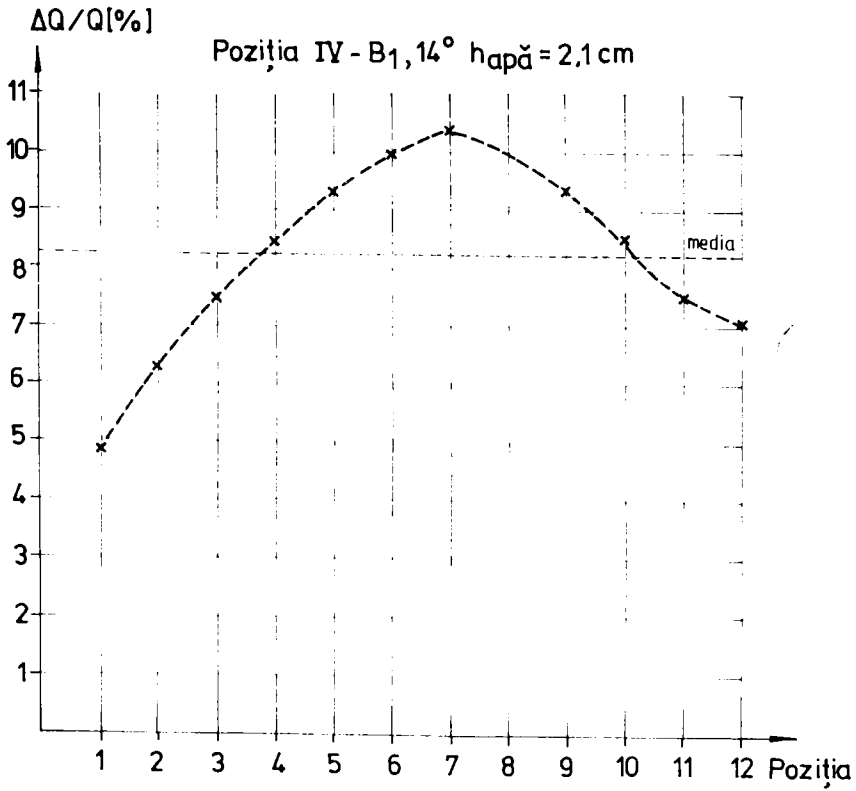


Fig.3.20 Diagrama de debite pentru poziția IV-B₁, în funcție de rezistența elementelor într-o cuvă trapezoidală

Pozitia IV D₁

Punct (Element)	Rezistenta pe element $G_{term} \cdot 10^{-6}$ (Rei)	Rezistenta Totala G_{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	33.3	0.63*10 ⁻³	0.053	5.3
2	39.4		0.062	6.2
3	45.8		0.071	7.1
4	52.1		0.082	8.2
5	56.3		0.089	8.9
6	60.2		0.095	9.5
7	63.2		0.100	10
8	60.2		0.095	9.5
9	58.8		0.093	9.3
10	55		0.087	8.7
11	51.9		0.082	8.2
12	50.5		0.080	8

Tabela 3.22. Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata $G_{term} = 0.626 \cdot 10^{-3}$
 Unghiul de inclinare a peretilor cuvei este de 14°

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_{IV D1} = \frac{350 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 4.375$$

$$Y_{IV D1} = \frac{Y_{IV D1}}{D} = \frac{400 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5$$

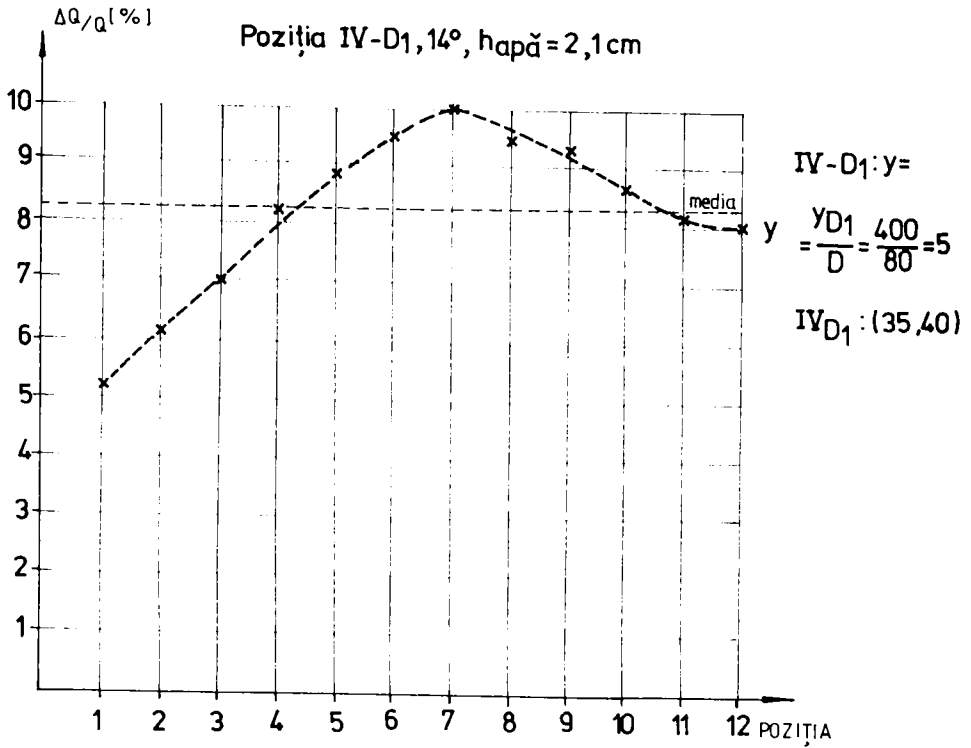


Fig.3.21. Diagrama de debit pentru poziția IV-D1 în funcție de rezistența elementelor într-o cuvă trapezoidală

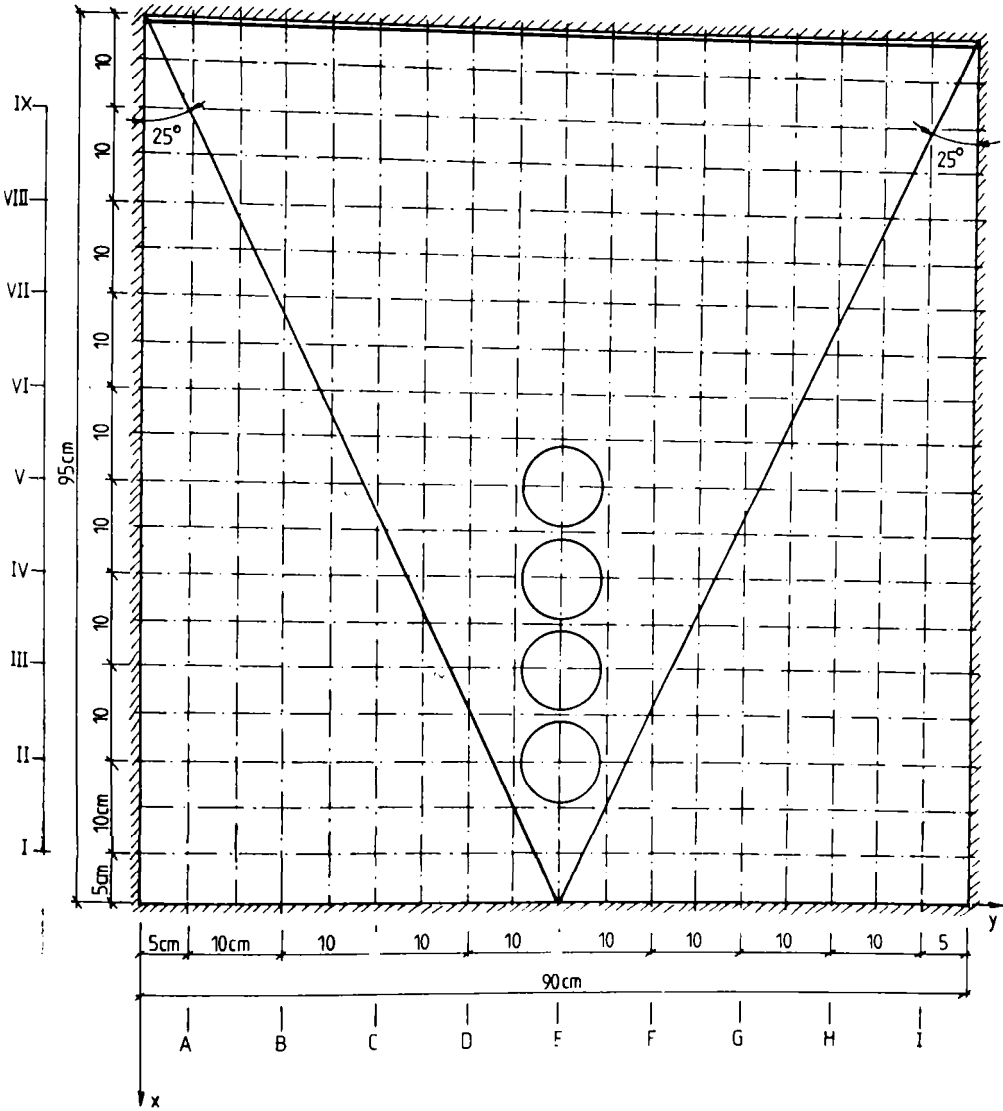


Fig.3.22. Schema de dispunere cu pozițiile deversorului experimentate

Rezultate experimentale

Pozitia II-E

Punct	Rezistenta pe element $G_{term} * 10^{-6}$	Rezistenta Totala G_{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	7.04	$0.58 * 10^{-3}$	0.012	1.2
2	8.24		0.014	1.4
3	18.63		0.032	3.2
4	46.34		0.08	8
5	64.2		0.111	11.1
6	86		0.149	14.9
7	100.9		0.173	17.3
8	89.7		0.154	15.4
9	62.7		0.109	10.9
10	40.3		0.07	7
11	9.23		0.016	1.6
12	6.98		0.012	1.2

Tabela 323: Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata $G_{term} = 0.58 * 10^{-3}$
 Unghiul de inclinare a peretilor cuvei este de 25°

D - diametrul de deversor = 80 mm

h - adincimea apei

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_E = \frac{X_{II}}{D} = \frac{150 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 1.875$$

$$Y_E = \frac{Y_{II}}{D} = \frac{450 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5.625$$

Pozitia III-E

Punct	Rezistenta pe element $G_{term} * 10^{-6}$	Rezistenta Totala G_{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	13.2	$0.65 * 10^{-3}$	0.020	2.0
2	13.97		0.021	2.1
3	25.81		0.039	3.9
4	53.67		0.081	8.1
5	68.77		0.104	10.4
6	82.9		0.126	12.6
7	98.1		0.147	14.7
8	86.6		0.131	13.1
9	67.2		0.102	10.2
10	47.7		0.072	7.2
11	28.5		0.043	4.3
12	13.8		0.021	2.1

Tabela 324: Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata $G_{term} = 0.66 * 10^{-3}$
 Unghiul de incinare a peretilor este de 25°

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_E = \frac{X_{III}}{D} = \frac{250 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 3.125$$

$$Y_E = \frac{Y_{III}}{D} = \frac{450 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5.625$$

Pozitia IV-E

Punct	Rezistenta pe element $G_{term} * 10^{-6}$	Rezistenta Totala G_{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	23.8	$0.72 * 10^{-3}$	0.033	3.3
2	25.12		0.035	3.5
3	37.5		0.052	5.2
4	57.5		0.074	7.4
5	71.9		0.100	10
6	85		0.118	11.8
7	92		0.128	12.8
8	89.6		0.124	12.4
9	70.3		0.098	9.8
10	55.5		0.77	7.7
11	35.5		0.049	4.9
12	26.8		0.037	3.7

Tabela 25: Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata $G_{term} = 0.72 * 10^{-3}$
 Unghiul de inclinare a peretilor este de 25°

D - diametrul de deversor = 80 mm
 h - adincimea apei = 21 mm

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_E = \frac{X_{IV}}{D} = \frac{350 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 4.375$$

$$Y_E = \frac{Y_{IV}}{D} = \frac{450 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5.625$$

Pozitia V-E

Punct	Rezistenta pe element $G_{term} * 10^{-6}$	Rezistenta Totala G_{term}	Q/Q	Q/Q [%]
1	25.8	$0.84 * 10^{-3}$	0.046	4.6
2	41.46		0.048	4.8
3	50.2		0.060	6.0
4	67.7		0.080	8.0
5	78.77		0.093	9.3
6	94		0.112	11.2
7	102.14		0.121	12.1
8	97.9		0.116	11.6
9	80.8		0.096	9.6
10	67.12		0.08	8
11	50.36		0.06	6
12	40.8		0.048	4.8

Tabela 3.26: Masuratori de rezistenta totala si partiala
 Rezistenta totala calibrata $G_{term} = 0.84 * 10^{-3}$
 Unghiul de inclinare a peretilor este de 25°

$$h/D = \frac{21 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0.263$$

$$X_E = \frac{X_I}{D} = \frac{450 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5.625$$

$$Y_E = \frac{Y_V}{D} = \frac{450 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 5.625$$

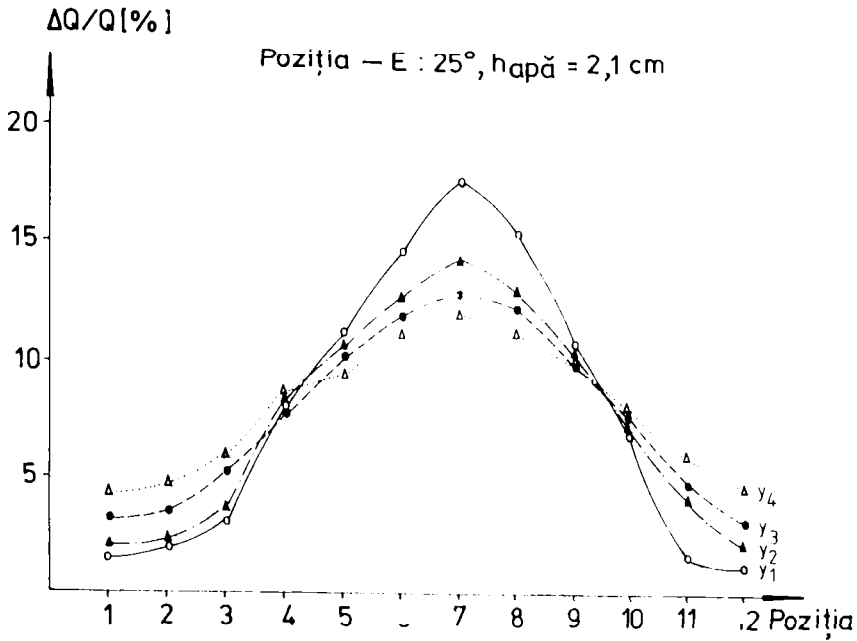


Fig.3.23. Diagrama de debit pentru diferite poziții în funcție de rezistența elementelor

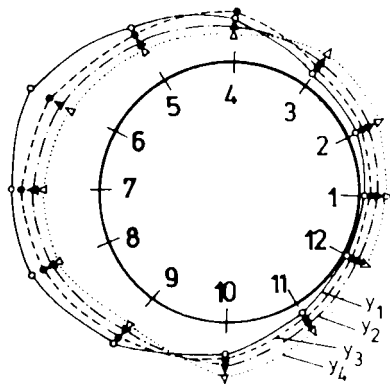


Fig.3.24. Distribuția debitului pe devorsor

CAPITOLUL 4

Contribuții la aplicarea metodelor numerice la studiul condițiilor de acces a apei la deversoare circulare.

4.1. Prezentarea bazelor teoretice ale metodelor numerice

4.1.1. Considerații generale

Avînd la bază modelul matematic (2.19), adică o ecuație de tip Laplace (4.1)

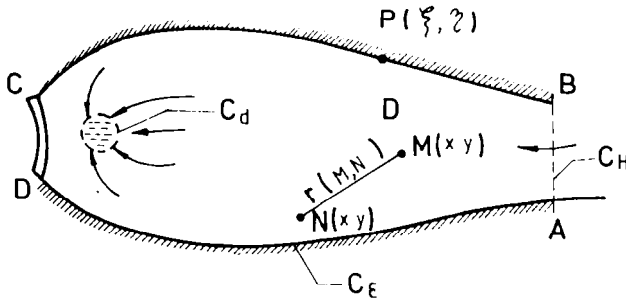
$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad (4.1)$$

$$\varphi|_{AB} = H_0, \quad \varphi|_{Cd} = H_d \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} |_{BCDA} = 0$$

cu condiții la limită mixte (4.2) domeniul dublu conex (fig.4.1) cele mai cunoscute metode numerice sînt: metoda diferențelor finite, metoda elementului finit și metoda elementelor de frontieră.

În cazul de față unde nu este necesară cunoașterea potențialelor în domeniul \mathcal{C} ; numai distribuția fluxului pe conturul deversorului C_d , metoda elementelor de frontieră se dovedește mult mai eficientă. În cazul lucrării se va prezenta metoda elementelor de frontieră.



- D - domeniul mișcării
- $C_o = C_H \cup C_\Sigma$ - Conturul exterior
- $C = C_o \cup C_d$ - Conturul general al domeniului
- C_d - Conturul deversorului

Fig.4.1. Schema domeniului mișcării

4.1.2. Bazele teoretice ale metodei elementelor de frontieră

Metoda elementelor de frontieră este o metodă numerică relativ recentă fiind dezvoltată doar în ultimul deceniu [7] [8][34][36]. Pentru aplicarea metodei este necesar să se exprime mai întâi soluția fundamentală a ecuației (4.1) care este de forma:

$$\psi^*(M) = -\frac{1}{2} \ln \gamma(M, N) \quad (4.3)$$

unde $\psi^*(M)$ este potențialul logaritmic în punctul $M \in D$, datorită unei surse unitare amplasată în punctul $N \in D$.

Cu ajutorul soluției fundamentale (4.3) se poate exprima soluția generală a ecuației (4.1) într-un domeniu D sub forma [34]

$$\psi(M) = -\frac{1}{2\pi} \int_C \psi(P) \ln \gamma(M, P) dl + \psi_0 \quad (4.4)$$

unde

$\psi(P)$, $P \in C$ este o funcție de densitate necunoscută distribuită pe conturul C care mărginește domeniul iar ψ_0 este o constantă nedeterminată.

Prin derivare, din (4.4) se poate obține și expresia vitezei în punctul M, după o direcție dată "n":

$$V_n(M) = - \frac{\partial \Psi}{\partial n} = \frac{1}{2\pi} \int_C \psi(P) \frac{\partial}{\partial n} [\ln r(M,P)] dl \quad (4.5)$$

În cazul problemei noastre schematizate în fig.(4.1), conturul C_d reprezintă din punct de vedere al mișcării potențiale o absorbție. Notînd cu $q_d(P)$ debitul specific pe conturul (C_d), potențialul (4,4, respectiv viteza normală (4.5) se pot exprima sub forma:

$$\Psi(M) = - \frac{1}{2\pi} \int_{C_d} q_d(P) \ln r(M,P) dl - \frac{1}{2\pi} \int_{C_0} \psi(P) \ln r(M,P) dl + \Psi_0 \quad (4.6)$$

$$V_n(M) = \frac{1}{2\pi} \int_{C_d} q_d(P) \frac{\partial}{\partial n} [\ln r(M,P)] dl + \frac{1}{2\pi} \int_{C_0} \psi(P) \ln r(M,P) dl$$

În aceste reprezentări s-a pus în evidență distribuția debitului pe conturul deversorului, parametrii care de fapt ne interesează. Această interpretare a problemei reprezintă o modalitate nouă de a pune problema reprezentării soluției și în continuare de aplicare a metodei elementelor de frontieră, față de biografia cunoscută în legătură cu aplicarea acestei metode [7] [8] [34] .

Pentru determinarea distribuției de debite $q_d(P)$ se vor utiliza condițiile la limită (4.2) în trecerea la limită în ecuațiile (4.6) pentru $D \ni M \rightarrow R \in C$.

Prin trecerea la limită se obține sistemul de ecuații integrale

$$(4.7)$$

$$\Psi(R) = - \frac{1}{2\pi} \int_{C_d} q_d(P) \ln r(R,P) dl - \frac{1}{2\pi} \int_{C_0} \psi(P) \ln r(R,P) dl + \Psi_0$$

$$V_n(R) = - \frac{1}{2} \psi(R) + \frac{1}{2\pi} \int_{C_0} q_d(P) \frac{\partial}{\partial n} [\ln r(R,P)] dl + \frac{1}{2\pi} \int_{C_0} \psi(P) \frac{\partial}{\partial n} [\ln r(R,P)] dl$$

Observând că pentru $R \in C_H$ și $R \in C_d$ potențialul $\varphi(R)$ este cunoscut (condițiile 4.2), respectiv pentru $R \in C_2$, $V_n(R) = 0$ (aceleași condiții 4.2), în sistemul (4.7) scris în mod considerabil, necunoscutele sînt sub semnul integral:

- distribuția de debite $q(P)$
- distribuția de densități fictive $\Psi(P)$,

La sistemul (4.7) se adaugă condiția de bilanț a fluxului total:

$$\int_{C_0} \Psi(R) dl + \int_{C_d} q_n(P) dl = 0 \quad (4.8)$$

Pentru rezolvarea numerică a sistemului (4.7), (4.8) se recurge la discretizarea conturului $C = C_0 \cup C \cup C_d$ și explicitarea integralelor, ajungîndu-se astfel la un sistem de ecuații algebrice. Metoda elementelor de frontieră constă tocmai din această modalitate numerică de rezolvare a ecuațiilor integrale (4.7-4.8).

Considerînd o discretizare poligonală a conturului (fig.4.2) și acceptînd pe un element $P_i > P_{i+1}$ o distribuție constantă pentru debitul $q_d(P) = q_i$, $P \in P_i, P_{i+1}$, respectiv densitatea $\Psi(P) = \Psi_i$, $P \in P_i, P_{i+1}$ se pot explicita integralele din (4.7) utilizînd și condițiile la limită (4.2) se obține în urma efectuării calculelor următorul sistem liniar de ecuații algebrice:

$$\sum_{i=1}^{N_0} a_{ji}^{(0)} \frac{\Psi_i}{\Delta H} + \sum_{i=1}^{N_d} a_{ji}^{(d)} \frac{q_i}{\Delta H} + \frac{\varphi_0}{\Delta H} = \frac{h_{0j}}{\Delta H} \quad (4.9)$$

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{N_0} b_{ji}^{(0)} \frac{\Psi_i}{\Delta H} - \frac{1}{2} \frac{\Psi_j}{\Delta H} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{N_d} b_{ji}^{(d)} \frac{q_i}{\Delta H} - \frac{1}{2} \frac{q_j}{\Delta H} = 0$$

$$\sum_{i=1}^{N_0} l_{i, i+1} \frac{\Psi_i}{\Delta H} + \sum_{i=1}^{N_d} l_{i, i+1} \frac{q_i}{\Delta H} = 0$$

unde:

N_0 - este numărul nodurilor (elementelor) pe conturul exterior C_0 .

N_d - este numărul nodurilor pe conturul devensorului

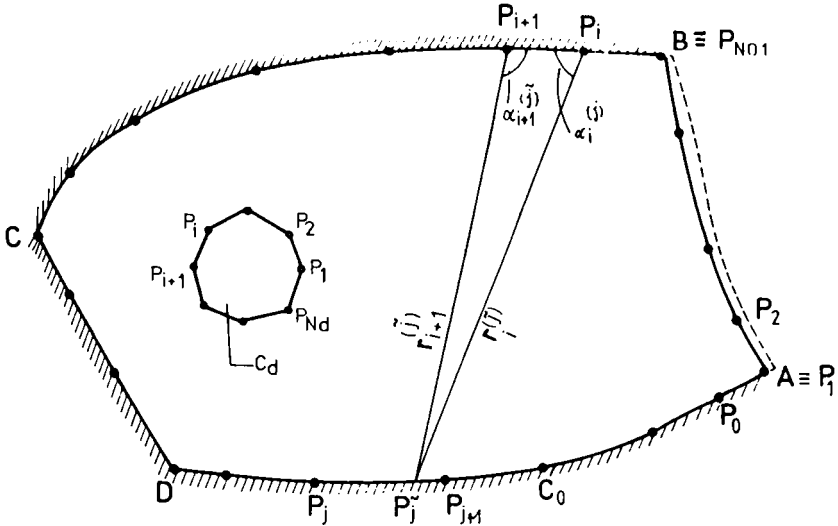


Fig.4.2. Schema discretizării conturului C_0 și C_d

Prima formă de ecuații din sistemul (4.9) provenite din (4.7-1) se scrie pentru elementele situate pe AB adică $j = 1, 2, \dots, N_{01}$, respectiv pentru conturul C_d , adică $j = 1, 2, \dots, N_d$ vor fi în total deci $N_{01} + N_d$ asemenea ecuații. Nodurile (elementele) de acest fel sînt denumite în programul de calcul de tip 1. a două formă de ecuații din sistemul (4.9), provenite din (4.7-2) se scriu pentru elementele situate pe porțiunea impermeabilă a conturului (BDDa) adică pentru $j = N_{01} + N_d$ (elemente de tipul 2).

