

I.O.S.U.D. Universitatea "Politehnica" din Timișoara

**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**OPTIMIZAREA SISTEMELOR  
DE LIVRARE A APEI CALDE  
ÎN CENTRALELE TERMICE  
CU PUTEREA NOMINALĂ  
PESTE 100 kW**

Doctorand: **ing. Doru Pelivan**

Conducător științific: **prof.univ.dr.ing. Ioan Sârbu**

Timișoara  
septembrie 2013

## CUPRINS

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUCERE</b> .....   | 4  |
| 1.1. Considerații asupra subiectului tezei de doctorat .....  | 4  |
| 1.2. Conținutul tezei de doctorat .....   | 4  |
| <b>2. EVOLUȚIA CONCEPȚIEI ȘI REALIZĂRII LIVRĂRII APEI CALDE ÎN CENTRALELE TERMICE</b> .....   | 6  |
| 2.1. Generalități .....   | 6  |
| 2.2. Scheme clasice de distribuție a agentului termic .....   | 6  |
| <b>3. SOLUȚII DE REABILITARE A DISTRIBUȚIEI AGENTULUI TERMIC LA CENTRALE EXISTENTE</b> .....  | 7  |
| 3.1. Folosirea unor elemente de măsură și reglare a debitelor nominale livrate .....  | 7  |
| 3.2. Descrierea soluțiilor de reabilitare a distribuției agentului termic .....   | 7  |
| <b>4. SOLUȚII CONSTRUCTIVE NOI PENTRU DISTRIBUȚIA AGENTULUI ÎN CENTRALE TERMICE CU PUTEREA PESTE 100kW</b> .....                            | 8  |
| 4.1. Definirea scopului urmărit .....   | 8  |
| 4.2. Sisteme noi, existente pentru distribuitor-colector .....  | 8  |
| 4.3. Concepte proprii pentru distribuitor-colectorul de agent termic .....  | 8  |
| 4.3.1. Distribuitor-colector monobloc cu diafragmă orizontală de separare .....   | 8  |
| 4.3.2. Constatări practice la funcționarea buteliei de egalizare a presiunilor .....  | 11 |
| 4.3.3. Distribuitor-colector monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic .....   | 11 |
| 4.3.3.1. D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH .....   | 12 |
| 4.3.3.2. D-C cu cameră orizontală de separare și rol de SH ...  | 15 |
| 4.3.3.3. D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH ..  | 18 |
| 4.3.4. Pierderi de presiune suplimentare în distribuitor-colectoarele monobloc cu rol de separator hidraulic .....                          | 21 |
| <b>5. STABILIREA RELAȚIILOR DE CALCUL AL DEBITULUI DE TRANZIT LA DISTRIBUITOR-COLECTOARELE MONOBLOC CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC</b> ..... | 22 |
| 5.1. Ecuații hidraulice fundamentale .....  | 22 |
| 5.2. Distribuitor-colector cu diafragmă orizontală și orificiu cu rol de separator hidraulic .....  | 22 |
| 5.3. Distribuitor-colector cu cameră de separare și două orificii cu rol de separator hidraulic .....                                       | 22 |
| 5.4. Distribuitor-colector cu cameră de separare și trei orificii cu rol de separator hidraulic .....                                       | 24 |
| 5.5. Distribuitor-colector cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de separator hidraulic .....  | 24 |

---

|   |    |
|---|----|
| <b>6. REGLAREA DEBITELOR CIRCUITELOR RACORDATE LA UN DISTRIBUITOR-COLECTOR MONOBLOC CU ROL SUPLIMENTAR DE SEPARATOR HIDRAULIC</b> ..... | 26 |
| 6.1. Necesitatea reglării debitelor .....   | 26 |
| 6.2. Descrierea metodei de reglare propusă .....  | 26 |
| 6.3. Armături și aparate de măsură .....  | 27 |
| 6.4. Principiile utilizate pentru realizarea reglării debitelor .....   | 29 |
| 6.5. Procedura de lucru pentru reglarea de debite nominale utilizând MDTC .....   | 29 |
| <b>7. SIMULAREA PE CALCULATOR A REGLĂRII DEBITELOR NOMINALE PENTRU UN DISTRIBUITOR-COLECTOR MONOBLOC</b> .....                          | 32 |
| 7.1. Programul ordinator REGDENOM .....   | 32 |
| 7.2. Exemplu de simulare numerică .....   | 33 |
| <b>8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE</b> .....  | 34 |
| 8.1. Concluzii .....  | 34 |
| 8.2. Contribuții personale .....  | 34 |
| 8.3. Direcții viitoare de cercetare și promovare a conceptelor propuse .....  | 35 |
| <b>9. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ</b> .....  | 35 |

## 1. INTRODUCERE

### 1.1. Considerații asupra subiectului tezei de doctorat

În ultimii 100 ani, pentru încălzirea diverselor funcțiuni de spații în clădiri, s-a folosit și se folosește ca agent termic, purtător al căldurii, apa caldă produsă la diferite temperaturi și presiuni. Conform normativelor de specialitate, noțiunea de agent termic "apă caldă" se referă la apa cu temperatura maximă de +115°C.

Spațiile tehnice în care se instalează utilajele producerii agentului termic, sunt cunoscute sub denumirea de "centrale termice". Generatoarele cele mai cunoscute care produc agentul termic (încălzesc apa caldă), au fost și rămân cazanele de apă caldă. Acestea continuă să fie generatoarele de bază pentru producerea apei calde folosite ca agent termic, coabitând sub diferite scheme termohidraulice cu echipamentele noi.

Din păcate, progresele realizate în ultimii ani s-au concentrat numai în eficientizarea sistemelor (cazanelor) de producere a agentului termic și în dezvoltarea unor sisteme noi (pompe de căldură, sisteme solare, grupuri de cogenerare).

Studiile și progresele în modul în care se face distribuția agentului termic din centralele termice spre diferite grupuri de consumatori au fost neglijabile.

În acest context, lucrarea de față are ca obiect prezentarea modalităților în care se pot optimiza constructiv și funcțional sistemele de livrare a agentului termic în centralele de preparare a apei calde cu puterea nominală peste 100 kW.

Aceasta este un material sintetic cu specific teoretic dar mai ales practic, adresată specialiștilor în domeniu (proiectanți, executanți, fabricanți) și pledează pentru folosirea sistemului de distribuție a agentului termic în centralele de producere a apei calde, cu puteri instalate peste 100 kW, prin intermediul unei confecții metalice denumite "distribuitor-colector (D-C) monobloc".

Pe parcursul activității de proiectare și execuție a centralelor termice, acest tip de echipament a fost folosit cu succes la toate lucrările realizate datorită avantajelor sale. Urmărind modul de comportare în exploatare, conceptul a fost dezvoltat pentru a putea prelua și alte funcțiuni, cum este cea de "separator hidraulic (SH)".

Soluțiile elaborate de autor stau la îndemâna oricărui executant de a fi realizate și permit corecția imperfecțiunilor de proiectare, în alegerea echipamentelor de instalații într-o centrală termică.

### 1.2. Conținutul tezei de doctorat

Într-un prim capitol introductiv se prezintă unele considerații privind obiectul și actualitatea tezei de doctorat precum și conținutul acesteia, după un studiu al dezavantajelor diferitelor sisteme și moduri de distribuție a agentului termic, realizate conform schemelor termohidraulice clasice, în centralele de apă caldă cu temperatura maximă de +115 °C. Se propune un mod de optimizare al sistemelor de livrare a agentului termic prin folosirea unor distribuitor-colectoare monobloc.

În capitolul 2 se face o descriere succintă a diferitelor scheme de distribuție a agentului termic prin intermediul distribuitoarelor și colectoarelor clasice folosite curent, precum și ale dezavantajelor acestora.

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

În capitolul 3 se prezintă soluțiile tehnice folosite de autor la reabilitarea multor centrale termice existente, prin păstrarea schemelor termomecanice existente și crearea facilităților de livrare a căldurii spre consumatori la debite perfect controlabile, folosind unele elemente de măsură și reglare eficiente. Sunt descrise metodele folosite, bazate în principiu pe combinarea adecvată a unor soluții cunoscute, în urma aplicării cărora majoritatea dezavantajelor hidraulice și a inconvenientelor de exploatare reclamate de beneficiari au fost eliminate.

Capitolul 4 definește soluțiile propuse pentru distribuția agentului termic în centrale cu puterea nominală instalată de peste 100 kW, având la bază folosirea noilor sisteme de D-C monobloc concepute. Se enunță criteriile care au definit scopul urmărit în cercetarea efectuată și sunt descrise unele noi concepte de D-C elaborate de câțiva fabricanți străini, precum și avantajele, dar mai ales dezavantajele acestora. De asemenea, se prezintă conceptele proprii pentru aceste echipamente începând cu cel inițial denumit "*D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare*", dezvoltat ulterior într-un concept superior denumit "*D-C monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic (SH)*". În funcție de diversitatea izometriilor prin care cazanele și consumatorii se pot racorda la un D-C într-o centrală termică, sunt descrise soluțiile constructive de realizare a trei variante originale de astfel de echipamente: "*D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH*", "*D-C cu cameră de separare orizontală și rol de SH*", "*D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH*". Sunt ilustrate diverse variante de racord ale conductelor la D-C și modul de circulație a apei, pentru patru cazuri tipice de funcționare în exploatare. Pentru înțelegerea modului de funcționare s-au definit noțiunile de "*debit de tranzit*" și "*debit nominal de tranzit*", debite care parcurg orificiile diafragmelor și a camerelor de separare, precum și bypassul D-C monobloc cu rol de SH.

Capitolul 5 este una din părțile cele mai importante ale tezei, în care se stabilesc relațiile de calcul al debitului de tranzit plecând de la legea conservării energiei mecanice a fluidului, sau ecuația fundamentală a lui Bernoulli, aplicată în câteva ipoteze și cu abordări diferite pentru fiecare concept de D-C monobloc cu rol de SH, respectiv cu diafragmă orizontală și orificiu, cu cameră de separare și două sau trei orificii, și cu diafragmă orizontală și bypass.

În capitolul 6 se expune metoda proprie elaborată, de reglare a debitelor nominale pe circuitele cazanelor și ale consumatorilor racordate la un D-C monobloc. După o descriere a cauzelor funcționării defectuoase în practică a centralelor termice și a necesității reglării perfecte a debitelor pe circuite, se prezintă metoda de reglare bazată pe debitul de tranzit calculat și pe modificarea iterativă a caracteristicii debit-presiune pentru fiecare circuit racordat la un D-C monobloc cu rol de SH. De asemenea, sunt descrise armăturile și aparatura de măsură a unor presiuni diferențiale mici, necesare la aplicarea *metodei debitului de tranzit calculat (MDTC)*, dispozitive care au costuri de achiziție mult mai mici față de cele utilizate la alte metode de reglare folosite în prezent. În final, se prezintă procedura de lucru completă pentru reglarea debitelor nominale utilizând MDTC.

În capitolul 7 se abordează simularea numerică a reglării debitelor nominale pentru un exemplu de D-C monobloc, cu ajutorul programului ordinar denumit generic *REGDENOM*, având implementată procedura de lucru după MDTC pentru reglarea debitelor. Programul *REGDENOM* elaborat în limbaj de programare C#, cu o interfață comunicativă cu utilizatorul, afișează mesaje prin care acesta este îndrumat asupra operațiilor care trebuie efectuate pentru reglarea circuitelor. Utilizatorul poate decide asupra gradului de precizie a reglajului, prin compararea debitelor de tranzit calculate cu valorile nominale teoretice precizate în proiect. La finalizarea reglajelor programul listează un tabel centralizator cu debitul de tranzit

calculat la fiecărei manevră de modificare a caracteristicii debit-presiune pentru toate circuitele cazanelor și consumatorilor. Programul poate fi folosit pentru oricare variantă constructivă de D-C monobloc cu rol de SH.

În capitolul 8 se expun concluziile, contribuțiile personale și direcțiile viitoare de cercetare și promovare a conceptelor propuse.

## **2. EVOLUȚIA CONCEPȚIEI ȘI REALIZĂRII LIVRĂRII APEI CALDE ÎN CENTRALELE TERMICE**

### **2.1. Generalități**

Literatura de specialitate existentă nu furnizează suficiente date teoretice și practice, referitoare la explicarea avantajelor și dezavantajelor folosirii diverselor scheme termohidraulice principiale după care poate fi realizată o centrală termică de putere mare. Există câteva scheme de bază, dezvoltate mai mult sau mai puțin de diverși autori, variațiunile referindu-se și având la bază diferitele automatizări concepute de fabricanții echipamentelor. Proiectanții și executanții preiau și utilizează mai mult inerțial schemele principiale indicate în cataloagele fabricanților, fără un discernământ tehnic asupra necesității, avantajelor și dezavantajelor folosirii acestora, funcție de situațiile concrete. Din aceste motive beneficiarii investițiilor au de suferit, atât inițial (costuri mai mari de investiție), cât și ulterior (costuri ridicate de exploatare, întreținere, reparare).

### **2.2. Scheme clasice de distribuție a agentului termic**

La realizarea unei centrale termice de producere a apei calde, cu puteri medii și mari, care să aibă o exploatare facilă și eficientă, alegerea schemei termohidraulice principiale și modul în care se face distribuția agentului termic reprezintă cele mai importante aspecte de care trebuie să țină seama proiectantul, beneficiarul și executantul.

Pentru distribuția agentului termic spre consumatori se folosește o confecție metalică (echipament), denumită "distribuitor", alcătuită dintr-un tronson de conductă din țevă de oțel, închis la capete prin intermediul a două capace drepte, sau bombate (funcție de presiunea la care se utilizează), din tablă groasă de oțel. Pentru colectarea agentului termic de la cazan (cazane) se folosește echipamentul denumit "colector", care este constructiv similar distribuitorului. Distribuitorii și colectoarele se echipează cu racorduri din țevă de oțel având capetele filetate sau dotate cu flanșe, destinate sosirilor sau plecărilor de la/spre cazane sau consumatori sau altor funcțiuni suplimentare.

În baza cercetării efectuate și a concluziilor la care s-a ajuns pe parcursul activităților de proiectare, execuție, punere în funcțiune și servisare ale centralelor termice, autorul prezintă în teză trei scheme clasice de distribuție a agentului termic (figurile 1, 2, 3) care s-au folosit până în prezent și face o sinteză a dezavantajelor majore (hidraulice și estetice), pe care acestea le prezintă.

De asemenea sunt centralizate toate anomaliile hidraulice întâlnite în exploatare la sistemele de distribuție ale apei calde realizate în centrale termice cu un număr mare de grupe de consumatori, la care se folosesc pompe de circulație cu caracteristici diferite de debit/presiune, în cazul nefolosirii buteliilor de egalizare (rupere) a presiunilor.

### **3. SOLUȚII DE REABILITARE A DISTRIBUȚIEI AGENTULUI TERMIC LA CENTRALE EXISTENTE**

#### **3.1. Folosirea unor elemente de măsură și reglare a debitelor nominale livrate**

În cazul unor centrale termice existente, cu puteri nominale instalate mari, autorul a avut ocazia să se confrunte cu solicitările unor beneficiari, de a le reabilita distribuțiile de agent termic spre consumatori, prin păstrarea schemelor termomecanice clasice și eliminarea parțială sau totală ale dezavantajelor descrise. S-au creat facilitățile necesare livrării căldurii spre consumatori la debite perfect controlabile și scăderii cât mai mult a cheltuielilor cu exploatarea, legate de costurile energiei electrice de pompare.

