

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII  
DEPARTAMENTUL DE HIDROTEHNICĂ**

**Ing. Corina Mihaela PANFIL**

**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**REZUMAT**

**STUDIUL SISTEMELOR ALTERNATIVE  
DE CANALIZARE A APELOR UZATE DIN  
CENTRELE POPULATE**

**Conducător științific:  
prof.univ.dr.ing Ion MIREL**

**Timișoara 2014**

## CUPRINS

<b>1. Introducere</b> .....	3
1.1. Evolutia sistemelor de canalizare - scurt istoric .....	3
1.2. Rolul și importanța canalizărilor .....	4
1.3. Necesitatea și obiectul studiului .....	4
<b>2. Canalizarea apelor de scurgere din centrele populate</b> .....	4
2.1. Aspecte de ordin general .....	4
2.2. Scheme de canalizare .....	4
2.3. Sisteme de canalizare .....	4
2.4. Componentele rețelelor de canalizare .....	5
2.5. Epurarea apelor uzate menajere .....	5
<b>3. Sisteme alternative pentru canalizarea apelor uzate menajere</b> .....	6
3.1. Criterii de alegere a schemelor și a sistemelor de canalizare .....	6
3.2. Determinarea debitelor apelor uzate menajere în centrele populate .....	6
3.3. Calculul hidraulic al rețelelor de canalizare .....	6
3.4. Modelarea hidraulică a rețelelor de canalizare .....	7
3.5. Sistem alternative de canalizare .....	9
<b>Cap.4. Analiza dinamico – comparativă a costurilor</b> .....	10
<b>5. Studii și cercetări experimentale</b> .....	10
5.1. Studiu de caz – Cartier rezidențial Giarmata .....	10
5.2. Verificarea funcționării sistemelor vacuuate de canalizare .....	11
5.3. Caracteristicile sistemelor alternative de canalizare .....	12
<b>6. Concluzii generale, contribuții personale, perspective și recomandări</b> .....	13
6.1. Contribuții personale și elemente de originalitate .....	13
6.2. Recomandări și perspective .....	14
<b>Bibliografie selectivă</b> .....	14

## 1. Introducere

Canalizările sunt ansamble de construcții și instalații prin care se asigură, colectarea, transportul, epurarea și evacuarea apelor de scurgere, de pe vatra centrelor populate. Apele de scurgere pot fi: uzate menajere; meteorice și cele rezultate din procesele tehnologice.

Apele uzate menajere provenite de la obiectele sanitare ale instalației interioare ale clădirilor civile și industriale, sunt preluate prin intermediul coloanelor și a racordurilor de scurgere de către rețelele de canalizare exterioare pentru a fi transportate la stația de epurare, înainte de evacuarea acestora în emisarii naturali.

Instalațiile interioare de canalizare sunt construite din: WC-uri; lavoare; dușuri; spălătoare; bideuri; sifoane de pardoseală; racorduri și coloane de scurgere.

Instalațiile exterioare de canalizare sunt construite din: racorduri; colectoare secundare; colectoare principale; cămine de vizitare; cămine de spalare; cămine de rupere de pantă; stații de pompare; subtraversări și supratraversări de drumuri, vai, cursuri de apa, căi ferate; stații de epurare și guri de vărsare.

În raport cu panta terenului și configurația amplasamentului centrelor populate, sistemele pentru colectarea și transportul apelor uzate menajere pot fi: separative; unitare sau mixte.

Sistemele separative de canalizare, colectează și transporta apele uzate menajere prin rețele de canalizare distincte de cele pentru apele meteorice, în colectoare cu secțiuni circulare.

Sistemele unitare de canalizare, colectează apele uzate menajere împreună cu cele meteorice, în colectoare cu secțiune circulară, pentru debite mici (Dn 250 – Dn 500 mm) și cu secțiune ovală și de tip clopot (B/H), pentru debite de scurgere foarte mari pozate în terenuri cu structură rezistentă/stancoasă.

Sistemul mixt de canalizare, se practică în localitățile în care zonele periferice, cu pante mari, sunt canalizate în sistem separativ, iar cele din zonele centrale, cu pante mici, sunt canalizate în sistem unitar.

Tuburile rețelilor de canalizare, se pot realiza din beton, policlorură de vinil (PVC), polietilenă (PE), ceramică, tuburi din rășini poliesterice armate cu fibră de sticlă (PAFSIN) sau oțel pentru protecția tuburilor de la subtraversări.