Împreună cu ultima ecuație (4.9), sistemul va avea un număr de $N_0 + N_d + 1$ ecuații.

În sistemul (4.9) h_{0j} reprezintă valorile note ale potențialului pe contur (pe AB, respectiv C_d), iar DE o diferență de nivel de

referință (de exemplu $DH = H_0 - H_d$). Astfel pentru problema considerată cu un plan de referință adecvat (planul critic al deversorului), cu $H_d = 0$ și $DH = H_0 - H_d = H_0$, avem

$$\frac{h_{0j}}{\Delta H} = \begin{cases} 1, & \text{pe AB} \\ 0, & \text{pe CD} \end{cases}$$

Coeficienții ce apar în ecuațiile (4.9) au următoarele expresii:

$$a_{ji} = \frac{r_i^{(j)}}{2\pi} \left[(\ln(r_i^{(j)} - 1) \cos \alpha_i^{(j)} + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_i^{(j)}\right) \sin \alpha_i^{(j)} \right] +$$

$$+ \frac{r_i^{(j)}}{2\pi} \left[(\ln(r_i^{(j)} - 1) \cos \alpha_{i+1}^{(j)} + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_{i+1}^{(j)}\right) \sin \alpha_{i+1}^{(j)} \right]$$

$$b_{ji} = \frac{1}{2\pi} (\alpha_i^{(j)} + \alpha_{i+1}^{(j)} - \pi) \cos \theta_{ji} + \frac{1}{2\pi} \sin \theta_{ji} \cdot \ln \left| \frac{\sin \alpha_{i+1}^{(j)}}{\sin \alpha_i^{(j)}} \right|$$

$l_{i,i+1}$ - este lungimea elementului P_i, P_{i+1}

iar $\theta_{j,i}$ - este unghiul dintre elementele $P_i, P_{i+1} - P_j, P_{j+1}$

(prelungirile acestor direcții), cu relațiile de mai sus se calculează

$a_{ji}^{(o)}$, $a_{ji}^{(d)}$, $b_{ji}^{(o)}$, $b_{ji}^{(d)}$ - indicii superior (o), respectiv (d) indicînd apartenența elementului P_i, P_{i+1} la Conturul C_0 , respectiv conturul deversorului C_d .

Aceste expresii ale coeficienților se pot explicita în funcție de coordonatele punctelor de pe frontieră [34].

Rezolvînd sistemul se obține distribuția debitului pe conturul deversorului. Se menționează că pentru adaptarea metodei elementelor de frontieră la problema studiului deversorului circular s-a utilizat în mod deosebit rezultatele și descrierile din [7] dar numai ale prelucrărilor din [34] inclusiv programul prezentat în această

apendic la programului.

pentru calculul coeficienților și respectiv rezolvarea sistemului și obținerea distribuției debitului necunoscutele q_i care sînt chiar soluțiile sistemului.

4.2. Aplicarea metodei numerice (elemente de frontieră)
la cîteva situații de dispunere a deversorului

Metoda elementelor de frontieră prezentată mai sus s-a aplicat la cîteva situații reprezentative de dispunere a deversorului circular în diferite forme de lac.

Un prim set de aplicații s-a realizat pentru un lac de formă dreptunghiulară luîndu-se în considerare 4 poziții fig.4.3.

$N_0 = 25$ - numărul elementelor pe conturul general

$N_d = 12$ - numărul elementelor pe conturul deversorului

Ecuațiile de tip (4.9-1) se vor scrie pentru nodurile (elementele) $P_{14} = P_{18}$, pe conturul exterior cu $h_{0j}/\Delta H = 1$, respectiv pe elementele de pe deversor $P_{25} - P_{37}$ cu $h_{0j}/\Delta H = 0$. În total sînt 37 de noduri (elemente) pe frontiera domeniului.

Pentru rularea programului, ca date de intrare se utilizează coordonatele nodurilor pe contur, pentru cele patru situații coordonatele punctelor de pe conturul general rămîn aceleași (tabel 4.1) iar pentru punctele de pe conturul deversorului, în cele 4 situații coordonatele sînt prezentate în tabelele (4.2,4.4,4.6,4.8).

Rezultatele obținute prin calculul numeric sînt prezentate în tabelele (4.3,4.5,4.7,4.9). pentru pozițiile $P_1 - P_2$, respectiv pozițiile $P_3 - P_4$.

În tabelele sînt calculate valorile

$$\frac{\Delta Q_{i,i+1}}{Q} \cdot 100 \%$$

unde:

$\Delta Q_{i,i+1} = q_i \cdot l_{i,i+1}$ adică debitul aferent unui element P_i, P_{i+1} calculat prin multiplicarea distribuției, q_i , obținută prin calculul, cu lungimea elementului $l_{i,i+1}$.

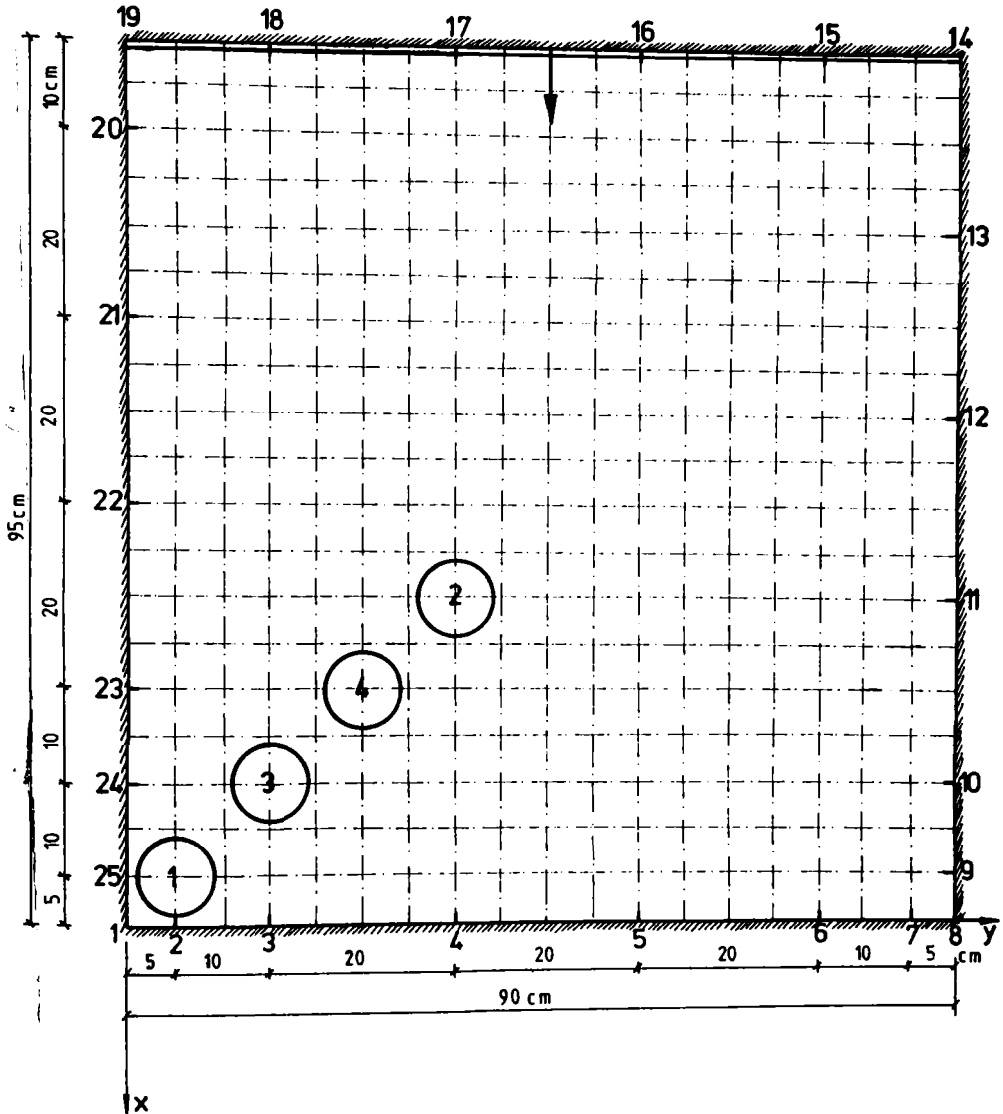


Fig.4.3. Schema de discretizare și de dispunere a deversorului circular într-un lac dreptunghiular—poziții luate în considerare prin metoda numerică

Datele de pe contur
=====

Numele fisierului cu datele pentru nodurile de pe contur: NIDALC

Nr. nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H, Vn
1	2	95	0	0
2	2	95	5	0
3	2	95	15	0
4	2	95	35	0
5	2	95	55	0
6	2	95	75	0
7	2	95	85	0
8	2	95	90	0
9	2	90	90	0
10	2	80	90	0
11	2	60	90	0
12	2	40	90	0
13	2	20	90	0
14	1	0	90	1
15	1	0	75	1
16	1	0	55	1
17	1	0	35	1
18	1	0	15	1
19	2	0	0	0
20	2	10	0	0
21	2	30	0	0
22	2	50	0	0
23	2	70	0	0
24	2	80	0	0
25	2	90	0	0

Tab.4.1. Coordonatele punctelor de pe contur

Distributia fluxului

=====

Mr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	93.8	3.96	0
3.927950281649828E-003				
2	1	93.8	6.03	0
1.487705670297146E-002				
3	1	92.8	7.82	0
3.0125692486763E-002				
4	1	91.04	8.86	0
4.281710833311081E-002				
5	1	88.96	8.86	0
4.817549884319305E-002				
6	1	87.2	7.82	0
4.87961582839489E-002				
7	1	86	6.03	0
4.521328210830688E-002				
8	1	86	3.96	0
2.963691577315331E-002				
9	1	87.2	2.17	0
1.412487588822842E-002				
10	1	88.96	1.14	0
3.651076462119818E-003				
11	1	91	1.14	0
4.236303269863129E-003				
12	1	92.8	2.17	0
4.331891424953938E-003				

Fig.4.2. Distribuția fluxului pe deversor și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 1.

Distribuția de debite prin metoda numerică

LAC DREPTUNGHILAR

Poziția 1.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT (ΔQ_i)	LUNGIMEA UNUI ELEMENT (L)	DEBITUL PE ELEMENT $\Delta Q \cdot l$	DEBITUL TOTAL $\sum \Delta Q_i$	$\Delta Q_i / Q$	$\Delta Q / Q$ [%]
1	0,0039	2,09	0,0081	0,6014	0,013	1,3
2	0,0149		0,03		0,049	4,9
3	0,030		0,063		0,104	10,4
4	0,042		0,088		0,145	14,5
5	0,048		0,10		0,165	16,5
6	0,049		0,102		0,168	16,8
7	0,045		0,094		0,156	15,6
8	0,0296		0,062		0,103	10,3
9	0,014		0,029		0,048	4,8
10	0,0365		0,0076		0,0126	1,26
11	0,0042		0,0087		0,014	1,44
12	0,0043		0,00898		0,0148	1,48

Tabel 4.3 Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

Distributia fluxului
=====

Nr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	83.8	13.96	0
1.990589499473572E-002				
2	1	83.8	16.03	0
2.668994478881359E-002				
3	1	82.8	17.83	
3.466029465198517E-002				
4	1	81	18.86	0
4.178298637270927E-002				
5	1	78.96	18.86	0
4.661746695637703E-002				
6	1	77.17	17.83	0
4.787136241793633E-002				
7	1	76.13	16	0
4.578255861997604E-002				
8	1	76.13	13.96	0
3.922362253069878E-002				
9	1	77.17	12.17	0
3.027483448386192E-002				
10	1	78.96	11.14	0
2.209734544157982E-002				
11	1	81	11.14	0
1.72266885638237E-002				
12	1	82.8	12.17	0
1.665389910340309E-002				

Tab.4.4. Distribuția fluxului pe deversor și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 2.

LAC DREPTUNGHILAR

Pozitia 2.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT [ΔQ _i]	LUNGIMEA UNUI ELEMENT [l]	DEBITUL PE ELEMENT ΔQ _i · l	DEBITUL TOTAL Σ ΔQ _i	ΔQ _i / Q	ΔQ / Q (%)
1	0,0199	2,09	0,042	0,818	0,051	5,1
2	0,0266		0,055		0,067	6,7
3	0,0346		0,072		0,088	8,8
4	0,0418		0,087		0,106	10,6
5	0,0466		0,097		0,118	11,8
6	0,0478		0,099		0,121	12,1
7	0,0457		0,095		0,116	11,6
8	0,0439		0,091		0,111	11,1
9	0,0302		0,063		0,077	7,7
10	0,022		0,046		0,056	5,6
11	0,0172		0,036		0,044	4,4
12	0,0166		0,035		0,043	4,3

Tabel 45 Calculul debitului pe elemente , calculul debitului total

Distributia fluxului
 =====

Nr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	73.86	23.96	0
2.772589959204197E 002				
2	1	73.86	26	0
3.195315599441528E 002				
3	1	72.83	27.83	0
3.80348302423954E 002				
4	1	71	28.86	0
4.444806650280952E 002				
5	1	68.96	28.86	0
4.97572086751461E 002				
6	1	67.17	27.83	0
5.214066803455353E 002				
7	1	66.14	26	0
5.158846080303192E 002				
8	1	66.14	23.96	0
4.714421555399895E 002				
9	1	67.17	22.17	0
4.021817073225975E 002				
10	1	68.96	21.14	0
3.316948935389519E 002				
11	1	71	21.14	0
2.796992659568787E 002				
12	1	72.83	22.17	0
2.629119157791138E 002				

Tab.4.6. Distribuția fluxului pe conturul deversorului și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 3.

LAC DREPTUNGIULAR

Poziția 3.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT [ΔQi]	LUNGIMEA UNUI ELEMENT [L]	DEBITUL PE ELEMENT ΔQi · L	DEBITUL TOTAL > ΔQi	ΔQi / Q	ΔQ / Q [%]
1	0,0277	2,09	0,058	0,974	0,059	5,9
2	0,0319		0,066		0,067	6,7
3	0,038		0,079		0,0811	8,11
4	0,044		0,092		0,094	9,4
5	0,0497		0,104		0,1067	10,67
6	0,052		0,108		0,1108	11,08
7	0,051		0,106		0,108	10,8
8	0,047		0,098		0,1006	10,06
9	0,040		0,083		0,085	8,5
10	0,033		0,068		0,0698	6,98
11	0,0279		0,058		0,0595	5,95
12	0,026		0,054		0,055	5,5

Tabel 4.7. Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

Distributia fluxului

=====

Nr.nod	Tip.nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	63.8	33.6	0
3.126230463385582E-002				
2	1	63.8	36	0
3.606259872845459E-002				
3	1	62.8	37.8	0
4.11657802760601E-002				
4	1	61	38.9	0
4.774332791566849E-002				
5	1	58.9	38.9	0
5.32141700387001E-002				
6	1	57	37.8	0
5.815588682889938E-002				
7	1	56	36	0
5.769539996981621E-002				
8	1	56	33.9	0
5.553121864795685E-002				
9	1	57	32	0
4.918335005640984E-002				
10	1	58.9	31	0
4.19524684548378E-002				
11	1	61	31	0
3.592812642455101E-002				
12	1	62.8	32.17	0
3.063641302287579E-002				

Tab.4.8. Distribuția fluxului pe conturul deversorului și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 4

LAC DREPTUNGHIULAR

Poziția 4.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT [ΔQ _i]	LUNGIMEA UNUI ELEMENT [l]	DEBITUL PE ELEMENT ΔQ _i · l	DEBITUL TOTAL ΣΔQ _i	ΔQ _i /Q	ΔQ/Q [%]
1	0,031		0,065		0,0567	5,67
2	0,036		0,075		0,0655	6,55
3	0,0411		0,085		0,0742	7,42
4	0,047		0,098		0,085	8,5
5	0,053	2,09	0,111	1,117	0,0969	9,69
6	0,058		0,121		0,105	10,5
7	0,057		0,120		0,104	10,4
8	0,055		0,115		0,10	10,0
9	0,049		0,102		0,089	8,9
10	0,041		0,086		0,075	7,5
11	0,086		0,075		0,065	6,5
12	0,0306		0,064		0,056	5,6

Tabel 49. Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

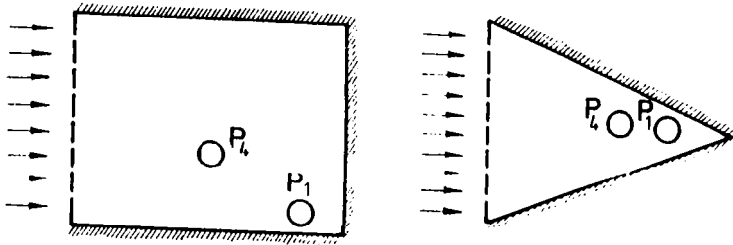


Fig.4.4. Schema dispunerii detectorului într-un lac dreptunghiular, respectiv triunghiular, pentru analiza comparativă metode analogice.

ELEMENT	Pozitia I.		Pozitia II.		Pozitia III.		Pozitia IV.	
	METODA ANALOGICĂ	METODA NUMERICĂ	METODA ANALOGICĂ	METODA NUMERICĂ	METODA ANALOGICĂ	METODA NUMERICĂ	METODA ANALOGICĂ	METODA NUMERICĂ
1	0,6	1,3	2,6	5,1	4	5,9	4	5,67
2	3,5	4,9	6,3	6,7	7,4	6,7	6,1	6,55
3	10	10,4	10	8,8	9,2	8,11	7,5	7,42
4	13,7	14,5	12,2	10,6	11	9,4	9	8,5
5	15,1	16,5	13,2	11,8	12,3	10,67	10,2	9,69
6	15,6	16,8	13,9	12,1	12,5	11,08	11	10,5
7	15,9	15,6	14	11,6	12,4	10,8	11,4	10,4
8	14,1	10,3	11,4	11,1	11,6	10,06	11,1	10
9	7,1	4,8	7,3	7,7	7,4	8,5	8,3	8,9
10	1,8	1,26	5,1	5,6	6	6,98	7	7,5
11	0,5	1,44	3,6	4,4	5,4	5,95	6,1	6,5
12	0,4	1,48	2,6	4,3	4,9	5,5	5,3	5,6

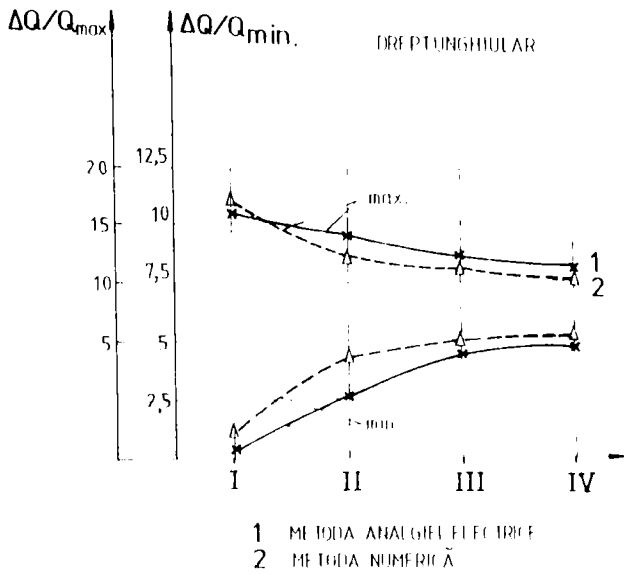


Fig. 4.5. Rezultatele comparative (numeric-analogic), valorile maxime și minime în funcție de poziția deversorului

Un al doilea set de aplicații se referă la devorsare circulară dispuse într-un lac de forma triunghiului (fig.4.6)

Coordonatele punctelor nodale (elementelor) de pe contur sînt prezentate în tabelele (4.11) în total $N_0 = 30$, pentru devorsor s-au considerat patru poziții cu $N_d = 12$ elemente pe contur.

Pe elementele $P_{21} - P_{30}$ avem $\frac{h_{0j}}{\Delta H} = 1$, iar pe elementele $P_{31} - P_{42}$ de pe devorsor $\frac{h_{0j}}{\Delta H} = 0$, elementele $P_1 - P_{29}$ sînt de tipul 2 cu ecuația de tip (4.9-2).

Rezultatele calculului numeric sînt prezentate în tabelele (4.13, 4.15, 4.17, 4.19)

4.3. Reprezentarea comparativă a rezultatelor obținute prin metoda numerică și analitică

Pentru validarea rezultatelor și a metodei expeditivă elaborată în lucrare se prezintă în continuare comparativ distribuția de debite determinat analitic, respectiv numeric prin metoda elementului de frontieră.

Rezultatele comparative pentru câteva variante de dispunere semnificativă conform figurii (4.5, 4.7) și tabelele (4.10, 4.20).