În principiu, la aceste centrale termice s-au studiat, din punctul de vedere al raportului costurilor de reabilitare și cel al deficiențelor înlăturate, două variante:

- intercalarea în schema termomecanică a unei butelii de egalizare a presiunilor, între cazane și distribuitor-colector, respectiv o soluție care în prezent se folosește uzual (de multe ori însă, fără discernământ, în cazul neprofioniștilor);
- folosirea pe plecările spre consumatori ale unor elemente de măsură și reglare a debitelor nominale livrate, respectiv de control al diferitelor presiuni diferențiale.

În multe cazuri binecunoscuta soluție de utilizare a unei butelii de egalizare a presiunilor, implică costuri mult mai mari, față de a doua variantă, în ipoteza unor dimensionări corecte. Pe de altă parte, în majoritatea cazurilor, butelia de egalizare a presiunilor nu poate fi amplasată, din lipsă de spațiu. Din acest motiv s-a folosit cea de a doua soluție.

#### **3.2. Descrierea soluțiilor de reabilitare a distribuției agentului termic**

În acest subcapitol teza prezintă soluțiile adoptate de autor pentru reabilitarea distribuțiilor de agent termic, în centralele existente, bazate în principal pe combinarea adecvată ale unor modificări necesare în schemele termohidraulice și folosirea unor elemente de control și reglare (controloare de debit, robinete de reglare, aparate electronice digitale de măsurare a debitelor sau presiunilor diferențiale).

Lucrările efectuate au permis: reglarea cu precizie a debitelor vehiculate spre grupurile de consumatori; verificarea ecarturilor de temperatură tur/retur pe circuite; măsurarea pierderilor de presiune reale realizate pe circuitele tur/ retur ale consumatorilor; reajustarea debitelor vehiculate, în cazul apariției unor consumatori noi sau a defecțării altora, pe parcursul exploatării; ținerea unor evidențe clare ale debitelor de agent termic livrate și ale presiunilor diferențiale realizate pe circuite, aparatele electronice portabile permițând citirea directă a acestor valori, sau transmiterea datelor pe calculator, fiecare dispunând de un soft specific pentru această facilitare; înlocuirea unor echipamente existente necorespunzătoare, cum ar fi unele pompe sau diferite robinete de amestec motorizate.

În funcție de situația concretă a centralei termice reabilitate, după analiza deficiențelor ce le prezenta, de multe ori a fost necesară combinarea soluției descrise, cu intercalarea unei butelii clasice de egalizare a presiunilor, între cazane și D-C.

La centralele termice modernizate, autorul a preferat însă înlocuirea distribuitorilor și colectoarelor existente și folosirea în locul acestora a unui concept nou creat de confecție metalică, datorită multiplelor avantaje care le are, în comparație cu toate soluțiile clasice.

## **4. SOLUȚII CONSTRUCTIVE NOI PENTRU DISTRIBUȚIA AGENTULUI ÎN CENTRALE TERMICE CU PUTEREA PESTE 100 kW**

### **4.1. Definirea scopului urmărit**

Cele mai importante criterii avute în vedere pe parcursul documentării realizate în ultimii ani, precum și în analiza mai multor centrale termice deosebite din unele țări europene au fost: eliminarea pe cât posibil a tuturor dezavantajelor prezentate la capitolul 2, din teză; cum se poate realiza un asemenea spațiu tehnic, astfel încât instalațiile să aibă o estetică corespunzătoare, să fie ușor de executat, exploatat și servizat la eficiență maximă.

S-a ajuns la concluzia că totul este realizabil dacă se găsește un nou concept de execuție al D-C de agent termic.

### **4.2. Sisteme noi, existente pentru distribuitor-colector**

În urma studiului efectuat și a criteriilor enunțate anterior, s-au găsit numai patru sisteme capabile să rezolve dezideratele menționate.

Este vorba de patru construcții de D-C, diferite între ele din punct de vedere principal și constructiv, produse de următorii fabricanți europeni: Zortea GmbH Germania, cu sistemul ZORTSTROMSYSTEM; Sinusverteiler GmbH Germania, cu sistemele SINUSVERTEILER și SINUSHYDROFIXX; Magra Maile + Grammer GmbH Germania, cu sistemul MAGRA VERTEILERSYSTEM; Caleffi SPA Italia, cu sistemul SEPCOLL.

În teză sunt descrise principiile constructive (figurile 6-9), avantajele și dezavantajele acestor sisteme de confecții metalice.

### **4.3. Concepte proprii pentru distribuitor-colectorul de agent termic**

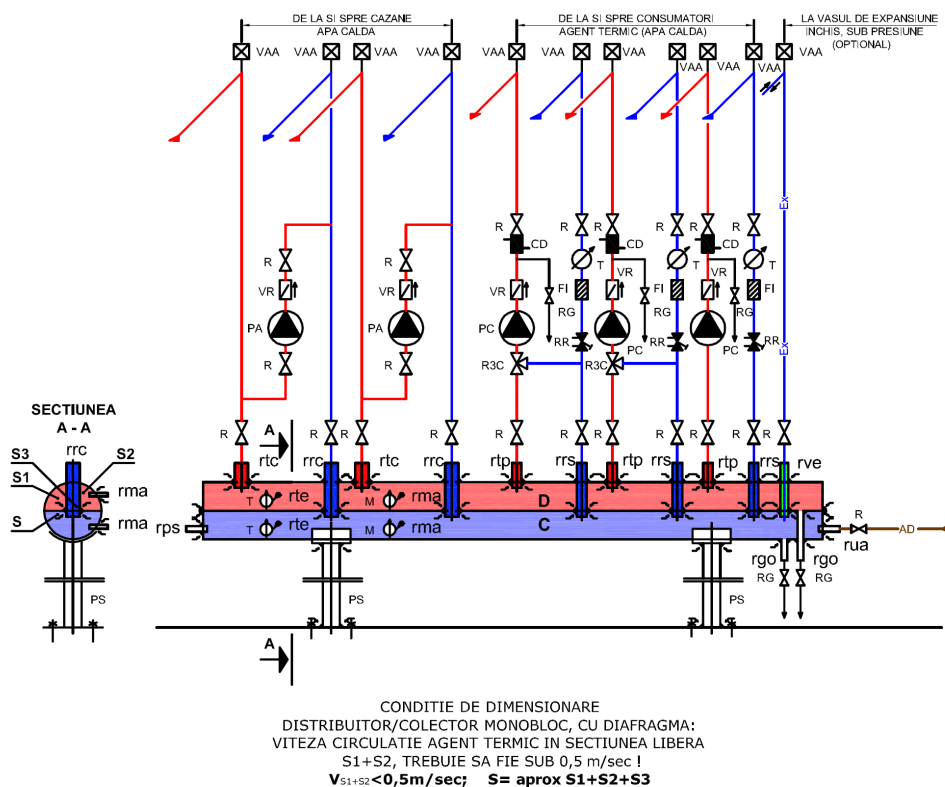
În ultimii douăzeci de ani ai activității, autorul a proiectat și executat numeroase centrale termice cu puterea instalată peste 100 kW, la care s-au folosit ca distribuitor-colectoare, confecții metalice ale căror concepte proprii au fost modificate și îmbunătățite de mai multe ori. În continuare sunt prezentate soluțiile constructive de distribuitor-colectoare elaborate de autor.

#### **4.3.1. Distribuitor-colector monobloc cu diafragmă orizontală de separare**

În figura 10 din lucrare se prezintă conceptul inițial pentru o astfel de construcție metalică, denumită "*D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare*".



Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW



**LEGENDA:**

|      |                                    |     |  |
|------|------------------------------------|-----|--|
| —    | CONDUCTA DUCERE (TUR)              | FI  | FILTRU IMPURITATI  |
| —    | CONDUCTA INTOARCERE (RETUR)        | RR  | ROBINET DE REGLARE CU PRIZE DE MASURARE A PRESIUNII DIFERENTIALE SAU A DEBITULUI |
| -Ex- | CONDUCTA EXPANSIUNE                | CD  | CONTROLOR DE DEBIT CU PRIZE DE MASURARE A PRESIUNII DIFERENTIALE SAU A DEBITULUI |
| -AD- | CONDUCTA UMLERE/ADAOS              | rtc | RACORD TUR DE LA CAZAN   |
| CZ   | CAZAN APA CALDA (MAX. 115°C)       | rrc | RACORD RETUR LA CAZAN  |
| VEI  | VAS EXPANSIUNE INCHIS SUB PRESIUNE | rtp | RACORD TUR PLECARE LA CONSUMATOR   |
| PC   | POMPA CIRCULATIE                   | rrs | RACORD RETUR SOSIRE DE LA CONSUMATOR   |
| PA   | POMPA AMESTEC TUR IN RETUR         | rve | RACORD VAS EXPANSIUNE  |
| D;C  | DISTRIBUTOR; COLECTOR              | rua | RACORD UMLERE/ADAOS  |
| BEP  | BUTELIE DE EGALIZARE A PRESIUNILOR | rgo | RACORD GOLIRE  |
| PS   | PICIOR SPRIJIN                     | rma | RACORD MANOMETRU   |
| R    | ROBINET SECTIONARE                 | rte | RACORD TERMOMETRU  |
| RG   | ROBINET GOLIRE                     | rps | RACORD PRESOSTAT "LIPSA APA"   |
| R3C  | ROBINET AMESTEC CU 3 CAI           |     |  |
| VR   | VALVA RETINERE                     |     |  |
| VAA  | VENTIL AUTOMAT DE AERISIRE         |     |  |
| SS   | SUPAPA SIGURANTA                   |     |  |
| M    | MANOMETRU                          |     |  |
| T    | TERMOMETRU                         |     |  |

Fig. 10. Schema distribuției agentului termic prin D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare, fără butelie intermediară de egalizare a presiunilor

Sistemul propus este o confecție metalică bicamerală (bicompartimentată), compartimentul superior fiind distribuitorul, iar cel inferior, colectorul. Prin compartimentul superior se vehiculează agentul termic de tur (respectiv "sosirile" de

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

la cazane și "plecările" spre consumatori). Prin compartimentul inferior circulă agentul termic de retur (respectiv "întoarcerile" la cazane și "sosirile" de la consumatori). Cele două compartimente sunt separate etanș cu o diafragmă orizontală din tablă de oțel. Pentru realizarea distribuției viitoare, D-C se dotează cu racorduri sudate, astfel încât agentul termic de tur și retur să nu se amestece. "Succesul" acestui sistem de D-C, este dat de faptul că racordurile care-l echipează sunt întotdeauna "pereche" (tur și retur) pentru o anumită destinație.

La o primă vedere, principiul constructiv este asemănător cu cel al confecțiilor metalice de distribuitor-colectoare fabricate de compania Magra Maile + Grammer GmbH, din Germania. Diferențele între acestea și cele ale autorului, sunt date de materialele metalice folosite și de modul de dimensionare. Compania Magra GmbH folosește profile tip "U" din tablă de oțel realizate uzinat în fabrică prin ambutisare, pentru fiecare caz în parte. Tehnologia deținută de fabricant permite acestuia ca la o confecție metalică să realizeze profile tip "U" de aceeași lățime, dar cu înălțimi diferite pentru distribuitor și colector.

În soluția autorului, distribuitorul și colectorul se realizează din țevă de oțel neagră fără sudură laminată la cald (conform standardelor SR404, SR EN 10297-1 E235, E275), sau sudată elicoidal (conform standardelor SR 6898, DIN 1615, eventual SR EN 10217-5), care se taie "în două" pe generatoare. Pentru ștuțurile de racord se folosește tot țevă de oțel fără sudură, laminată la cald. Acestea pot fi executate în construcție filetată, cu flanșe de racord, sau în variantă mixtă (cu filete și cu flanșe). Filetele și flanșele (cu dimensiuni standardizate) se pot realiza pe strung. Pentru diafragma orizontală de separare și pentru capacele laterale, se utilizează tablă groasă sau oțel lat, laminate la cald (conform standardelor SR EN 10025, 10207).

Materialele folosite sunt uzuale și se găsesc curent pe piață, lucru ce permite multor companii care au o dotare minimală să execute acest gen de confecții metalice. Pentru debitarea și îmbinarea materialelor, în funcție de dotarea companiei executante, se pot folosi procedee de sudare cu arc electric și/sau cu flacără oxiacetilenică. Sudurile necesare sunt de tip "colț" sau "cap la cap bilaterale".

Aria secțiunii interioare a colectorului, realizat dintr-o jumătate de conductă cu suprafața interioară  $2S$ , tăiată longitudinal pe generatoare, este:  $S = (S_1 + S_2) + S_3$  în care  $S_1 + S_2$  reprezintă aria interioară a secțiunii libere a distribuitorului, prin care circulă agentul termic,  $S_3$  fiind aria proiecției verticale a exteriorului conductei de racord retur, cu diametrul cel mai mare, care trece prin distribuitor, perpendicular pe fluxul de fluid. Diametrul țevii folosite ca manta a confecției metalice rezultă din condiția vitezei apei, la debitul total, în secțiunea liberă a distribuitorului:  $v_{S_1+S_2} < 0,5 \text{ m/s}$ . Colectorul va avea aceeași înălțime (rază) ca a distribuitorului, din considerente constructive.

Conceptul acestui D-C permite proiectanților de centrale termice realizarea personalizată pentru orice situație și echiparea cu racorduri conform doleanțelor proprii, astfel încât distribuțiile de conducte să fie realizate simplu și la un grad de estetică ridicat. Racordurile perechi tur/retur de conducte pot să fie făcute la partea superioară, inferioară sau în sistem mixt. Distribuitor-colectorul poate fi alimentat cu un racord comun tur/retur de la cazane, sau cu racorduri individuale de la fiecare generator în parte. Prin folosirea acestui sistem de confecție metalică, D-C devine "nodul" cel mai important într-o centrală termică. Conducele ce se racordează la acesta pot fi echipate centralizat cu toate funcțiunile și dotările.

D-C monobloc cu diafragmă de separare orizontală, se poate folosi pentru distribuția agentului termic, în două variante: a) singular, când consumatorii necesită - debite și presiuni disponibile relativ egale; debite și presiuni disponibile

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

diferite sau livrarea căldurii în regim calitativ, adică temperatură pe tur variabilă în funcție de temperatura exterioară (când sunt necesare robinete de amestec cu 3 căi motorizate), în aceste cazuri fiind obligatorie folosirea robinetelor de reglare și a controloarelor de debit; b) cuplat cu o butelie de egalizare a presiunilor, când grupele de consumatori necesită - debite și presiuni de pompare complet diferite între ele, respectiv când livrarea agentului termic se face în regim calitativ, în acest ultim caz fiind necesară folosirea robinetelor de amestec cu servomotor.

#### **4.3.2. Constatări practice la funcționarea buteliei de egalizare a presiunilor**

În teză se prezintă modul de alegere a diametrului și înălțimii unei butelii de egalizare a presiunilor (BEP) bazat pe unele recomandări mai mult empirice din literatura de specialitate, diferența de temperatură (densitate) tur/retur neavând nici o importanță, fapt care determină întrebarea "de ce o butelie de egalizare a presiunilor trebuie să fie verticală și nu poate să aibă și o altă formă?".

Analizând modul de comportare în exploatare al BEP, autorul a ajuns la concluzia că ele sunt real subdimensionate, datorită unor debite reale vehiculate mai mari (la ecarturi de temperatură tur/retur mult mai mici), față de cele teoretice luate în calcul (pentru un ecart teoretic tur/retur de 20°C).

