

STUDIUL PIERDERILOR DE SARCINĂ LOCALE ÎN SISTEME HIDRAULICE CU ARMĂTURI DE TIP HAWLE

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie civilă și instalații

autor ing. Zsolt MAROSSY

conducător științific Prof. univ. emerit dr. ing. Ioan DAVID

- februarie 2023-

Teza de doctorat a fost elaborată pe baza studiilor și cercetărilor efectuate în cadrul Departamentului de Hidrotehnică, Facultatea de Construcții, Universitatea Politehnică Timișoara.

Conținutul tezei este structurat pe 6 capitole dezvoltate pe 150 pagini, cuprinzând 46 figuri și 128 tabele în care sunt prezentate sintetic informații și rezultate originale ale cercetării efectuate, precum și o bibliografie conținând 41 titluri bibliografice reprezentative clasice și actuale.

Tema de cercetare abordată și realizată în cadrul programului doctoral are ca obiectiv de bază studiul experimental și teoretic al pierderilor de sarcină (rezistențe hidraulice) locale generate de armături de tip HAWLE (vane sertar și clapete de sens) aferente sistemelor de transport al apei sub presiune și elaborarea pe această bază a unor metode adecvate pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale, finalizate în tabele, grafice și formule de calcul direct aplicabile în practica inginerescă. Este de menționat că armăturile tip HAWLE au caracteristici speciale atât de natură materială, având suprafețe foarte netede, cât și de formă geometrică (tipuri de îmbinări BAIO și System 2000, vană cuțit îngropabilă direct în pământ) pentru care nu există în prezent un studiu sistematic asupra coeficientului de rezistență locală.

Realizarea obiectivului de bază al programului de cercetare propus s-a efectuat în următoarele etape de lucru:

- **Etapa 1:** Documentare și prezentarea stadiului actual al cercetării privind evaluarea pierderilor de sarcină locale generate de armăturile integrate în sisteme de conducte

- **Etapa 2:** Conceperea, realizarea și echiparea unui stand adecvat pentru realizarea programului experimental propus

- **Etapa 3:** Studii experimentale sistematice preliminare pentru determinarea poziției prizelor de presiune în amonte și în aval de axa armăturii studiate, cu scopul de a elimina influența eventualelor perturbări asupra măsurătorilor

- **Etapa 4:** Studii experimentale sistematice pentru determinarea coeficienților de rezistență locală a armăturilor de tip HAWLE (vane sertar, clapete de sens)

- **Etapa 5:** Sinteza rezultatelor experimentale, propuneri de formule semiempirice pentru calculul coeficienților de rezistență, formularea unor concluzii utile pentru studii viitoare

În **primul capitol**, cu rol introductiv, se prezintă justificarea temei, subliniind importanța evaluării cât mai precise a pierderilor de sarcină locale pentru dimensionarea sistemelor de apă sub presiune. Sistemele de apă sub presiune sunt folosite pentru diferite aplicații hidroedilitare și industriale, actualitatea temei fiind justificată prin faptul că realizarea

și optimizarea sistemelor hidroedilitare, reprezintă obiective prioritare ale investițiilor din România, conform directivelor nr. 98/83/CE, 91/271/CEE și 98/15/CE. De asemenea în acest capitol se prezintă obiectivele urmărite și structura tezei.

În **capitolul doi**, intitulat "Stadiul actual privind evaluarea pierderilor de sarcină locale în conducte", este prezentată baza teoretică a fenomenului pierderilor de sarcină locale, precum și abordările ingineresti pentru evaluarea pierderilor de sarcină locale și aspectele specifice tipurilor de armături studiate, inclusiv date referitoare la valorile coeficienților de rezistență locală identificate în literatura de specialitate studiată.

Sunt prezentate metodele de evaluare a pierderilor de sarcină locale pe baza coeficientului de rezistență locală, pe baza unor lungimi echivalente, respectiv pe baza coeficientului de debit. Sunt prezentate inclusiv relațiile de calcul dintre cei doi coeficienți menționați, respectiv formula propusă pentru aproximarea coeficientului de rezistență locală al unei armături fabricate de același producător, având aceeași variantă constructivă, dar pentru un diametru necunoscut.

Sunt prezentate aspectele specifice tipurilor de armături studiate (vane sertar și clapete de sens de tip HAWLE). Sunt prezentați și interpretați coeficienții de rezistență locală identificați în literatura de specialitate studiată, reținând datele relevante care, în capitolul 5, sunt utilizate pentru validarea formulelor semiempirice propuse pentru calculul coeficienților de rezistență locale pentru deschideri parțiale.

În cadrul Departamentului de Hidrotehnică al U.P.T. există o instalație de prezentare armături HAWLE realizată în 2010, ca urmare a unei colaborări între Facultatea de Hidrotehnică, HAWLE-Germania și fundația AQUADEMICA-Timișoara. Instalația existentă a fost completată cu un tronson special, dotat și echipat în mod adecvat pentru asigurarea condițiilor necesare efectuării măsurătorilor experimentale din programul propus. Concepția și realizarea standului experimental este prezentată în **capitolul trei**. Pe lângă prevederile normativelor în vigoare referitoare la schema instalației de testare și la calitatea măsurătorilor, sunt prezentate în acest capitol și unele probleme care au apărut pe parcursul realizării instalației. Sunt discutate factorii care pot influența semnificativ stabilitatea fluxului de apă și/sau precizia măsurătorilor, inclusiv recomandări privind gestionarea acestor probleme.