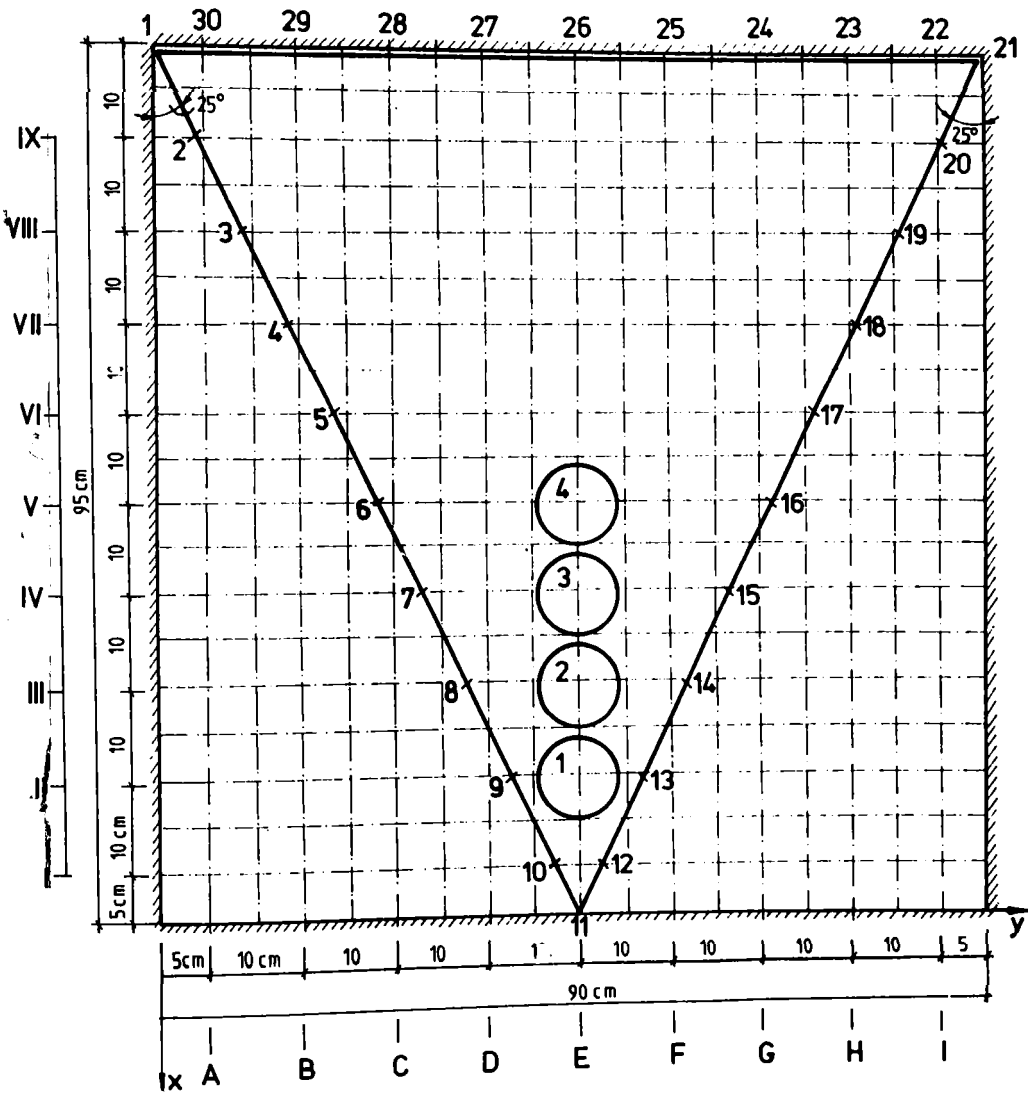


Fig. 4.6 Schema discriminării și dispunerii dev. elementelor
circular într-un loc triunghiular

Datele de pe contur
=====

Numele fisierului cu datele pentru nodurile de pe contur NIDALC1

Nr. nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H, Vn
1	2	0	0	
2	2	10	4.66	0
3	2	20	9.33	0
4	2	30	13.99	0
5	2	40	18.65	0
6	2	50	23.3	0
7	2	60	27.98	0
8	2	70	32.6	0
9	2	80	37.30	0
10	2	90	41.97	0
11	2	95	45	0
12	2	90	47.33	0
13	2	80	52	0
14	2	70	56.75	0
15	2	60	61.45	0
16	2	50	66.15	0
17	2	40	70.85	0
18	2	30	75.55	0
19	2	20	80.25	0
20	2	10	84.95	0
21	1	0	89.29	1
22	1	0	80	1
23	1	0	70	1
24	1	0	60	1
25	1	0	50	1
26	1	0	40	1
27	1	0	30	1
28	1	0	20	1

29	1	0	10	1
30	1	0	5	1

Tab 4.11 Coordonatele punctelor de pe contur

Distributia fluxului
=====

Nr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	83.86	43.96	0
2.161999465897679E-003				
2	1	83.86	46	0
2.150574466213584E-003				
3	1	82.8	47.8	0
6.646509282290936E-003				
4	1	81	48.86	0
1.987263932824135E-002				
5	1	78.96	48.86	0
3.521895408630371E-002				
6	1	77.17	47.83	0
4.558274894952774E-002				
7	1	76.13	46	0
4.96593602001667E-002				
8	1	76.13	43.96	0
4.578489065170288E-002				
9	1	77.17	42.17	0
3.521783277392387E-002				
10	1	78.96	41.14	0
2.028517425060272E-002				
11	1	81	41.14	0
7.562241517007351E-003				
12	1	82.8	42.17	0
2.765846904367208E-003				

Tab.4.12. Distribuția fluxului de pe deversor și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului poziția 1, triunghiular

LAC TRIUNghiULAR

Poziția 1.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT (Δq_i)	LUNGIMEA UNUI ELEMENT (l_i)	DEBITUL PE ELEMENT ($\Delta u_i = l_i$)	DEBITUL TOTAL ($\sum \Delta u_i$)	$\Delta q_i / Q$	$\Delta q_i / Q$ (%)
1	0,00216	2,09	0,0045	0,565	0,0079	0,7
2	0,00215		0,0044		0,0077	0,7
3	0,0066		0,013		0,023	2,3
4	0,0198		0,041		0,072	7,2
5	0,035		0,073		0,129	12,9
6	0,0455		0,045		0,168	16,8
7	0,04965		0,103		0,182	18,2
8	0,0457		0,095		0,168	16,8
9	0,035		0,073		0,129	12,9
10	0,020		0,042		0,074	7,4
11	0,0075		0,0156		0,0276	2,7
12	0,0027		0,0056		0,0099	0,99

Tabel 4.13 Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

Distributia fluxului
 =====

Nr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	73.86	47.96	0
		7.651827298104763E-003		
2	1	73.86	46	0
		8.801894262433052E-003		
3	1	72.8	47.8	0
		1.455475389957478E-002		
4	1	71	48.86	0
		2.604888007044792E-002		
5	1	68.96	48.86	0
		3.90632376074791E-002		
6	1	67.17	47.83	0
		4.838983342051506E-002		
7	1	66.14	46	0
		5.202660709619522E-002		
8	1	66.14	43.96	0
		4.865944758057594E-002		
9	1	67.17	42.17	0
		3.922009095549583E-002		
10	1	68.96	41.14	0
		2.65740193426609E-002		
11	1	71	41.14	0
		1.540773082524538E-002		
12	1	72.82	42.17	0
		9.405654855072498E-003		

Tab.4.14 Distribuția fluxului pe deversor și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 2, triunghiular

LAC TRIUNghiULAR

Poziția 2.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT [ΔQ_i]	LUNGIMEA UNUI ELEMENT [l]	DEBITUL PE ELEMENT $\Delta Q_i \cdot l$	DEBITUL TOTAL $\sum \Delta Q_i$	$\Delta Q_i / Q$	$\Delta Q / Q$ [%]
1	0,00765	2,09	0,0159	0,696	0,023	2,3
2	0,0088		0,018		0,026	2,6
3	0,0145		0,030		0,043	4,3
4	0,026		0,054		0,078	7,8
5	0,039		0,081		0,116	11,6
6	0,048		0,10		0,143	14,3
7	0,052		0,1086		0,155	15,5
8	0,0486		0,101		0,145	14,5
9	0,039		0,081		0,116	11,6
10	0,0265		0,055		0,079	7,9
11	0,0154		0,032		0,046	4,6
12	0,094		0,0196		0,028	2,8

Tabel 4.15. Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

Distributia fluxului
 =====

Nr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	63.86	43.96	0
1.471541076898575E-002				
2	1	63.86	46	0
1.644932106137276E-002				
3	1	62.8	47.8	0
2.286035008728504E-002				
4	1	61	48.86	0
3.368844091892242E-002				
5	1	58.96	48.86	0
4.528987407684326E-002				
6	1	57.17	47.83	0
5.37351593375206E-002				
7	1	56.14	46	0
5.718103423714638E-002				
8	1	56.14	43.96	0
5.404307320713997E-002				
9	1	57.17	42.17	0
4.537815600633621E-002				
10	1	58.96	41.14	0
3.39350663125515E-002				
11	1	61	41.14	0
2.335671149194241E-002				
12	1	62.83	42.17	0
1.687261462211609E-002				

Tab. 4.16. Distribuția fluxului pe deversor și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 3, triunghiular

LAC TRIUNghiULAR

Poziția 3.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT (ΔQ_i)	LUNGIME A UNUI ELEMENT [L]	DEBITUL PE ELEMENT $\Delta Q \cdot l$	DEBITUL TOTAL $\sum \Delta Q_i$	$\Delta Q_i / Q$	$\Delta Q / Q$ [%]
1	0,0147	2,09	0,031	0,872	0,035	3,5
2	0,01645		0,034		0,0389	3,89
3	0,0228		0,048		0,055	5,5
4	0,0336		0,070		0,080	8
5	0,045		0,094		0,107	10,7
6	0,0537		0,11		0,126	12,6
7	0,057		0,119		0,136	13,6
8	0,054		0,113		0,129	12,9
9	0,045		0,094		0,113	11,3
10	0,0339		0,071		0,081	8,1
11	0,0239		0,048		0,055	5,5
12	0,0168		0,035		0,040	4

Tabel 4.17 Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

Distributia fluxului
 =====

Nr.nod	Tip nod	Abscisa	Ordonata	H
Distributia fluxului				
1	1	48.86	43.97	0
2.741350047290325E-002				
2	1	48.86	46	0
2.937876246869564E-002				
3	1	47.8	47.8	0
3.652990609407425E-002				
4	1	46	48.86	0
4.779928922653198E-002				
5	1	43.96	48.86	0
5.925940349698067E-002				
6	1	42.17	47.83	0
6.755588203668594E-002				
7	1	41.14	46	0
7.108701765537262E-002				
8	1	41.14	43.96	0
6.790885329246521E-002				
9	1	42.17	42.17	0
5.922636389732361E-002				
10	1	43.96	41.14	0
4.780648648738861E-002				
11	1	46	41.14	0
3.685910254716873E-002				
12	1	47.83	42.17	0
2.986916527152061E-002				

Tab.4.18. Distribuția fluxului pe deversor și coordonatele punctelor de pe conturul deversorului, poziția 4, triunghiular.

LAC TRIUNGHIULAR
POZIȚIA 4.

ELEMENT	DISTRIBUTIA DE DEBIT [ΔQ _i]	LUNGIMEA UNUI ELEMENT [l _i]	DEBITUL PE ELEMENT ΔQ _i ·l	DEBITUL TOTAL ΣΔQ _i	ΔQ _i /Q	ΔQ/Q [%]
1	0,0274	2,09	0,057	1,21	0,047	4,7
2	0,0293		0,061		0,050	5
3	0,0365		0,076		0,063	6,3
4	0,0478		0,099		0,081	8,1
5	0,059		0,123		0,10	10
6	0,067		0,14		0,115	11,5
7	0,071		0,148		0,122	12,2
8	0,068		0,142		0,117	11,7
9	0,059		0,123		0,101	10,1
10	0,0478		0,099		0,081	8,1
11	0,036		0,075		0,062	6,2
12	0,0298		0,062		0,05	5

Tabella 19. Calculul debitului pe elemente, calculul debitului total

Element	Pozitia I		Pozitia II		Pozitia III		Pozitia IV	
	Metoda analogica	Metoda numerica	Metoda analogica	Metoda numerica	Metoda analogica	Metoda numerica	Metoda analogica	Metoda numerica
1	1.7	0.7	2.00	2.3	3.5	3.5	4.6	4.7
2	1.4	0.7	2.1	2.6	5.5	3.89	4.8	5
3	3.2	2.3	3.9	4.3	5.2	5.5	6.0	6.3
4	8	7.2	8.1	7.8	7.9	8	8.0	8.1
5	11.1	12.9	10.4	11.6	10.0	10.7	9.3	10
6	14.9	16.8	12.6	14.3	11.8	12.6	11.2	11.5
7	17.3	18.2	14.7	15.5	12.8	13.6	12.1	12.2
8	15.4	16.8	13.10	14.5	12.4	12.9	11.6	11.7
9	10.9	12.9	10.2	11.6	39.8	11.3	9.6	10.1
10	7.00	7.4	7.2	7.9	7.7	8.1	8	8.1
11	1.6	2.7	4.3	4.6	4.9	5.5	6	6.2
12	1.2	0.99	2.1	2.8	3.7	4	4.8	5

Labelul 420 Evidentierea rezultatelor comparative obtinute prin metode numeric - analogic pt. cuva triunghiulara

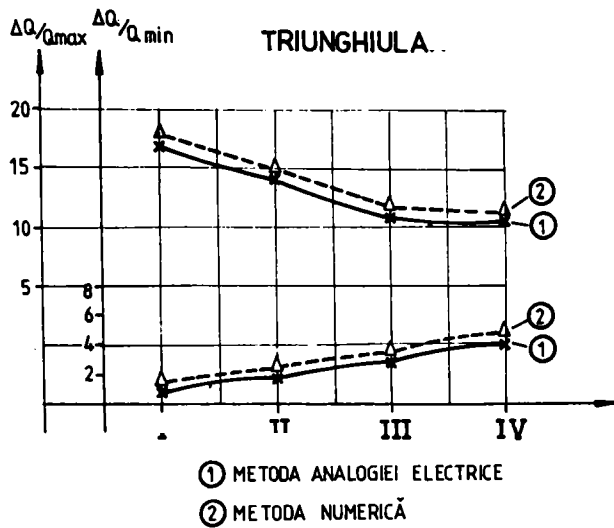


Fig.4.7. Rezultatele comparative (numeric-analogic), valorile maxime și minime în funcție de poziția deviatorului.

Urmărind aceste rezultate se observă o bună concordanță ceea ce arată că metodele expeditiv propuse pentru analiza distribuției de viteze sînt corecte și pot fi utilizate în practică.

Metoda numerică are avantajul deosebit că este la îndemîna oricărui proiectant care dispune de un calculator personal (PC).

4.4. Prezentarea programelor de calcul pentru P.C.

Programele de calcul au fost elaborate pe baza adaptării celor utilizate în teoria filtrației [34-36] corespunzător necesităților problemei deversoarelor circulare, este segmentat în 4 părți (anexa).

1. P.I.D.C.D.B.A. - este programul pentru introducerea datelor cu videoformat (interactiv):
 - datele corespunzătoare nodurilor de pe centur (coordonate, tipul nodului, valoarea mărimilor caracteristice pe centur);
 - datele corespunzătoare nodurilor de pe circumferință deversorului (coordonate, tipul nodului și valoarea potențialului).

Datele introduse sînt așezate în fișiere care sînt apelate de celelalte secvențe ale programului. Tot programul conține doar 73 de linii.

2. GENCD.BAS - este programul general pentru calculul coeficienților sistemului liniar (4.9) în funcție de datele introduse prin PIDCD.BAS. Aceste date sînt preluate în mod automat din fișiere în timpul rulării programului. Rezultatele acestui program sînt așezate automat în fișierele AJI.DAT (elementele matricei sistemului liniar) și BJ.DAT (elementele termenului liber).
3. SIS1.BAS - este programul pentru rezolvarea sistemului liniar. Programul precizează în mod automat fișierele din secvențele precedente. Rezultatele (soluțiile SOL.DAT). O parte din aceste soluții reprezintă chiar soluția problemei puse, adică distribuția debitului de-a lungul conturului deversorului (mărimile q_i).
4. LISCD.DAT - este programul pentru listarea la imprimantă a rezultatelor. Programul este interactiv și se poate lista, opțional, datele de intrare și distribuție de debite pe conturul deversorului. Listările celor 4 programe sînt anexate în lucrare.

```

10 REM Programul : PIDCD.BAS Introducerea datelor
20 REM Program de Introducere Date
30 DIM A$(7),B(7),J$(7)
40 S$=""
50 CLS
60 PRINT "
70 PRINT "          Program de introducere date cu videoformat"
80 PRINT "          ====="
90 PRINT
100 PRINT "          1. Contur -coordonate
110 PRINT
120 PRINT "          2. Contur deversor
130 PRINT "          3. Iesire
140 PRINT
150 PRINT
160 INPUT "Alegeti varianta dorita tastind numarul de ordine corespunzator ";W%
170 IF W% = 1 OR W% = 2 THEN 200
180 IF W% = 3 THEN 190 ELSE 50
190 CLS
200 PRINT "End run"
210 END
220 CLS
230 INPUT "Numele fisierului ";F1$
240 N=7
250 A$(1)="Tip nod      "
260 A$(2)="Abscisa      "
270 A$(3)="Ordonata     "
280 A$(4)="H sau Vn     "
290 A$(5)="Parametrul imperfectiunii P1:adincime,latime,diametru
300 A$(6)="Parametrul imperfectiunii P2:grosimea stratului de apa
310 A$(7)="Parametrul imperfectiunii P3:adincimea de pozare dev.
320 B(1)=1
330 B(2)=8
340 B(3)=8
350 B(4)=8
360 B(5)=8
370 B(6)=8
380 B(7)=8
390 OPEN "R",#1,F1$,49
400 FIELD #1,1 AS I1$,8 AS I2$,8 AS I3$,8 AS I4$,8 AS I5$,8 AS I6$,8 AS I7$
410 NR=1
420 CLS
430 PRINT "          PROGRAM DE INTRODUCERE DATE CU VIDEOFORMAT"
440 PRINT: PRINT
450 PRINT "Denumire cimp      Lungime          Nr. inreg : ";NR
460 PRINT: PRINT
470 PRINT "Nr. nodului = ";NR
480 PRINT: PRINT
490 FOR I=1 TO N
500 PRINT A$(I);
510 INPUT J$(I)
520 NEXT I
530 LSET I7$=J$(7)
540 LSET I6$=J$(6)
550 LSET I5$=J$(5)
560 LSET I4$=J$(4)
570 LSET I3$=J$(3)
580 LSET I2$=J$(2)
590 LSET I1$=J$(1)
600 PUT #1,NR
610 PRINT
620 INPUT "(U,N,S) ";R$
630 IF R$="S" THEN 720
640 IF R$="U" THEN 700
650 NS=VAL(R$)

```

```
660 IF NS=0 THEN 680
670 NR=NS
680 PRINT "(U,N,S)"
690 GOTO 620
700 NR=NR+1
710 GOTO 420
720 CLOSE 1
730 GOTO 40
```

1
:

```

10 REM Programul : GENCD.BAS
20 RO=.01
30 PI=3.14159
40 EE=2.71828
50 CLS
60 PRINT "Conditii simple cu : "
70 PRINT
80 INPUT "Linii de deversare (Y/N) ":R4$
90 PRINT
100 CLS
110 PRINT "Date de intrare"
120 PRINT
130 INPUT "Numele fisierului cu date de pe contur ";F1$
140 INPUT "Numarul nodurilor de pe contur ";N1
150 PRINT
160 INPUT "Numele fisierului cu date pentru linii de drenaj ";F3$
170 INPUT "Numarul elementelor din linia de drenaj ";N3
180 REM *****Noduri de pe contur = N1
190 REM *****Numar noduri drenaj = N3
200 DIM TO(N1),XO(N1),YO(N1),HO(N1),P1(N1),P2(N1),P3(N1)
210 N=1
220 CLS
230 OPEN "R",#1,F1$,49
240 FIELD #1,1 AS A1$,8 AS A2$,8 AS A3$,8 AS A4$,8 AS A5$,8 AS A6$,8 AS A7$
250 FOR I=1 TO N1
260 GET #1,I
270 TO(I)=VAL(A1$)
280 XO(I)=VAL(A2$)
290 YO(I)=VAL(A3$)
300 HO(I)=VAL(A4$)
310 P1(I)=VAL(A5$)
320 P2(I)=VAL(A6$)
330 P3(I)=VAL(A7$)
340 NEXT I
350 CLOSE 1
360 IF N3=0 THEN 510
370 OPEN "R",#1,F3$,49
380 FIELD #1,1 AS D1$,8 AS D2$,8 AS D3$,8 AS D4$,8 AS D5$,8 AS D6$,8 AS D7$
390 DIM T1(N3),X8(N3),Y8(N3),HH(N3),P1(N3),P5(N3),P6(N3)
400 FOR I=1 TO N3
410 GET #1,I
420 T1(I)=VAL(D1$)
430 X8(I)=VAL(D2$)
440 Y8(I)=VAL(D3$)
450 HH(I)=VAL(D4$)
460 P4(I)=VAL(D5$)
470 P5(I)=VAL(D6$)
480 P6(I)=VAL(D7$)
490 NEXT I
500 CLOSE 1
510 OPEN "R",#2,"BJ.DAT",24
520 FIELD #2,24 AS A0$
530 PRINT "Calculul termenilor liberi B(J)"
540 FOR J=1 TO N1
550 IF TO(J)-4 THEN 560 ELSE 580
560 BJ=0
570 GOTO 590
580 BJ=HO(J)
590 BJ$=STR$(BJ)
600 LSET A0$=BJ$
610 PUT #2,J
620 NEXT J
630 IF N3=0 THEN 700
640 FOR J=1 TO N3-1
650 BJ=HH(J)

```

```
660 BJ$=STR$(BJ)
670 LSET AO$=BJ$
680 PUT #2,N1+N5+J
690 NEXT J
700 BJ=0
710 BJ$=STR$(BJ)
720 LSET AO$=BJ$
730 IF N3=0 THEN PUT #2,N1+1 ELSE PUT #2,N1+N3
740 CLOSE 2
750 GOTO 1870
760 REM Calculul aji,bji
770 X3=X0(J)
780 Y3=Y0(J)
790 IF J=N1 THEN 830
800 X4=X0(J+1)
810 Y4=Y0(J+1)
820 GOTO 850
830 X4=X0(1)
840 Y4=Y0(1)
850 IF QQ=1 THEN 940
860 X1=X0(I)
870 Y1=Y0(I)
880 IF I=N1 THEN 920
890 X2=X0(I+1)
900 Y2=Y0(I+1)
910 GOTO 940
920 X2=X0(1)
930 Y2=Y0(1)
940 IF BE=1 THEN GOSUB 1630
950 IF X2=X1 THEN E=PI/2 ELSE E=ATN(ABS((Y2-Y1)/(X2-X1)))
960 IF Y2>=Y1 AND X2>=X1 THEN F=E
970 IF Y2>=Y1 AND X2<X1 THEN F=PI-E
980 IF Y2<Y1 AND X2<X1 THEN F=PI+E
990 IF Y2<Y1 AND X2>=X1 THEN F=2*PI-E
1000 E1=Y3+Y4-2*Y1
1010 E2=X3+X4-2*X1
1020 IF E2=0 THEN P=PI/2 ELSE P=ATN(ABS(E1/E2))
1030 IF E1>=0 AND E2>=0 THEN S=P
1040 IF E1>=0 AND E2<0 THEN S=PI-P
1050 IF E1<0 AND E2<0 THEN S=PI+P
1060 IF E1<0 AND E2>=0 THEN S=2*PI-P
1070 IF Y1>=Y2 AND X1>=X2 THEN V=E
1080 IF Y1>=Y2 AND X1<X2 THEN V=PI-E
1090 IF Y1<Y2 AND X1<X2 THEN V=PI+E
1100 IF Y1<Y2 AND X1>=X2 THEN V=2*PI-E
1110 IF ABS(S-F)<=PI THEN U=ABS(S-F) ELSE U=2*PI-ABS(S-F)
1120 F1=Y3+Y4-2*Y2
1130 F2=X3+X4-2*X2
1140 IF F2=0 THEN P1=PI/2 ELSE P1=ATN(ABS(F1/F2))
1150 IF F1>=0 AND F2>=0 THEN S1=P1
1160 IF F1>=0 AND F2<0 THEN S1=PI-P1
1170 IF F1<0 AND F2<0 THEN S1=PI+P1
1180 IF F1<0 AND F2>=0 THEN S1=2*PI-P1
1190 IF ABS(V-S1)<=PI THEN W=ABS(V-S1) ELSE W=2*PI-ABS(V-S1)
1200 IF X4=X3 THEN G=PI/2 ELSE G=ATN(ABS((Y4-Y3)/(X4-X3)))
1210 IF Y4>=Y3 AND X4>=X3 THEN L=G
1220 IF Y4>=Y3 AND X4<X3 THEN L=PI-G
1230 IF Y4<Y3 AND X4<X3 THEN L=PI+G
1240 IF Y4<Y3 AND X4>=X3 THEN L=2*PI-G
1250 T=L-F
1260 R=SQR((X1-(X3+X4)/2)^2+(Y1-(Y3+Y4)/2)^2)
1270 R1=SQR((X2-(X3+X4)/2)^2+(Y2-(Y3+Y4)/2)^2)
1280 A1=R/(2*PI)*((LOG(R/RO)-1)*COS(U)+(PI/2-U)*SIN(U))
1290 A2=R1/(2*PI)*((LOG(R1/RO)-1)*COS(W)+(PI/2-W)*SIN(W))
1300 Z1=A1+A2
```



```
1310 W2=SIN(U)
1320 W3=SIN(W)
1330 IF ABS(W3-W2)<.001 THEN W4=1 ELSE W4=W3/W2
1340 Z2=1/(2*PI)*(U+W-PI)*COS(T)+1/(2*PI)*SIN(T)*LOG(ABS(W4))
1350 RETURN
1360 REM Calculul li,i+1
1370 X1=X0(I)
1380 Y1=Y0(I)
1390 IF I=N1 THEN 1430
1400 X2=X0(I+1)
1410 Y2=Y0(I+1)
1420 GOTO 1450
1430 X2=X0(1)
1440 Y2=Y0(1)
1450 Z6=SQR((X1-X2)^2+(Y1-Y2)^2)
1460 RETURN
1470 EJ=(2*P2(J))/PI*(LOG(1/(COS((PI*P1(J))/(2*P2(J))))))
1480 RETURN
1490 EJ=(2*P5(J))/PI*(LOG(1/(COS((PI*P4(J))/(2*P5(J))))))
1500 RETURN
1510 EJ=2*P2(J)/PI*LOG((2*EE^(PI*P1(J))/(4*P2(J)))/(EE^(PI*P1(J)/(2*P2(J)))-1))
1520 RETURN
1530 EJ=2*P5(J)/PI*LOG((2*EE^(PI*P4(J))/(4*P5(J)))/(EE^(PI*P4(J)/(2*P5(J)))-1))
1540 RETURN
1550 EJ=P2(J)/(PI)*(LOG(P2(J)/(PI*P1(J)))+1/(SIN(PI*P3(J)/P2(J))))
1560 RETURN
1570 EJ=P5(J)/(PI)*(LOG(P5(J)/(PI*P4(J)))+1/(SIN(PI*P6(J)/P5(J))))
1580 RETURN
1590 EJ=2*P2(J)/(PI)*LOG(2*P2(J)/(PI*P1(J)))
1600 RETURN
1610 EJ=2*P5(J)/(PI)*LOG(2*P5(J)/(PI*P4(J)))
1620 RETURN
1630 REM Calculul relatiilor pentru cazul convex
1640 D1=Y2-Y1
1650 D2=X2-X1
1660 IF D2 = 0 THEN D0=(X3+X4)/2-X1
1670 IF D2 <> 0 THEN D=(Y3+Y4)/2-Y1-D1/D2*((X3+X4)/2-X1)
1680 IF D1 >= 0 AND D2 > 0 AND D < 0 THEN 1750
1690 IF D1 <= 0 AND D2 < 0 AND D > 0 THEN 1750
1700 IF D1 >= 0 AND D2 < 0 AND D > 0 THEN 1750
1710 IF D1 <= 0 AND D2 > 0 AND D <= 0 THEN 1750
1720 IF D2 = 0 AND D1 > 0 AND D0 > 0 THEN 1750
1730 IF D2 = 0 AND D1 < 0 AND D0 < 0 THEN 1750
1740 GOTO 1810
1750 XX=X1
1760 X1=X2
1770 X2=XX
1780 XX=Y1
1790 Y1=Y2
1800 Y2=XX
1810 RETURN
1820 AJ$=STR$(AJI)
1830 LSET Z0$=AJ$
1840 PUT #1,N
1850 N=N+1
1860 RETURN
1870 PRINT "Calculul elementelor A(J,I)"
1880 OPEN "R",#1,"AJI.DAT",24
1890 FIELD #1,24 AS Z0$
1900 FOR J=1 TO N1
1910 PRINT "Linia = ";J;"Cadranul 1"
1920 FOR I=1 TO N1
1930 IF TO(I)=4 THEN 2060
1940 ON TO(J) GOTO 1950,1980,1980,2060,2110,2110,2110,2110
1950 GOSUB 760
```

```

1960 AJI=Z1
1970 GOTO 2220
1980 IF I <> J THEN 2010
1990 AJI=-.5
2000 GOTO 2220
2010 BB=1
2020 GOSUB 760
2030 AJI=Z2
2040 BB=0
2050 GOTO 2220
2060 IF I <> J THEN 2090
2070 AJI=1
2080 GOTO 2220
2090 AJI=0
2100 GOTO 2220
2110 ON TO(J)-4 GOSUB 1470,1510,1550,1590
2120 IF I=J THEN 2200
2130 GOSUB 760
2140 AJI=Z1
2150 BB=1
2160 GOSUB 760
2170 AJI=AJI+EJ*Z2
2180 BB=0
2190 GOTO 2220
2200 GOSUB 760
2210 AJI=Z1-.5*EJ
2220 GOSUB 1820
2230 NEXT I
2240 IF N3=0 THEN 2420
2250 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 3"
2260 FOR I=1 TO N3-1
2270 IF TO(J)=4 THEN 2390
2280 X1=X8(I)
2290 Y1=Y8(I)
2300 X2=X8(I+1)
2310 Y2=Y8(I+1)
2320 QQ=1
2330 BB=1
2340 GOSUB 760
2350 QQ=0
2360 BB=0
2370 IF TO(I)=2 OR TO(J)=3 THEN AJI Z2 ELSE AJI Z1
2380 GOTO 2400
2390 AJI=0
2400 GOSUB 1820
2410 NEXT I
2420 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 4"
2430 IF TO(J)=2 OR TO(J)=3 OR TO(J)=4 THEN AJI=0 ELSE AJI=1
2440 GOSUB 1820
2450 NEXT J
2460 IF N3=0 THEN 2890
2470 FOR J=1 TO N3-1
2480 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 9"
2490 FOR I=1 TO N1
2500 IF T1(J)=4 THEN 2600
2510 X3=X8(J)
2520 Y3=Y8(J)
2530 X4=X8(J+1)
2540 Y4=Y8(J+1)
2550 GG=1
2560 GOSUB 850
2570 GG=0
2580 AJI=Z1
2590 GOTO 2610
2600 AJI=0