Datorită principiului constructiv și al modului în care se face dezaerisirea BEP, în multe cazuri acest lucru este defectuos, având ca efecte diferite anomalii hidraulice pe aspirația pompelor de pe plecările distribuitorilor, specifice fenomenului de cavitație, care conduce la distrugerea iremediabilă a acestor echipamente.

Un alt dezavantaj al BEP este echiparea sa în exclusivitate, cu un singur racord comun tur/retur ce o leagă de cazane. În cazul în care butelia se alimentează independent de la fiecare cazan, acest lucru se poate realiza numai manufacturier, deoarece nu se regăsește în producția standardizată a fabricanților unor astfel de echipamente. În aceste cazuri BEP rezultă oneros de înalte, iar estetica traseelor de conducte ce vin de la cazane lasă de dorit.

Un alt aspect constatat la folosirea BEP este acela că ele se realizează de obicei în ateliere apropiate companiei executante a centralei termice, din motive de economii financiare, și nu sunt folosite cele realizate de fabricanți consacrați (în general firme germane), mult mai scumpe. În aceste cazuri, sistemele de sprijinire și fixare ale buteliilor de pardoseală sunt constituite din tot felul de improvizații și prezintă adevărate probleme de siguranță în exploatare.

BEP este un echipament suplimentar scump care trebuie montat, conducând la mărirea timpului de execuție, în special la gabarite mari și care ridică costurile necesare realizării unei centrale termice moderne.

#### **4.3.3. Distribuitor-colector monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic**

Pe parcursul activității de proiectare și execuție a centralelor termice mari, pentru producerea apei calde ca agent termic, autorul a căutat și a analizat mai multe soluții de dezvoltare a conceptului de D-C monobloc descris în paragraful 4.3.1. Eforturile s-au concentrat pe găsirea unor variante constructive modificatoare a acestei confecții metalice, prin care avantajele și facilitățile sale să fie suplimentate cu cele date de funcțiile unei butelii de egalizare a presiunilor. Cu alte cuvinte, s-a dorit ca D-C propus, în afară de avantajele ce le are în realizarea unor distribuții ordonate ale conductelor de agent termic, să aibă și rolul unui separator

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

hidraulic (SH), care să separe cele două regimuri hidraulice de funcționare, respectiv cel al cazanelor și cel al consumatorilor, în orice variantă de racord a conductelor.

Autorul a dezvoltat conceptul D-C monobloc descris anterior, cu alte trei variante, în care confecțiile metalice respective au și rolul de SH, adică cel al unei butelii clasice de egalizare a presiunilor, în afara funcțiilor clasice.

Practic o centrală termică va fi echipată numai cu o singură confecție metalică de astfel de D-C, indiferent de schema termohidraulică aleasă, nemaifiind necesară butelia de egalizare a presiunilor.

În afară de studierea posibilităților teoretice și practice prin care un D-C monobloc poate fi echipat în diferite variante cu racordurile cazanelor și consumatorilor, autorul a analizat toate situațiile posibile de funcționare care pot interveni în exploatarea reală a acestor echipamente. În acest fel s-au stabilit modificările care trebuie făcute D-C monobloc, pentru ca el să funcționeze și ca SH. În figurile 17-42 din teză, sunt reprezentate toate variantele în care se poate racorda un D-C.

În funcție de modul de racord, în aceste figuri se regăsesc trei concepte noi de D-C monobloc, care au și funcțiunea de SH între regimul de funcționare al cazanelor, respectiv al consumatorilor. Cele trei concepte au fost denumite generic astfel:

- *D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH*
- *D-C cu cameră de separare CS orizontală și rol de SH*
- *D-C cu diafragmă orizontală și bypass B cu rol de SH.*

Pentru înțelegerea modului de funcționare a celor trei tipuri de D-C monobloc cu rol suplimentar de separare hidraulică între regimurile cazanelor și consumatorilor, în figurile 17-42 au fost reprezentate, pentru fiecare variantă în parte, cele patru cazuri (situații) posibile de funcționare care pot interveni în exploatare: A - când toți consumatorii nu funcționează, nefiind necesară alimentarea cu energie termică; B - debitul de alimentare a D-C (debitul nominal al cazanului sau cazanelor) este mai mare decât debitul vehiculat la utilizatori; C - cazul ideal când debitul nominal al cazanului (sau cazanelor) este egal cu debitul total al consumatorilor; D - debitul nominal al cazanului (sau cazanelor) este mai mic decât debitul total al consumatorilor. În practică s-a constatat, că regimurile de funcționare reale, sunt cazurile B și D. În condițiile de temperaturi exterioare, ce se realizează primăvara și toamna, considerate sezoane de tranziție, pot să apară și situații de funcționare caracteristice cazului A.

#### **4.3.3.1. D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH**

Acest concept are la bază soluția "D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare".

Din cele trei soluții noi care se propun pentru distribuția agentului termic, "D-C monobloc cu diafragmă orizontală și rol de separator hidraulic", este varianta constructivă care se poate executa cel mai simplu și va fi folosită în majoritate.

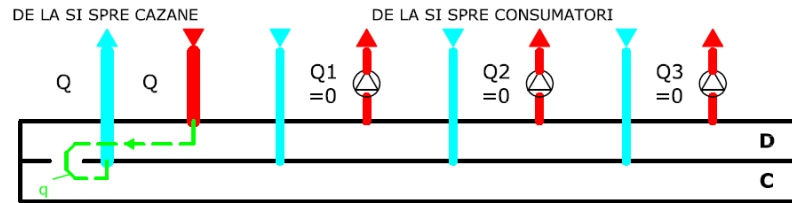
Soluția modificatoare a D-C monobloc, prin care se crează facilitatea de a avea și funcțiunea unui SH, o constituie realizarea unui orificiu în diafragma de separare, prin care distribuitorul D și colectorul C sunt puse în comunicare.

Poziția în care se execută acest orificiu în diafragmă, nu este aleatorie și a fost studiată cu atenție, astfel încât în D-C să nu se producă turbulențe necontrolabile, indiferent în care din cele patru regimuri de funcționare se poate afla.

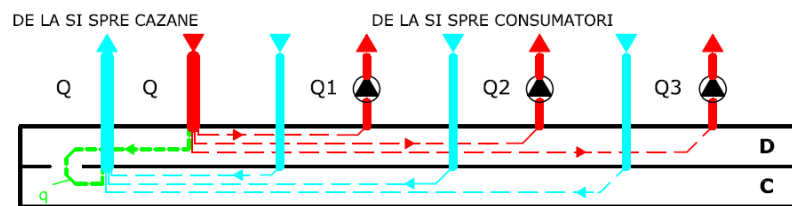
În funcție de izometria conductelor de distribuție a agentului termic din centrală, există o multitudine de variante în care racordurile tur/retur de la/spre cazane, respectiv de la/spre consumatori, pot echipa un astfel de D-C. În figurile 17-34, din teză sunt reprezentate toate situațiile posibile, precum și cazurile (regimurile) de funcționare care pot interveni în exploatare. Spre exemplificare, în prezentul rezumat sunt ilustrate figurile 19 și 27.

---

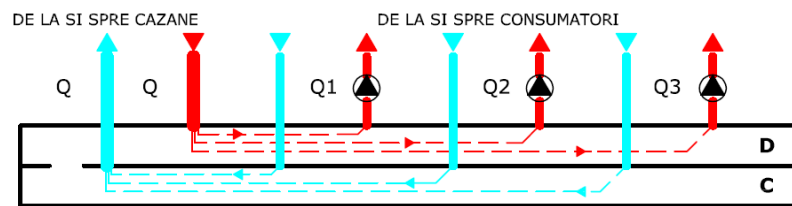
Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW



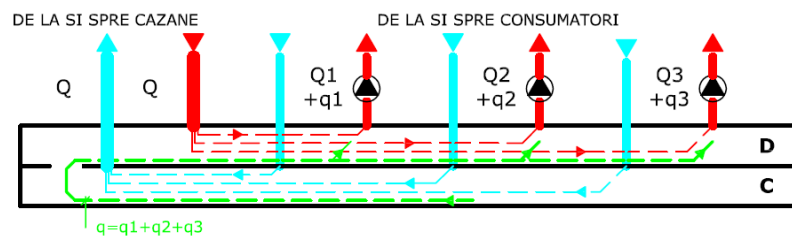
CAZ A:  $Q_1+Q_2+Q_3=0$ ;  $Q=q$



CAZ B:  $Q > Q_1+Q_2+Q_3$ ;  $Q=Q_1+Q_2+Q_3+q$ ;



CAZ C:  $Q=Q_1+Q_2+Q_3$ ;  $q=0$



CAZ D:  $Q < Q_1+Q_2+Q_3$ ;  $Q=Q_1+Q_2+Q_3-q$ ;  $q=q_1+q_2+q_3$

Fig. 19. D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH. Racorduri pereche tur/retur de la cazane, la extremitatea superioară stânga a D-C-tur dreapta, retur stânga

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

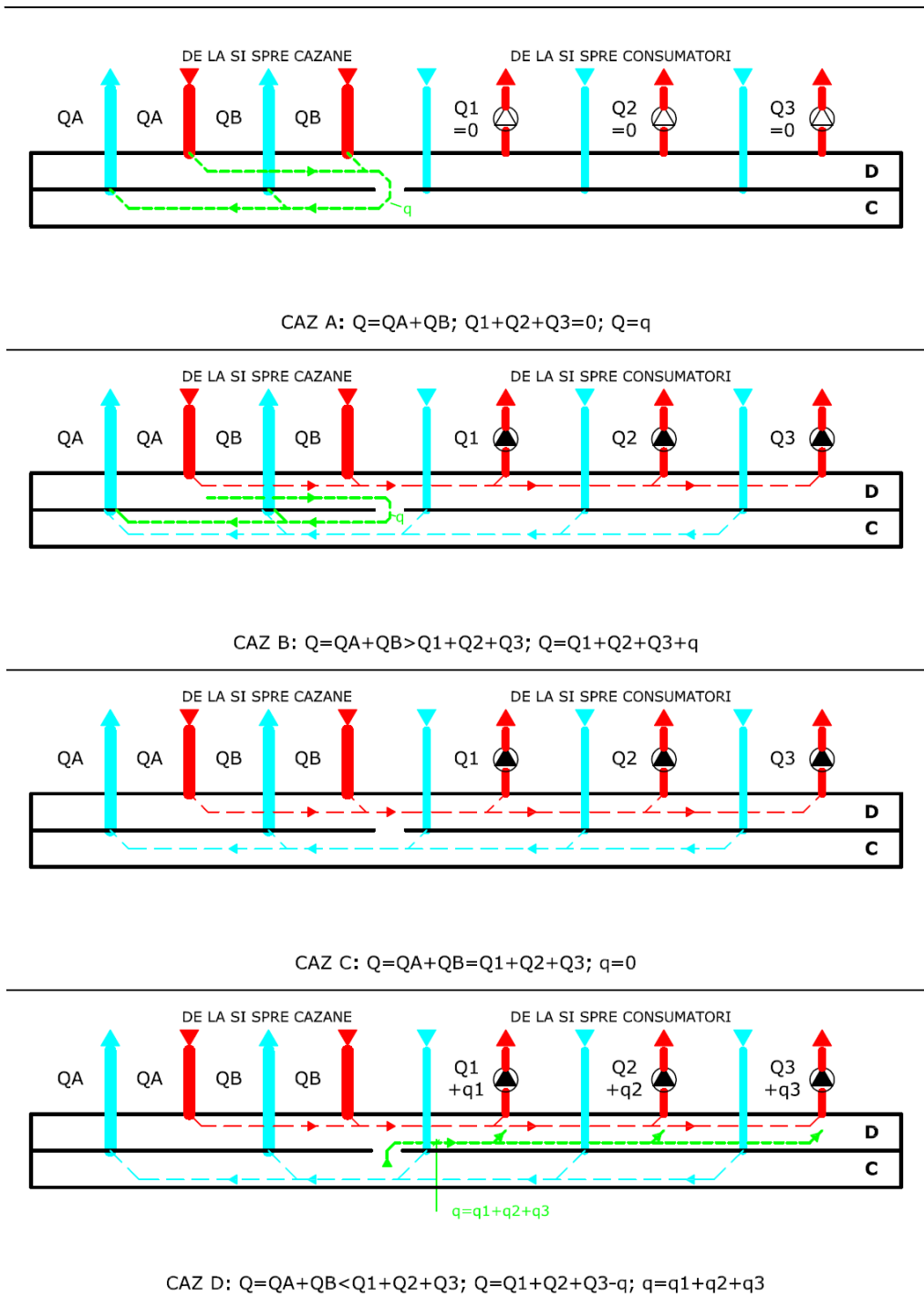


Fig. 27. D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH. Racorduri pereche tur/retur individuale de la fiecare cazan, la extremitatea superioară stânga a D-C-tururi dreapta, returnuri stânga

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

În urma testării unor astfel de distribuitor-colectoare în centralele termice executate, s-a ajuns la următoarele variante optime privind pozițiile orificiilor care trebuie practicate în diafragmele de separare: în cazul în care D-C este alimentat cu un singur racord pereche tur/retur de la cazan, sau comun tuturor cazanelor, orificiul va fi executat între acesta și capacul alăturat, ce închide confecția metalică (poziția conductei mai apropiate de orificiu, tur sau retur, nu are nici o importanță); în cazul în care D-C este alimentat cu racorduri pereche tur/retur individuale, de la fiecare cazan, orificiul va fi realizat între acestea și racordurile de la și spre consumatori (mai precis golul va fi practicat între ultima conductă aferentă cazanelor și cea mai apropiată conductă de tur sau retur a consumatorilor; destinația conductelor, tur sau retur, ce se află de o parte sau alta a orificiului nu are nici o importanță).

Diametrul orificiului diafragmei se stabilește din condiția ca viteza  $v_{orificiu}$  de circulație a apei prin acesta, la debitul nominal de tranzit  $q_{nom}$ , să fie de 1,0 m/s.

Tehnologia de realizare a confecției metalice este similară celei a D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare.

În teză autorul definește două noțiuni noi: "*debitul de tranzit*",  $q$ , ca fiind debitul ce traversează orificiul, între distribuitor (D) și colector (C), respectiv "*debitul nominal de tranzit*",  $q_{nom}$ , debitul maxim ce poate trece prin orificiu și care are valoarea debitului nominal al cazanului, sau suma debitelor nominale ale tuturor cazanelor instalate în centrala termică.

#### 4.3.3.2. D-C cu cameră orizontală de separare și rol de SH

În urma studiului efectuat au fost găsite câteva situații în care D-C cu diafragmă orizontală de separare nu poate fi transformat prin practicarea unui orificiu, astfel încât să aibă și funcțiunea de separator hidraulic.

Aceste cazuri sunt soluții fortuite foarte rar întâlnite, generate de izometriile de conducte din anumite centrale termice. Pe cât posibil, ele trebuie evitate, deoarece complică execuția și estetica traseelor de țevi pentru distribuția agentului termic, întotdeauna apărând două – trei "plase orizontale" de conducte, în plus. Pentru aceste situații, a fost necesară conceperea altei soluții de modificare a D-C.

În figurile 35-40 teza prezintă toate configurațiile posibile de racorduri la un D-C monobloc, care necesită o altă modalitate de modificare constructivă, astfel încât să aibă și avantajul separatorului hidraulic. Elementul de noutate este acela că diafragma orizontală dintre distribuitor și colector se elimină, iar locul ei este luat de o cameră de separare. Confecția metalică va avea trei compartimente: distribuitorul (D), camera de separare (CS) și colectorul (C).

Camera de separare are formă paralelipipedică și se execută din tablă de oțel sau oțel lat, la grosimea unei diafragme orizontale. Lățimea interioară a CS este identică cu diametrul interior al țevii din care se realizează D și C.