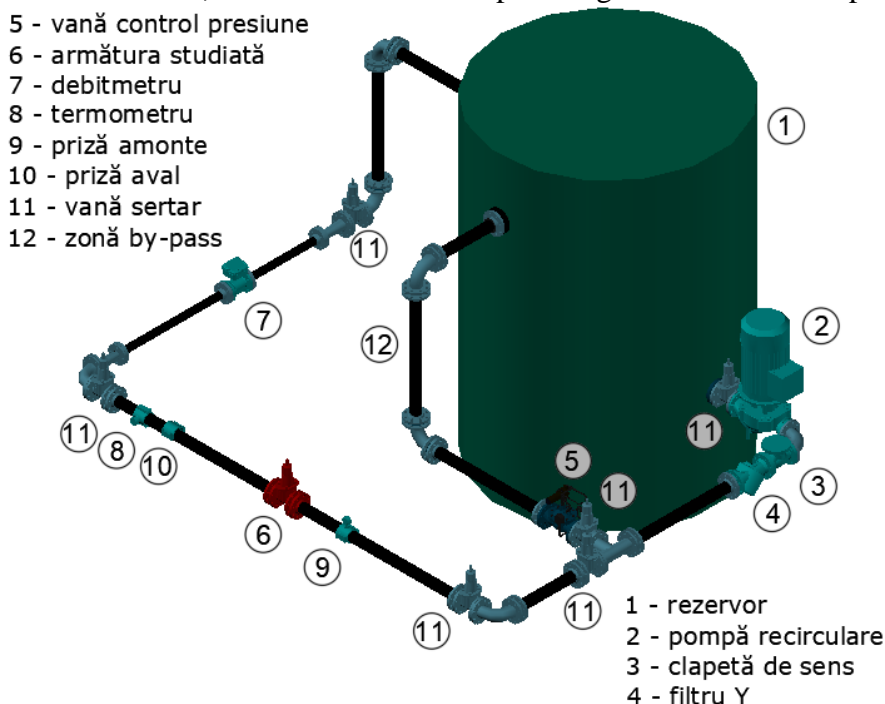


Figura 1. Instalația de testare concepută

Tot în acest capitol sunt prezentate aparatele folosite (denumire producător, denumire produs), schema prizelor de presiune cu patru orificii pe conturul conductei (pentru efectuarea măsurătorilor necesare determinării coeficienților de rezistență locală), și comparația valorilor măsurate cu aceste prize, cu cele măsurate cu prize cu un singur orificiu.

Elementele principale ale instalației de testare și poziționarea orientativă a aparatelor de măsură sunt prezentate în Figura 1, într-o formă simplificată, deoarece în afară de armăturile și piesele de legătură reprezentate, în realitate standul conține și obiecte aparținătoare instalației de prezentare.

În **capitolul patru** sunt prezentate studiile experimentale realizate.

Prima etapă a studiului experimental se referă la determinarea tronsonului pe care se produc turbulențele cauzate de armături. În vederea poziționării corecte a prizelor manometrului diferențial față de armătura studiată, s-a propus determinarea distanțelor de la care nu se mai produc pierderi de sarcină locale suplimentare cauzate de armătura studiată pe tronsoanele drepte din amonte și din aval pentru trei regimuri de curgere diferite, respectiv pentru șase grade de deschidere a vanei între 0,375 și 1,0.

Ca și armătura studiată s-a utilizat o vană sertar până din fontă, cu diametrul nominal de 80 mm, cu legături tip BAIO, produsă de compania Hawle. Cele trei regimuri pentru care s-au făcut măsurători sunt caracterizate de numere lui Reynolds cuprinse între următoarele intervale:

1. $18 \times 10^3 - 20 \times 10^3$
2. $45 \times 10^3 - 53 \times 10^3$
3. $60 \times 10^3 - 71 \times 10^3$

Pentru acest studiu experimental pe tronsonul de calcul s-au montat prize prevăzute cu un singur orificiu.

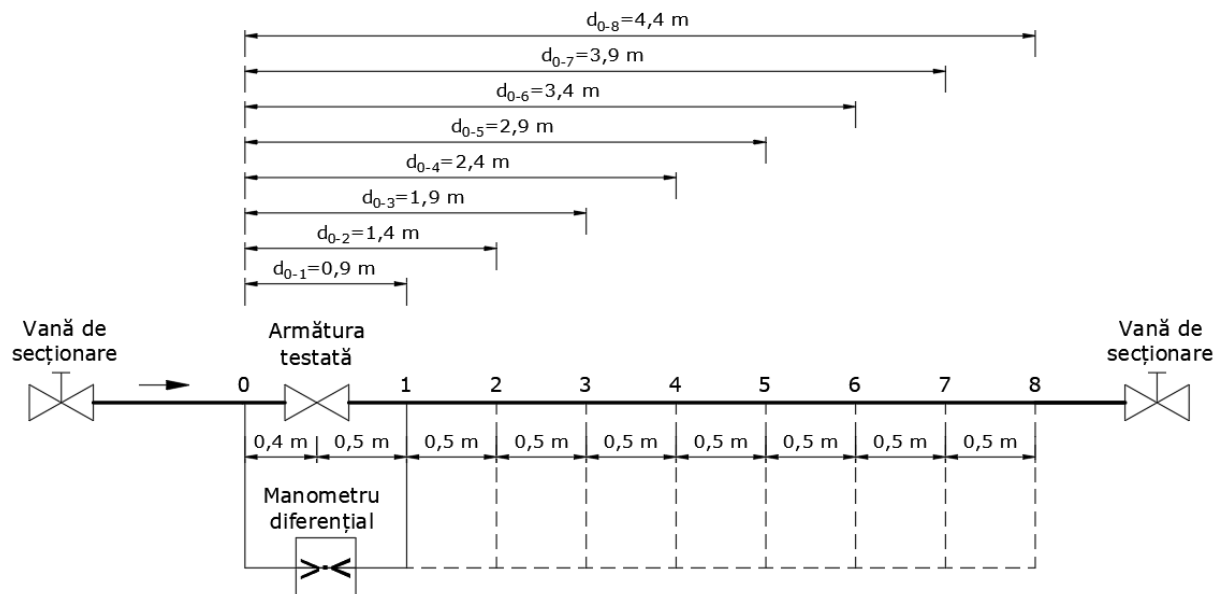


Figura 2. Schema instalației de testare folosită pentru determinarea poziției prizei din aval

În Figura 2 este prezentată schema instalației de testare prevăzută cu o priză reper la 0,4 m în amonte de vană și nouă prize montate la câte 0,5 m unul față de celălalt pe tronsonul din aval.

Deoarece pentru realizarea unor astfel de măsurători este nevoie de spațiu de lucru mare (tronsoane de calcul lungi), instalația de testare a fost astfel concepută încât măsurătorile legate de efectul în amonte, respectiv în aval să se realizeze în două etape, folosind practic aceeași instalație, dar schimbând sensul de curgere, conform figurii 3.