```

```
2610 GOSUB 1820
2620 NEXT I
2630 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 11"
2640 FOR I=1 TO N3-1
2650 IF T1(J)=4 THEN 2820
2660 X1=X8(I)
2670 Y1=Y8(I)
2680 X2=X8(I+1)
2690 Y2=Y8(I+1)
2700 X3=X8(J)
2710 Y3=Y8(J)
2720 X4=X8(J+1)
2730 Y4=Y8(J+1)
2740 GOSUB 950
2750 IF I <> J THEN 2800
2760 IF T1(J)=1 THEN 2800
2770 ON T1(J)-4 GOSUB 1490,1530,1570,1610
2780 GOTO 2830
2790 GOTO 2830
2800 AJI=Z1
2810 GOTO 2830
2820 IF I=J THEN AJI=1 ELSE AJI=0
2830 GOSUB 1820
2840 NEXT I
2850 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 12"
2860 IF T1(J)=4 THEN AJI=0 ELSE AJI=1
2870 GOSUB 1820
2880 NEXT J
2890 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 13"
2900 FOR I=1 TO N1
2910 IF T0(I)=4 THEN 2950
2920 GOSUB 1360
2930 AJI=Z6
2940 GOTO 2960
2950 AJI=0
2960 GOSUB 1820
2970 NEXT I
2980 IF N3=0 THEN 3090
2990 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 15"
3000 FOR I=1 TO N3-1
3010 X1=X8(I)
3020 Y1=Y8(I)
3030 X2=X8(I+1)
3040 Y2=Y8(I+1)
3050 GOSUB 1450
3060 AJI=Z6
3070 GOSUB 1820
3080 NEXT I
3090 PRINT "Linia : ";J;"Cadranul 16"
3100 AJI=0
3110 GOSUB 1820
3120 CLOSE 1
3130 CLS
3140 PRINT "End run"
3150 END
```

```
10 REM:Program SIS1.BAS
20 REM Rezolvarea sistemului de ecuatii - solutii de baza
30 INPUT "Numarul ecuatiilor din sistem ";N
40 DIM A(N,N+1)
50 OPEN "R",#1,"AJ1.DAT",24
60 FIELD #1,24 AS Z0$
70 PRINT "Citirea datelor de intrare"
80 K=1
90 FOR I=1 TO N
100 FOR J=1 TO N
110 GET #1,K
120 A(I,J)=VAL(Z0$)
130 K=K+1
140 NEXT J
150 NEXT I
160 CLOSE 1
170 OPEN "R",#2,"BJ.DAT",24
180 FIELD #2,24 AS Z1$
190 FOR I=1 TO N
200 GET #2,I
210 A(I,N+1)=VAL(Z1$)
220 NEXT I
230 CLOSE 2
240 PRINT "Rezolvarea sistemului de ecuatii"
250 FOR I=1 TO N-1
260 FOR J=I+1 TO N
270 FOR K=N+1 TO I+1 STEP -1
280 A(J,K)=A(J,K)-(A(I,K)/A(I,I))*A(J,I)
290 NEXT K
300 NEXT J
310 NEXT I
320 A(N,1)=A(N,N+1)/A(N,N)
330 FOR I=N TO 2 STEP -1
340 A(I-1,1)=(A(I-1,N+1)-A(I,1)*A(I-1,I))/A(I-1,I-1)
350 FOR J=I-2 TO 1 STEP -1
360 A(J,N+1)=A(J,N+1)-A(I,1)*A(J,I)
370 NEXT J
380 NEXT I
390 PRINT "Scrierea solutiilor in fisier"
400 OPEN "R",#1,"SOL.DAT",24
410 FIELD #1,24 AS Z2$
420 FOR I=1 TO N
430 S$=STR$(A(I,1))
440 LSET Z2$=S$
450 PUT #1,I
460 NEXT I
470 CLOSE 1
480 CLS
490 PRINT "End run"
500 END
```

```
10 REM Programul : LISC.D.BAS
20 REM Program de listare a datelor de intrare si a rezultatelor
40 CLS
45 PRINT "Program de listare a datelor de intrare si a rezultatelor"
50 PRINT
60 PRINT " 1. listarea datelor pentru conturul general"
80 PRINT " 2. listarea datelor pentru contur deversor"
90 PRINT " 3. listarea fluxului calculat pe conturul general"
130 PRINT " 4. listarea coordonatelor punctelor interioare"
140 PRINT " 5. listarea potentialelor calculate in punctele interioare"
185 PRINT " 6. Listarea distributiei fluxului calculat pe conturul deversor"
200 PRINT
210 PRINT " 7. Iesire din program"
220 PRINT
230 PRINT
240 INPUT "Indicati varianta dorita tastind numarul de ordine corespunzator ";R
250 R=INT(R)
260 IF R < 1 OR R > 7 THEN 40
265 CLS
270 ON R GOSUB 1010,3010,4010,8010,9010,14010,290
280 GOTO 40
290 CLS
295 PRINT "End run"
300 END
500 INPUT "Tastati <RETURN> pentru a reveni in meniu principal ";A$
510 RETURN
1010 REM CONTUR
1020 B$="-----"
1030 INPUT "Numele fisierului cu datele pentru nodurile de pe contur ";F1$
1040 INPUT "Numarul nodurilor de pe contur ";N
1060 PRINT CL$
1061 LPRINT "Datele de pe contur"
1062 LPRINT "=====
1063 LPRINT
1064 LPRINT
1065 LPRINT "Numele fisierului cu datele pentru nodurile de pe contur ";F1$
1066 LPRINT
1067 LPRINT
1070 OPEN "R",#1,F1$,49
1080 FIELD #1,1 AS A1$,8 AS A2$,2 AS A3$,3 AS A4$,8 AS A5$,8 AS A6$,8 AS A7$
1090 LPRINT B$;B$
1100 LPRINT "Nr. nod";TAB(10);"Tip nod";TAB(20);"Abscisa";TAB(30);"Ordonata";
1110 LPRINT TAB(40);"H,Vn";TAB(50);"Param. 1";TAB(60);"Param. 2";TAB(70);
1120 LPRINT "Param. 3"
1130 LPRINT B$;B$
1140 FOR I=1 TO N
1150 GET #1,I
1160 LPRINT I;TAB(10);A1$;TAB(20);A2$;TAB(30);A3$;TAB(40);A4$;TAB(50);A5$;
1170 LPRINT TAB(60);A6$;TAB(70);A7$
1180 LPRINT B$;B$
1190 NEXT I
1200 CLOSE 1
1210 GOSUB 500
1220 RETURN
3010 REM DRENAJ
3020 B$="-----"
3030 INPUT "Numele fisierului cu liniile de drenaj ";F1$
3040 INPUT "Numarul liniilor de drenaj ";N
3050 CLS
3051 LPRINT "Liniile de drenaj"
3052 LPRINT "=====
3053 LPRINT
3054 LPRINT
3055 LPRINT "Numele fisierului cu date pentru liniile de drenaj ";F1$
3056 LPRINT
3057 LPRINT
```

```
3060 OPEN "R",#1,F1$,49
3070 FIELD #1,1 AS A1$,8 AS A2$,8 AS A3$,8 AS A4$,8 AS A5$,8 AS A6$,8 AS A7$
3080 LPRINT "R";R$
3090 LPRINT "Nr. nod";TAB(10);"Tip nod";TAB(20);"Abscisa";TAB(30);"Ordonata";
3100 LPRINT TAB(40);"H,Vn";TAB(50);"Param. 1";TAB(60);"Param. 2";TAB(70);
3110 LPRINT "Param. 3"
3120 LPRINT B$;B$
3130 FOR I=1 TO N
3140 GET #1,I
3150 LPRINT I;TAB(10);A1$;TAB(20);A2$;TAB(30);A3$;TAB(40);A4$;TAB(50);A5$;
3160 LPRINT TAB(60);A6$;TAB(70);A7$
3170 LPRINT B$;B$
3180 NEXT I
3190 CLOSE 1
3200 GOSUB 500
3210 RETURN
4010 REM FLUX
4020 INPUT "Numele fisierului cu datele pentru nodurile de pe contur ";F1$
4030 INPUT "Numele fisierului cu fluxul calculat pe contur ";F2$
4040 INPUT "Numarul nodurilor de pe contur ";N
4050 OPEN "R",#1,F1$,49
4060 FIELD #1,1 AS A1$,8 AS A2$,8 AS A3$,8 AS A4$,8 AS A5$,8 AS A6$,8 AS A7$
4070 OPEN "R",#2,F2$,24
4080 FIELD #2,24 AS B1$
4081 CLS
4082 LPRINT "Flux pe contur"
4083 LPRINT "======"
4084 LPRINT
4085 LPRINT
4086 LPRINT "Numele fisierului cu datele pentru nodurile de pe contur ";F1$
4087 LPRINT "Numele fisierului cu fluxul calculat pe contur ";F2$
4088 LPRINT
4089 LPRINT
4095 LPRINT B$;B$
4100 LPRINT "Nr. nod";TAB(10);"Tip nod";TAB(20);"Abscisa";TAB(30);"Ordonata";
4110 LPRINT TAB(40);"H,Vn";TAB(50);"Param. 1";TAB(60);"Param. 2";TAB(70);
4120 LPRINT "Param. 3";TAB(80);"Flux"
4130 FOR I=1 TO N
4140 GET #1,I
4150 GET #2,I
4160 LPRINT I;TAB(10);A1$;TAB(20);A2$;TAB(30);A3$;TAB(40);A4$;TAB(50);A5$;
4170 LPRINT TAB(60);A6$;TAB(70);A7$;TAB(80);B1$
4180 NEXT I
4190 CLOSE 1
4200 GOSUB 500
4210 RETURN
8010 REM PUNCTE INTERIOARE
8020 INPUT "Numele fisierului cu coordonatele punctelor interioare ";F1$
8030 INPUT "Numarul punctelor interioare ";N
8040 CLS
8041 LPRINT "Puncte interioare"
8042 LPRINT "======"
8043 LPRINT
8044 LPRINT
8045 LPRINT "Numele fisierului cu coordonatele punctelor interioare";F1$
8046 LPRINT
8047 LPRINT
8050 OPEN "R",#1,F1$,16
8060 FIELD #1,8 AS A1$,8 AS A2$
8070 A$="-----"
8080 LPRINT A$;A$
8090 LPRINT "Nr. nod";TAB(10);"Abscisa";TAB(20);"Ordonata"
8100 LPRINT A$;A$
8110 FOR I=1 TO N
8120 GET #1,I
8130 LPRINT I;TAB(10);A1$;TAB(20);A2$
```

```
8140 LPRINT A$;A$
8150 NEXT I
8160 CLOSE 1
8170 GOSUB 500
8180 RETURN
9010 REM POTENTIAL IN PUNCTE INTERIOARE
9020 INPUT "Numele fisierului cu coordonatele punctele interioare ";F1$
9030 INPUT "Numele fisierului cu potentialele caculate-POTPUNCT.DAT ";F2$
9040 INPUT "Numarul punctelor interioare ";N
9050 CLS
9051 LPRINT "Potentiale calculate in puncte interioare"
9052 LPRINT "=====
9053 LPRINT
9054 LPRINT
9055 LPRINT "Numele fisierului cu coordonatei epunctelor interioare ";F1$
9056 LPRINT "Numele fisierului cu potentialele in punctele interioare ";F2$
9057 LPRINT
9058 LPRINT
9060 OPEN "R",#1,F1$,16
9070 FIELD #1,8 AS A1$,8 AS A2$
9080 OPEN "R",#2,F2$,24
9090 FIELD #2,24 AS A3$
9100 AT "
9110 LPRINT A$;A$
9120 LPRINT "Nr. nod";TAB(10);"Abscisa";TAB(20);"Ordonata";TAB(30);"Potential"
9130 LPRINT A$;A$
9140 FOR I=1 TO N
9150 GET #1,I
9160 GET #2,I
9170 LPRINT I;TAB(12);A1$;TAB(22);A2$;TAB(32);A3$
9180 LPRINT A$;A$
9190 NEXT I
9200 CLOSE 1,2
9210 GOSUB 500
9220 RETURN
14010 REM FLUX PE LINII DE DRENAJ
14020 INPUT "Numele fisierului cu datele pentru nodurile liniilor de drenaj";F1$
14030 INPUT "Numele fisierului cu distrib.flux. pe linia de drenaj-SOL.DAT ";F2$
14040 INPUT "Numarul nodurilor de pe linia de drenaj ";N3
14050 INPUT "Nu. de ordine al primului element pe linia de drenaj (N1+N5+1)";M1
14060 OPEN "R",#1,F1$,49
14070 FIELD #1,1 AS A1$,8 AS A2$,8 AS A3$,8 AS A4$,8 AS A5$,8 AS A7$
14080 OPEN "R",#2,F2$,24
14090 FIELD #2,24 AS B2$
14100 CLS
14110 LPRINT "Distributia fluxului pe linia de drenaj"
14120 LPRINT "=====
14130 LPRINT
14140 LPRINT
14150 LPRINT "Numele fisierului cu datele pentru liniile de drenaj ";F1$
14160 LPRINT "Numele fisierului cu val. flux. pe linia de drenaj-SOL.DAT ";F2$
14170 LPRINT
14180 LPRINT
14190 LPRINT B$,B$
14200 LPRINT "Nr.nod";TAB(10);"Tip nod";TAB(20);"Abscisa";TAB(30);"Ordonata";
14210 LPRINT TAB(40);" H ";TAB(50);"Param. 1";TAB(60);"Param.2";TAB(70);
14220 LPRINT "Param. 3";TAB(80);"Distributia fluxului"
14230 FOR I=1 TO N3-1
14240 GET #1,I
14250 I=M1-1+I
14260 GET #2,I
14270 I=I-M1+1
14280 LPRINT I;TAB(10);A1$;TAB(20);A2$;TAB(30);A3$;TAB(40);A4$;TAB(50);A5$;
14290 LPRINT TAB(60);A6$;TAB(70);A7$;TAB(80);B2$
```

Concluzii generale, evidențierea contribuțiilor.-

Așa după cum s-a prezentat în paragraful 1.3.4., principalele obiective ale cercetării cuprinse în lucrare se referă la probleme hidraulice legate de condițiile de funcționare a deversoarelor plinice o categorie de lucrări hidrotehnice speciale utilizate ca soluții eficiente pentru descărcarea apelor mari care, în unele anumite perioade depășesc capacitatea de retenție a lacurilor.

Din multitudinea problemelor hidraulice ale acestor tipuri de descărcători, în lucrare sînt abordate aspecte legate de studiul efectelor conturului lacului de acumulare (a rezervorului) asupra distribuției debitului de-a lungul deversorului circular. Evident că problemele hidraulice sînt similare și în cazul unui preaj din circular prevăzut la rezervoarele cu diferite utilizări tonnice.

În literatura de specialitate acest aspect este relativ puțin studiat și se afirmă clar în unele lucrări, că o distanțare a deversorului de pereți, de 3-4 ori diametrul acestuia, ar conduce la uniformizarea distribuției de debit pe contur. Din acest motiv metodele de calcul hidraulic admit aproape în totalitate ipoteza distribuției uniforme a debitului de-a lungul conturului rezervorului.

O sinteză asupra efectelor apropiării de pereți a deversorului, prezentată în [5-8], este în mare măsură particulară și se referă la cazul unui perete plan și la un contur. Prin urmare nu există la ora actuală un studiu sistematic și o metodologie unitară pentru evoluția condițiilor de acces în orice situație, oricît în cazul general al unui rezervor (lac) de formă oarecare, și o poziție arbitrară a deversorului.

Pe baza acestor considerații și în funcție de stadiul actual al problemei (din literatura de specialitate) prezentată în detaliu în Capitolul I al lucrării, un prim obiectiv al cercetărilor l-a constituit elaborarea unui model fizico-matematic general, pe baza căruia să se poată realiza un studiu expeditiv al influenței condițiilor de acces.

Modelul matematic al prezentat în Capitolul II se bazează pe simplificarea ecuațiilor generale ale dinamicii fluidelor (NAVIER - STOKES) în funcție de anumite particularități ale mișcării: ascendență relativ mică a apei în lac față de dimensiunile în plan; viteze relativ mici ceea ce conferă mișcării un caracter laminar; valori mici ale componentelor vitezei după direcția verticală, etc. Pe baza acestor ipoteze, în urma unor simplificări ale ecuațiilor și o serie de demonstrații matematice s-a obținut un model matematic al mișcării concretizat într-o ecuație generală de tip eliptic (2.18)

care în cazul unui lac (rezervor) care se poate schematiza cu o adâncime constantă se reduce la o ecuație de tip Laplace (2.19).

Pe baza acestui model matematic în Capitolul 3 se prezintă un program experimental prin metoda analogiei electrohidrodinamice pentru trei forme ale lacului (cuvei):

- dreptunghiular;
- trapezoidal;
- triunghiular;

Pentru fiecare formă a cuvei s-au luat în considerare un număr mare de poziții (16 - 18) ale deversorului circular studiindu-se distribuția de debite de-a lungul conturului deversorului, urmărindu-se dependența acestei distribuții de poziția relativă față de pereți.

Pentru efectuarea programului experimental s-a realizat un stand experimental și s-a folosit aparatură analogică din dotarea Facultății de Hidrotehnică din Timișoara. Această aparatură are în dotare o punte de măsură specială (BRINDI-42) a permis ca pe baza unei scheme de montaj adecvate să se determine direct distribuția de debite (prin măsurători directe de rezistență descrise în Capitolul 3) fără a fi necesară explorarea cimpului potențial.

Rezultatele măsurătorilor s-au reprezentat în trei moduri:

- tabele, cu precizarea valorilor măsurate și respectiv a rezultatelor (debitul relativ $\Delta Q/Q$) pe fiecare element al conturului deversorului (în total 12 elemente);

- diagrame desfășurate, cu reprezentarea comparativă a diferitelor poziții;

- diagrame cu reprezentarea directă pe conturul circular.

Ăceste rezultate se pot urmări în figurile:

- pentru lacul de formă dreptunghiulară:

- tabelele : 3,2 - 3,18,

- figurile : 3,7 - 3,14.

- pentru lacul de formă trapezoidală :

- tabelele : 3,19- 3,22

- figurile : 3,18- 3,21

- pentru lacul de formă triunghiulară:

- tabelele : 3,23 -3,26.

- figura : 3,23 -

Pentru a caracteriza într-o formă sintetică a efectelor apropiării de pereți s-a conceput un criteriu de "stabilitate", care constă în căsirea unui parametru global care permite caracterizarea efectelor de perete. În urma analizei rezultatelor în mod deosebit sub aspectul variației distribuției de debit de-a lungul con-

tarului s-a ajuns la concluzia că trei mărimi relative pot fi utilizate pentru aprecierea "stabilității" neuniformității:

- valoarea minimă a debitului specific ($\Delta_{\min.}/Q$) pe contur;
- valoarea maximă a debitului specific ($\Delta_{\max.}/Q$) pe contur;
- raportul dintre valoarea minimă și maximă;

Acești parametri s-au reprezentat pe diagrame care au pe abscisă poziția relativă a deversorului în raport cu conturul.

Aceste rezultate și reprezentări de sinteză se pot urmări în figurile 3.15 și 3.16 pentru lacul dreptunghiular.

Pe baza lor se poate observa că prin depărtarea de la pereți parametrii de "stabilitate" ($\Delta_{\min.}/Q$, $\Delta_{\max.}/Q$ sau $\Delta_{\min.}/\Delta_{\max.}$), tind către valori stabilizate, (practic constante) începând de la o distanțare de 3 - 4 ori diametrul deversorului. Aceleași concluzii se pot trage și pentru celelalte două forme de lac.

În Capitolul 4 se prezintă contribuțiile privind rezolvarea numerică a problemei. Dintre metodele numerice cunoscute : metoda diferențelor finite, metoda elementului, și metoda elementului de frontieră, s-a ales ultima. Această opțiune a fost determinată prin faptul că problema pusă se finalizează prin determinarea distribuției de debit pe contur, nefiind necesară cunoașterea unor mărimi în domeniu. Prin urmare nu ar fi indicat și necesar utilizarea primelor două metode care presupun discretizarea domeniului mișcării.