Transportul apelor de scurgere se poate realiza, prin canale cu nivel liber/gravitaționale ( $p = p_a$ ), canale sub presiune prin pompare ( $p > p_a$ ) sau prin vacuum ( $p < p_a$ ).

Apele de scurgere colectate de pe vatra centrelor populate, sunt surse importante de poluare a mediului înconjurător și de transmitere a unor boli contagioase (ciuma, holera, febra tifoidă etc).

Încă de pe vremea romanilor, a apărut necesitatea colectării apelor de scurgere și transportarea lor la distanțe cât mai mari de colectivitățile umane, pentru a se preîntâmpina efectele nocive ale acestora.

Sistemul de canalizare este considerat ca fiind ansamblul de construcții și instalații prin care se asigură colectarea, transportul, epurarea și evacuarea apelor de scurgere în emisarii naturali.

Obiectul principal al acestui studiu, este legat de colectarea și transportul apelor uzate menajere provenite de pe vatra centrelor populate prin sisteme alternative de canalizare.

### 1.1. Evoluția sistemelor de canalizare - scurt istoric

#### Scurt istoric a sistemului de canalizare menajeră gravitațional

Din cele mai vechi timpuri popoarele au fost preocupate de alimentarea cu apă și canalizarea așezărilor omenești. Astfel, la Ninive și Babylon s-au construit canale și șanțuri care aveau scop îndepărtarea deșeurilor lichide și solide. În Egipt, cu circa 4500 de ani în urmă, s-au construit canale deschise folosite pentru evacuarea apelor uzate. Grecii și romanii au construit rețele de canalizare care deserveau suprafețe mari. La Roma, în anul 514 î.e.n., s-a construit primul canal colector sub numele de "Cloaca Maxima"; rețeaua de canalizare s-a dezvoltat apoi sub indemnul împăraților Servius Tullius și Agripa.

La noi în țară, construcția rețelilor de canalizare a început în anul 1828, în orașul București. Primul canal a fost construit pe actuala stradă Smîrdan, canal care evacua apele uzate din strazile "Colței", "Batiștei" și "Biserica Enei" în râul Dâmbovița, secțiunea transversală fiind dreptunghiulară, realizată din dulapi de stejar cu cadre.

#### Istoricul sistemului vacuumat de canalizare menajeră

Sistemele vacuumate de canalizare menajera pentru colectarea lichidelor pot fi folosite într-o foarte mare varietate de situații, după cum urmează: canalizările centralizate din colectivitățile rurale situate în zone de ses cu pante reduse ale terenului; campinguri și parcuri de rulote; zonele rezidențiale din vecinătatea orașelor; orașe vechi cu străzi înguste; colectarea efluenților de la spitale; centre comerciale aflate în spații dificile sau înguste; înlocuirea sistemelor gravitaționale convenționale; industria petrochimică; sisteme de canalizare din fabrici; colectarea levigatului din depozitele de deseuri; comunități situate pe malurile râurilor, lacurilor sau în zonele de coastă; reamenajarea cheurilor portuare; colectarea apelor uzate de pe vapoare și transportul acestora pe uscat. [38]

Principiul folosirii presiunii negative pentru colectarea apelor uzate și a altor lichide a început să fie aplicat încă din anii 1860, Charles T. Liernur fiind considerat pionierul creatorul realizării și dezvoltării acestei tehnologii.

## 1.2. Rolul și importanța canalizărilor

Apele uzate, reprezintă prin conținutul lor ridicat de substanțe și bacterii patogene, pe care le pot conține, constituie surse importante de impurificare și un pericol grav pentru mediul înconjurător și sănătatea publică. Infiltrațiile acestor ape în sol, poate duce la infectarea apelor subterane, făcându-le improprie pentru alimentări cu apă potabilă.

Se acordă din ce în ce mai multă importanță schemelor și tehnologiilor de realizare a sistemelor de canalizare din zonele rezidențiale și a celor din mediul rural, datorită caracterului cu totul specific al acestora, cât și din necesitatea asigurării confortului ambiental în cadrul acestor colectivități.

În mod deosebit se remarcă faptul că au apărut utilaje noi, mai eficiente din punct de vedere al productivității în execuție și al tehnologiei în exploatare, fiabile și cu randamente energetice ridicate care pot fi utilizate cu bune rezultate în sistemele de canalizare din centrele populate.