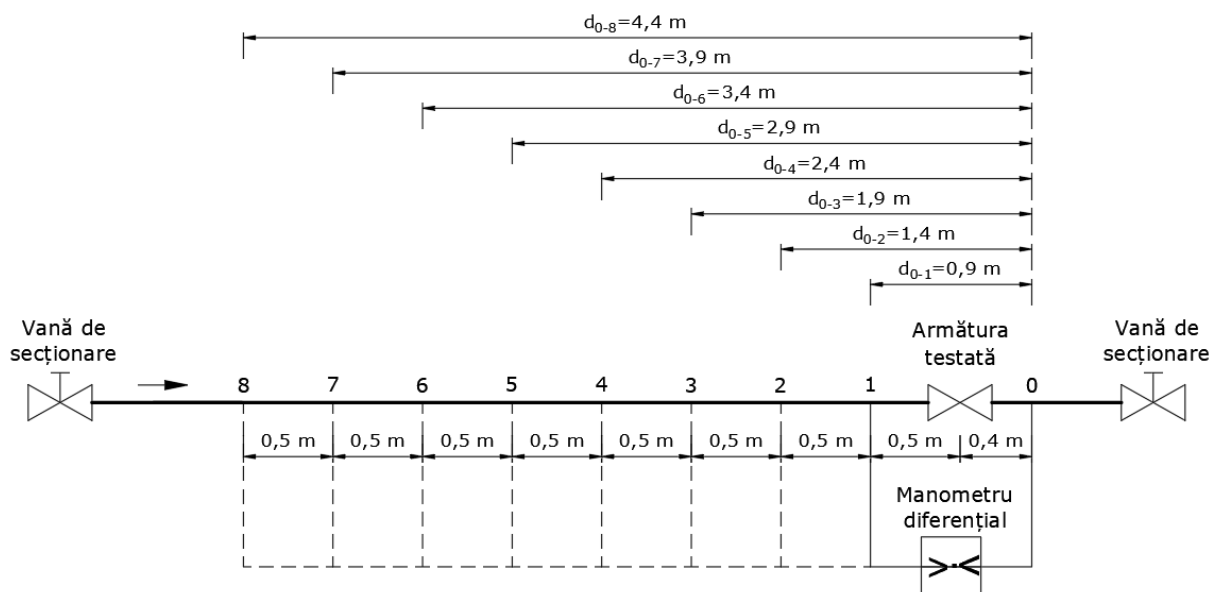


Figura 3. Schema instalației de testare folosită pentru determinarea poziției prizei din amonte
Pentru calculul pierderii de sarcină liniară unitară s-a folosit formula:

$$\Delta p_{longitudinal_{unitar}} = \frac{\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}}{\Delta d_{i-1,i}} \quad (1)$$

Metoda de calcul folosită cuprinde următorii pași:

- Măsurarea pierderilor de presiune $\Delta p_{0,1}$, $\Delta p_{0,2}$, $\Delta p_{0,3}$... $\Delta p_{0,8}$
- Calculul diferențelor de presiune $\Delta p_{0,i} - \Delta p_{0,i-1}$, pentru i de la 2 la 8
- Calculul pierderilor de sarcină liniare unitare cu formula (1) pentru i de la 2 la 8
- Aplicarea formulei (1) față de un alt reper stabilit pe baza rezultatelor obținute – dacă este cazul
- Corectarea valorilor citite medii – dacă este cazul
- Identificarea prizei de la care nu se mai produc pierderi de presiune locale suplimentare, respectiv a distanței acesteia de la armătura studiată

În Tabelul 1 sunt prezentate centralizat distanțele recomandate pentru montarea prizelor în cazul celor trei regimuri studiate.

Tabelul 1 Tabel centralizator: distanțe minime pentru prize pentru regimurile studiate

Nr. Reynolds	Grad deschidere	Distanță amonte		Distanță aval	
		(m)	(nr. DN)	(m)	(nr. DN)
18 000..20 000	1,0..0,875	0,46	6	0,96	12
	0,75..0,375	0,96	12	1,96	24,75
45 000..53 000	1,0..0,375	0,96	12	1,96	24,75
60 000..71 000	1,0..0,375	0,96	12	1,96	24,75

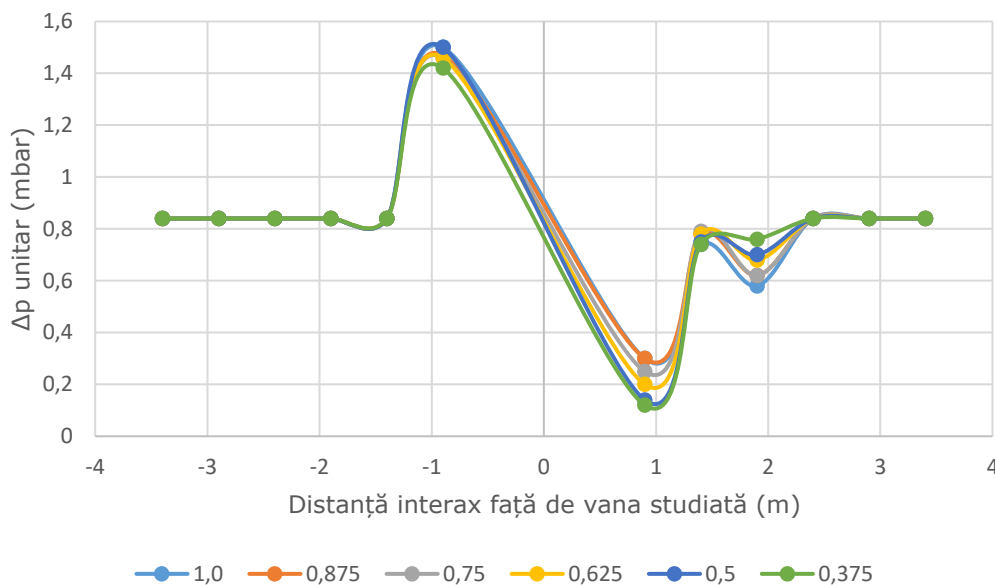


Figura 4. Pierderi de presiune longitudinale unitare, Re 60 000..71 000

În Figura 4 sunt reprezentate grafic pierderile de presiune unitare determinate în cadrul studiului experimental pentru Re 60 000..71 000 la diferite grade de deschidere, valoarea 0 a abscisei reprezentând poziția axului vanei. S-a identificat o alură similară și în cazul celorlalte regimuri studiate și prezentate în teză.