Metoda elementelor de frontieră s-a adaptat din teoria filtrației, conform necesităților problemelor legate de deversoarele circulare. Considerând reprezentări adecvate s-a elaborat o variantă nouă a acestei metode care permite determinarea directă a distribuției de debite fără alte mărimi intermediare. În lucrare se prezintă un program de calcul, organizat în 4 etape: introducerea datelor, calculul coeficienților, rezolvarea sistemului liniar și listarea rezultatelor. Programul, având elementele de intrare coordonatele punctelor nodale de pe frontiera domeniului, tipul de nod și valorile parametrilor corespunzătoare elementelor (înălțimea apei sau viteza normală nulă), furnizează soluțiile problemei, adică distribuția debitului de-a lungul conturului deversorului.

Metoda numerică a fost aplicată în situații semnificative pentru lacurile de formă dreptunghiulară și triunghiulară, rezolvând câte 4 poziții în fiecare caz în parte (în total 8 variante). Rezultatele au fost reprezentate în același mod ca și în cazul

programului experimental analogic: tabelar și sub formă de diagrame. De asemenea, s-au comparat rezultatele obținute pe cale analogică și numerică constatându-se o foarte bună concordanță. Această reprezentare comparativă atestă modelul numeric și programele elaborate. Această afișare este deosebit de semnificativă pentru că pune la dispoziția proiectantului un instrument rapid și eficient pentru evaluarea efectelor pereților lacului asupra distribuției debitului de-a lungul conturului deversorului.

Ca și concluzii generale se pot concluda următoarele:

1. Modelul matematic elaborat pentru studiul hidraulicii condițiilor de acces la un deversor circular oferă o posibilitate expeditivă pentru evaluarea efectelor poziției deversorului în lac (rezervor).

2. Criteriul de "stabilitate" propus prin variația parametrilor de distribuție externe ($\Delta Q_{\min}/Q$, $\Delta Q_{\max}/Q$ sau $\Delta Q_{\min}/\Delta Q_{\max}$) reprezintă o modalitate eficientă de stabilire a poziției limită a deversorului de la care efectele de perimetru devin stabile.

3. Metoda analogică, dar mai ales metoda numerică și programele elaborate, testate prin exemplificări reprezentative, oferă un instrument practic rapid de evaluare a efectelor de contur globale asupra distribuției de debite de-a lungul perimetrului deversorului.

Contribuțiile originale aduse în lucrare se pot sintetiza prin următoarele:

1. Elaborarea unui model fizico-matematic simplificat pentru reprezentarea mișcării într-un lac de acumulare (sau rezervor) în prezența unui deversor pînă (circular sau de altă formă), pornind de la ecuațiile generale ale dinamicii fluidelor și fiind seama de particularitățile acestei mișcări.

2. Realizarea unui stand experimental analogic și a unei scheme de montaj adecvat pentru un program experimental privind determinarea distribuției de debite pe conturul deversorului circular în funcție de poziția acestuia într-un lac de acumulare (rezervor) de diferite forme reprezentative (dreptunghiulară, trapezoidală, triunghiulară).

3. Efectuarea unui program experimental de analogie electro-dinamică pentru determinarea distribuției de debite pe un număr de 24 de variante de poziții ale deversorului în cele trei forme reprezentative ale lacului: 16 poziții pentru lacul de formă dreptunghiulară; 4 poziții reprezentative pentru lacul de formă trapezoidală; 4 poziții pentru lacul de formă triunghiulară.

4. Stabilirea unor parametri a unui criteriu de "stabilitate" variației distribuției de debite de-a lungul centrului deversorului circular în funcție de poziția acestuia în lac (rezervor).

5. Aplicarea și verificarea criteriului pe un număr de 16 variante ale poziției deversorului pentru forma dreptunghiulară a lacului.

6. Adaptarea metodei numerice a elementelor de frontieră pentru determinarea rapidă a distribuției de debite de-a lungul deversorului pe baza unui program în limbajul BASIC, aplicabil pe orice calculator personal (PC), oferind astfel un procedeu practic, la îndemâna oricărui proiectant pentru stabilirea poziției deversorului și a efectelor reale ale configurației lacului (rezervorului) unde este amplasat rezervorul.

La aceste contribuții se adaugă rezultatele obținute de autor în cadrul laboratorului de hidraulică a Universității din LEUVEN-Belgia în anul 1986, cuprinse rezumativ în anexa A. Ele se referă la determinări de distribuție a presiunii în cotul de racord al puțului cu galeria de evacuare (anexele A.1-A.9) și la determinări ale afacerii în aval de dissipator în două variante: cu și fără dinți de disipare (A.10-A.22).

Aceste rezultate constituie un material experimental, util pentru elucidarea fenomenelor hidraulice și anexele sistemului deosebit de complet al evacuatoarelor de tip pîlnic.

A N E X A

În cadrul acestor anexe se prezintă rezultatele de sinteză ale autorului privind aspecte hidraulice ale funcționării unor subsisteme anexe ale deversorului tip pîlnie, obținute în 1986 în cadrul laboratoarelor de hidraulică ale Universității LEUVEN- Belgia . . .

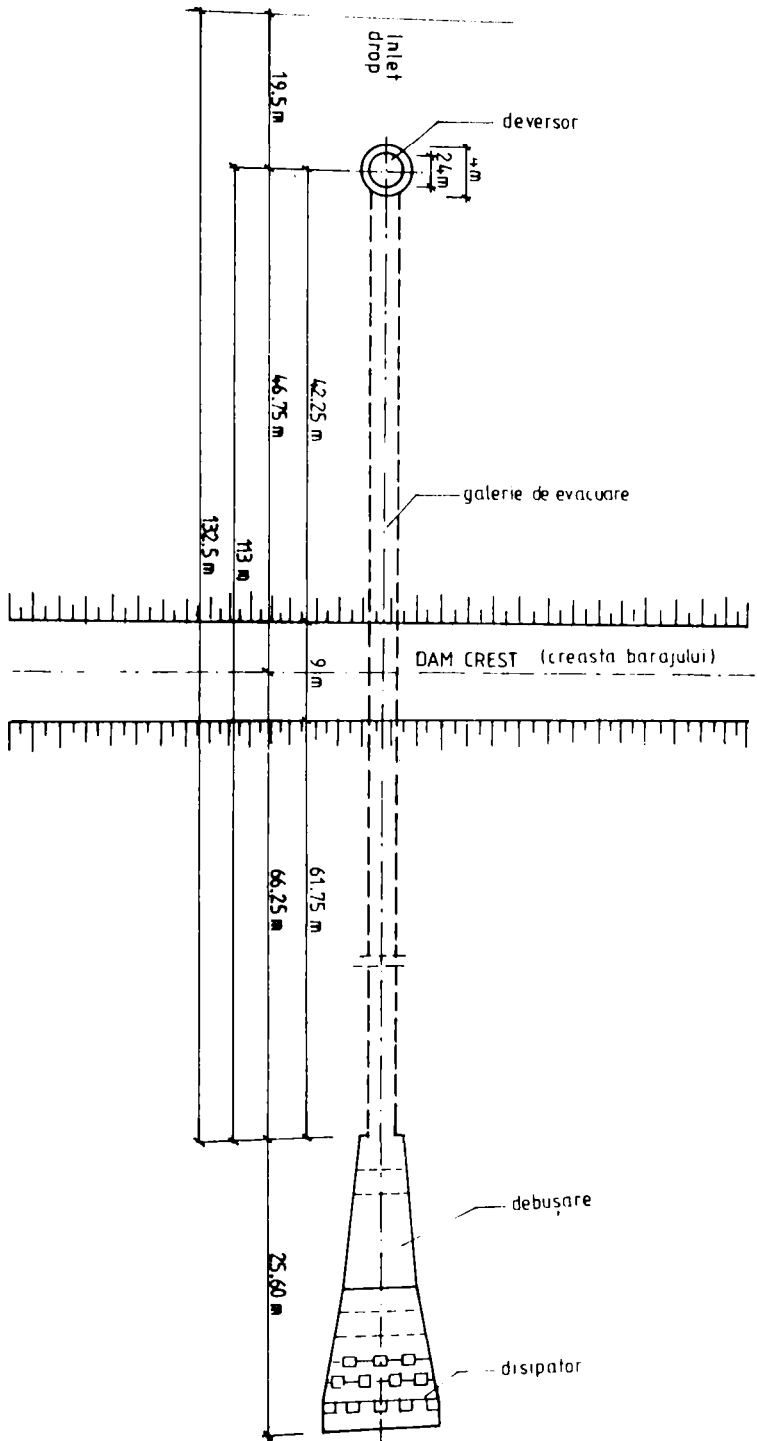
În fig.A.1..corelata cu fig.1.24 este prezentată schema generală a deversorului cu anexele : puț vertical, galerie de evacuare, debugare și disipator.

În fig.A.2-A9, sînt prezentate rezultatele obținute privind distribuția presiunii în cotul de racordare a puțului cu galeria de evacuare pentru diferite valori ale debitului vehiculat pe model.-

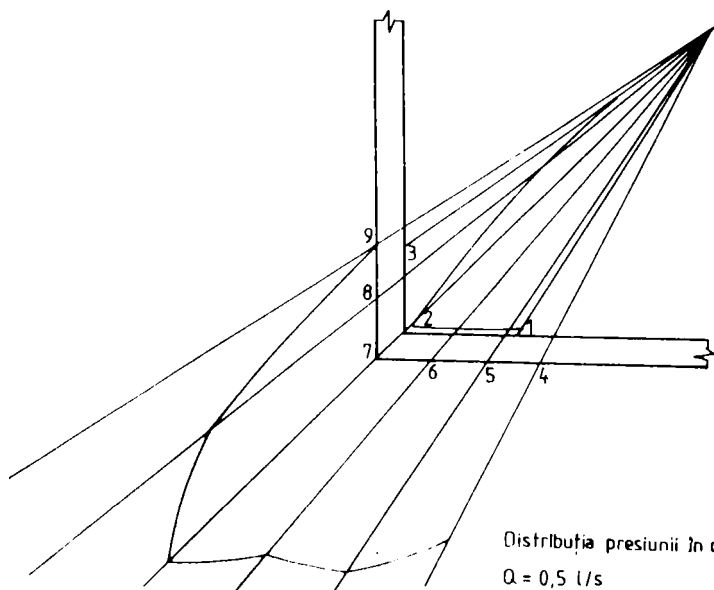
În fig.A.10- se poate urmări un ansamblu în plan al sistemului, incluzînd și zona de aflueri situat în aval de disipator. Pentru studiul eficienței disipării s-au efectuat măsurători hidraulice pe acest sector în diferite variante ale amenajării disipatorului. Aceste măsurători se referă la determinări ale adîncimii de afluiere în 5 secțiuni în aval de disipator (marcate pe fig. A.10) pentru diferite debite. S-au efectuat măsurători, pentru cîte 8 valori ale debitului (Test 1 - cu debitul de 0.5 l/s. și Test 8 cu debitul de 2,1 l/s.) în două situații caracteristice, ale amenajării disipatorului fără dinți, respectiv cu dinți, fig.A.11-A22, conform schiței din fig.A.10.

Analiza comparativă a acestor rezultate evidențiază în mod clar influența favorabilă a prezenței dinților în bazinul de disipare.

Aceste rezultate sintetice determinate experimental pe modele hidraulice constituie un material valoros pentru alți cercetători care se ocupă cu problemele hidraulice speciale ale subsistemelor anexe deversoarelor pîlnie.



Schema în plan a deversorului pînne și anexe

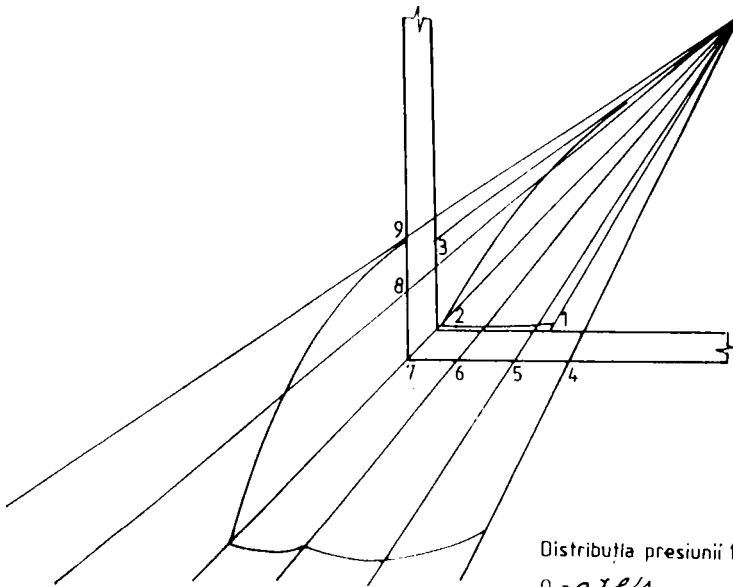


Test 1

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	0	0	44,2	34,3	44,3	43	47,5	28,8	0

Valori ale presiunii

A₃



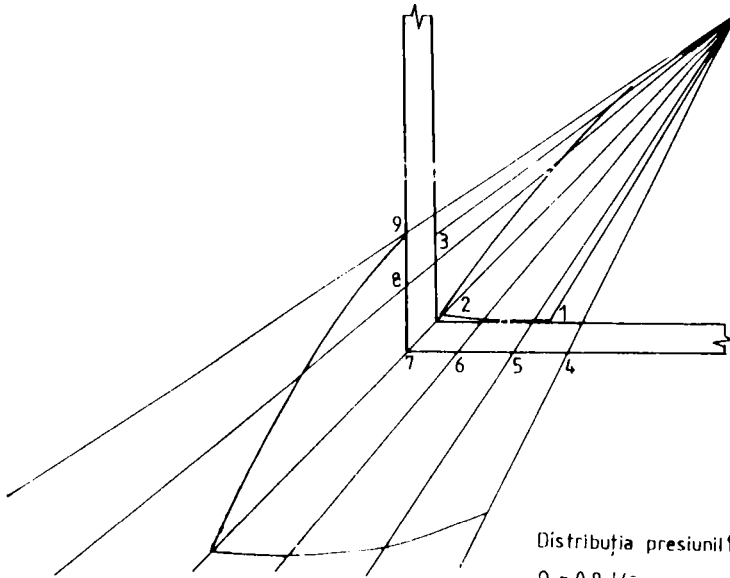
Distribuția presiunii în col
 $Q = 0,7 \text{ l/s}$

Test 2

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	0	0	44,2	34,3	43,1	41	44,1	27,6	0

Valori ale presiunii

A4



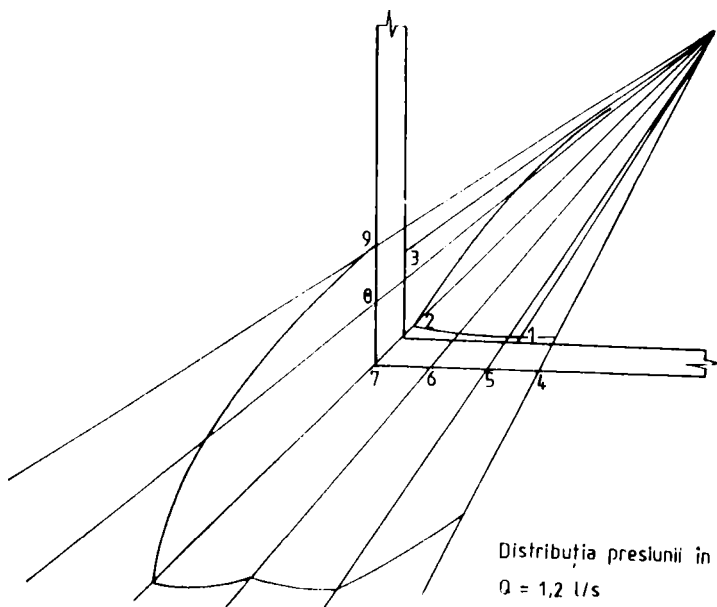
Distribuția presiunii în colț
 $Q = 0,9 \text{ l/s}$

Test 3

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	0	0	44,3	34,4	44,6	44,5	48,6	24,7	0

Valori ale presiunii

A5

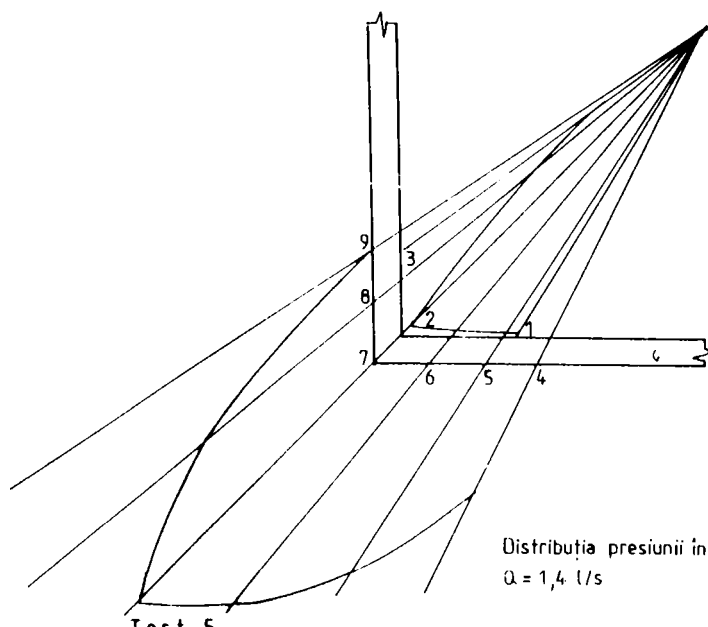


Test 4

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	0	0	44,3	28,0	47,0	49,5	53,4	35,8	0

Valori ale presiunii

A6

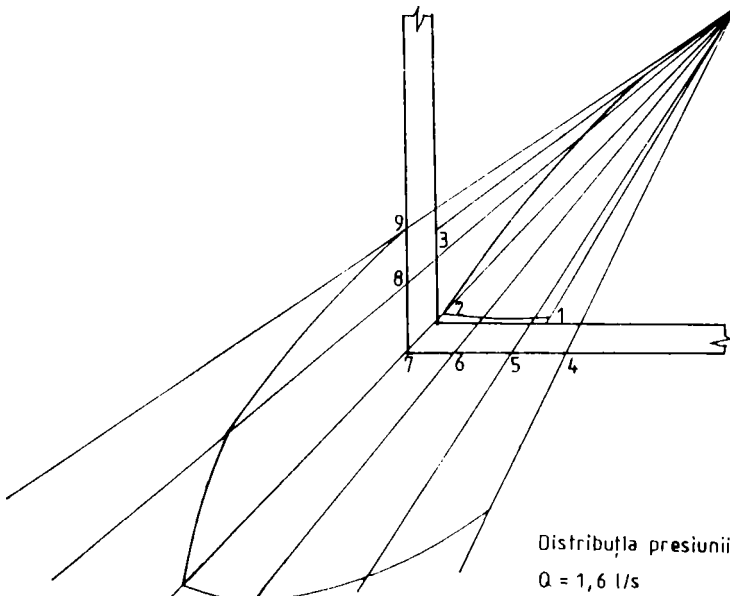


Test 5

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	0	0	44,3	24,1	46,5	53,8	57,6	37	0

Valori ale presiunii

A7



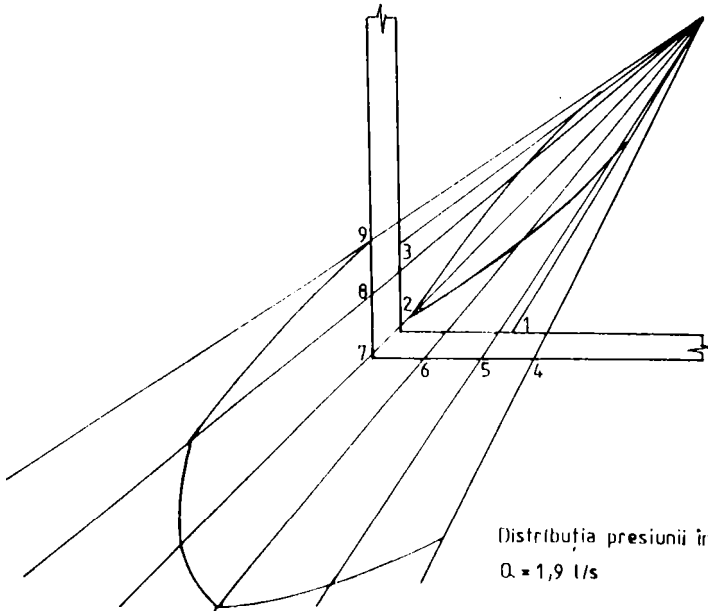
Distribuția presiunii în cot
 $Q = 1,6 \text{ l/s}$

Test 6

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	0	0	44,3	34,6	47,3	56,7	56,0	40,0	0

Valori ale presiunii

A8

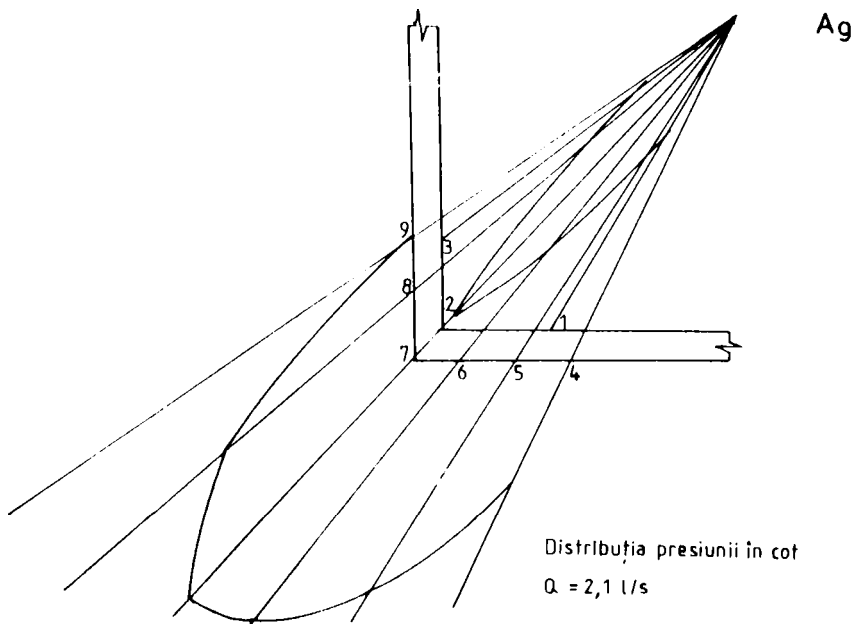


Test 7

Distribuția presiunii în cot
 $Q = 1,9 \text{ l/s}$

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	38,0	0	43,4	35,4	49,0	57,6	49,0	40,0	0