Înălțimea  $h_{CS}$ , a CS se determină astfel încât viteza  $v_{CS}$  a apei în secțiunea liberă utilă  $S_{CSutil}$  prin care circulă debitul nominal de tranzit  $q_{nom}$  să satisfacă restricția:  $v_{CS} < 0,5$  m/s. Secțiunea liberă utilă  $S_{CSutil}$  a CS este dată de diferența dintre aria interioară totală  $S_{CS}$  a secțiunii camerei de separare și aria proiecției verticale a exteriorului conductei, cu diametrul cel mai mare ce o tranzitează perpendicular pe fluxul de fluid. În urma calculelor efectuate pe diferite cazuri, se recomandă ca:  $h_{CS} = (0,65...0,70) \frac{d_i}{2}$ , în care  $d_i$  este diametrul interior al țevii din care se execută D și C.

Spre exemplificarea principiului constructiv și al modului de funcționare, în acest rezumat sunt prezentate figurile 35 și 39 din teză. Realizarea acestui tip de D-C este mai elaborată și implică un nivel de acuratețe mai ridicat din partea executantului.

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

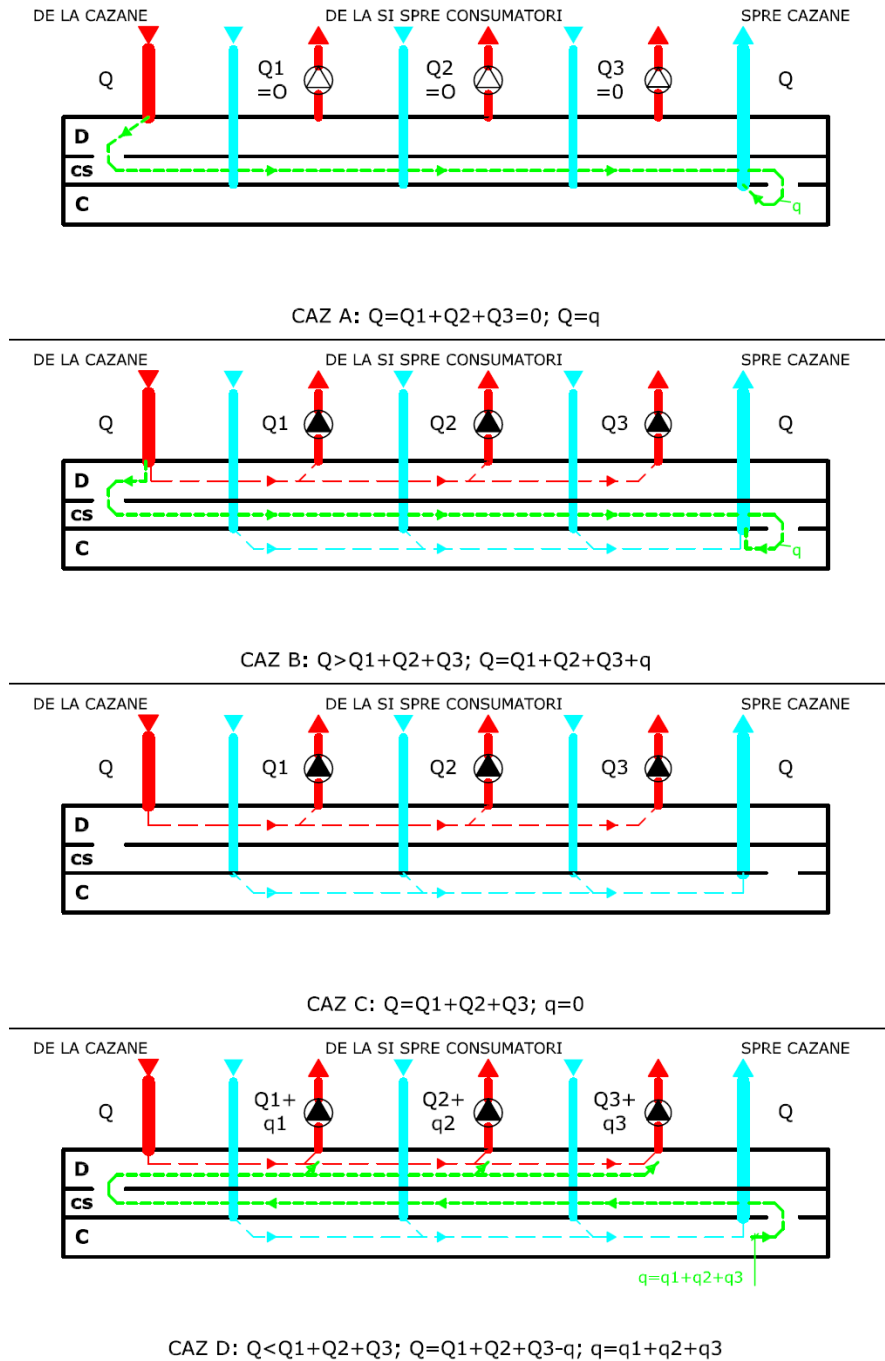


Fig. 35. D-C cu CS orizontală și rol de SH. Racorduri separate tur și retur cazane, la extremitățile superioare ale D-C-tur stânga, retur dreapta



Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

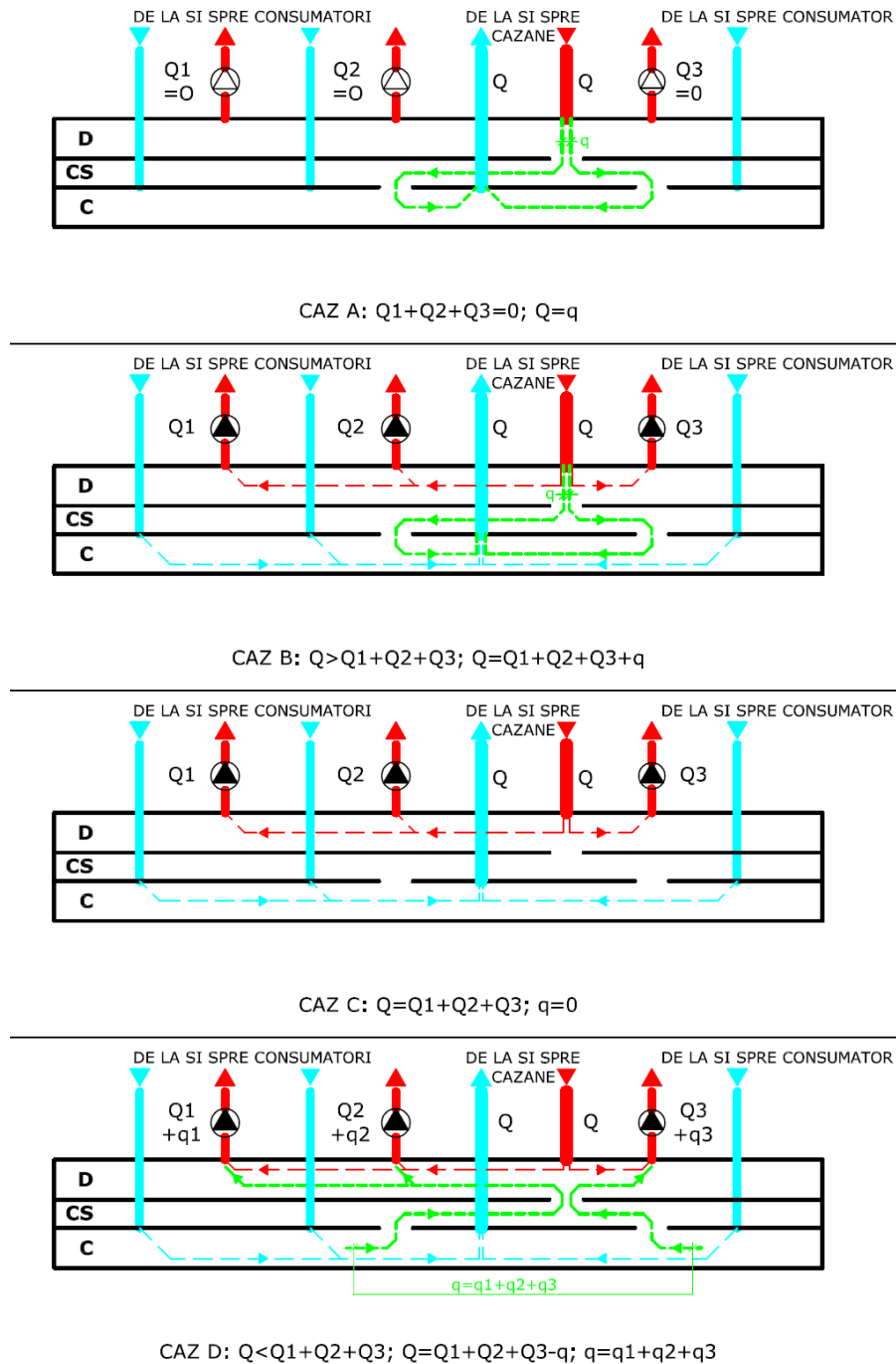


Fig. 39. D-C cu CS orizontală și rol de SH. Racorduri pereche tur/retur cazane, la partea superioară mediană a D-C între plecările/sosirile spre/de la consumatori

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

Pentru asigurarea funcțiunii de SH, camera de separare trebuie prevăzută la partea superioară și inferioară cu niște orificii, la fel ca în cazul D-C cu diafragmă orizontală. În continuare, partea superioară a CS este denumită "diafragma superioară", respectiv partea inferioară, "diafragma inferioară".

Pozițiile în care se execută orificiile, pe cele două diafragme, diferă în cele cinci configurații ilustrate în figurile 35-40 din teză: a) în cazurile din figurile 35-38, în care turul și returul de la/spre cazan/cazane se racordează individual, fiecare la câte o extremitate (superioară sau inferioară) a D-C, diafragmele superioară și inferioară se prevăd cu câte un orificiu (în diafragma superioară ce delimitează CS de D, orificiul va fi realizat între conducta tur de la cazan sau cazane și capacul alăturat care închide confecția metalică; în diafragma inferioară ce separă CS de C, orificiul va fi executat între conducta de retur spre cazan sau cazane și capacul alăturat care închide confecția metalică; b) în cazul din figura 39, în care turul și returul de la/spre cazan/cazane se racordează pereche în zona mediană superioară a D-C, între plecările/sosirile spre/de la consumatori, în diafragma superioară se va executa un orificiu pe axul conductei de tur, ce sosește de la cazan/cazane, iar în diafragma inferioară se vor practica două orificii de o parte și alta a axului conductei de retur, ce se întoarce la cazan/cazane (pozițiile recomandate ale orificiilor sunt axele conductelor de tur spre consumatori, cele mai apropiate); c) în cazul din figura 40, în care turul și returul de la/spre cazan/cazane se racordează pereche în zona mediană inferioară a D-C, între plecările/sosirile spre/de la consumatori, în diafragma superioară, se vor executa două orificii, de o parte și alta a axului conductei tur ce sosește de la cazan/cazane (pozițiile recomandate ale orificiilor sunt axele conductelor de tur spre consumatori, cele mai apropiate), iar în diafragma inferioară, se va realiza un singur orificiu pe axul conductei de retur, ce se întoarce la cazan/cazane. Diametrele orificiilor practicate în cele două diafragme vor fi identice și se calculează în mod similar ca la paragraful 4.3.3.1.

#### **4.3.3.3. D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH**

Pentru cazurile în care racordul comun tur/retur de la/spre cazan/cazane se realizează în zona mediană superioară, respectiv inferioară a D-C, între plecările/sosirile spre/de la consumatori, execuția D-C monobloc cu CS este puțin mai grea și mai delicată, având în vedere precizia necesară la debitarea celor trei orificii. Pentru aceste cazuri s-a găsit un concept alternativ, care este denumit "D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH".

Noua variantă constă în folosirea unui D-C monobloc cu diafragmă orizontală, în construcția standard prezentată, care este echipat suplimentar cu o conductă de bypass B, ce pune în comunicare cele două compartimente D și C.

În figurile 41 și 42 din teză sunt reprezentate principiile constructive și cele patru situații de funcționare care pot să intervină în exploatarea curentă a acestui concept de D-C monobloc.

În cazul utilizării D-C monobloc cu bypass hidraulic în locul D-C cu cameră de separare cu trei orificii, lungimea constructivă a confecției metalice este identică.

Conceptul de D-C cu bypass având rol de SH, se poate folosi și la distribuitorile monobloc prezentate în figurile 17-34, la care această funcțiune este realizată prin practicarea orificiilor pe diafragma orizontală. Pentru aceste variante se va folosi tot D-C monobloc cu diafragmă orizontală care se va echipa cu o conductă de bypass ce pune în comunicare D și C. Pentru realizarea bypass-ului sunt necesare două ștuțuri de racord, ce se execută ca poziție de o parte și alta a axei imaginare a orificiului, care în acest caz nu se mai practică. Bypass-ul poate fi ori inferior (sub C), ori superior (peste D). În aceste cazuri lungimea D-C echivalent va fi mai mare față de conceptul în care diafragmele orizontale sunt prevăzute cu orificii.

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

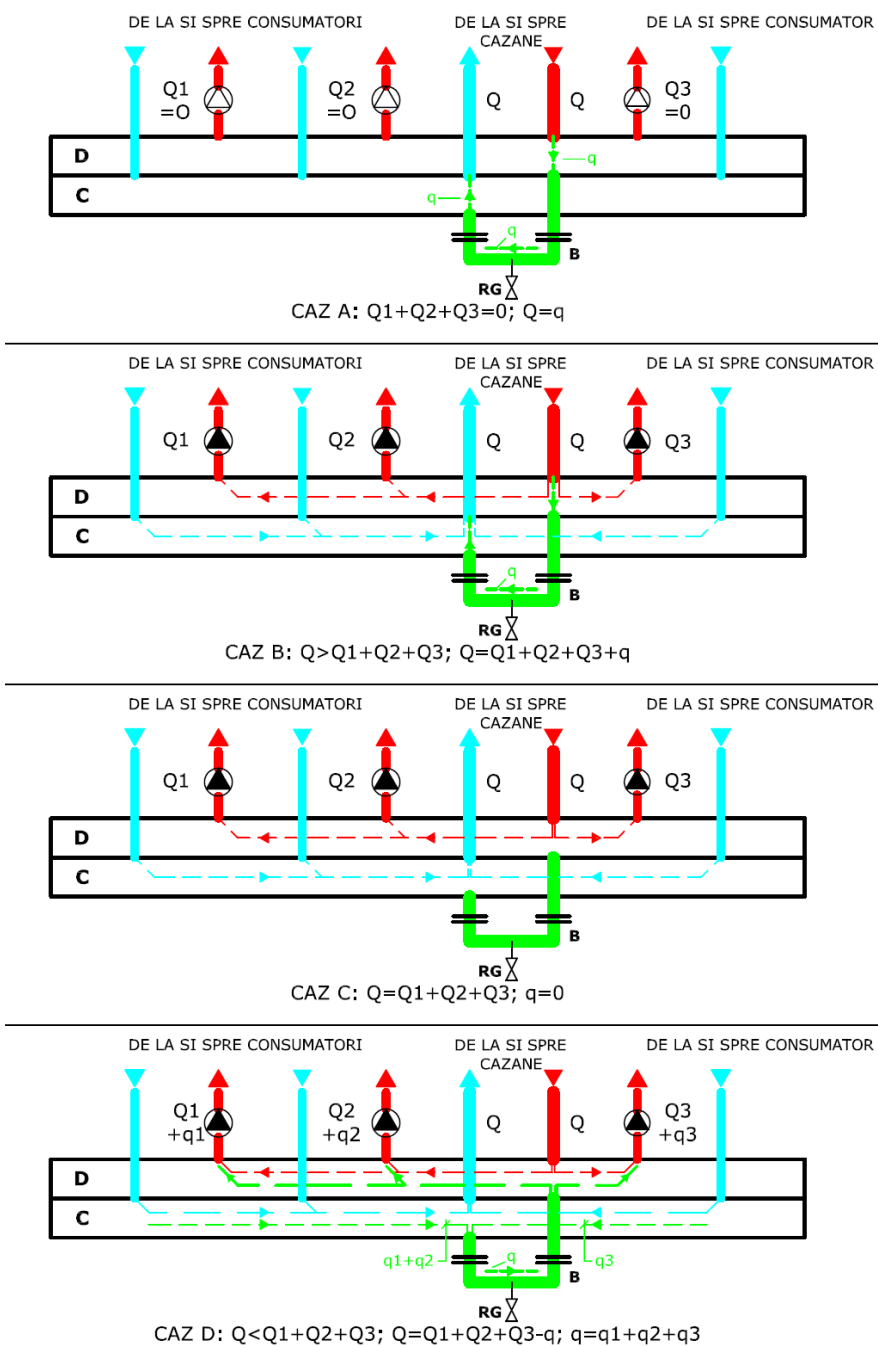


Fig. 41. D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH. Racorduri pereche tur/retur cazane, la partea superioară mediană a D-C între plecărilor/sosirile spre/de la consumatori