Având în vedere că turbulențele provocate de vană se dezvoltă pe o zonă mai lungă în aval, în zona respectivă se poate observa fluctuația trendului provocat de turbulențe, iar pentru studiul mai exact al zonei din amonte ar fi nevoie de prize montate la distanțe mai mici de 0,5 m pe un tronson de minim 1,0-1,5m. Având în vedere că zona din amonte se dezvoltă pe o distanță relativ scurtă, în cadrul prezentului studiu nu s-a considerat necesar completarea datelor obținute cu măsurători suplimentare.

Al doilea studiu experimental a avut ca scop studiul experimental al pierderilor de sarcină locale la vane tip sertar, atât pentru vane dedicate aplicațiilor cu apă potabilă, cât și pentru vanele sertar folosite la conducte de apă uzată sub presiune.

Coeficienții de rezistență locală au fost determinați prin măsurarea debitului (Q), a lungimii de calcul și a pierderii de presiune (Δp măsurat), respectiv calculul numărului lui Reynolds, pierderii de presiune liniare (Δp liniar), λ (calculat cu formula lui Blasius) și a pierderii de presiune datorită vanei (Δp vană) (ca și diferența dintre pierderea de presiune măsurată și pierderea de presiune liniară). Pentru calculul coeficientului de rezistență locală (ζ) s-a folosit formula (2), iar ζ_{med} reprezintă media aritmetică a coeficienților determinați pentru o anumită ipoteză de calcul.

$$\zeta = \frac{2\Delta p}{v^2 \rho} \quad (2)$$

Măsurătorile au fost realizate la presiunea măsurată în amonte de secțiunea de calcul de cca. 2,5 bar.

Pentru studiul vanelor sertar destinate sistemelor de apă potabilă s-au folosit vane sertar până tip E2 produse de Hawle.

Deoarece s-a urmărit și verificarea dependenței lui ζ de tipul de îmbinare (care poate afecta dimensiunile corpului vanelor), s-au făcut măsurători pentru următoarele modele de vană sertar până prevăzute cu diferite variante de îmbinare:

- Vană sertar până tip E2 cu îmbinare tip flanșe, DN 80 mm, din fontă

- Vană sertar pană tip E2 cu îmbinare tip System 2000, DN 80 mm, din fontă
- Vană sertar pană tip E2 cu îmbinare tip BAIO, DN 80 mm, din fontă

Măsurătorile s-au realizat aplicând prize cu patru orificii montate conform schemelor prezentate în Figura 7.

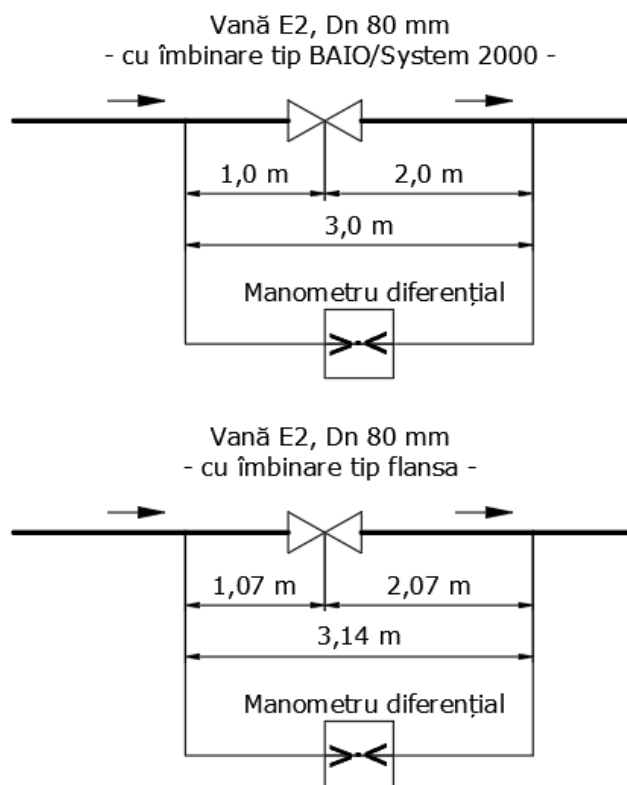


Figura 7. Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la vane sertar

Tabelul 2. Tabel cu valori ζ pentru vana sertar pană E2 cu diferite îmbinări

Grad de deschidere	ζ		
	flanșe	System 2000	BAIO
1,0	0,021	0,018	0,020
0,875	0,043	0,047	0,045
0,75	0,121	0,143	0,122
0,625	0,297	0,338	0,298
0,50	0,686	0,754	0,673
0,375	1,631	1,740	1,544
0,25	4,511	4,732	4,383

În Tabelul 2 sunt prezentate valorile ζ determinate pentru vanele E2 produse de Hawle cu îmbinare tip flanșe, tip System 2000 și tip BAIO. Se observă că valorile determinate pentru varianta cu îmbinare tip flanșe și cea cu mufe tip BAIO sunt apropiate (fiind diferențe între ele de cel mult 5%), dar cele aferente variantei tip System 2000 sunt mai mari, în afară de cazul deschiderii complete în care valoarea lui ζ este ușor mai mică decât pentru celelalte tipuri de îmbinare (chiar egală rotunjind la două zecimale).

Considerând că valorile aferente tipurilor de îmbinări cu flanșă, respectiv cu mufe BAIO pot fi considerate egale cu media valorilor determinate experimental, se observă că valorile

aferente vanei cu îmbinare tip System 2000 sunt mai mari cu 6..15% față de valorile mediate ale variantelor cu îmbinare tip flanșă și BAIO, diferența medie fiind de 10%.