Toate aceste noutăți trebuie integrate cunoștințelor actuale din domeniu și puse la dispoziția proiectanților, beneficiarilor, specialiștilor și responsabililor din primărie cu sectorul edilitar, organizatorilor de licitații în domeniu, etc., pentru a putea fi utilizate pe scară extinsă la realizarea investițiilor, în exploatarea instalațiilor aferente rețelelor de canalizare și stațiilor de epurare, la aprecierea corectitudinii soluțiilor propuse, la aplicarea măsurilor de respectare a siguranței în exploatare și a legislației de protecție a mediului înconjurător, ansamblul de acțiuni care necesită, în mod evident, prescripții, ghiduri și normative specifice.

## 1.3. Necesitatea și obiectul studiului

Necesitatea studiului efectuat, a fost determinat de stabilirea condițiilor de aplicare a sistemelor de canalizare, care să satisfacă cerințele de ordin tehnic, economic și ecologic, cu costuri de investiție și exploatare cât mai reduse.

Fiecare sistem se caracterizează prin avantaje și dezavantaje, conferite de mărimea și topografia localității, de caracteristicile solului, de nivelul apelor subterane, poziția emisarului și a Stației de Epurare.

Aplicarea sistemelor alternative de canalizare, este dată și de existența și starea lucrărilor de canalizare, de dezvoltările, reabilitările și modernizările care se impun.

Alegerea sistemului adecvat, pentru colectarea și transportul apelor uzate menajere, va fi făcut pe baza unor riguroase studii tehnice, economice la specificul localității canalizate, rezultate și în raport cu valoarea impactului produs asupra mediului înconjurător și a ființelor umane.

# 2. Canalizarea apelor de scurgere din centrele populate

## 2.1. Aspecte de ordin general

Pentru canalizarea unui centru populat sunt necesare următoarele grupuri de construcții: obiectele sanitare și rețeaua interioară; rețeaua exterioară; stația de epurare; construcții de evacuare.

### Caracteristicile apelor uzate menajere

Pentru a asigura funcționarea normală și durabilitatea sistemului de canalizare, precum și protecția personalului de exploatare, la descărcarea în rețelele de canalizare a centrelor populate, apele uzate nu trebuie să conțină: materiale în suspensie; substanțe cu agresivitate chimică asupra materialelor folosite în mod obișnuit la construcția rețelelor de canalizare și stațiilor de epurare; substanțe toxice sau alte substanțe nocive care, singure sau în amestec cu apa de canalizare, pot fi periculoase sănătății personalului de exploatare a canalizării; deșeuri radioactive în soluție sau suspensie care se pot concentra pe conducte, în mediu sau organisme, putând afecta starea de sănătate a populației; substanțe care, singure sau în amestec cu apa de canalizare, pot degaja mirosuri, poluând mediul înconjurător; substanțe colorante care să modifice culoarea apei din cursurile de apă receptoare. [16]

Se recomandă a nu se evacua în canalizare ape cu un bogat conținut de substanțe recuperabile în mod economic (ape bogate în fibre celulozice, xilon, azbest). [11], [16]

În ultimul cămin al canalizării interioare a folosinței sau incintei canalizate, înainte de deșeurile în rețeaua de canalizare a centrului populat, apele uzate trebuie să îndeplinească, conform normativului NTPA 002-2005, condițiile de calitate redată în *tabelul 2.1*, cu scopul de a asigura desfășurarea normală a proceselor de epurare din apele de canalizare. [16]

## 2.2. Scheme de canalizare

În funcție de topografia terenului, natura solului, nivelul apelor subterane, amplasarea Stației de Epurare și poziționarea emisarului, se pot utiliza următoarele scheme: perpendiculare directă; perpendiculare indirecte; paralele; ramificate; radiale sau combinații ale acestora. [15],[16],[18],[41]

## 2.3. Sisteme de canalizare

Sistemele de canalizare cuprind totalitatea obiectelor și dispozitivelor care colectează, transportă, epurează și evacuează în emisar, apele de canalizare, în mod organizat. În funcție de schema de canalizare pentru transportul apelor, sistemul de canalizare poate fi unitar, separativ sau mixt. [16],[18],[32],[41]

## Sisteme alternative de canalizare

Sistemele alternative de canalizare, sunt construcții și instalații prin care se asigură colectarea și transportul apelor uzate menajere, în raport cu specificul topografiei localității (zonă de șes, deal cu pante și contrapante), de caracteristicile terenului pentru pozarea canalelor, nivelul apelor subterane, poziționarea Stației de Epurare și a emisarului, astfel încât cheltuielile de investiție și exploatare să fie cât mai mici, iar impactul acestora față de mediu și ființele umane să fie cât mai redus.