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

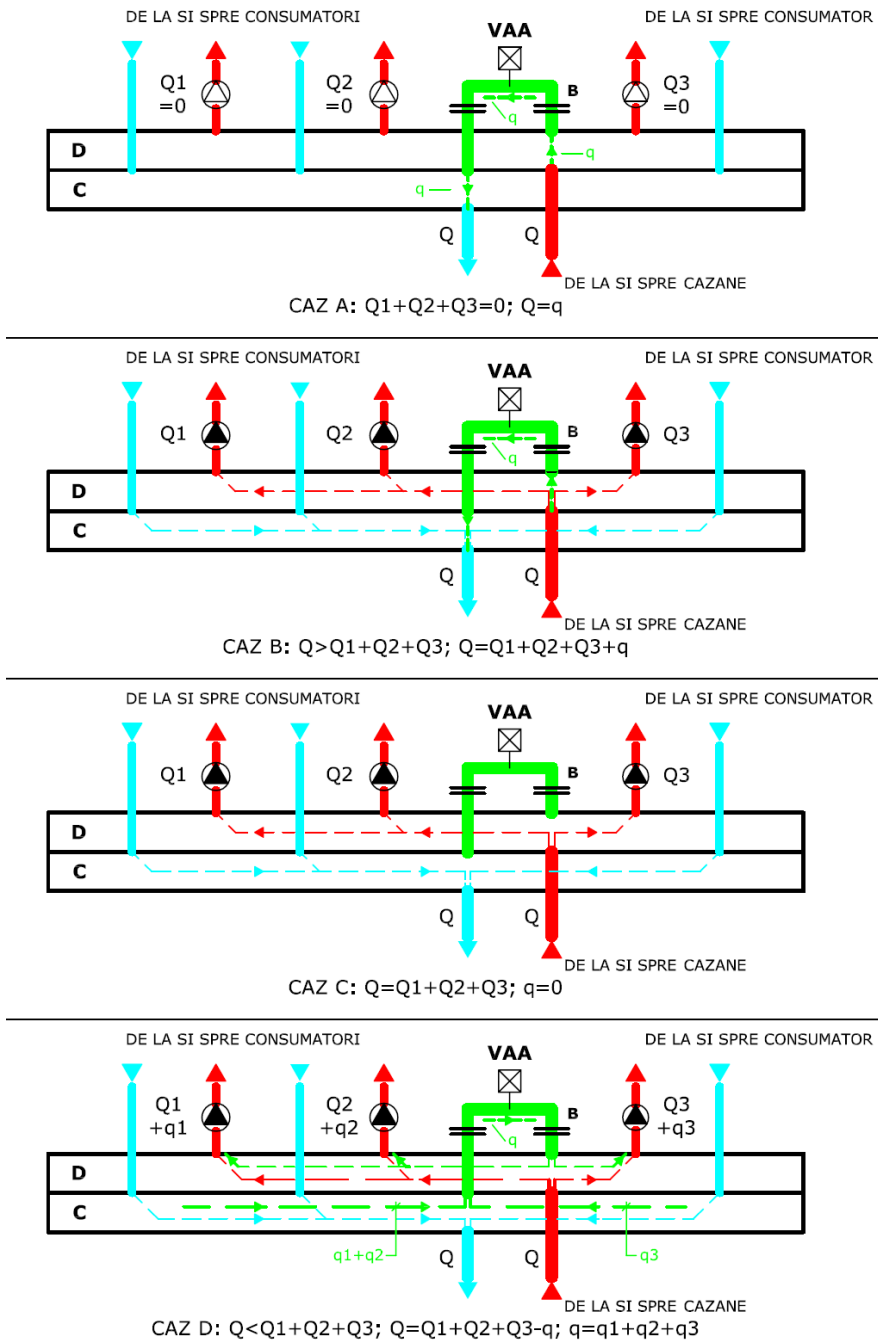


Fig. 42. D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH. Racorduri pereche tur/retur cazane, la partea inferioară mediană a D-C între plecările/sosirile spre/de la consumatori

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

Conceptul de D-C cu bypass de separare hidraulică, poate fi extins și pentru cazurile de D-C monobloc cu CS, având două orificii (figurile 35–38), unde turul și returul de la/spre cazan (cazane) se racordează individual, fiecare la câte o extremitate superioară sau inferioară a D-C. Realizarea bypassului se poate face numai prin sudarea unor ștuțuri de racord orizontale, unul pe calota D, celălalt pe calota C. Conducta de bypass care unește cele două racorduri, sudate pe D și C, se poate realiza ori în fața, ori în spatele distribuitorului, și va fi o "oblică". Deși pentru aceste situații lungimea D-C nu se mărește, soluția poate lăsa de dorit ca estetică, dar este mai simplu de realizat constructiv față de conceptul D-C monobloc cu CS.

Un mare avantaj al acestui concept este acela că bypassul se poate realiza ulterior în orice centrală termică existentă aflată în funcțiune, la care distribuția de agent termic se face printr-un D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare, necuplat cu o butelie de egalizare a presiunilor. Singura condiție necesară este aceea ca racordurile la D-C să fie într-una din situațiile prezentate în teză în figurile 17-34. Bypass-ul se va amplasa între grupul conductelor ce sosesc/pleacă de la/spre cazan (cazane) și cel al consumatorilor.

Diametrul interior al conductei de bypass  $d_{bypass}$ , se stabilește din condiția ca la  $q_{nom}$ , viteza de circulație a apei în aceasta, să fie  $1,0 \text{ m/s} \leq v_{bypass} < 1,5 \text{ m/s}$ .

#### 4.3.4. Pierderi de presiune suplimentare în distribuitor-colectoarele monobloc cu rol de separator hidraulic

În urma calculelor efectuate a rezultat că pierderile de presiune suplimentare într-un D-C, produse de modificările necesare realizării funcțiunii separatorului hidraulic, sunt mai mici decât în cazul celor generate de montarea unei butelii clasice de egalizare a presiunilor, echipată cu robinete de racord. Cu alte cuvinte, pierderile de presiune totale într-un distribuitor-colector cu rol de separator hidraulic sunt sub cele produse într-o confecție standard cuplată cu o butelie de egalizare a presiunilor (Tabelul 4.1).

Tabelul 4.1 Pierderile de presiune totale în diferite echipamente de distribuție

| Nr. crt. | Tipul echipamentului   | Viteza apei                      | Pierdere de presiune [mm H <sub>2</sub> O] |
|----------|--|----------------------------------|--|
| 1        | D-C monobloc cu diafragmă orizontală având un orificiu   | $v_{orificiu} = 1,0 \text{ m/s}$ | 25   |
|          |  | $v_{orificiu} = 1,5 \text{ m/s}$ | 60   |
| 2        | D-C monobloc cu cameră de separare având două sau trei orificii                                | $v_{orificiu} = 1,0 \text{ m/s}$ | 50   |
|          |  | $v_{orificiu} = 1,5 \text{ m/s}$ | 120  |
| 3        | D-C monobloc cu bypass   | $v_{bypass} = 1,0 \text{ m/s}$   | 30-110                                     |
|          |  | $v_{bypass} = 1,5 \text{ m/s}$   | 75-230                                     |
| 4        | Butelie de egalizare a presiunilor echipată cu robinete cu obturator sferic sau vane cu sertar | $v_{racord} = 1,0 \text{ m/s}$   | 210-215                                    |
|          |  | $v_{racord} = 1,5 \text{ m/s}$   | 480-485                                    |

( $v_{racord}$  reprezintă viteza de circulație a apei în racordurile buteliei de egalizare a presiunilor)

Pe baza acestor considerente, rezultă că în cazul folosirii conceptelor de distribuitor-colectoare cu rol suplimentar de separator hidraulic, propuse de autor, energia de pompare a agentului termic și implicit cheltuielile de exploatare sunt mai mici față de cele similare corespunzătoare schemelor hidraulice în care se utilizează butelii clasice de egalizare a presiunilor.

## 5. STABILIREA RELAȚIILOR DE CALCUL AL DEBITULUI DE TRANZIT LA DISTRIBUTOR-COLECTOARELE MONOBLOC CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC

### 5.1. Ecuații hidraulice fundamentale

În acest subcapitol din teză se face referire la principalele noțiuni de hidraulică și la legea conservării energiei mecanice a fluidului perfect (ideal) sau real, cunoscută ca ecuația fundamentală a lui Bernoulli, care au stat la baza determinării unor relații simplificate de calcul al debitului de tranzit, la D-C cu rol de SH, fiecare concept necesitând o abordare diferită a ipotezelor de lucru.

### 5.2. Distribuitor-colector cu diafragmă orizontală și orificiu cu rol de separator hidraulic

Debitul de tranzit  $q$  ce parcurge orificiul practicat în diafragma orizontală a unui D-C monobloc, se poate determina făcând o similitudine cu modul de calcul al debitului unui orificiu mic înecat, la care viteza de curgere este constantă pe întreaga secțiune (raportul dintre sarcina orificiului  $h$  și diametrul acestuia  $h/d \geq 10$ ).

Teza prezintă în figura 46 modul de curgere a fluidului prin orificiul diafragmei unui D-C, notațiile folosite, ipotezele făcute și modalitatea de determinare a relației debitului de tranzit.

Considerând că  $d$  (exprimat în m) este diametrul orificiului din diafragmă, iar  $\Delta p$  este presiunea diferențială amonte/aval de orificiu, măsurată între două prize de presiune, s-au obținut următoarele forme ale relației de calcul al debitului de tranzit:

$$q = 0,027d^2 \sqrt{\Delta p} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în Pa sau N/m}^2 \quad (5.35)$$

$$q = 0,27d^2 \sqrt{\Delta p} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în mbar} \quad (5.36)$$

$$q = 0,4261d^2 \sqrt{\Delta p} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în inw.c. sau inH}_2\text{O}. \quad (5.37)$$

Pentru control se precizează că în toate aplicațiile, indiferent de mărimea debitului instalat  $q_{nom}$ , presiunile diferențiale realizate, se vor încadra în următoarele valori:

- pentru 50%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p = 2,100 \dots 2,200$  mbar (0,843...0,883 inH<sub>2</sub>O);
- pentru 100%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p = 8,400 \dots 8,600$  mbar (3,372...3,452 inH<sub>2</sub>O).

### 5.3. Distribuitor-colector cu cameră de separare și două orificii cu rol de separator hidraulic

La acest tip de D-C monobloc, curgerea apei în zona celor două orificii ale CS este similară celei din cazul D-C monobloc cu diafragmă orizontală. Deoarece CS are aria secțiunii asemănătoare cu cea a distribuitorului și colectorului, iar înălțimea  $h_{CS}$  este mare, circulația agentului termic între aceasta și celelalte două compartimente este identică cu cea între D și C, sau invers. Pe de altă parte debitele ce tranzitează simultan orificiile sunt identice, iar vitezele de circulație ale apei, egale. Astfel, calculul debitului de tranzit se poate face cu una din relațiile prezentate în subcapitolul 5.2, măsurând presiunea diferențială amonte/aval la oricare orificiu.

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

Debitul de tranzit prin orificiile practicate în cele două diafragme orizontale ale CS se poate determina și folosind principiul tubului (sondei) Pitot (Pitot-Prandtl).

Relația lui Pitot are la bază tot legea conservării energiei mecanice a fluidului (ecuația fundamentală a lui Bernoulli), care în final conduce la o formulă de calcul a vitezei fluidului într-un punct, pe baza valorilor măsurate în acesta, a presiunii totale  $p_0$  și statice  $p_s$ . În cazul conceptului de distribuitor-colector analizat, măsurarea acestor presiuni se va face în camera de separare CS.

În figura 48 din teză este ilustrat modul de echipare cu prizele de presiune necesare, al unui D-C monobloc cu cameră de separare și două orificii cu rol de separator hidraulic. Distribuitor-colectoarele se vor dota din construcție cu două ansambluri de măsurare formate din câte un "tub static" (tub de presiune statică) și un "tub Pitot", având în vedere că apa se poate mișca prin CS în ambele sensuri.

Considerând că  $p_s$  este presiunea statică măsurată printr-un orificiu practicat în una dintre diafragmele CS,  $p_0$  presiunea totală măsurată într-un punct situat în planul median al CS,  $p_0 - p_s = p_d$  presiunea dinamică sau de impact,  $h_{CS}$  (exprimată în m) înălțimea CS, și  $d_i$  (exprimat în m) diametrul interior al conductei de execuție a D și C (egal cu lățimea CS), relația obținută pentru calculul debitului de tranzit se poate exprima sub formele:

$$q = 0,045 h_{CS} d_i \sqrt{p_0 - p_s} = 0,045 h_{CS} d_i \sqrt{p_d} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în Pa sau N/m}^2 \quad (5.44)$$

$$q = 0,45 h_{CS} d_i \sqrt{p_0 - p_s} = 0,45 h_{CS} d_i \sqrt{p_d} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în mbar} \quad (5.45)$$

$$q = 0,7102 h_{CS} d_i \sqrt{p_0 - p_s} = 0,7102 h_{CS} d_i \sqrt{p_d} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în inw.c. sau inH}_2\text{O}. \quad (5.46)$$

Analizând relațiile de calcul obținute, presiunile dinamice  $p_d = p_0 - p_s$  care ar fi măsurate, indiferent de capacitatea instalată în centrala termică, ar avea următoarele mărimi:

- pentru 50%  $q_{nom}$ ,  $p_d = 0,080 \dots 0,100$  mbar (0,032...0,040 inH<sub>2</sub>O);
- pentru 100%  $q_{nom}$ ,  $p_d = 0,330 \dots 0,400$  mbar (0,132...0,161 inH<sub>2</sub>O).

Ținând seama de caracteristicile traductoarelor sau a manometrelor de presiune diferențială existente pe piață, efectuarea de măsurători cu aparatură rezonabilă ca preț de achiziție, ar fi posibilă numai pentru debite de tranzit cu valori apropiate de capacitatea nominală totală instalată.