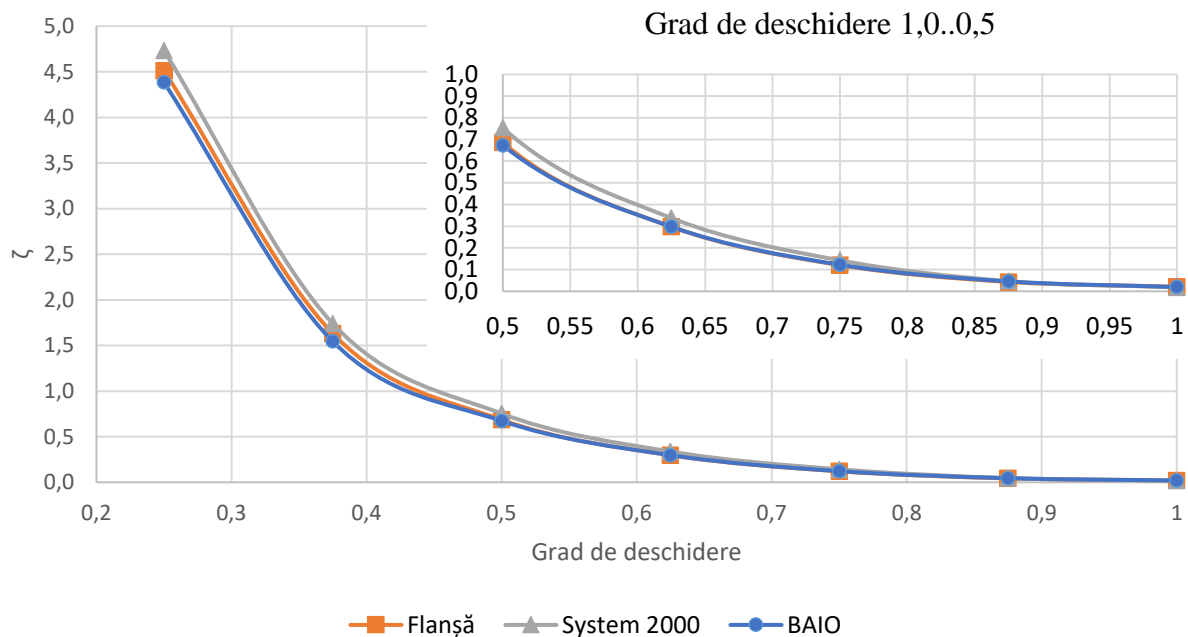


Figura 8. Grafic cu valori ζ pentru vana sertar pană cu diferite tipuri de îmbinări

În Figura 8 sunt prezentați grafic coeficienții de rezistență locală aferenți vanelor sertar pană cu îmbinări tip flanșă, BAIO și System2000, determinați prin studiul experimental propriu.

Studiul vanelor sertar destinate sistemelor de apă uzată sub presiune s-a realizat pe vana sertar tip cuțit produs de Hawle, cu varianta constructivă diferită de cea clasică, vana fiind concepută astfel încât să se poate monta și îngropat direct în pământ.

Vană cuțit pentru ape uzate, Dn 80 mm
- cu îmbinare tip flanșe -

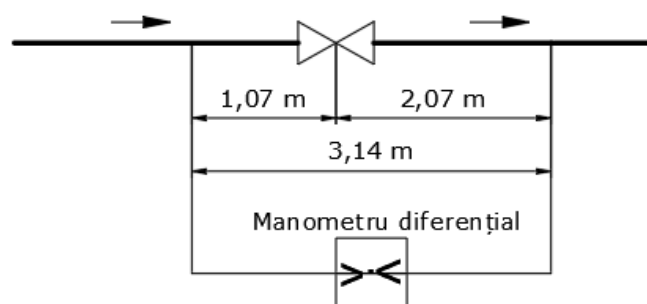


Figura 9. Schemă tronson de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la vana cuțit pentru apă uzată

În Figura 9 sunt reprezentate pozițiile prizelor cu patru orificii montate în vederea realizării măsurătorilor.

Tabelul 3. Tabel comparativ pentru valorile ζ aferente vanei pentru apă potabilă și celei pentru apă uzată sub presiune

Grad de deschidere	ζ		
	Vană - apă potabilă	Vană - apă uzată	Diferența %
1,0	0,018	0,051	65
0,875	0,047	0,055	15
0,75	0,143	0,145	1
0,625	0,338	0,454	26
0,50	0,754	1,611	53
0,375	1,740	5,614	69
0,25	4,732	25,347	81
Media aritmetică diferențe procentuale			44

În Tabelul 3 sunt prezentate valorile coeficienților de rezistență locală determinate pentru vana cuțit studiată, respectiv diferențele între aceste valori și cele determinate pentru aplicații cu apă potabilă. Pentru compararea celor două tipuri de vane sertar s-au prezentat valorile aferente vanei cu cuplaj System 2000, deoarece coeficienți de rezistență locală determinați pentru acest tip de îmbinare sunt mai mari decât în cazul celorlalte tipuri de îmbinare. Se observă că la grade de deschidere mai mici de 0,75 pierderile de sarcină locale cauzate de vanele cuțit sunt mult mai mari decât în cazul vanelor sertar, dar conform datelor din Tabelul 3 diferența este semnificativă și în cazul deschiderii complete: 65%., coeficientul de rezistență locală al vanei cuțit fiind practic de aproape 2,5 ori mai mare decât valoarea maximă determinată pentru toate cele trei tipuri de vane sertar până studiate.