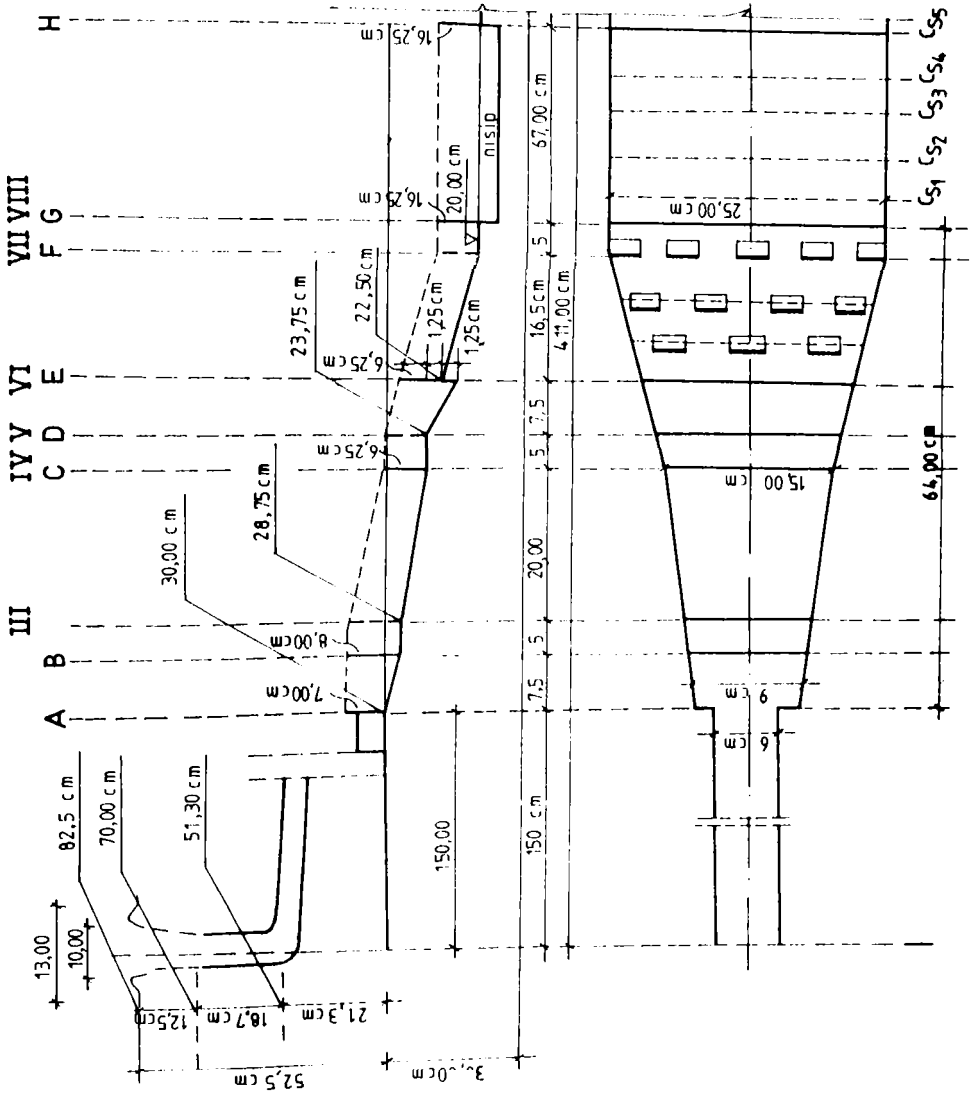
Valori ale presiunii



Test 8

Măsurări	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Presiuni	39,0	0	43,0	23,9	49,6	58,7	57,9	40,9	0

Valori ale presiunii



TEST NR. 1

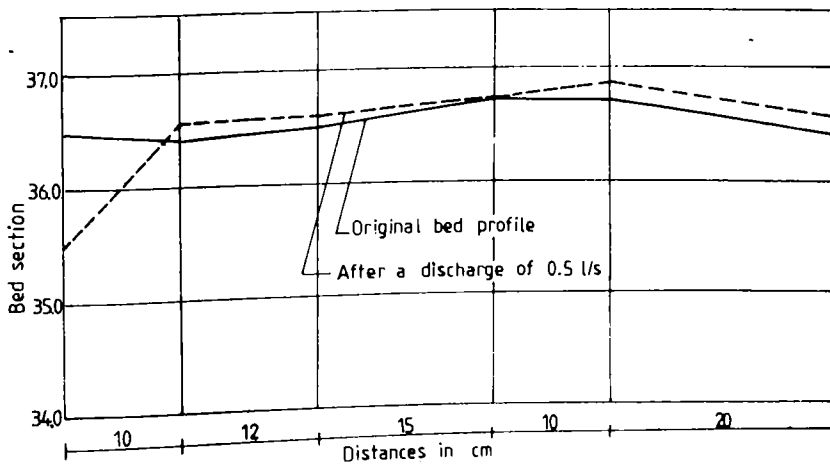
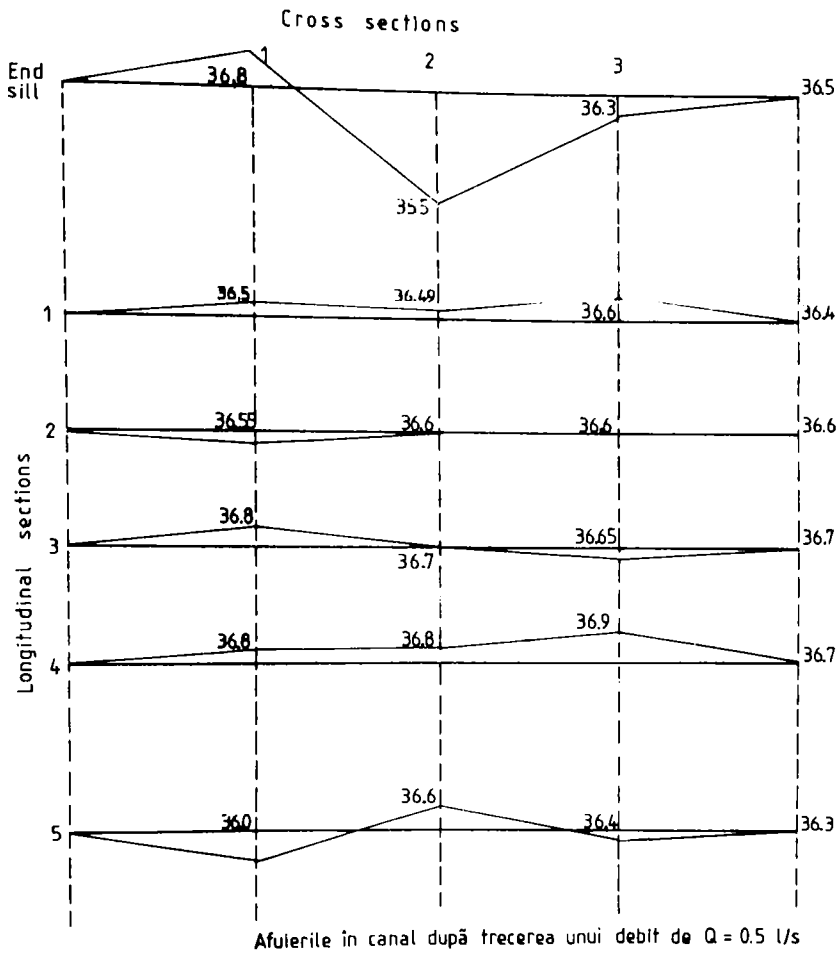
- A. Debitul = 0,5 l/s
Nivelul apei în aval = 38,4 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,5

Prima secțiune = 36,4 cm
 A doua secțiune = 36,6 cm
 A treia secțiune = 36,7 cm
 A patra secțiune = 36,7 cm
 A cincea secțiune = 36,4 cm

- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	36,8	35,5	36,3
I	36,5	36,49	36,6
II	36,55	36,6	36,6
III	36,8	36,7	36,65
IV	36,8	36,8	36,9
V	36	36,6	36,3

Măsurătorile secțiunilor transversale



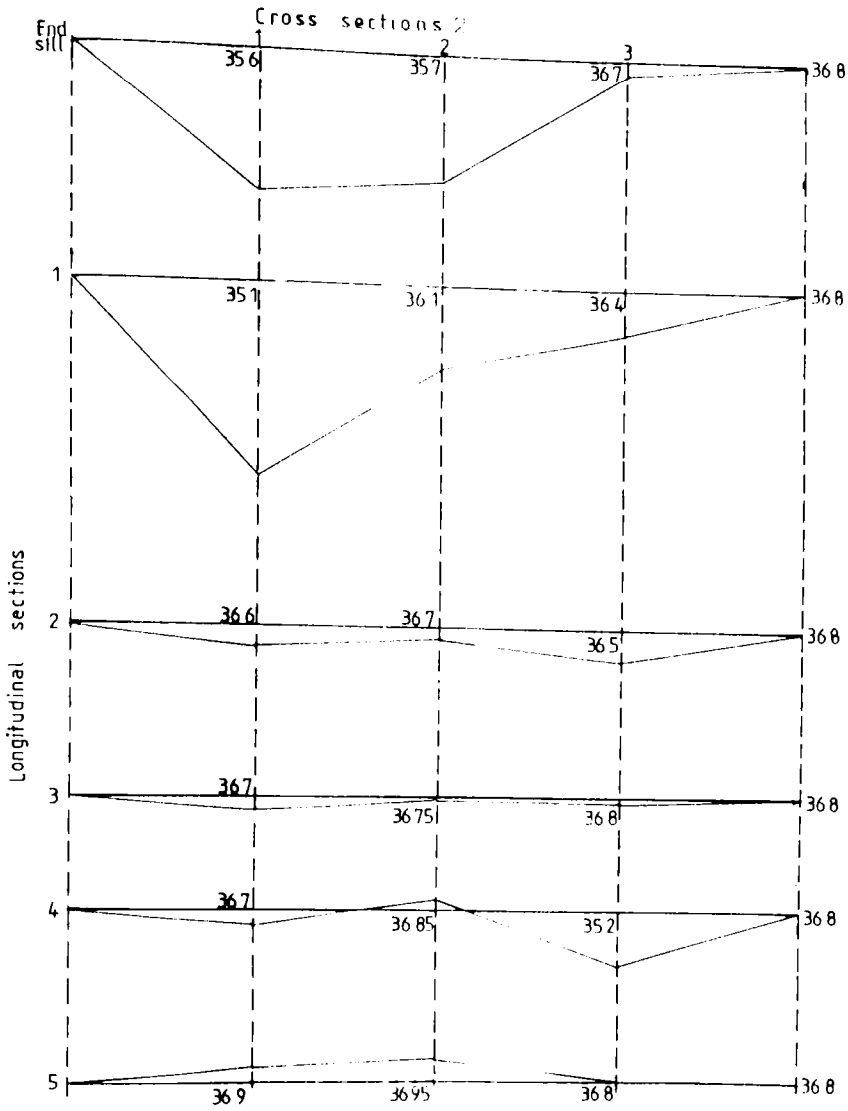
Profilul longitudinal la fundul canalului, la un debit de 0.5 l/s

TEST 2

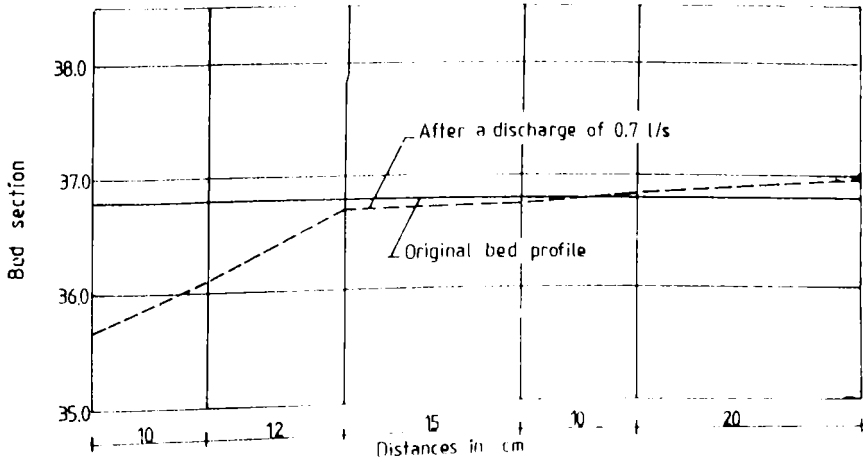
- A. Debitul = 0,7 l/s
Nivelul apei în aval = 38 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,8 cm
- Prima secțiune = 36,8 cm
A doua secțiune = 36,8 cm
A treia secțiune = 36,8 cm
A patra secțiune = 36,8 cm
A cincea secțiune = 36,8 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	35,6	35,7	36,7
I	35,1	36,1	36,4
II	36,6	36,7	36,5
III	36,7	36,75	36,8
IV	36,7	36,85	35,2
V	36,9	36,95	36,8

Măsurătorile secțiunilor transversale



Afueririle în canal după trecerea unui debit de $Q = 0.7 \text{ l/s}$

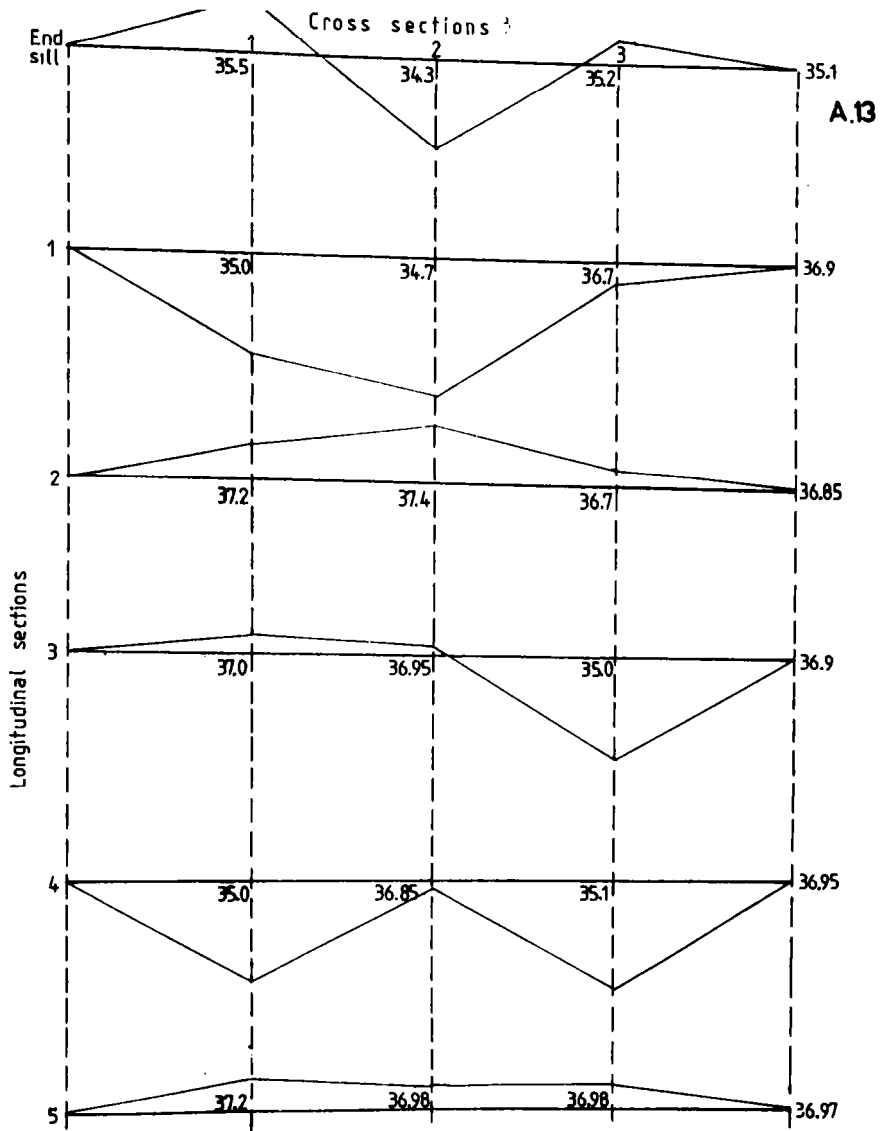


Profilul longitudinal la fundul canalului la un debit de 0.7 l/s

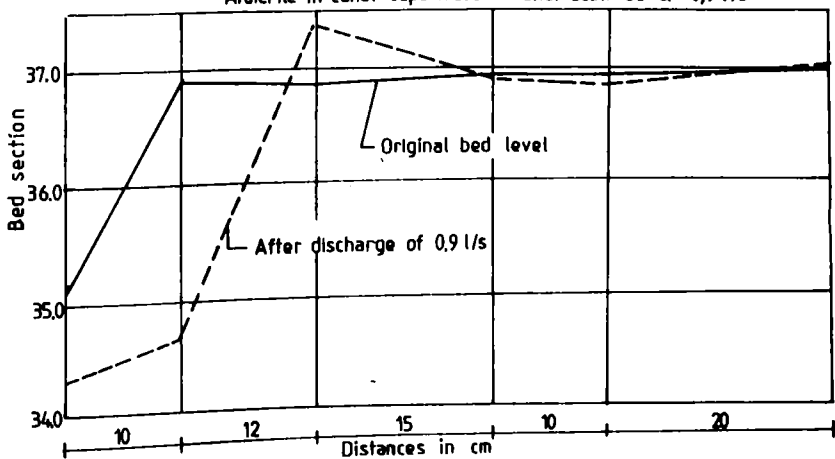
- A. Debitul = 0,9 l/s
Nivelul apei în aval = 38,3 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 35,1 cm
Prima secțiune = 36,9 cm
A doua secțiune = 36,85 cm
A treia secțiune = 36,9 cm
A patra secțiune = 36,95 cm
A cincea secțiune = 36,97 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	35,5	34,3	35,2
I	35	34,7	36,7
II	37,2	37,4	36,7
III	37	36,95	35
IV	35	36,85	35,1
V	37,2	36,98	36,98

Măsurătorile secțiunilor transversale



Afuerile în canal după trecerea unui debit de $Q = 0,9 \text{ l/s}$



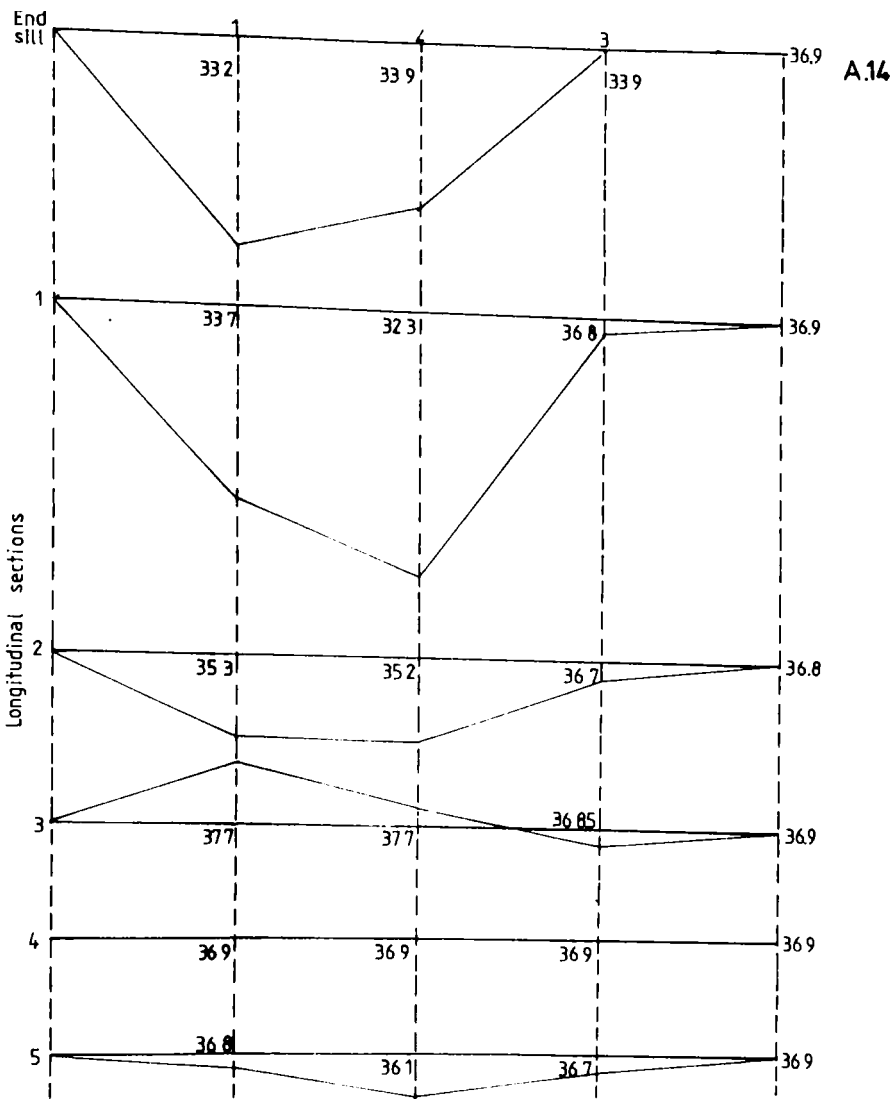
Profilul longitudinal la fundul canalului la un debit de $0,9 \text{ l/s}$

TEST 4

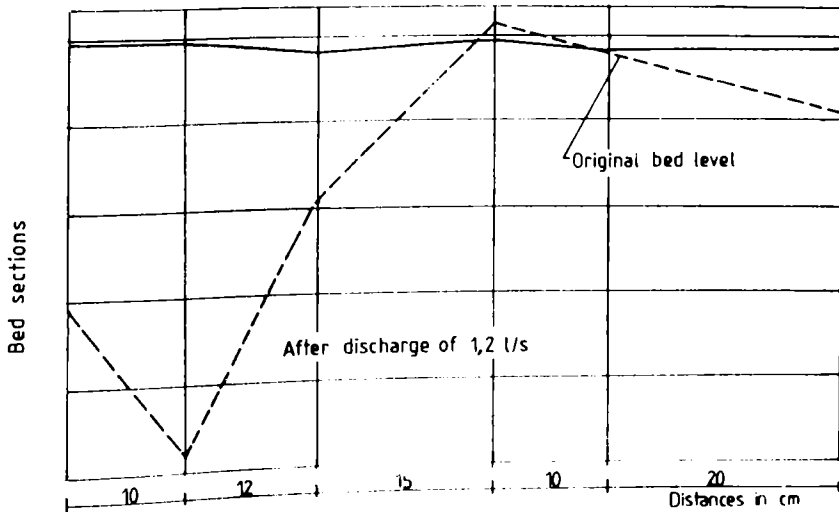
- A. Debitul = 1,2 l/s
Nivelul apei în aval = 38,65 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,9 cm
Prima secțiune = 36,9 cm
A doua secțiune = 36,8 cm
A treia secțiune = 36,9 cm
A patra secțiune = 36,9 cm
A cincea secțiune = 36,9 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	33,2	33,9	36,9
I	33,7	32,3	36,8
II	35,3	35,2	36,7
III	37,7	27,7	36,85
IV	36,9	36,9	36,9
V	36,8	36,1	36,70

Măsurătorile secțiunilor transversale



Afuierile în canal după trecerea unui debit de $Q = 1,2$ l/s



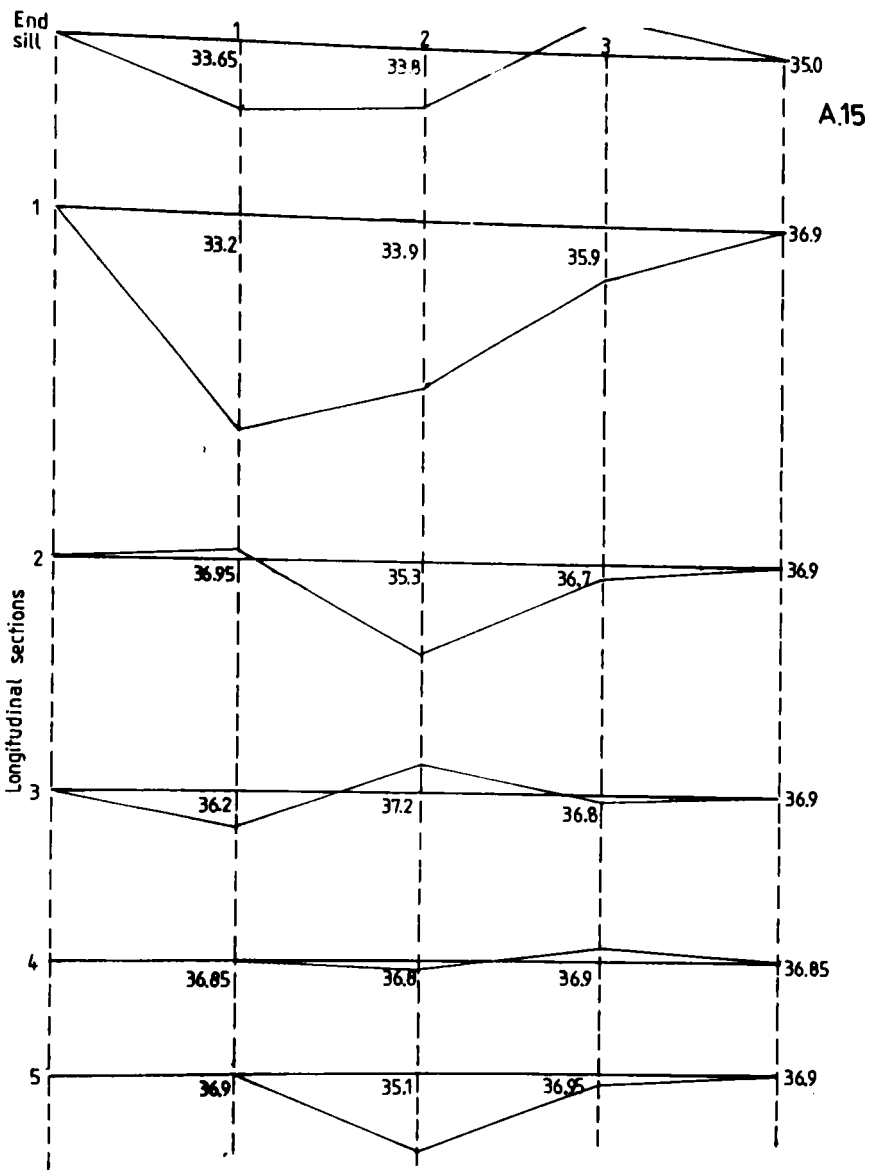
Profilul longitudinal la fundul canalului la un debit de 1,2 l/s