Sistemele alternative, reprezintă o noțiune nouă actualizată la specificul cerințelor actuale, privind colectarea și transportul apelor uzate menajere din centrele populate cu cartiere noi și zone rezidențiale.

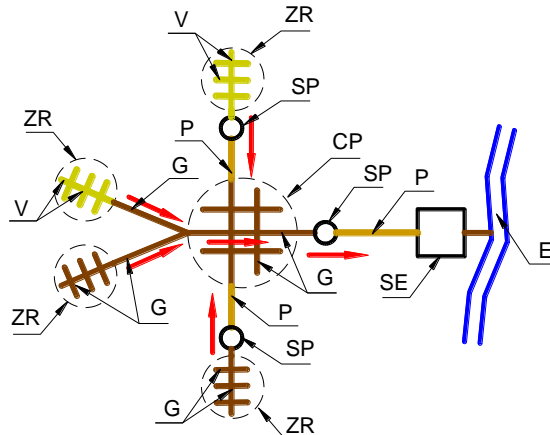


Fig.2.1. Plan de situație general

CP-centru populat; ZR-zona rezidențială; G-canalizare gravitațională; V-canalizare vacuumată; P-canalizare prin pompare; SP-stație de pompare; SE-stație de epurare; E-emisar

Sistemele alternative se pot aplica pentru rețele noi și pentru extinderea, modernizarea și reabilitarea celor existente.

### 2.4. Componentele rețelelor de canalizare

Apele uzate rezultate în urma diferitelor activități umane sunt, în general, colectate și transportate printr-o rețea de canalizare într-o stație de epurare, de unde sunt evacuate în receptor. Ele pot fi stocate într-un bazin impermeabil de unde sunt transportate ulterior într-o rețea de canalizare. În unele cazuri, apele uzate sunt evacuate direct în receptor, fără a fi epurate. Obiectele care constituie sistemul de canalizare, stația de epurare, precum și prelucrarea nămolurilor rezultate în urma epurării apelor uzate, sunt: [6]

- Tuburi pentru rețelele de canalizare: tuburi din Policlorura de vinil (PVC); Tuburi din polietilenă de înaltă densitate (PEID/PEHD); Tuburi riflate/corugate din polietilenă; Tuburi din rășini poliesterice armate cu fibră de sticlă (PAFSIN); Tuburi ceramice; Țeavă din oțel pentru protecție (OL);
- Cămine pe rețeaua de canalizare: Cămine de vizitare de trecere; Cămine de vizitare de intersecție;
- Racorduri;
- Subtraversări de râuri, străzi, drumuri, văi și căi ferate;
- Stații de pompare;

### 2.5. Epurarea apelor uzate menajere

Stațiile de epurare reprezintă ansamblul de construcții și instalații, în care apele de canalizare sunt supuse proceselor tehnologice de epurare, care le modifică în așa mod calitățile, încât să îndeplinească condițiile prescrise, de primire în emisar și de îndepărtare a substanțelor reținute din acestea. [5],[19],[33]

Obiectivul principal al epurării apelor de scurgere îl constituie îndepărtarea substanțelor în suspensie, coloidale și în soluție, a substanțelor toxice, a microorganismelor etc. din apele uzate, în scopul asigurării protecției mediului înconjurător (aer, sol, emisar etc.).

#### Metode de epurare

Epurarea apelor uzate poate să fie realizată prin mijloace *mecanice* sau fizico-chimice (epurare primară), *biologice* (epurare secundară) sau *avansate* (epurare terțiară).

Pentru îndepărtarea din apele uzate a poluanților specifici apelor uzate industriale se folosesc tehnologii de epurare specifice, care utilizează procese chimice. Fiecare tehnologie folosește instalații specifice proiectate individual.