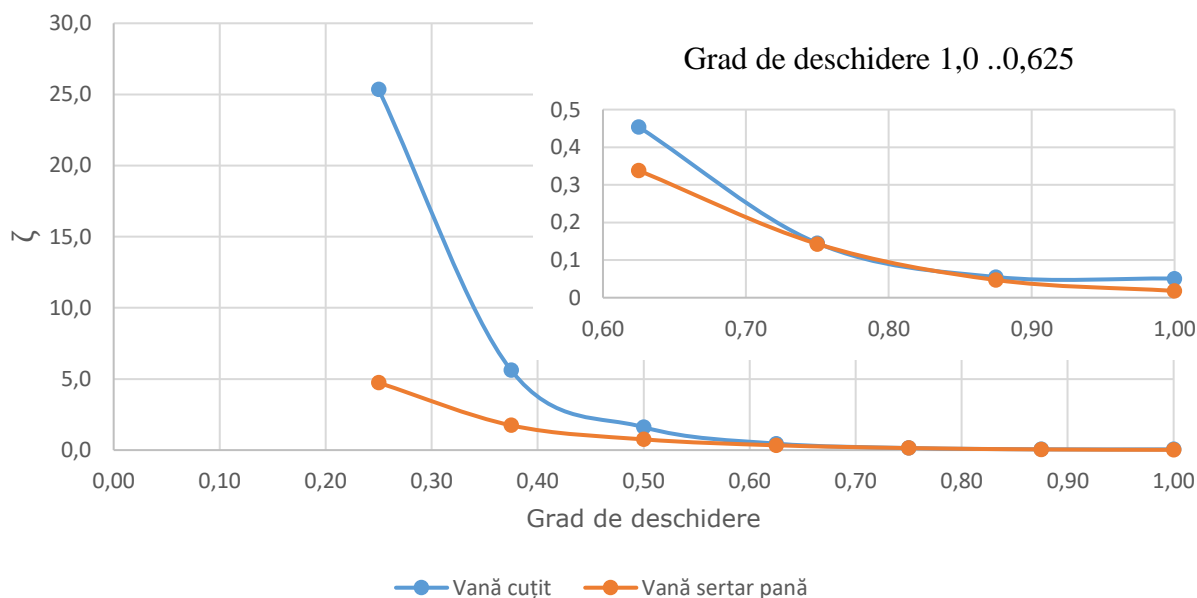


Figura 10. Grafic comparativ valori ζ pentru vana cuțit și vană sertar până

În Figura 10 sunt reprezentate curbele ζ în funcție de grade de deschidere de la 1,0 la 0,25, respectiv între 1,0 și 0,625. Se observă o că relația dintre valorile ζ aferente diferitelor grade de deschidere prezintă o alură mult diferită față de cea a vanelor sertar până destinată aplicațiilor cu apă potabilă.

Ultimul studiu experimental realizat în cadrul prezentei cercetări se referă la studiul pierderilor de sarcină locale la clapete de sens destinate aplicațiilor cu apă potabilă și apă uzată.

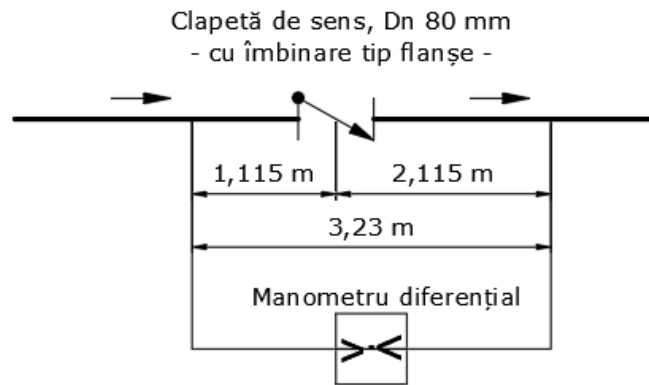


Figura 11. Schemă tronsoanelor de calcul pentru determinarea coeficienților de rezistență locală la clapete de sens

În Figura 11 Sunt reprezentate pozițiile prizelor din amonte și din aval de clapetele de sens studiate. Având în vedere că cele două clapete au aceeași lungime, și distanțele prizelor față de cele două tipuri de armături sunt identice.

Măsurătorile au fost realizate la presiunea măsurată în amonte de secțiunea de calcul de cca. 2,5 bar.

În prezentul studiu s-a analizat clapeta de sens cu clapetă fără levier și contragreutate care poate fi folosit atât pentru apă potabilă, cât și pentru apă uzată, respectiv clapetă de sens cu bilă destinate sistemelor de apă uzată.

Pentru clapeta de sens cu clapetă s-a determinat un coeficient de rezistență locală mediu, $\zeta_{med} = 0,130$, respectiv un coeficient de debit $K_v = 709 \text{ m}^3/\text{h}$, față de coeficientul de debit de $271 \text{ m}^3/\text{h}$ publicat de producător pentru clapetele de sens cu DN 80 mm. Este important de menționat că valoarea publicată de producător nu specifică varianta constructivă a clapetei de sens cu clapetă, iar producătorul fabrică și clapete de sens dotate cu levier și contragreutate.

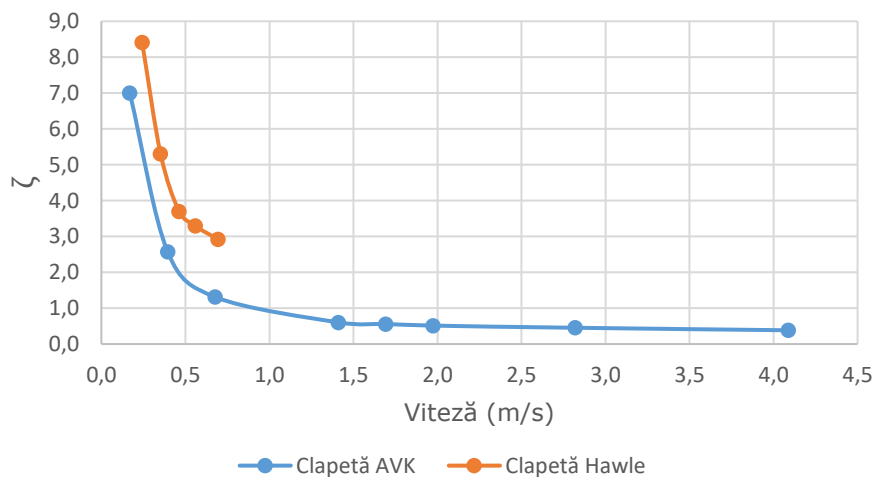


Figura 12. Valorile ζ în funcție de viteză pentru clapeta de sens cu bilă

În Figura 12 sunt reprezentate grafic valorile ζ în funcție de viteză pentru clapeta de sens cu bilă studiată și pentru clapeta de sens fabricată de AVK. Pentru clapeta de sens cu bilă fabricată de AVK coeficienții ζ au fost estimate pe baza graficului pierdere de presiune față de debit publicat de producător. Deoarece pentru armătura studiată s-au putut realiza măsurători numai pentru viteze sub 0,7 m/s, iar pe acest interval graficul obținut are o alură asemănătoare cu cea aferentă clapetei AVK, pentru analiza mai detaliată a fenomenului, în Figura 12 s-au prezentat și valorile referitoare la viteze până la 4 m/s.