TEST 5

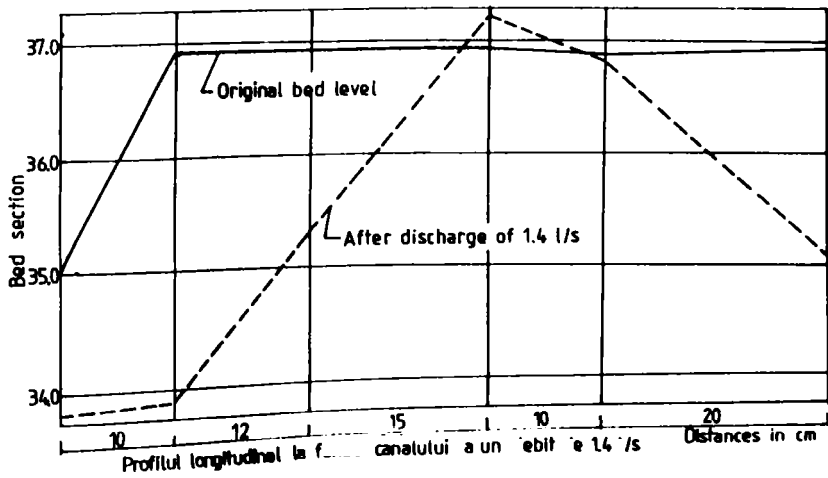
- A. Debitul = 1,4 l/s
Nivelul apei în aval = 38,3 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 35,00 cm
Prima secțiune = 36,9 cm
A doua secțiune = 36,9 cm
A treia secțiune = 36,9 cm
A patra secțiune = 36,85 cm
A cincea secțiune = 36,9 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	33,65	33,8	35,8
I	33,2	33,9	35,9
II	36,95	35,3	36,7
III	36,2	37,2	36,8
IV	36,85	36,8	36,9
V	36,9	35,1	36,95

Măsurătorile secțiunilor transversale



Afuerile în canal după trecerea unui debit de $Q = 1,4 \text{ l/s}$

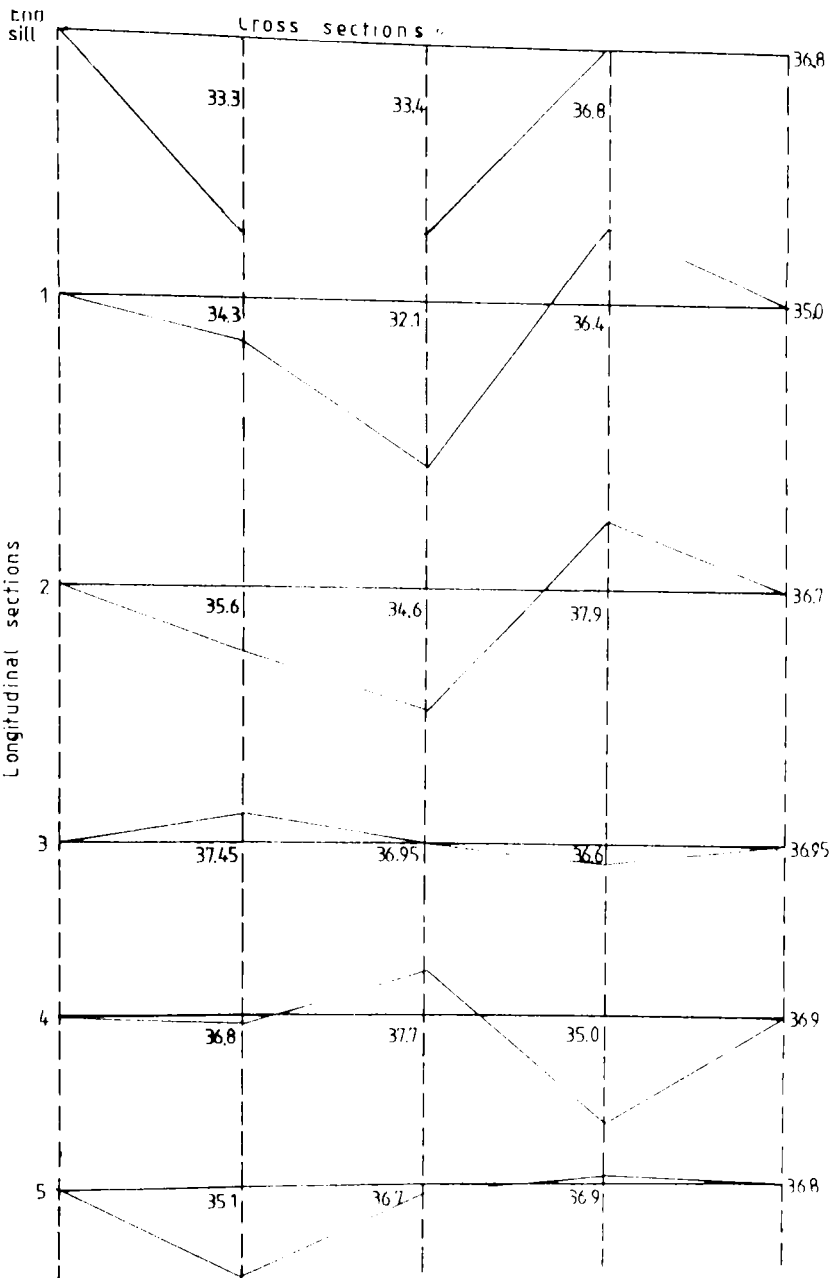


TEST 6

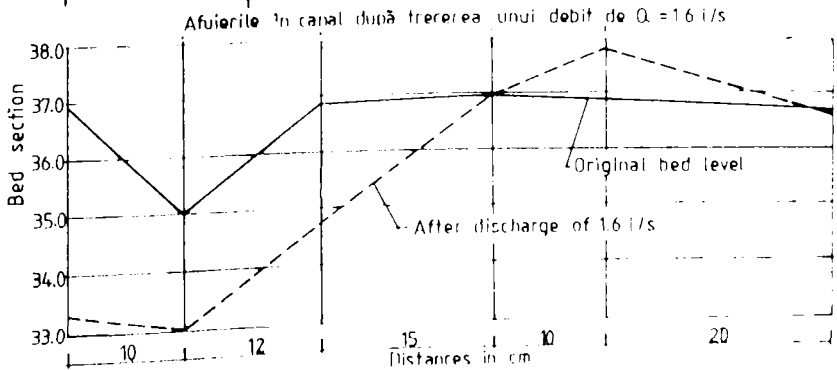
- A. Debitul = 1,6 l/s
Nivelul apei în aval = 37,4 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,8 cm
- Prima secțiune = 35,00 cm
A doua secțiune = 36,7 cm
A treia secțiune = 36,95 cm
A patra secțiune = 36,9 cm
A cincea secțiune = 36,8 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	33,35	33,4	36,8
I	34,3	32,1	36,4
II	35,6	34,6	37,9
III	37,45	36,95	36,6
IV	36,8	37,7	35
V	35,1	36,7	36,9

Măsurătorile secțiunilor transversale



A.16



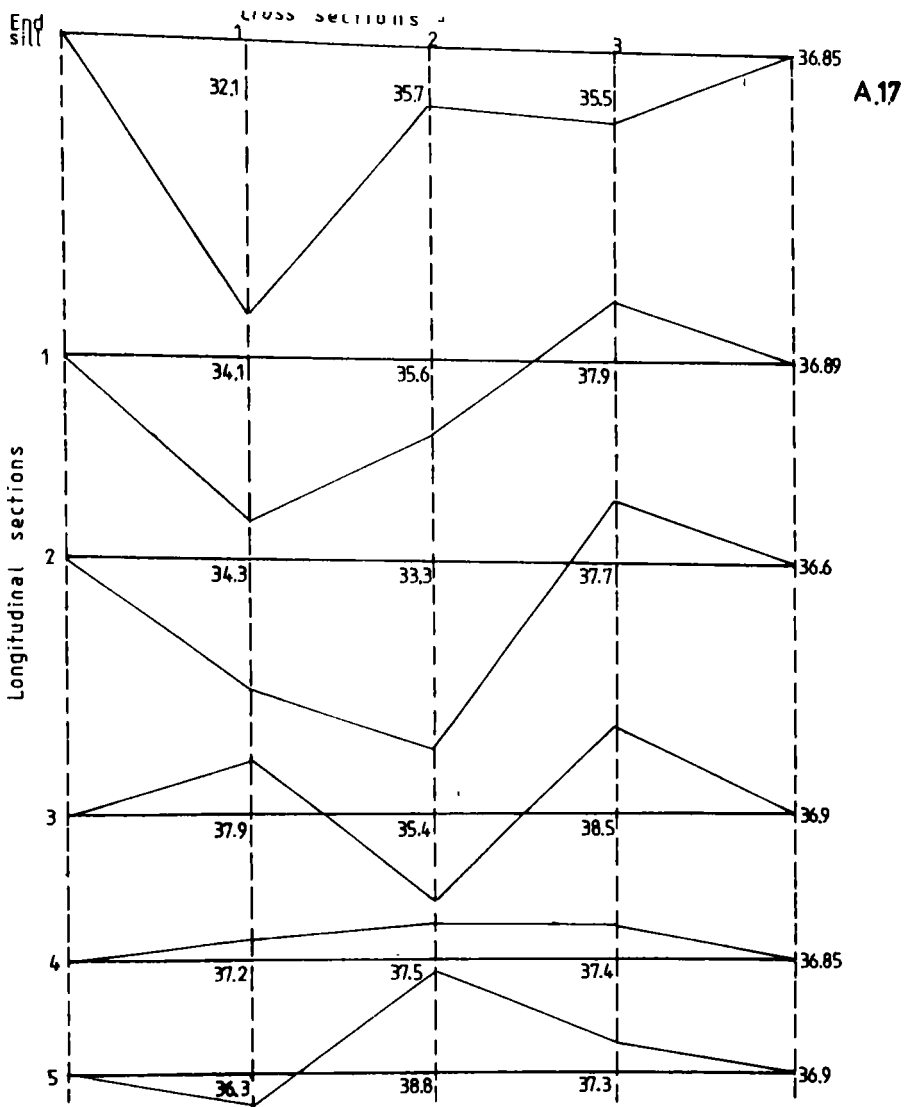
Profilul longitudinal la fundul canalului, la un debit de 16 l/s

TEST 7

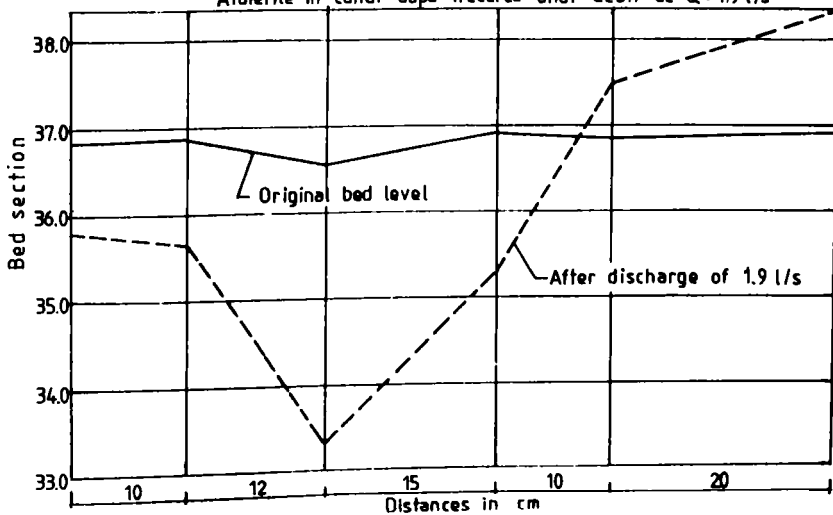
- A. Debitul = 1,9 l/s
Nivelul apei în aval = 37,4 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,85 cm
- Prima secțiune = 36,89 cm
A doua secțiune = 36,6 cm
A treia secțiune = 36,9 cm
A patra secțiune = 36,85 cm
A cincea secțiune = 36,9 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	32,1	35,7	35,5
I	34,1	35,6	37,9
II	34,3	33,3	37,7
III	37,9	35,4	38,5
IV	37,2	37,5	37,4
V	36,3	38,8	37,3

Măsurătorile secțiunilor transversale



Afuerile în canal după trecerea unui debit de $Q = 1.9 \text{ l/s}$



Profilul longitudinal la fundul canalului la un debit de 1.9 l/s

TEST 8

A. Debitul = 2,1 l/s

Nivelul apei în aval = 38,2 cm

B. Elevația pragului de capăt = 36,2 cm

Prima secțiune = 36,4 cm

A doua secțiune = 36,7 cm

A treia secțiune = 36,85 cm

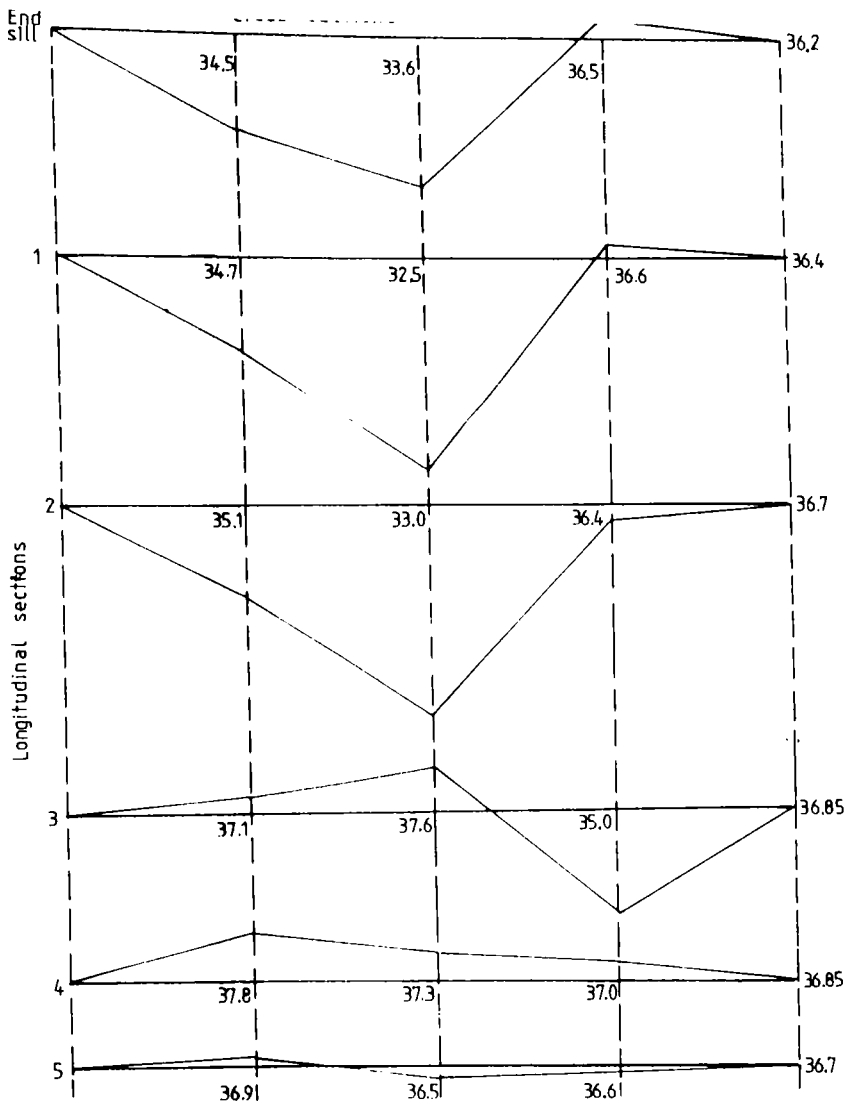
A patra secțiune = 36,85 cm

A cincea secțiune = 36,7 cm

C. Măsurătorile secțiunilor transversale

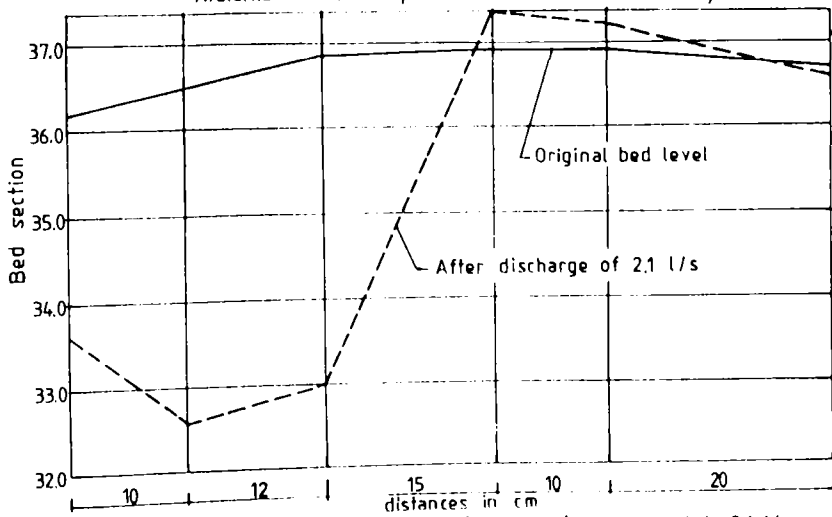
Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	34,5	33,6	36,5
I	34,7	32,5	36,6
II	35,1	33	36,4
III	37,1	37,6	35
IV	37,8	37,3	37
V	36,9	36,5	36,6

Măsurătorile secțiunilor transversale



A 18

Afuerile în canal după trecerea unui debit de $Q = 2,1 \text{ l/s}$



Profilul longitudinal al fundului canalului, la un debit de $2,1 \text{ l/s}$

Experimentele bazinului de disipare după montarea dinților. .

TEST 1

A. Debitul = 0,5 l/s

Nivelul apei în aval = 37,2 cm

B. Elevația pragului de capăt = 36,9 cm

Prima secțiune = 36,95 cm

A doua secțiune = 36,8 cm

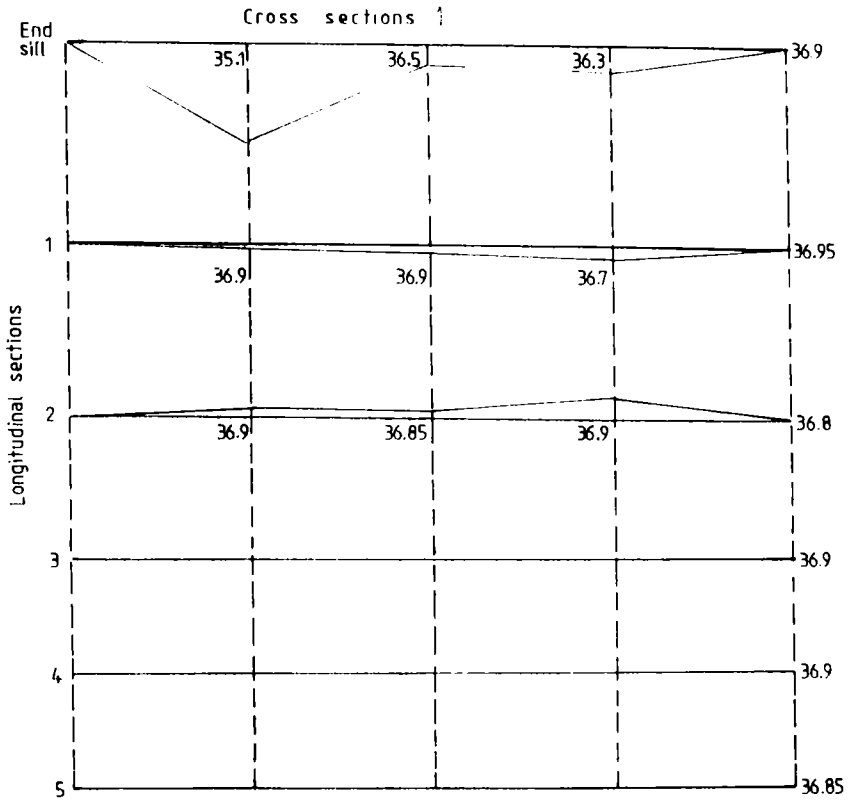
A treia secțiune = 36,9 cm

A patra secțiune = 36,9 cm

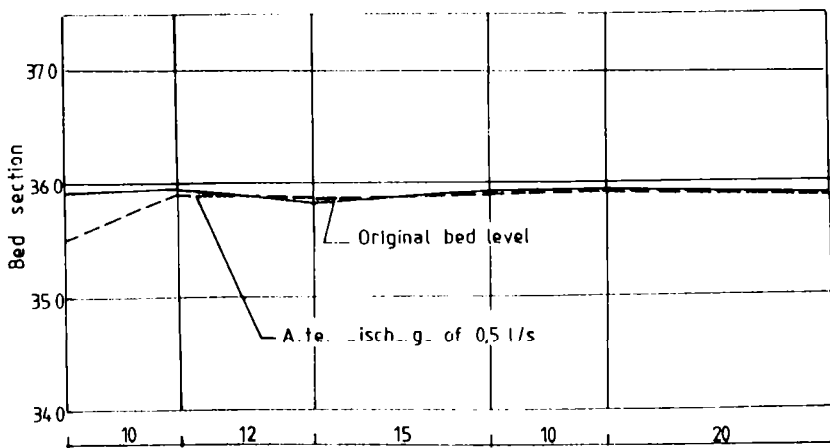
A cincea secțiune = 36,85 cm

C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	35,1	36,5	36,3
I	36,9	36,9	36,7
II	36,9	36,85	36,9
III	36,9	36,9	36,9
IV	36,9	36,9	36,9
V	36,85	36,85	36,85