În cele mai multe cazuri, poluanții care intră în componența apelor uzate industriale pot constitui inhibitori ai procesului de epurare biologică sau chiar pot împiedica complet acest proces. În astfel de situații se impune ca procesele industriale respective să constituie subiectul unui studiu riguros în vederea prevenirii poluării la sursă prin adaptarea/modificarea tehnologiei, iar apele uzate industriale să fie epurate într-o stație de preepurare individuală înainte de deversarea acestora într-un sistem de canalizare orășenesc.[40]

### 3. Sisteme alternative pentru canalizarea apelor uzate menajere

Rețelele de canalizare, sunt sisteme care se modifică, în permanență, ca urmare a dezvoltării sau extinderii centrelor populate urbane. Zonele rezidențiale, sunt colectivități care se dezvoltă în vecinătatea centrelor populate. Colectarea și evacuarea apelor uzate trebuie să asigure condițiile de confort și igienă în cadrul acestei colectivități.

Apele de scurgere colectate și transportate prin rețelele de canalizare, trebuie să se încadreze în cerințele impuse prin normativul tehnic NTPA 002/2005, astfel încât: temperatura < 40°C; pH < 6,5 – 8,5; materii în suspensie < 350 mg/dmc; consum biochimic de oxigen CBO<sub>5</sub> < 300 mg O<sub>2</sub>/dmc; sulfati SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> < 600 mg/dmc; sulfiti SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> < 2 mg/dmc; azot amoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup> < 30 mg/dmc. [42]

#### 3.1. Criterii de alegere a schemelor și a sistemelor de canalizare

Alegerea schemei sistemului de canalizare are la bază datele configurației amplasamentului și elementele funcționale ale utilizatorului.

Pentru fiecare variantă se vor stabili prin calcule tehnice și economice: volumului total al investițiilor; planul de eșalonare a investițiilor pentru o perioadă de minim 10 ani; dotările și costurile operaționale pentru fiecare variantă; costul apei canalizate în corelație cu gradul de suportabilitate al utilizatorilor sistemului.

Schema sistemului de canalizare trebuie să se încadreze în dezvoltarea centrului populat, astfel încât serviciul de canalizare să poată asigura creșterea exigențelor utilizatorilor și dezvoltările tehnologice. [41]

#### 3.2. Determinarea debitelor apelor uzate menajere în centrele populate

Debitul apelor uzate, este în general aproximativ egal cu debitul cerințelor de apă de la sursă provenit din utilizarea apei pe tipuri de consum (casnic, public, agenți economici ș.a.).

Debitul de apă uzată care trebuie luat în considerare la calculul rețelei de canalizare, este debitul orar maxim  $Q_{uzhmax}$ , în conformitate cu SR 1343-1/2006.

$$Q_{u h max} = Q_s = K_p \times K_s \times (N_g + N_p + N_i) \quad (3.1)$$

În care:  $K_p$  - coeficientul pentru acoperirea pierderilor în rețeaua de distribuție;  $K_s$  - coeficient pentru acoperirea necesitatilor sistemului;  $N_g$  - necesarul de apă pentru nevoile gospodărești;  $N_p$  - necesarul de apă pentru nevoile publice;  $N_i$  - necesarul de apă pentru nevoile industriei locale.

#### 3.3. Calculul hidraulic al rețelelor de canalizare

Apele de canalizare conțin substanțe minerale și organice, care pot fi antrenate de curanții de apă sau care se pot depune în canal. În această categorie sunt incluse: suspensiile ușoare, uleiuri și grăsimi plutesc la suprafața curenților de apă; suspensiile mai grele (hârtie; cârpe; resturi de legume); suspensii grele (nisip; sticlă; piatră; lemn; metal), sunt antrenate spre fund prin mișcări dezordonate, producând eroziuni sau producând valuri pe fundul canalelor.

În condiții normale de funcționare, toate impuritățile din apele de scurgere trebuie să fie transportate în mod continuu de către curenții de apă, deoarece impuritățile grele, neantrenante, se depun pe fundul canalelor, provocând împotmolirea și reducerea secțiunii de scurgere a acestora, iar îndepărtarea prin mijloace mecanice a depunerilor de pe fundul canalelor, necesită cheltuieli mari.

Asupra lichidelor în mișcare, prin rețeaua de canalizare acționează forțe exterioare date de presiunea atmosferică și forțele masice date de efectul gravitației. [1], [2]

Elementele necunoscute, care urmează a fi determinate prin calcul, sunt presiunile interioare și viteza de scurgere pentru fiecare punct al lichidului aflat în mișcare.

Curenții de lichid sunt mase de lichid în mișcare, având dimensiuni transversale reduse, în raport cu lungimea pe care se produce mișcarea.