În ceea ce privește clapeta de sens cu bilă se pot identifica trei zone de variație a coeficientului ζ în funcție de viteza de curgere:

- La viteze mai mici de 0,5 m/s s-au identificat valori mari ale coeficientului ζ cu un trend de scădere foarte bruscă. Diferența dintre valorile aferente vitezelor de 0,24 și 0,56 m/s este de cca. 156% AVK declară că peste 0,5 m/s se poate considera clapeta complet deschisă.

- În intervalul de viteze 0,5..1,5 m/s este o zonă de tranziție

- La viteze peste 1,5 m/s scăderea coeficientului ζ devine mult mai lină, diferența dintre valorile aferente vitezelor de 1,41 și 4,09 m/s este totuși de cca. 58%.

În afară de dependența coeficientului de rezistență locală de viteza de curgere, un alt aspect important este că valorile determinate pentru clapetele de sens cu bilă sunt mult mai mari față de modelul cu clapetă. Chiar și valoarea minimă aferentă clapetei de sens cu bilă determinată pentru viteza de 4,09 m/s este de aproape 3 ori mai mare decât valoarea medie determinată pentru clapeta de sens cu clapetă studiată.

În **capitolul cinci** se prezintă sintetiza rezultatelor experimentale și propunerile de formule semiempirice.

Analizând dependența coeficientului de rezistență pentru diferite grade de deschidere se poate observa că în literatura de specialitate studiată nu există unanimitate privind deschiderile parțiale pentru care se fac măsurători experimentale – excepție fiind poziția complet deschisă și gradul de deschidere de 0,5. În multe cazuri însă producătorii publică numai coeficientul aferent deschiderii complete.

De asemenea se poate observa că variația coeficienților de rezistență la vane în funcție de gradul de deschidere are anumite caracteristici specifice:

- $\lim_{\frac{a}{D} \rightarrow 1} \zeta_{a/D}$ tinde către valori foarte mici (aproape de 0)
- $\lim_{\frac{a}{D} \rightarrow 0} \zeta_{a/D}$ tinde către valori foarte mari

Pe baza acestor observații se propune următoarea formă generală pentru formulele semiempirice valabile pentru vanele sertar:

$$\zeta_{a/D} = \zeta_{1,0} C e^{\sigma(1-\frac{a}{D})} \quad (3)$$

unde

$\zeta_{a/D}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent unei deschideri a/D ,

$\zeta_{1,0}$ reprezintă coeficientul de rezistență locală aferent deschiderii complete,

$\frac{a}{D}$ reprezintă gradul de deschidere (0 – complet închis, 1 – complet deschis),

iar coeficienții C și σ se determină pe baza rezultatelor experimentale.

În vederea validării formei generale propuse s-a bazat pe următoarele surse din literatura de specialitate studiată:

Pentru vane sertar până:

- Coeficienții $\zeta_{a/D}$ determinați experimental de Idel'chik pentru vane sertar până ("wedge-type gate valves") cu deschideri între 0,25 și 1,0. În această sursă nu este specificat diametrul nominal pentru care s-au făcut măsurătorile experimentale
- Coeficienții $\zeta_{a/D}$ determinați experimental și publicate tabelar în anexa catalogului producătorului AVK pentru deschideri între 0,3 și 1,0 ai vanei cu diametru nominal de 80 mm

Pentru vane sertar cuțit:

- Coeficienții $\zeta_{a/D}$ determinați experimental de Idel'chik pentru vane sertar pe

conducte circulare cu deschideri între 0,25 și 0,9. Sursa nu specifică tipul vanei, dar se poate deduce că se referă la vane cuțit. În această sursă nu este specificat diametrul nominal pentru care s-au făcut măsurătorile experimentale

- Coeficienții $\zeta_{a/D}$ determinați experimental și publicate prin reprezentare grafică în catalogul producătorului Erhard pentru vane cuțit ("ERU K1 knife gate valve) pentru deschideri între 0,3 și 1,0 ai vanei cu diametru nominal de 100 mm

La alegerea surselor nu s-a urmărit validarea formei generale strict pentru un anumit diametru nominal al vanelor, ci propunerea unor formule valabile indiferent de acesta.

Cei doi coeficienți C și σ din formula (3) au fost determinate pentru fiecare tip de vană sertar, analizând dependența expresiei $e^{(1-\frac{a}{D})}$ de gradul de deschidere. Coeficienții propriu-ziși au fost determinați folosind programul Microsoft Excel, prin generarea unor linii de trend.

În teză se prezintă următoarele formule de calcul semiempirice:

$$1. \text{ Pentru vane sertar până: } \zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} 0,92 e^{7,22(1-\frac{a}{D})} \quad (4)$$

$$2. \text{ Pentru vane sertar cuțit cu corp clasic: } \zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} 0,68 e^{8,56(1-\frac{a}{D})} \quad (5)$$

$$3. \text{ Pentru vane sertar cuțit cu corp special: } \zeta_{\frac{a}{D}} = \zeta_{1,0} 0,23 e^{10,03(1-\frac{a}{D})} \quad (6)$$

Primele două formule, formulele (4) și (5), au fost validate pe baza coeficienților din literatura de specialitate amintită mai sus, rezultând o precizie medie de 90%, respectiv 91-94%, iar formulele (4) și (6) au fost aplicate coeficienților determinați prin studiile experimentale proprii, rezultând o precizie medie de 95%, respectiv 89-90%. Astfel se consideră că formulele propuse reprezintă un instrument practic și util în evaluarea pierderilor de sarcină locale aferente deschiderilor parțiale, bazat pe coeficienți de rezistență locală determinate experimental pentru deschiderea completă.

În acest capitol sunt analizați coeficienții de rezistență locală determinați prin studiul experimental propriu, în comparație cu datele din literatura de specialitate, respectiv se prezintă lungimile echivalente propuse pentru armăturile studiate pentru predimensionare.

În **capitolul șase** sunt prezentate contribuțiile personale și recomandările privind calculul pierderilor de sarcină locale la vanele studiate.