Afuierile în canal după trecerea unui debit de $Q=0,5\text{ l/s}$



Profilul longitudinal la fundul canalului la un debit de $0,5\text{ l/s}$

TEST 2

A. Debitul = 0,9 l/s

Nivelul apei în aval = 36,2 cm

B. Elevația pragului de capăt = 39,9 cm

Prima secțiune = 36,85 cm

A doua secțiune = 35,00 cm

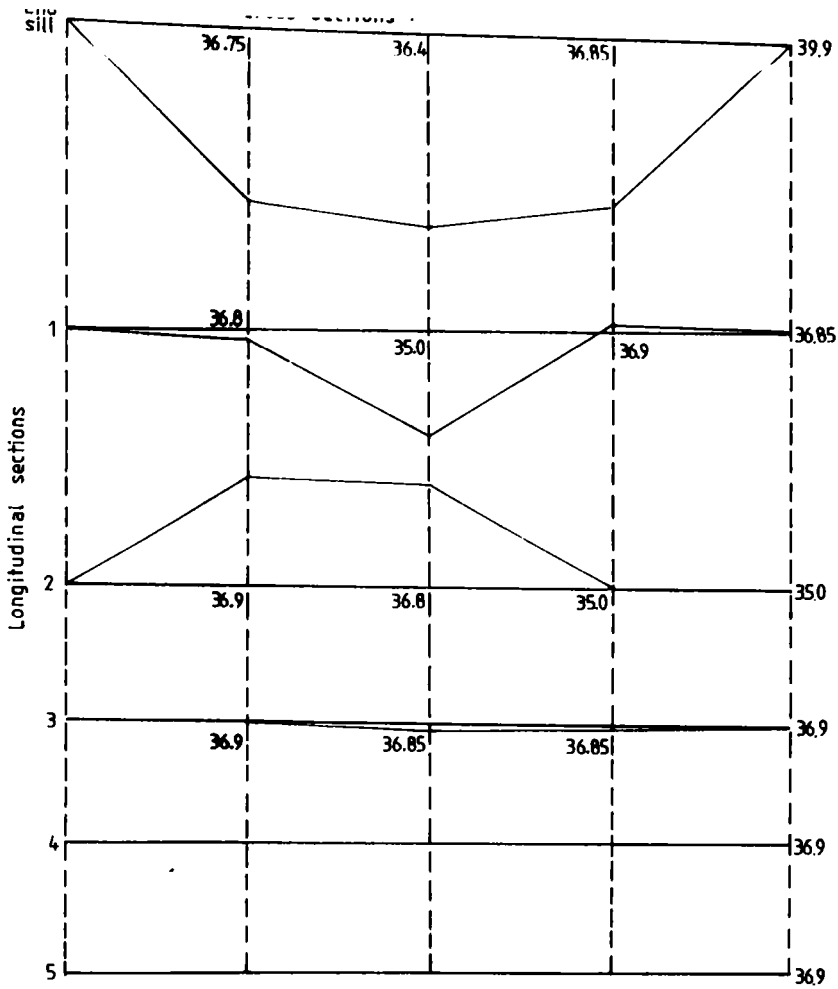
A treia secțiune = 36,9 cm

A patra secțiune = 36,9 cm

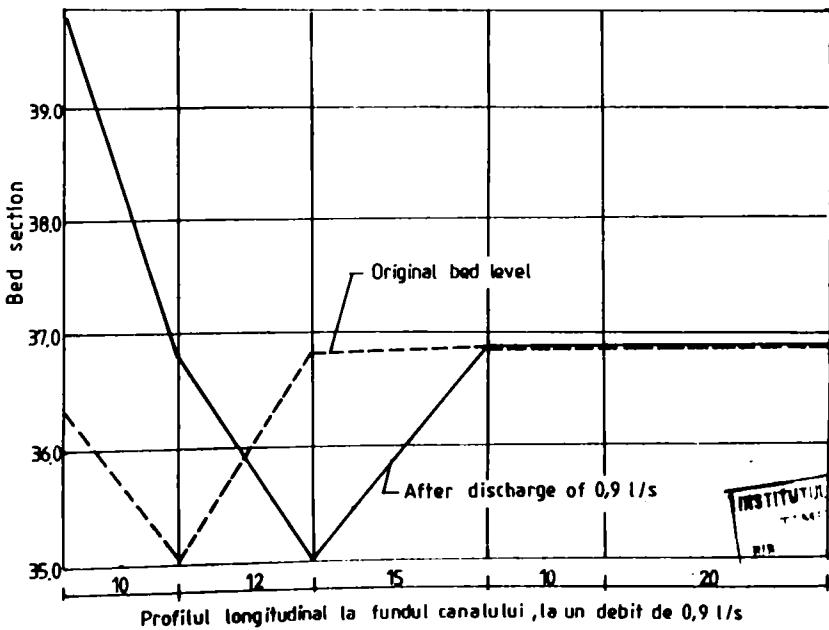
A cincea secțiune = 36,9 cm

C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	36,75	36,4	36,85
I	36,8	35	36,9
II	36,9	36,8	35
III	36,9	36,85	36,85
IV	36,9	36,9	36,9
V	36,9	36,9	36,9



Afuierile în canal după trecerea unui debit de $Q = 0.9 \text{ l/s}$

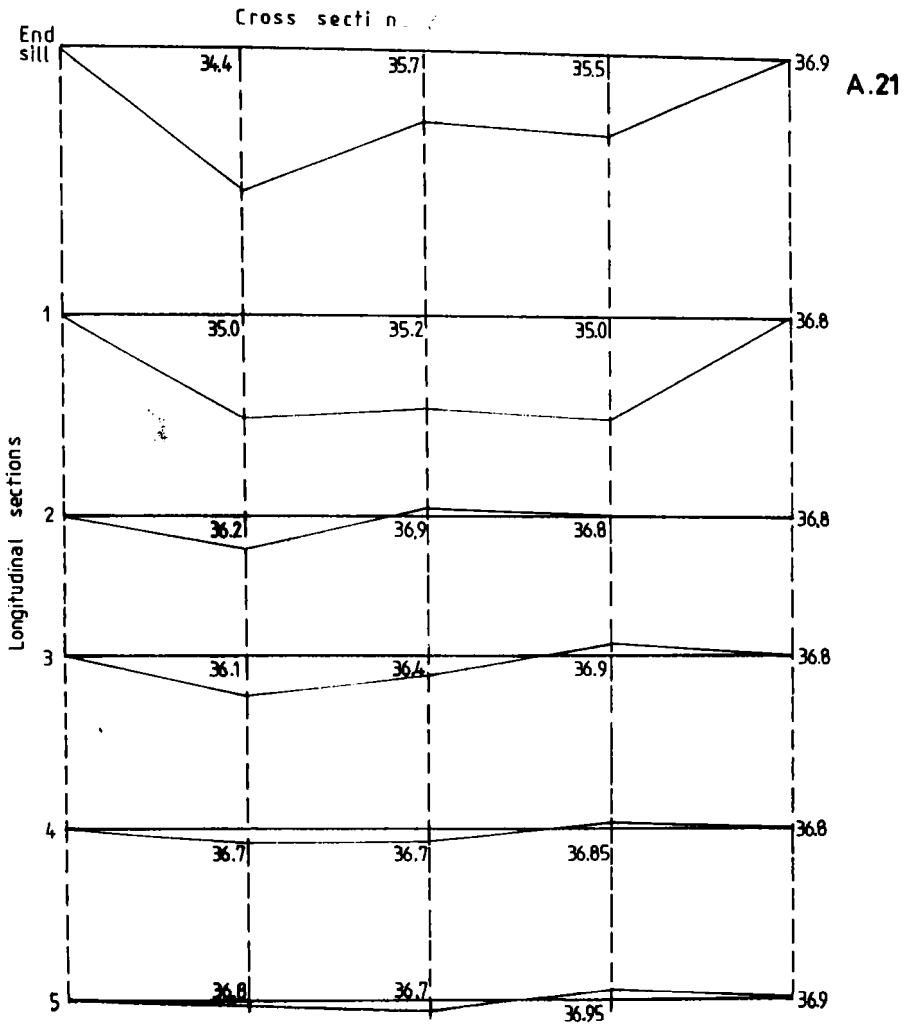


INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘARA
PIB

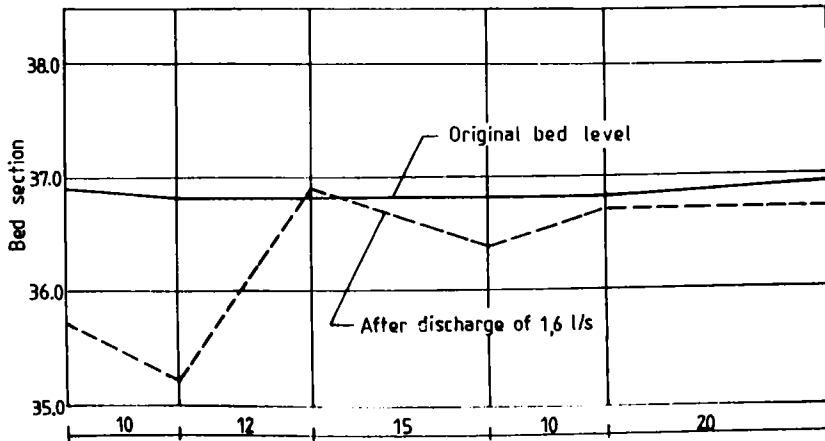
TEST 3

- A. Debitul = 1,6 l/s
 Nivelul apei în aval = 37,9 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,9
- Prima secțiune = 36,8 cm
 A doua secțiune = 36,8 cm
 A treia secțiune = 36,8 cm
 A patra secțiune = 36,8 cm
 A cincea secțiune = 36,9 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	34,4	35,7	35,5
I	35	35,2	35
II	36,2	36,9	36,8
III	36,1	36,4	36,9
IV	36,7	36,7	36,85
V	36,8	36,7	36,95



Afueriile în canal după trecerea unui debit de $Q = 1,6 \text{ l/s}$

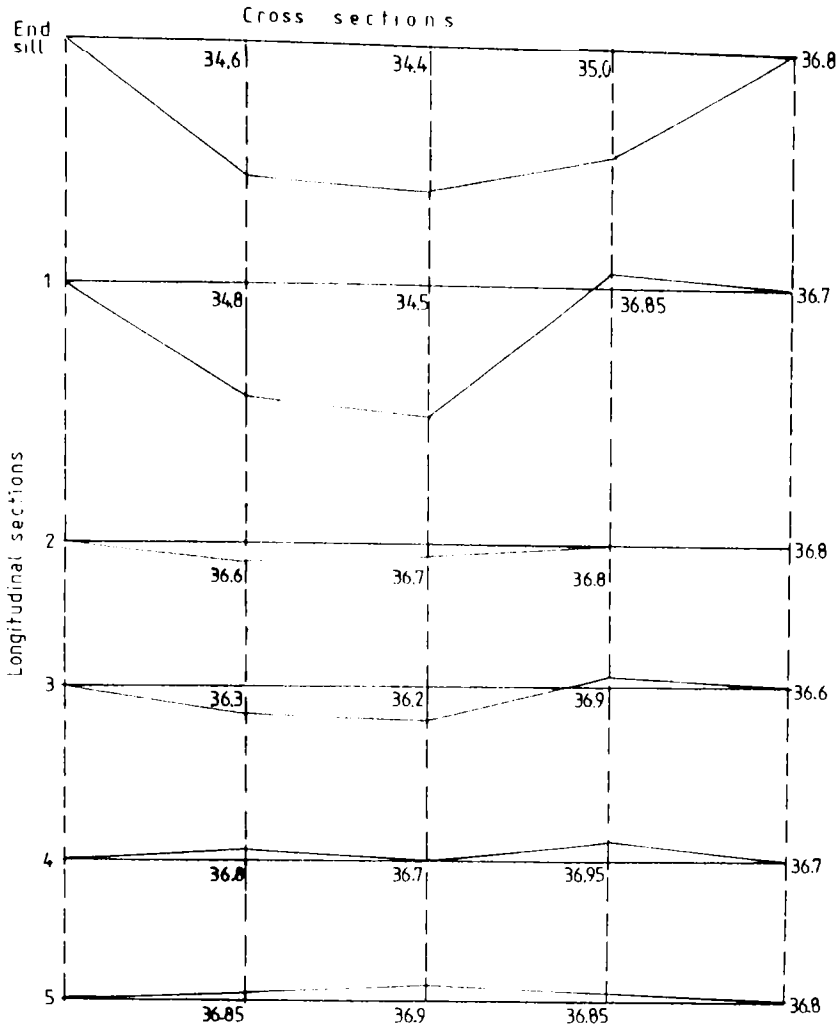


Profilul longitudinal la fundul canalului, la un debit de $1,6 \text{ l/s}$

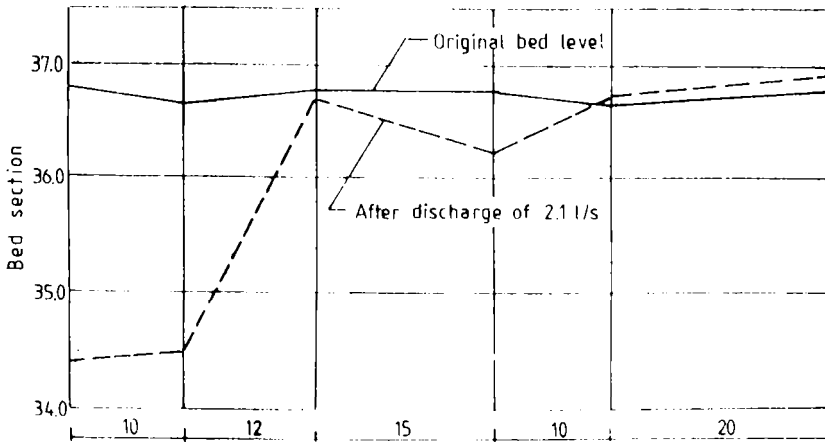
TEST 4

- A. Debitul = 2,1 l/s
Nivelul apei în aval = 37,8 cm
- B. Elevația pragului de capăt = 36,8 cm
- Prima secțiune = 36,7 cm
A doua secțiune = 36,8 cm
A treia secțiune = 36,6 cm
A patra secțiune = 36,7 cm
A cincea secțiune = 36,8 cm
- C. Măsurătorile secțiunilor transversale

Secțiune	1	2	3
Pragul de capăt	34,6	34,4	35
I	34,8	34,5	36,85
II	36,6	36,7	36,8
III	36,3	36,2	36,9
IV	36,8	36,7	36,95
V	36,85	36,9	36,85



Afuierile în canal după trecerea unui debit de $Q = 2,1 \text{ l/s}$



Profilul longitudinal la fundul canalului, la un debit de $2,1 \text{ l/s}$

B I B L I O G R A F I E

1. ABECASSTIS, F.M. The Behaviour of Morning-Glory Shaft
Spillways. JAHR Proceedings of The Sixth
Meeting The Hague, 1955 PP, 8-1, 8-10.
2. ABRAMOWITZ, M.U. Handbook of Mathematical Function. Dever
Publications, Inc. N.Y. 1865.
3. ARMANDO Shoft Spillways, Theoretic Experimental Design.
Portugal.
4. ALLEN, J.U.
TAYLOR, G.A. A note on Free Vortexes observed in scale Model
test of a Belmouth Overflow Spillway.
Proceedings of the Institution of Civil
Engineers. PP 6222, 1975.
5. ALVIN I, PETERKA Performance Tests on Prototype and Model A.S.C.E.
6. Bureau of "Design of Small Dams". United states Department
Reclamation of Interior.
7. P.K. BANERJEE R. BUTTERFIELD, Boundary Element Methods in Engineering
Science, McGraw Hill Book Company, London, N.York, 1981
8. C.A. BREBBIA, I.C.F. TELLES, L.C. WROBEL, Boundary Element Technique,
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo,
1984.
9. BINNIE A.M. The use of a Vertical Pipe as an Overflow for
a Large Tank (Proc. Roy. Soc. A, t. 168, 1938).
- 9'. BILLORE, J. et. al. Recherch Hydrauliques pour la derivation
Provisoire les diversoirs et puits et la vidange
de fond du barrage de M'Dez en Maroc.
Publication nr. 223, Waterloopkundig-Laboratorium,
Delft, Hydraulics Laboratory.

- Publication nr.223,Waterloepkundig-
Laboratorium, Delft,Hydraulics Laboratory.
- 10.BINNIE,A.M.
HOOKINGS,G.A. Laboratory Experiments of whirlpools,Proc.
of The Royal Society of London Series A,
Vol.194,1948,PP.398,-415.
- 11.BILIK,M.I.,MANNDEL,K.
KALIS,I.VACHA,FR. ICOLD CONGRESS,Paper,No.Q 33P,15,
ISTAMBUL,1967.
- 12.BOLIRICH,G. Berechnung und Gestaltung der Einlenfe
von Schachtunberfallen.Wasserwesschaft -
Wassertechnik 15,1965,N 3592-97.
- 13.BRANDT Th.
SCHRODER,R.C.M. Modellversuche fur die Hochwassererlastur
des Ruckhaltebeckens. Harbach,Odenwald
Bericht Nr.162.73 Aus dem Institute fur
Hydraulik und Hydrologie de Technischen
Hochschule Darmstadt,1973.
- 14.BRETSCHNEIDER,M
KRAUSE,F.I. Die Modellversuche fur Hochwasser -
entlastungsanlage des Innerstetalsperre in
Harz.
Mitteilung Nr.62 des Institute fur Wassent
und Wasserwirtschaft der Technischen
Universitat Berlin,1965.
- 15.Bureau of Reclamation Model Studies of Spillways - Boulder Canye
project. Final reports- part VI Hydraulic
Investigations.Buletai nr.1,Denover 1938
- 16.Bureau of Reclamation Corps of Engineers, Hydraulic Design Critc
Sheets 14e-1 to 14e-1 8.Mosning Glossy Spill
ways US Army Waterways Experiment Station.
Vicksburg, Miss.1977

17. BRADLEY, J. N. "Prototype behaviour "Merrim- Glory Shaft Spillways. A Symposium Transactions of The American Society of Civil Engineers, Vol 121. (1956) PP 312-344.
18. BRADLEY, J. N. Merrim-Glory Shaft Spillways; Prototype behaviour. Proc. ASCE No. 431.
19. BLAISDELL, F. W. The Box Jet Drop Spillway and its Outlet A.S.C.E.
20. BLAISDELL, F. W. ANDERSON "Ultimate Dimension of local Secour", Journal of The Hydraulics division, A.S.C.E., Vol. 107, No. Hy 3, Proc. PP 16144 March, 1981 PP 327-337.
21. BLAISDELL F. W. The box Drop Spillway and its Outlet.
22. BROWNIK, N. G. "Stilling Basin Design for low Froude Number", Journal of The Hydraulic Division, A.S.C.E., vol. 101 No. Hy 7, July, 1975 PP 901-915.
23. BLAISDELL, F. W. "Development Hydraulic Design, Saint Anthony Falls Stilling Basin", Transaction, A.S.C.E. Vol. 113, 1948, PP 483-520.
24. BRADLEY, J. N. PETERKA, A. J. "The Hydraulic Design of Stilling Basins: Hydraulic Jumps on a Horizontal Apron (BASIN I); and " High Dams, Earth Dams, and Large Canal Structures (BASIN II)", Journal of The Hydraulic Division, Division, A.S.C.E., Vol. 83, No Hy 5, Oct. 1957, PP 1-24.
25. BLAISDELL, F. W. "Hydraulics Model Investigation of Marsh Creek Dam Principal Spillway in Contra Costa County, California," ARS-NC-35, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. Minneapolis Feb. 1970.

26. CHOW TE VAN Open Channel Hydraulics
27. CLAYTON, ANDERSON Verification of Prototype Spillway
BLAISDEL Performance A.S.C.E.
28. CLAYTON ANDERSON Plunge Pool Energy Dissipation for Pipe
Spillways A.S.C.E.
29. CREAGER, W. P., "Hydroelectric handbook". Second Edition
JUSTIN, J. D. John Willey N.Y. 1950.
30. COURENT, R., HILBERT, D. "Methoden der Mathematischen Physik"
Springerverlag, Berlin, Heibel Perg, N.Y. 1968
31. CAMP, HOWE, Tests of Circular weirs Civil Engineering,
1939, H-4..
32. DALDWIG, H. J., Modellversuche für die Hochwasserentlastungs-
anlage des Rückhaltebeckens Haigerbach.
SCHROEDER, R. C. M. Interner Bericht des Institut für Hydraulik
und Hydrologie der Technischen Hochschule
Darmstadt 1976.
33. DAVID IOAN Grundwasserfassungsanlagen mit filterrohren
Darmstadt. 1977.
34. DAVID IOAN Hidraulica, I.P.T., 1984, 1990.
35. DAVID I, ARSENIJE N. Considerații privind Proiectarea deversoa-
relor tip "MARGARETA" Buletinul Stiintific
și Tehnic al I.P.T. Seria Construcții Tom. 16
(30) Fasc. 2/1971.
36. DAVID I. A mathematical model based on the modified
Boundary Element Method for the calculation
of artificial ground water recharge by
means of linear constructions of finite
length, Academie de Romanie Mecanique, Tom 32,
No. 3, 1987.
37. DONNELLY, C. A., "Straight Drop Spillway Stilling Basin", University
BLAISDEL, F. W. of Minnesota, Saint Anthony Fall Hydraulic Laboratory
March 1964

- 49 .INDELKOFFER, V. Bemessungsdiagramme für Überfall-Kelche Von Hochwasserentlastungsanlagen. Wasser und Boden H.11, 1976 S.297-299.
- 50 .INDELKOFFER, V. Abfelseharakterishek und Hydraulische Leistungsfähigkeit von Kelenformigen überfallbau-werke. Bewingenieur 52, 1977, H, 2, S 67-75.
- 51 .INFERT, E. Esperienze du Modelli dei Scaricatori appozza a Constanza di bielle nel Serbatoio L'energia Eletttrica, nr.4, 1959, S.332-343.
- 52 .JOSEPH, N. BRADLEM. Prototype behaviors A.S.C.E.
- 53 .JACOB, C. Introduction Mathematique a la Mecanique des fluids. Bucarest-Paris 1959.
- 54 .JANSEN Principles of Rives Engineering.
- 55 .INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT, Discharge Measurement Structures Wageningen 1978.
56. JAMES WILLIAMSON, Round-Crest, Syphen and Trumpet Shaft Spillways (4Th Congress on Large Dams, New Delhi, 1951).
- 57 . KARR, Model Studies of Inlet Designs for Pipe Culverts on Steep Grades Engineering Experiment Station, Oregon State College, Bulletin nr.35 June 1954.
- 58 .KISILEV Indreptar pentru Calcule Hidraulice București-1988
59. LAZARI, K. Ricerca Sperimentale Sull' Sglatore a piante Circolare L'Energia Eletttrica

60. MILLNE, THOMSON, Theoretical Hydrodynamics, IV Th, Ed. Macmillan and Co. LTD. London-New York, 1960.
61. MAVIS, F.T. "The Hydraulics of Culverts" Pennsylvania State Collage Engineering Experiment Station, Bulletin 56, Vol. XXXVII, nr. 7, Feb. 1943.
62. MORRIS, H.M. Applied Hydraulics in Engineering", JOHN WILLEY and Sons, Inc., N.Y. 1972
WIGGERT, J.M.
63. POSAY, J.C.H.S.U.W" "About The Vertex aspects Orifice Discharge" Engineering News Record, 1950
64. PETERKA, J.A. The Effect of Entrained Air on Cavitation Pitting (Proc. Minnesota International Hydraulics Convention, 1953, P. 507).
65. PETERKA, J.A. Heart Butte Spillway and Outlet Works (Paper at Summer Convention Denver, Colorado) A.S.C.E. 1952.
66. PETERKA, J.A. Spillway Tests Confirm Model-Prototype Performance Bureau of Reclamation Oct. 1954.
67. PIETRARU VITALIE Calculul Infiltrațiilor. București 1977.
68. PRESS-SCHROEDER Hydromechanik im Wasserbau Verlag von Wilhelm Ernst Sohn, Berlin, München 1966.
69. PRISCU RADU Construcții Hidrotehnice, Vol. 1, 1983.
70. RAND, WALTER "Flow Geometry at straight Drop Spillways" A.S.C.E. Proceedings, Paper 791, Sep. 1955.
71. RICHARD M. FRENSE Open channel Hydraulics.
72. SASTRY, P.G. Die Energieumwandlung in Senkrechten Fallschächten. Dissertation an der Technischen Universität München 1966

- 3 .STRAUS, L.C.
ANDERSON, A.G.
"Importance of Julet Design of Culvert Capacity, Culvert hydraulics," Highway Research Board The National Academy of Science Research Raport nr.15-B,1953.
- 74.SMALL Hydraulic Structures
Water Resources Development and Managment Service.Land and Water Development Division. Food and Agriculture Organization of The United Nations.Rome,1975.
- 75.TAYLOR, R.L.
BROWN, L.R.
"Darcy flow The Hydraulics Division, Proceeding A.S.C.E.
- 76.TAÏF NIDAL
Theoretical and Experimental Study of Drop Julet Spillways and Performance of the stilling MSC THESIS, KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN-BELGIUM-1986.
- 77.WAGNER, E.W.
Determination of Pressure Controlled Profiles Transactions of the A.S.C.E.,1956, PP.345.
- 78.YOUNG-KOUNG
LARRY W.MAYS
Optimal Design of Stilling Basins for Overflow Spillways.A.S.C.E.

UNIVERSITATEA TEHNICA DIN TIMISOARA

Compartiment: Studenți Străini

Nr. 6797 din 20.06.1991.-

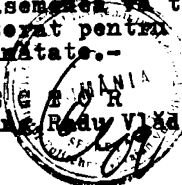
C ă t r e,

BIBLIOTECA CENTRALA UNIV. TEHN. TIMISOARA

În conformitate cu instrucțiunile privind acordarea titlurilor științifice în România, aprobate de Ministerul Învățământului și Științei nr.18/1968, vă înaintăm alăturat pentru păstrare și documentare un exemplar din teza de doctorat cu titlul: "CONTRIBUTII LA STUDIUL HIDRAULIC AL DEVERSOARELOR CIRCULARE", elaborată de ing. NIDAL TAEF din Siria.

De asemenea, vă trimitem alăturat 3 exemplare din rezumatul tezei de doctorat pentru a fi trimise institutelor colaboratoare din țară și străinătate.-

/R E G E S T R U
Conf.dr.ing. Radu Vlădeș



SECRETAR ȘEF
Evel Atin