Pentru a mări valorile presiunilor dinamice este necesară mărirea vitezelor de circulație a apei în interiorul camerelor de separare. Acest lucru este posibil numai prin micșorarea înălțimii  $h_{CS}$ . Prin încercări s-a determinat că presiunile diferențiale s-ar încadra în valori posibile a fi măsurate cu aparatură normală, dacă este respectată condiția  $h_{CS} = 0,30 d_i / 2$ .

În această ipoteză presiunile dinamice ar avea următoarele valori:

- pentru 50%  $q_{nom}$ ,  $p_d = 0,300 \dots 0,500$  mbar (0,120...0,201 inH<sub>2</sub>O);
- pentru 100%  $q_{nom}$ ,  $p_d = 1,240 \dots 1,900$  mbar (0,498...0,763 inH<sub>2</sub>O).

Prin micșorarea înălțimilor  $h_{CS}$  ariile secțiunilor libere prin care circulă apa se reduc, iar vitezele se măresc, având ca rezultat creșterea pierderilor de presiune în CS. Ordinul de mărime la care ajung aceste pierderi este similar celor care se realizează în BEP, echipate cu robinete de racord.

Având în vedere modul de curgere al apei prin CS la întâlnirea de obstacole și distanțele necesare liniștirii jetului de fluid, se recomandă ca în cazul D-C care are înălțimea  $h_{CS}$  dată de relația de mai sus, măsurarea presiunilor dinamice folosind

---

metoda tubului Pitot, să se folosească numai la puteri ale centralelor termice de peste 1000 kW.

#### 5.4. Distribuitor-colector cu cameră de separare și trei orificii cu rol de separator hidraulic

Conceptul acestui D-C monobloc prevede ca toate orificiile practicate în diafragmele CS să aibă același diametru  $d$ , respectiv aceeași secțiune  $S_o$ , iar înălțimea  $h_{CS}$  să respecte condiția menționată în subparagraful 4.3.3.2.

În aceste condiții curgerea apei într-o zonă limitată din apropierea orificiului singular, este similară celei din cazul D-C cu diafragmă orizontală de separare. Circulația agentului termic între D-CS sau C-CS este identică cu cea dintre D-C sau C-D, descrisă la subcapitolul 5.2, toate volumele compartimentelor între care se mișcă fluidul, fiind relativ egale. De aceea calculul debitului de tranzit total se poate efectua cu una din relațiile stabilite la subcapitolul precizat, măsurând presiunea diferențială amonte/aval la orificiul singular.

O altă posibilitate de determinare a debitului de tranzit total prin orificiul singular a putut fi stabilită în baza măsurării presiunilor diferențiale ce se realizează în dreptul celor două orificii alăturate, situate pe cealaltă diafragmă de separare a CS. S-a plecat de la ideea că mișcarea fluidului în zona celor trei orificii poate fi comparată cu cea din teurile în contracurent "la separare" sau "la împreunare", la care se poate aplica legea conservării masei, sau ecuația de continuitate, pentru un tub de curent ramificat.

În figura 49 din teză este ilustrat modul de echipare cu prizele de presiune necesare, al D-C monobloc cu cameră de separare având trei orificii cu rol de separator hidraulic.

Considerând că  $d$  (exprimat în m) este diametrul celor trei orificii și că  $\Delta p_A$  și  $\Delta p_B$  sunt presiunile diferențiale totale măsurate la prizele amonte/aval, în dreptul celor două orificii alăturate, opuse celui singular din diafragmele CS, relația de calcul al debitului de tranzit se poate exprima sub formele:

$$q = 0,027d^2(\sqrt{\Delta p_A} + \sqrt{\Delta p_B}) \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în Pa sau N/m}^2 \quad (5.49)$$

$$q = 0,27d^2(\sqrt{\Delta p_A} + \sqrt{\Delta p_B}) \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în mbar} \quad (5.50)$$

$$q = 0,4261d^2(\sqrt{\Delta p_A} + \sqrt{\Delta p_B}) \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în inw.c. sau inH}_2\text{O}. \quad (5.52)$$

Dacă se folosesc relațiile de calcul al debitului de tranzit, prin măsurarea presiunilor diferențiale la două orificii, acestea vor fi diferite între ele, dar se vor încadra în următoarele valori, indiferent de debitele nominale totale instalate:

- pentru 50%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p_A, \Delta p_B = 0,400 \dots 0,550$  mbar (0,161...0,221 inH<sub>2</sub>O);
- pentru 100%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p_A, \Delta p_B = 1,900 \dots 2,200$  mbar (0,763...0,883 inH<sub>2</sub>O).

#### 5.5. Distribuitor-colector cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de separator hidraulic

Pentru stabilirea unei relații de calcul al debitului de tranzit  $q$ , prin conducta de bypass, s-a plecat tot de la raționamentul folosirii unor date constructive știute și aplicarea ecuației fundamentale a lui Bernoulli.

---



Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

Conducta de bypass se echipează din construcție cu patru prize de presiune, amplasate la intrarea și ieșirea din fiecare cot (curbă) la 90° componentă, conform figurii 50 prezentate în teză.

Considerând că  $d_{bypass}$  (exprimat în m) este diametrul interior al conductei de bypass,  $\zeta$  coeficientul de rezistență locală dintr-un cot component,  $\Delta p_t$  presiunea diferențială statică totală între intrarea în primul cot și ieșirea din al doilea cot și  $\Delta p$  presiunea diferențială statică, măsurată între capetele tronsonului drept orizontal al bypass-ului, relația obținută pentru calculul debitului de tranzit se poate exprima sub formele:

$$q = 0,025 d_{bypass}^2 \sqrt{\frac{1}{\zeta} \sqrt{\Delta p_t - \Delta p}} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în Pa sau N/m}^2 \quad (5.64)$$

$$q = 0,25 d_{bypass}^2 \sqrt{\frac{1}{\zeta} \sqrt{\Delta p_t - \Delta p}} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în mbar} \quad (5.65)$$

$$q = 0,3946 d_{bypass}^2 \sqrt{\frac{1}{\zeta} \sqrt{\Delta p_t - \Delta p}} \quad \text{pentru } \Delta p \text{ în inw.c. sau inH}_2\text{O}. \quad (5.66)$$

Conform literaturii de specialitate coeficienții de rezistență locală pentru coturi sau curbe la 90° au valorile din tabelul de mai jos:

Tabelul 5.1. Coeficienții de rezistență locală  $\zeta$  pentru coturi sau curbe la 90°

| Nr.crt. | Tipul fittingului                           | Raza de curbura<br>$R$ | $\zeta$<br>[-] |
|---------|---|------------------------|----------------|
| 1       | Coturi filetate $\geq$<br>11/4" (fitinguri) | -                      | 1,000          |
| 2       | Curbe de sudură, la<br>90°                  | 1,0 $D_{bypass}$       | 0,500          |
|         |   | 1,5 $D_{bypass}$       | 0,425          |
|         |   | 2,0 $D_{bypass}$       | 0,350          |
|         |   | 2,5 $D_{bypass}$       | 0,325          |

Analizând aplicarea relațiilor obținute pentru diferite puteri termice instalate, a rezultat că în cazul în care viteza de circulație a apei în conducta de bypass respectă condiția  $1,0 \text{ m/s} \leq v_{bypass} < 1,5 \text{ m/s}$ , diferențele celor două presiuni diferențiale măsurate, se vor încadra între următoarele limite:

- pentru 50%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p_t - \Delta p = 0,650 \dots 5,700 \text{ mbar}$  (0,261...2,288 inH<sub>2</sub>O);
- pentru 100%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p_t - \Delta p = 3,000 \dots 22,500 \text{ mbar}$  (1,204...9,033 inH<sub>2</sub>O).

Având în vedere că zonele rectilinii ale bypass-urilor sunt scurte, s-a observat că în cazul dimensionării acestora pentru viteze ale apei mai mici, cuprinse între 0,45...0,50m/s, pierderile de presiune liniare scad foarte mult, astfel încât  $\Delta p$  nu mai poate fi măsurat, indiferent de precizia aparaturii de măsură existentă, putând fi neglijat. Indiferent de mărimea puterilor termice instalate, diferențele de presiuni care vor fi măsurate, se vor încadra între următoarele valori:

- pentru 50%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p_t = 0,200 \dots 0,550 \text{ mbar}$  (0,080...0,221 inH<sub>2</sub>O);
- pentru 100%  $q_{nom}$ ,  $\Delta p_t = 0,900 \dots 2,150 \text{ mbar}$  (0,361...0,863 inH<sub>2</sub>O).

În cazul distribuitor-colectoarelor monobloc cu bypass având rol de separator hidraulic, plaja de valori ale presiunilor diferențiale măsurate este mult mai mare față de celelalte trei concepte. Acest lucru se datorează influenței coeficientului de rezistență locală al coturilor  $\zeta$ , care intervine în relațiile de calcul, având valori foarte diferite pentru coturile filetabile și curbele pentru sudură la 90°.

## **6. REGLAREA DEBITELOR CIRCUITELOR RACORDATE LA UN DISTRIBUTOR-COLECTOR MONOBLOC CU ROL SUPPLEMENTAR DE SEPARATOR HIDRAULIC**

### **6.1. Necesitatea reglării debitelor**

Distributor-colectoarele monobloc prezentate, elimină absolut toate anomaliile hidraulice de funcționare care se pot produce la distribuțiile clasice de agent termic.

Majoritatea fenomenelor hidraulice cu efecte negative multiple în funcționarea defectuoasă a consumatorilor, sunt generate de modul de alegere al pompelor de circulație, respectiv de debitele și înălțimile de pompare ale acestora.

Referitor la debite, erorile sunt generate de modul de calcul al necesarurilor de căldură și de ecartul temperaturilor de 20°C considerat între conductele de tur și retur ale agentului termic, care în unele situații poate fi mai mic, rezultând pentru o dimensionare corectă, debite nominale reale mai mari.

O altă cauză, care este și cea mai importantă, ce conduce la modificarea debitelor reale de circulație față de cele teoretice nominale corecte, este alegerea unor înălțimi necorespunzătoare de pompare, din diferite motive.

În cazul pompelor supradimensionate ca înălțime de pompare, curba caracteristică a consumatorului deservit se modifică, astfel încât și debitul vehiculat și înălțimea de pompare necesară se măresc. Aceasta din urmă crește datorită mării pierderilor de presiune pe circuit, ca efect al unei viteze de circulație a fluidului mai mare. Cantitatea de căldură suplimentară transportată de un debit mai mare este nejustificată și produce un disconfort ambiental și costuri energetice mai mari de exploatare. Alegerea unor pompe prea mici se întâlnește mai rar și se datorează în special unor circuite ale consumatorilor subdimensionate, sau neefectuării unor calcule corecte ale pierderilor de presiune. În consecință debitele de agent termic sunt insuficiente și nu pot transporta cantități corespunzătoare de căldură la utilizatori. În aceste cazuri beneficiarii nemulțumiți încercă să mărească turațiile pompelor cu mai multe trepte fixe, însă fără rezultate deoarece debitele de circulație se micșorează, iar cheltuielile de pompaj cresc.

Se consideră că stabilirea unor debite nominale teoretice de calcul pentru consumatori și cazane este totuși la îndemâna proiectanților și că elementul perturbator este dat de înălțimile de pompare prea mari pentru pompele prevăzute, ca efect al necunoașterii sau a imposibilității stabilirii exacte a pierderilor de presiune pe circuite.

În consecință se consideră că debitele nominale teoretice precizate în proiecte sunt corecte și că ele trebuie reglate și realizate în funcționarea reală a unei centrale termice. Această operațiune trebuie făcută cu ocazia lucrărilor de punere în funcțiune la centralele termice noi, sau în cazul reabilitării unora existente, inclusiv pentru situațiile de dezafectări/adăugiri/suplimentări de capacitate la consumatori, sau de conectare a unor rezerve inițial prevăzute.

### **6.2. Descrierea metodei de reglare propusă**

Teza prezintă metoda de reglare a debitelor nominale folosită la ora actuală, bazată pe utilizarea unor controloare de debit, robinete de reglare și aparate electronice digitale de măsurare a debitelor și presiunilor diferențiale. Sunt descrise dezavantajele acestei metode, datorită cărora autorul a căutat găsirea unei alte metode de reglare a debitelor, pe circuitele consumatorilor și cazanelor, cu un

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

necesar de aparatură minimal și costuri suportate de beneficiar și executant mult mai mici.

*Metoda are la bază relațiile simplificate de calcul al debitului de tranzit  $q$ , iar reglarea se efectuează tot pe principiul modificării "caracteristicii" rețelei, respectiv al pierderilor de presiune pe circuitele consumatorilor sau cazanelor, astfel încât pe acestea să se realizeze și să circule debitele nominale indicate în proiecte.*

### 6.3. Armături și aparate de măsură

Pentru măsurarea presiunilor diferențiale, distribuitor-colectoarele trebuie să fie echipate din construcție cu prizele de presiune necesare. Deoarece în literatura de specialitate nu se regăsesc condiții teoretice și obligativități, cu referire la modul în care acestea să se realizeze, s-au avut în vedere două considerente și anume ca diametrul prizelor să fie cât mai mic, respectiv posibilitatea practică de etanșizare, la trecerea prin pereții metalici ai D-C. În teză se face o descriere a modului de execuție al acestora.

Orificiile practicate în diafragmele horizontale de separare dintre D și C se vor prelucra prin polizare sub formă ascuțită de "V" cu unghiul la 90°, având în vedere că fluidul poate să circule în ambele sensuri între D și C, sau între C și D, pentru cele patru situații posibile de funcționare (A, B, C, D).

Față de principiul de reglaj clasic utilizat la ora actuală, metoda propusă de autor utilizează armături uzuale, în locul robinetelor sau vanelor de reglare cu prize de presiune. Robinetele sau vanele cu ventil, cu îmbinare prin filete sau flanșe, de execuție normală au prețuri de cost mult mai mici față de armăturile de reglare special concepute a fi folosite pentru acest scop, ceea ce conduce la reduceri importante ale costurilor de investiție inițială (semnificative în cazul unui număr mare de circuite). Robinetele cu ventil au fost preferate față de alte armături cu sisteme diferite de închidere (sertar, sferă, obturator fluture etc.), deoarece permit efectuarea de reglaje progresive de o mai mare acuratețe.

Pentru măsurarea presiunilor diferențiale, aparatura necesară va fi în sarcina executantului centralei termice sau în cea a prestatorului de servicii punere în funcțiune, beneficiarul fiind degrevat de costurile achiziționării acesteia. Aparatura poate fi cumpărată opțional și de client, numai dacă acesta dorește.

Un alt avantaj al acestei metode de reglare a debitelor nominale pe circuite este acela că aparatura de măsură a presiunilor poate fi folosită de compania executantă sau de punere în funcțiune la toate aplicațiile de centrale termice, care sunt echipate cu astfel de D-C.

Există două variante recomandate de aparatură pentru măsurarea presiunilor care intervin în relațiile de calcul al debitului de tranzit  $q$ :

- traductori (senzori) sau transmitere de presiune diferențială și controlere (afișoare) electronice digitale pentru afișarea valorilor;
- manometre pentru presiune diferențială.

În practica reală a măsurătorilor de presiuni diferențiale mici, unitățile de măsură cele mai uzitate sunt "mbar" și "inw.c." sau "inH<sub>2</sub>O" sau "inchH<sub>2</sub>O" ("Inches of Water Column"), chiar dacă acestea nu fac parte din SI de unități.

Pentru corecta alegere a domeniului de măsură în care trebuie să se încadreze traductorii sau manometrele de presiune diferențială, la fiecare concept de D-C monobloc cu rol de SH s-a indicat plaja de valori în care se vor încadra presiunile măsurate, indiferent de puterea termică nominală instalată în centrala termică.