Dintre contribuțiile personale amintim:

- studierea literaturii de specialitate referitoare la evaluarea pierderilor de sarcină locale cauzate de vane sertar și clapete de sens, cu următoarele concluzii și observații:
 - în principiu se poate afirma că dacă pentru armături dedicate aplicațiilor cu apă potabilă există date inclusiv la nivelul cataloagelor producătorilor, pentru armăturile dedicate aplicațiilor cu apă uzată sunt mult mai puține astfel de date
 - s-a constatat că valorile publicate în materiale științifice fără specificarea tipului exact al armăturii sunt sugestive pentru înțelegerea fenomenului, dar nu sunt recomandate pentru folosire la nivel de modelare hidraulică. Mai mult pentru calcule cu precizie ridicată trebuie folosiți coeficienți determinați exact pentru modelul (tip, diametru, variantă constructivă a producătorului) din teren.
- s-au studiat prevederile normativelor referitoare la conceperea instalațiilor de testare a armăturilor, prezentând și aspectele identificate și clarificate prin propria experiență legat de poziționarea, montarea și calibrarea aparatelor de măsură necesare.
- s-a realizat un studiu experimental în vederea determinării distanțelor prizelor față de armătura studiată în funcție de regimul de curgere și de gradul de deschidere studiat.

Din studiul experimental a rezultat că distanțele minime prevăzute de normativele SR EN 1267 și SR EN 60534-2-3 sunt potrivite pentru determinarea coeficientului de rezistență locală pentru vane sertar complet deschise, dar în cazul în care se dorește determinarea unor coeficienți pentru deschideri parțiale, este recomandată mărirea distanțelor prizelor față de armătura studiată. S-a propus respectarea unor distanțe în amonte de 1,0 m inter ax (0,96 m față de corpul armăturii), lungime echivalentă a aproximativ 12 diametre nominale. Iar în amonte distanța minimă recomandată este de 2,0 m inter ax (1,96 m față de corpul armăturii), lungime echivalentă a aproximativ 25 diametre nominale.

- s-a realizat un studiu experimental pentru coeficientul de rezistență locală al vanelor sertar până cu DN 80 mm.
- s-a prezentat influența tipului de îmbinare asupra valorilor coeficienților de rezistență locală, având în vedere că Hawle oferă mai multe tipuri de îmbinare de calitate față de varianta clasică folosind flanșe. Dacă în cazul variantelor cu flanșă și cu mufe BAIO au rezultat valori foarte apropiate, pentru cuplajul tip System 2000 au rezultat coeficienți cu o abatere medie de cca. 10% față de valorile aferente celorlalte tipuri de îmbinări.
- s-a constatat că diferențele dintre valorile coeficienților determinați experimental pentru diferitele tipuri de îmbinări pot fi considerate minore și neglijabile, dar lipsa de acuratețe demonstrată în ceea ce privește valoarea coeficientului publicat de producător pentru gama de diametre între 50 și 150 mm, și coeficientul mediu determinat în urma experimentelor proprii este semnificativă. Acest aspect subliniază nevoia utilizării unor coeficienți determinați pentru un produs concret cu același diametru nominal, în cazul în care se urmărește o evaluare cât mai precisă a pierderilor de sarcină locale cauzate de vane.
- analizând dependența coeficienților de rezistență față de gradele de deschidere parțială a vanelor sertar, s-a propus o formă generală a formulei de calcul a coeficientului de rezistență la vane sertar. Avantajul formei propuse este că oferă posibilitatea determinării valorilor aferente oricărei deschideri parțiale printr-un calcul rapid, fără să fie nevoie de utilizarea unor diagrame sau date tabelare, bazat numai pe coeficientul de rezistență locală determinată experimental pentru deschiderea completă.
 - s-a demonstrat că această formă de formulă este valabilă atât pentru coeficienții experimentali din literatura de specialitate, cât și pentru coeficienții determinați în cadrul prezentei cercetări.
 - coeficienții C și σ trebuie determinați pentru fiecare tip de vană cu formă constructivă specifică. S-a demonstrat, că în cazul vanei produse de Hawle pentru aplicațiile cu apă uzată, vană cu corp asemănător vanelor sertar până, dar cu element de închidere tip cuțit, variația coeficienților de rezistență aferenți diferitelor grade de deschidere este diferită atât de variația vanelor sertar până, cât și de variația vanelor cuțit cu corp plat (variante constructivă clasică). Și în acest caz se poate aplica formula de forma generală, dar cu coeficienți determinați special pentru această formă constructivă a vanei.
 - în cadrul tezei s-a propus câte o formulă de calcul pentru următoarele tipuri de vane sertar: vana sertar până, vana sertar cuțit (cu corp clasic, plat) și vana sertar cuțit produs de Hawle (vană îngropată)
 - vana cuțit produsă de Hawle pentru sistemele de apă uzată sub presiune, varianta constructivă care poate fi montată și îngropată direct în pământ, se poate considera o variantă constructivă atipică, deoarece în literatura de specialitate studiată nu s-au identificat date referitoare la pierderile de sarcină locale, demonstrându-se importanța deosebită realizării unor studii experimentale

pentru astfel de variante constructive speciale

- s-a determinat experimental coeficientul de rezistență locală pentru clapeta de sens cu clapetă DN 80 mm, varianta produsă de Hawle care teoretic poate fi folosită și pentru ape uzate, comparând rezultatul cu celelalte surse studiate. De asemenea s-a realizat un studiu experimental pentru clapeta de sens cu bilă fabricată de Hawle, și s-au formulat recomandări privind aspectele de avut în vedere la evaluarea pierderilor de sarcină, cauzate de clapete de sens în funcție de tipul elementului de închidere al acestora.

Menționăm, că pentru armăturile dedicate aplicațiilor de canalizare sub presiune, pentru care s-au realizat măsurători experimentale proprii (clapeta de sens cu bilă și vana cuțit cu formă constructivă atipică fabricate de Hawle), până la redactarea prezentei teze, nu existau alte rezultate experimentale publicate.

S-au propus recomandări privind calculul pierderilor de sarcină locale la vanele studiate atât pentru evaluarea experimentală, respectiv evaluarea numerică a pierderilor de sarcină locale, cât și pentru noi cercetări legate de evaluarea pierderilor de sarcină locale în cazul sistemelor hidroedilitare sub presiune.

Teza conține și patru **anexe** referitoare la principalii parametri ai apei potabile, la analiza datelor publicate de AVK pentru vane sertar până cu diametre între 50 și 150 mm, la proporționalitatea coeficienților de rezistență locală cu diametru diferit față de cel determinat experimental pentru un anumit diametru între 50 și 150 mm, respectiv prezentând poze despre instalația de testare și aparatura folosită.