**Traductorii de presiune diferențială**, care se pot folosi, au în componență senzori siliconici piezo-rezistivi, capsulați, mărimea măsurată fiind convertită într-un

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

semnal de ieșire de 4-20mA (variantele cele mai uzitate), sau de tensiune. Din considerente practice se vor folosi senzori care au racordurile  $\Phi 1/4''$ .

Valorile transmise de traductori se vor afișa și citi în unități de presiune pe niște controlere electronice digitale, denumite și afișoare, care permit setarea unităților de măsură și alte funcțiuni. Din punct de vedere constructiv, controlerele pot fi cu montaj direct pe traductorul de presiune, sau independente cu amplasare la distanță. Având în vedere că în cazul efectuării de măsurători la distribuitor-colectoare rezultă valori mici ale presiunilor diferențiale, este de preferat a se folosi variante de traductori având în echipare monobloc și controlerul aferent. Precizia afișoarelor este mai mare ca în cazul celor independente, neexistând pierderi de semnal generate de lungimea cablajelor electrice. Pe de altă parte timpul pentru efectuarea măsurătorilor se diminuează, nemaifiind necesare efectuarea conexiunilor electrice între traductori și controlere. În general controlerele electronice au afișaje digitale cu 4-6 cifre (digiți). Pentru o precizie cât mai mare în calculul debitelor de tranzit se vor alege de preferință variantele cu afișaje pe 5 digiți și cu virgulă flotantă. Majoritatea afișoarelor permit "punerea la zero" înaintea efectuării citirii.

**Manometrele pentru presiune diferențială** sunt o variantă mult mai ieftină și se recomandă a se folosi în locul traductorilor (transmiterelor) de presiune.

Singurul dezavantaj al acestora este dat de faptul că există un număr limitat de fabricanți care produc manometre pentru presiuni diferențiale mici, destinate a fi folosite la lichide. Cu toate acestea la o cercetare a pieții s-au găsit variante care pot fi utilizate pentru scopul propus (măsurarea presiunilor diferențiale mici) și ale căror prețuri de achiziție nu ar crea probleme de dotare a companiilor executante de centrale termice.

**Dispozitive de compensare a presiunii la racordurile aparaturii**

Având în vedere că toți traductorii și manometrele de presiune diferențială se pot folosi pentru o anumită suprapresiune maximă acceptată pe unul din racorduri (valoare care nu se precizează întotdeauna de fabricanți) și care este mult mai mică față de presiunile statice individuale de la capetele prizelor de presiune, măsurătorile nu se pot face prin cuplarea directă a aparaturii la acestea, existând riscul compromiterii echipamentului. Înaintea efectuării unei măsurări a presiunii diferențiale între două prize de presiune, este necesară realizarea compensării presiunii statice pe ambele racorduri ale traductorului sau manometrului. Cu alte cuvinte, senzorul aparatului trebuie să se afle în echilibru, asupra lui acționând de o parte și alta aceeași presiune statică transmisă de prizele de presiune.

Pentru efectuarea acestei proceduri de compensare a presiunii, majoritatea fabricanților de traductori (transmitere) și manometre pentru presiuni diferențiale oferă în gama accesoriilor un dispozitiv special numit distribuitor cu trei sau cinci robinete ("3-valve or 5-valve manifolds").

În cercetarea făcută asupra prețurilor de achiziție a aparaturii necesare, a rezultat că dispozitivele cu robinete sau kiturile complete pentru efectuarea procedurii de compensare a presiunii sunt foarte scumpe, ajungând ca ordin de mărime aproape de valoarea traductorului sau manometrului diferențial.

Din acest motiv s-a căutat o altă soluție practică de rezolvare a acestei probleme, costurile acesteia fiind ne semnificative. În figura 58 din teză este prezentat dispozitivul propus de autor, ca alternativă la cele arătate mai sus. De asemenea se face o descriere a modalității în care se realizează compensarea presiunii statice la racordurile unui aparat, înaintea efectuării operației de măsurare a unei presiuni diferențiale mici.

#### 6.4. Principiile utilizate pentru realizarea reglării debitelor

S-a ajuns la concluzia că traductorii sau manometrele pot sesiza fără probleme valori precise ale presiunilor diferențiale numai dacă debitul de tranzit ce trece prin orificii sau bypass-uri au mărimi de cel puțin 50% din debitul nominal total teoretic instalat, ale cazanelor sau consumatorilor.

Plecând de la aceste considerente s-a stabilit o metodologie de reglare a debitelor nominale pe baza debitului de tranzit calculat, începând cu toate circuitele cazanelor și apoi ale consumatorilor, sau invers.

*Metoda debitului de tranzit calculat (MDTC) se bazează pe principiul că dacă circuitele care se reglează au robinetele de racord la D-C deschise, iar toate celelalte sunt închise, atunci prin orificiul din diafragmă sau prin bypass trece numai debitul sau suma debitelor acestora, definite sub denumirea de "debit tranzit"  $q$ .*

Metoda se bazează pe un algoritm prin care prima dată se determină dacă există vreun circuit al cărui debit este de cel puțin 50% din debitul nominal total al circuitelor cazanelor sau consumatorilor racordați la D-C. În caz afirmativ circuitul poate fi reglat independent, prin modificarea iterativă a "caracteristicii rețelei", până când debitul de tranzit calculat va fi egal sau apropiat debitului nominal teoretic dorit și precizat în proiect.

În cazul reglării unui circuit de un anumit tip (cazan sau consumator) pe care se vehiculează un debit cu o valoare sub 50% din debitul nominal total al celor instalate, algoritmul metodei prevede efectuarea inițială a calculului debitului de tranzit total pentru restul circuitelor de același tip, considerate în funcțiune simultană. Valoarea rezultată se consideră o constantă. În continuare se deschide și se pune în funcțiune și circuitul care se reglează. Se calculează debitul total de tranzit aferent tuturor circuitelor de același tip. Diferența dintre acest debit și cel calculat inițial, considerat constant, reprezintă debitul de tranzit al circuitului care se reglează. Acest debit va fi calculat iterativ, după fiecare modificare a "caracteristicii" circuitului până când va fi egal sau apropiat debitului nominal teoretic dorit.

Modificarea "caracteristicii rețelei" aferente unui circuit se va realiza astfel:

- prin acționarea lentă a robinetului cu ventil prevăzut pe returul circuitului, în cazul pompelor cu trepte fixe de turație;
- prin acționarea progresivă a butonului de reglaj al turației, în cazul pompelor economice cu turație variabilă.

#### 6.5. Procedura de lucru pentru reglarea de debite nominale utilizând MDTC

Reglajele de debite nominale pe circuitele cazanului/cazanelor și consumatorilor racordate la un D-C monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic utilizând metoda propusă, se va efectua conform unei proceduri de lucru propusă de autor în teză, cu respectarea ordinii a 30 de pași indicați, începând cu identificarea principiului constructiv al confecției metalice, în urma comparării desenului de ansamblu al acesteia, cu tipologia sintetizată în figura 59.

Algoritmul metodei de reglare a debitelor nominale a fost implementat în cadrul unui program ordinator pentru micro sisteme PC, în limbaj de programare **C#**.

Procedura de lucru a fost inclusă ca interfață de comunicare cu utilizatorul în programul pentru calculator, dar poate fi folosită și în cazul efectuării manuale a reglajelor de debite nominale.

---

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

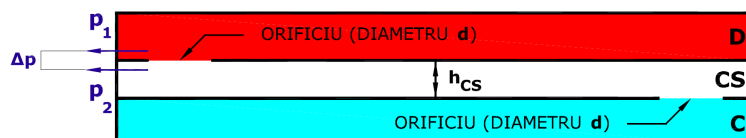
**TIP A**

**D-C CU DIAFRAGMĂ DE SEPARARE SI ORIFICIU CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza diametrului orificiului,  $d$  și a presiunii diferențiale amonte și aval de acesta,  $\Delta p$ )



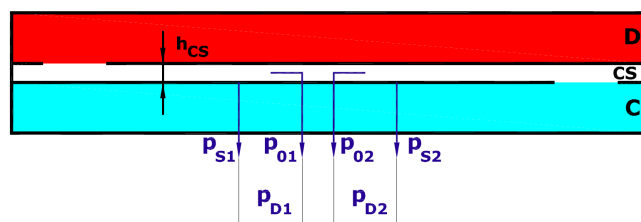
**TIP B**

**D-C CU CAMERĂ DE SEPARARE ( $h_{CS} = (0,65 \dots 0,70) d_i / 2$ ), AVÂND DOUĂ ORIFICII CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza diametrului oricărui orificiu,  $d$  și a presiunii diferențiale amonte și aval de acesta,  $\Delta p$ )



**TIP C**

**D-C CU CAMERĂ DE SEPARARE ( $h_{CS} = 0,30 d_i / 2$ ), AVÂND DOUĂ ORIFICII CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza secțiunii CS, și a diferenței dintre presiunea totală și cea statică,  $p_D$  din CS)



**TIP D**

**D-C CU CAMERĂ DE SEPARARE ( $h_{CS} = (0,65 \dots 0,70) d_i / 2$ ), AVÂND TREI ORIFICII CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza diametrului orificiilor,  $d$  și a presiunii diferențiale amonte și aval de orificiul singular,  $\Delta p$ )

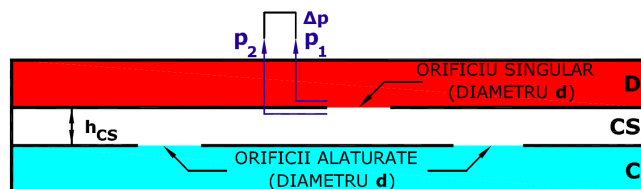
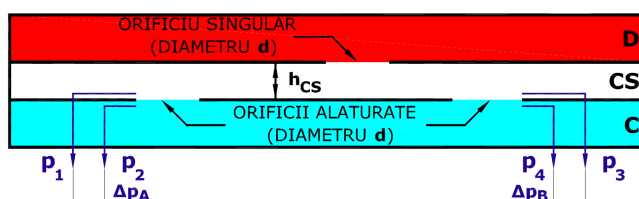


Fig. 59. Tipuri de D-C monobloc cu rol de separator hidraulic

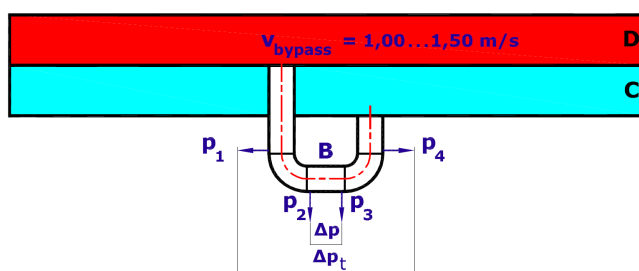
Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

**TIP E**

**D-C CU CAMERĂ DE SEPARARE ( $h_{CS} = (0,65 \dots 0,70) d_i / 2$ ) AVÂND TREI ORIFICII CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza diametrului orificiilor,  $d$  și a presiunilor diferențiale amonte și aval în dreptul orificiilor alăturate,  $\Delta p_A$ ,  $\Delta p_B$ )

**TIP F**

**D-C CU DIAFRAGMĂ DE SEPARARE SI BYPASS ( $v_{bypass} = 1,00 \dots 1,50$  m/s) CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza diametrului interior al conductei de bypass,  $d_{bypass}$  și a presiunilor diferențiale dintre intrarea în primul cot și ieșirea din al doilea cot,  $\Delta p_t$ , respectiv intrarea și ieșirea din tronsonul drept,  $\Delta p$ )

**TIP G**

**D-C CU DIAFRAGMĂ DE SEPARARE ȘI BYPASS ( $v_{bypass} = 0,45 \dots 0,50$  m/s) CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC** ( $q$  se calculează în baza diametrului interior al conductei de bypass,  $d_{bypass}$  și a presiunii diferențiale dintre intrarea în primul cot și ieșirea din al doilea cot,  $\Delta p$ )

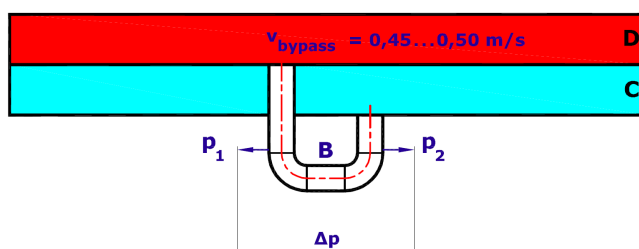


Fig. 59. Tipuri de D-C monobloc cu rol de separator hidraulic (continuare)

## **7. SIMULAREA PE CALCULATOR A REGLĂRII DEBITELOR NOMINALE PENTRU UN DISTRIBUTOR-COLECTOR MONOBLOC**

### **7.1. Programul ordinator REGDENOM**

Procedura de lucru pentru reglarea debitelor nominale pe circuitele cazanelor și consumatorilor racordate la un D-C monobloc, cu rol suplimentar de separator hidraulic SH, a fost implementată în programul de calcul REGDENOM, elaborat în limbaj de programare "C#" pentru micro sisteme PC, cu o interfață comunicativă cu utilizatorul. Programul pentru calculator este de tip consolă.

Softul creat permite efectuarea reglajelor de debite pentru toate tipurile de distribuitor-colectoare monobloc cu rol de separator hidraulic prezentate în figura 59. El este elaborat după un algoritm conceput de autor, cu trei secțiuni: datele de intrare, reglarea circuitelor cazanelor, reglarea circuitelor consumatorilor.

Având în vedere că toate relațiile de calcul al debitului de tranzit se bazează pe măsurarea unor presiuni diferențiale, s-a creat posibilitatea alegerii unității de măsură pentru presiune, respectiv "mbar" sau "inw.c." ("inH<sub>2</sub>O"), în funcție de aparatul disponibilă, folosită de prestatorul serviciilor.

În secțiunea datelor de intrare, în funcție de tipul constructiv al D-C, operatorul va introduce: diametrul orificiului sau orificiilor din diafragmele de separare; diametrul interior al țevii din care este confecționat D-C și înălțimea camerei de separare; diametrul interior al conductei de bypass și coeficientul de rezistență locală al coturilor (curbelor) componente; ecartul de temperatură dintre conductele de tur și retur; puterile termice nominale ale cazanelor instalate și cele ale consumatorilor, preluate din proiectul centralei termice. Tot în această secțiune programul calculează debitele nominale teoretice individuale ale fiecărui circuit de cazan sau consumator. La finalul datelor de intrare se calculează puterile termice și debitele nominale totale ale circuitelor cazanelor instalate, respectiv ale consumatorilor racordați la D-C.

A doua și a treia secțiune a programului, sunt identice din punct de vedere al algoritmului de calcul, dar distincte ca bucle de lucru.

Algoritmul programului a fost conceput astfel ca reglajele să înceapă cu circuitul pe care se vehiculează un debit mai mare sau egal cu jumătate din cel nominal total (în cazul că există) și apoi să continue cu cele care au debite de circulație mai mici. S-a optat pentru începerea reglajelor pe circuitele cazanelor.

În cazul circuitelor care au debite mai mari sau egale cu jumătate din debitul total, debitul de tranzit se calculează iterativ numai pe circuitul considerat, modificând presiunile diferențiale măsurate în urma schimbării repetate a curbei caracteristice debit-presiune.

Pentru situația unui circuit care are un debit mai mic, prima dată se calculează debitul de tranzit total aferent restului circuitelor care nu se reglează și care se consideră o constantă. Ulterior se calculează iterativ debitul de tranzit total pentru toate circuitele (de cazane, sau de consumatori) considerate simultan în funcțiune. Diferențele dintre aceste debite și cel considerat constant, calculat anterior, reprezintă debitele de tranzit pe circuitul care se dorește a fi reglat. Calculele se efectuează iterativ după fiecare modificare a curbei caracteristice debit-presiune pentru circuitul reglat, până când debitul de tranzit va avea valoarea debitului nominal prescris în proiect.



Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

Datorită preciziei de afișare a aparatului de măsură care se poate folosi, reglarea unui debit nominal se poate face cu o exactitate considerată suficientă, de două și uneori trei zecimale.

După încercările efectuate, se estimează că durata necesară pentru realizarea reglării unui circuit este de 2-10 minute, în funcție de dexteritatea de operare a utilizatorului și de experiența sa în folosirea programului. Durata este mai scurtă în cazul circuitelor echipate cu pompe economice cu turație variabilă și mai lungă pentru cele dotate cu pompe cu mai multe trepte de turație fixă.

Prin utilizarea acestui program de calcul, rapiditatea executării operațiilor specifice procedurii de lucru și calculelor se mărește considerabil, iar timpul alocat reglării debitelor nominale devine foarte scurt și eficient. Datorită interfeței active cu utilizatorul, acesta este îndrumat prin mesajele afișate asupra operațiilor cronologice care trebuie efectuate, excluzându-se orice greșeală de interpretare care ar putea fi făcută.

Programul REGDENOM se pretează a fi implementat și în sisteme automate centralizate de gestiune, monitorizare și control al debitelor vehiculate pe circuitele consumatorilor care pleacă din D-C monobloc ale centralelor termice.

## 7.2. Exemplu de simulare numerică

Majoritatea avantajelor hidraulice obținute pentru distribuitor-colectoarele monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic sunt similare celor cunoscute ale buteliilor clasice de egalizare (rupere) a presiunilor.

Beneficiile suplimentare aduse de aceste concepte propuse de autor, sunt de ordin practic și economic, respectiv reducerea cheltuielilor investiționale la realizarea centralelor termice de puteri mari și costurilor de exploatare.

Posibilele anomalii hidraulice care ar putea apărea la curgerea apei prin aceste confecții metalice, au fost excluse din start, prin modul de concepere, în urma studierii tuturor cazurilor posibile de racord ale cazanelor și consumatorilor, precum și a situațiilor de funcționare care pot să intervină în exploatare.

Din aceste motive autorul consideră că realizarea unor cercetări experimentale practice suplimentare pentru dovedirea soluțiilor propuse sau ale unor avantaje obținute, nu se justifică, deoarece nu ar aduce nimic nou față de cercetările proprii făcute pe parcursul a mai bine de douăzeci de ani de activitate, în baza cărora a fost elaborată această teză.

În cazul MDTC propusă pentru reglarea debitelor nominale pe circuitele cazanelor și consumatorilor racordate la un D-C monobloc cu rol de separator hidraulic, un experiment practic se poate face numai pe un model real într-o centrală termică, care implică costuri foarte mari având în vedere puterile instalate de peste 100 kW. Pe de altă parte, ar fi imposibil să se echipeze un model real cu toate tipurile de D-C, pentru efectuarea unor măsurători de presiuni diferențiale, cheltuielile fiind uriașe. Chiar și în acest caz o probă practică nu ar aduce nimic nou față de varianta unei simulări numerice de realizare a reglajelor, folosind programul elaborat pentru calculator.

De aceea, autorul a preferat această ultimă opțiune, respectiv simularea numerică pentru un exemplu concret de D-C, folosind programul REGDENOM.

Având în vedere că în practica reală cel mai folosit concept va fi cel notat cu tipul A, simularea numerică a fost făcută pentru cazul unui D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare și orificiu cu rol de separator hidraulic. Rezultatele au fost sintetizate în tabelul 7.1 din lucrare.

În anexa tezei este prezentat listingul simulării numerice efectuate pentru acest exemplu, utilizând programul elaborat pentru calculator REGDENOM.

## **8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE**

### **8.1. Concluzii**

Elaborarea tezei are la bază studiile efectuate de autor pe parcursul ultimilor douăzeci de ani de activitate, asupra sistemelor de distribuție și livrare a agentului termic, în centralele de preparare a apei calde, cu puteri peste 100 kW.

În lucrare sunt prezentate 16 avantaje practice obținute, în urma folosirii conceptului elaborat inițial, de distribuitor-colector monobloc cu diafragmă de separare, în montaj singular sau cuplat cu o butelie de egalizare a presiunilor.

În urma dezvoltării acestui echipament de distribuție în conceptul de distribuitor-colector monobloc cu rol de separator hidraulic, au fost obținute încă 19 beneficii suplimentare, care sunt expuse în teză.

### **8.2. Contribuții personale**

Principalele contribuții personale ale autorului pot fi sintetizate astfel:

- 01) elaborarea unei sinteze documentare asupra evoluției concepției și realizării distribuției agentului în centralele termice;
- 02) adoptarea unor soluții studiate și combinarea adecvată a acestora pentru îmbunătățirea sistemelor de distribuție a agentului termic, în centralele termice existente reabilitate;
- 03) elaborarea conceptului inițial de distribuitor-colector monobloc cu diafragmă orizontală de separare;
- 04) analizarea comportamentului în exploatare al buteliilor clasice de egalizare a presiunilor;
- 05) cuplarea distribuitor-colectoarelor monobloc cu diafragmă de separare cu butelii clasice de egalizare a presiunilor;
- 06) optimizarea distribuitor-colectoarelor monobloc prin adăugarea funcționii suplimentare de separator hidraulic, prin care regimurile de funcționare ale cazanelor și consumatorilor devin independente; cu alte cuvinte, un singur echipament prezintă atât avantajele conceptului inițial de D-C monobloc, cât și cele ale unei butelii clasice de egalizare a presiunilor;
- 07) elaborarea altor trei concepte noi, prin care un D-C monobloc poate să aibă și rolul separatorului hidraulic;
- 08) introducerea și definirea noțiunilor de *debit de tranzit* și *debit nominal de tranzit*, la D-C cu rol de separator hidraulic; stabilirea relațiilor de calcul al debitului de tranzit pentru toate tipurile de distribuitor-colectoare propuse;
- 09) elaborarea unei soluții proprii de reglare a debitelor nominale pe circuitele cazanelor și consumatorilor racordate la distribuitor-colectoarele propuse, pe baza *metodei debitului de tranzit calculat (MDTC)* și indicarea unei proceduri de

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

- lucru, prin care reglarea debitelor se poate efectua manual sau cu ajutorul unui program de calcul;
- 10) elaborarea programului de calcul *REGDENOM* în limbaj de programare C#, pentru reglarea debitelor nominale pe circuitele unui D-C monobloc cu rol de separator hidraulic, utilizând MDTC, printr-o interfață comunicativă cu utilizatorul;
  - 11) propunerea unei soluții de automatizare minimală prin care fiecare pompă de circulație a unui cazan este comandată de un termostat de contact sau cu imersie, pentru eliminarea singurului dezavantaj al schemelor termohidraulice în care se utilizează D-C monobloc cu funcția de SH sau butelii de egalizare a presiunilor (posibilitatea creșterii cheltuielilor cu energia electrică de pompaj, aferentă pompelor circuitelor cazanelor, ce funcționează continuu, iarnă/vară).

### **8.3. Direcții viitoare de cercetare și promovare a conceptelor propuse**

Pentru perioada următoare, autorul dorește promovarea conceptelor propuse pentru distribuitor-colectoarele din centralele termice, precum și a noii metode de reglare a debitelor nominale pe circuitele cazanelor și consumatorilor, datorită multiplelor avantaje pe care le oferă aceste soluții, față de cele practicate în prezent. Acest lucru se va face prin publicarea unor articole și a unei cărți de sinteză, care se vor adresa proiectanților și executanților din domeniul instalațiilor în construcții, precum și investitorilor interesați de micșorarea cheltuielilor de exploatare a clădirilor. O altă direcție de promovare a conceptelor propuse, constă în găsirea unor companii interesate de fabricarea uzinată a acestor confecții metalice. Autorul are ca deziderat viitor adaptarea conceptelor de distribuitor-colectoare și pentru situațiile în care aceste echipamente sunt folosite atât pentru apa caldă ca agent încălzitor cât și pentru apa rece utilizată în sistemele de climatizare ale clădirilor.

## **9. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ**

- [1] Aldea, M. Chițu, I. Delimaș, C. Giurcăneanu, Gr. Iordache, N. Negulescu, L. Nuțescu, N. Postelnicescu, M. Slătineanu, R. Îndrumător pentru cazane de abur și recipiente sub presiune, Editura Tehnică, București, 1982.
- [2] ASHRAE Handbook, HVAC Applications, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2007.
- [3] ASHRAE Handbook, HVAC Applications, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2008.
- [4] ASHRAE Handbook, HVAC Systems and Equipment, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2012.
- [5] Athanasovici, V. Termoenergetică industrială și termoficare, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
- [6] Athanasovici, V. Folosirea căldurii în industrie, Editura Tehnică, București, 1997.
- [9] Boysen, H. District heating house substations and selection of regulating valves, Energy and Environment Journal, no. 2, 1999.

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

- [10] Brandabur, C. Iliana, M. Manualul de instalații - Instalații de încălzire, Editura Artenco, București, 2002.
- [11] Burchiu, I. Santău, I. Instalații de pompare, Editura Tehnică și Pedagogică, București, 1982.
- [12] Carabogdan, Gh. Badea, A. Leca, A. Ghia, V. Cserveny, I. Nistor, I. Instalații termice industriale, Editura Tehnică, București, 1978.
- [13] Carlier, M. Hydraulique générale et appliquée, Eyrolles, Paris, 1980.
- [14] Chiriac, I. Leca, A. Pop, M. Badea, A. Luca, L. Antonescu, N. Peretz, D. Procese de transfer căldură și de masă în instalațiile industriale, Editura Tehnică, București, 1982.
- [15] Exarhu, M. Măsurări hidraulice, pneumatice și de Mediu - Îndrumar de laborator. Lucrarea 10: Măsurarea debitelor cu diafragmă - format electronic, Universitatea Politehnică București, Facultatea de Energetică, București, 2005 (<http://www.hydrop.pub.ro>).
- [16] Florescu, I. Mecanica fluidelor - Note de curs pentru uzul studenților, Universitatea Bacău, Editura Alma Mater, Bacău, 2007.
- [17] Georgescu, A.M. Georgescu, S.C. Hidraulica rețelelor de conducte și mașini hidraulice, Editura Printech, București, 2007.
- [18] Iamandi, C. Hidraulica instalațiilor, Editura Tehnică, București, 1985.
- [19] Iordache, F. Caracaleanu, B. Reglabilitatea instalațiilor de încălzire centrală, Revista Instalatorul, nr. 1, 2000.
- [20] Mădărășan, T. Apahidean, B. Ghiran, I. Teborean, I. Duma, B. Ungureșan, P. Bălan, M. Îndrumător pentru lucrări de termotehnică și mașini termice. Lucrarea 3: Determinarea debitelor prin metoda ștrangulării - format electronic, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Atelier de multiplicare, Cluj-Napoca, 2001-2002 (<http://www.termo.utcluj.ro>).
- [22] Pelivan, D. Sârbu, I. Monoblock flow/return manifold with separating diaphragm, Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Building Services, Mechanical and Building Industry Days, Debrecen, Hungary, October 15-16, 2009, pp. 142-152.
- [23] Sârbu, I. Kalmar, F. Reglarea simultană a temperaturii apei și a debitului în instalații de încălzire, Revista Instalatorul, nr. 8, 1999.
- [25] Sârbu, I. Armături de reglare a sistemelor de încălzire (I+II), Revista Instalatorul, nr. 1, 2, 2003.
- [28] Sârbu, I. Pelivan, D. Optimization of heat carrier distribution system in thermal power stations, International Journal of Energy, vol. 3, no. 3, pp. 43-50, 2009.
- [29] Sârbu, I. Pelivan, D. Monoblock flow/return manifolds with separating diaphragm for heat carrier distribution in hot water boiler rooms, New Aspects of Fluid Mechanics Heat Transfer and Environment, Proceedings of the 8<sup>th</sup> IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE'10), Taipei, Taiwan, August 20-22, 2010, pp. 97-101.
- [30] Sârbu, I. Valea, E. Upgrading of a heating plant for energy savings, Proceedings of the 4<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Energy planning, Energy saving and Environmental education, Kantaoui, Tunisia, May 03-06, 2010, pp. 24-29.

Optimizarea sistemelor de livrare a apei calde  
în centralele termice cu puterea nominală peste 100 kW

---

- [32] Sârbu, I. Pelivan, D. Optimization of monoblock flow/return manifolds for hot-water distribution in heating stations with nominal power over 100 kW, Metalurgia International, acceptată spre publicare, 2013.
- [33] Scrădeanu, D. Hidraulica subterană - Note de curs - format electronic, Universitatea București, 2012 (<http://www.unibuc.ro>).
- [36] Walski, T.M. Chase, D.V. Savici, D.A. Grayman, W. Beckwith, S. Koelle, E. Advanced water distribution modeling and management, Haestad Press, Waterbury, USA, 2003.
- [37] DIN 1615, Welded circular unalloyed steel tubes not subject to special requirements; technical delivery conditions, 1984.
- [38] EN ISO 5167-1,2, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full, 2003.
- [39] SR 404-1, Țevi din oțel fără sudură laminate la cald, 2001.
- [40] SR EN 10025, Produse laminate la cald din oțeluri pentru construcții. Condiții tehnice de livrare, Partea 2-4: 2004, Partea 1, 5: 2005, Partea 6: 2009.
- [41] SR EN 10207, Oțeluri pentru recipiente sub presiune. Condiții tehnice de livrare pentru table, benzi și bare, 2005.
- [42] SR EN 10217-5, Țevi de oțel sudate utilizate la presiune. Partea 5: Țevi sudate sub strat de flux, de oțel nealiat și aliat cu caracteristici precizate la temperatură ridicată, 2003.
- [43] SR EN 10297-1, Țevi de oțel circulare fără sudură pentru utilizare în construcții mecanice generale și în construcția de mașini. Condiții tehnice de livrare. Partea 1: Țevi de oțel nealiat și aliat, 2003.
- [45] \* \* \* Catalog RBM de componente pentru instalații hidrotermice. Dispozitive de control al fluxului - format electronic (<http://www.rbmspa.it>).
- [46] \* \* \* <http://www.afriso.de>
- [47] \* \* \* <http://www.afriso.ro>
- [48] \* \* \* <http://www.aplisens.com.pl>
- [49] \* \* \* <http://www.azpneumatica.com>
- [50] \* \* \* <http://www.caleffi.com>
- [51] \* \* \* <http://www.cht.ro/wika.php>
- [52] \* \* \* <http://www.cuple-rapide.ro>
- [53] \* \* \* <http://www.dandori.ro>
- [54] \* \* \* <http://www.dwyer-inst.com>
- [55] \* \* \* <http://www.honeywellprocess.com>
- [56] \* \* \* <http://www.legris.com>
- [57] \* \* \* <http://www.magra-verteiler.at>
- [58] \* \* \* <http://www.operatorserv.ro>
- [59] \* \* \* <http://www.rodigital.ro>
- [60] \* \* \* <http://www.sinusverteiler.com>
- [61] \* \* \* <http://www.tdr.ro>
- [62] \* \* \* <http://www.wika.de>
- [63] \* \* \* <http://www.zortea.at>
-