Elementele impuse dimensionării hidraulice sunt:

- **Gradul de umplere** este definit ca fiind raportul între înălțimea apei la debitul maxim în secțiune și înălțimea constructivă a canalului (h/DN);  
 $a = h/DN \quad (3.2)$

În care: **a** – gradul de umplere; **DN** – diametrul nominal, (mm); **H** – înălțimea interioară a canalului, (mm); **h** – înălțimea apei în canal, (mm)

- **Vitezele minime și maxime în colectoarele de canalizare:** Viteza minimă de autocurățire,  $v \geq 0,7$  m/s; Viteza maximă,  $v \leq 8$  m/s;
- **Diametre minime** pentru colectoarele de ape uzate cu curgere gravitațională se consideră Dn 250 mm, pentru conductele din beton. Pot fi adoptate, pentru rețele, noi din PVC și polietilenă DN=200 mm și DN=150 mm.
- **Adâncimi minime și maxime de pozare:** Adâncimea minimă de pozare a conductei, este adâncimea de îngheț, impusă fiind și de preluarea racordurilor de la utilizatori;
- **Panta longitudinală a colectorului**
  - *Rețea cu curgere gravitațională:* panta egală cu panta străzii ( $I_c = I_t$ ), dacă sensul de curgere al apei coincide cu sensul descendent al străzii; panta minimă constructivă care se va adopta este  $I_{min} = 0,001$ ; panta minimă pentru asigurarea

vitezei de autocurățire, cf. SR EN 752/2008, este  $I_{\min} \geq 1:DN$ ; panta maximă este determinată de viteza maximă a apei admisă în colectorul de canalizare;

- *Rețea cu curgere sub vacuum*: panta poate avea valori constructive după poziția colectorului sub presiune negativă sau pozitivă; panta tuburilor vacuumate între două lifturi consecutive, se va considera cu valori  $I = 0,002$ ; tuburile de canalizare vor fi realizate din PEID, PE cu diametre cuprinse între 90 – 200 mm cu îmbinări etanșe.

Dimensionarea hidraulică a colectoarelor de canalizare gravitaționale se face, în mod simplificat, considerând regimul de mișcare permanent și uniform, cu toate că regimul de mișcare este nepermanent și neuniform.

### 3.4. Modelarea hidraulică a rețelelor de canalizare

Modelarea hidraulică, este un instrument extrem de util pentru studiul fenomenelor legate de curgerea apei sub presiune sau cu suprafață liberă, legat de aplicațiile practice ale hidraulicii, concretizată prin modele fizice și modele matematice.

Complexitatea fenomenelor hidraulice a condus la necesitatea utilizării pe scară largă a metodelor experimentale de cercetare, modelarea hidraulică fiind instrumentul cel mai potrivit pentru studiul fenomenelor hidraulice pe modele la scară redusă, executate în laboratoare special amenajate. Modelele la scară redusă a apărut încă de la începuturile hidraulicii. [3],[4],[22],[23]

#### Hidraulica transportului apelor uzate, prin canale circulare cu nivel liber

Curgerea apelor uzate menajere prin canale circulare cu nivel liber, se realizează prin mișcare în **regim permanent și uniform**.

**Regimul permanent și uniform de mișcare** are loc în canale circulare cu adâncimea  $h$  constantă, prin care trec debite constante și în care se menține aceeași rugozitate. În acest caz, panta piezometrică,  $J_p$  este paralelă cu panta hidraulică  $J$  și cu panta radierului  $i$ . Formulele de bază pentru rezolvarea problemelor de dimensionare și de funcționare în acest regim sunt cele de tip **Chézy**:

$$V = C\sqrt{RJ} = C\sqrt{Ri}; \quad (3.4)$$

$$Q = AV = AC\sqrt{Ri} = Q_*\sqrt{i} \quad (3.5)$$

$$Q_* = AC\sqrt{R} \quad (3.6)$$

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6} = KR^{1/6} \quad (3.7)$$

$$C = \frac{1}{n}R^y = KR^y \quad (3.8)$$

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad (3.9)$$

În care:  $V$  – viteza de curgere, în m/s;  $Q$  – debitul de curgere, în m<sup>3</sup>/s;  $Q_*$  – modulul de debit, în m<sup>3</sup>/s;  $A$  – secțiunea conductei/canalului, în m<sup>2</sup>;  $C$  – coeficientul lui Chézy, în m<sup>0,5</sup>/s, sau coeficientul de rezistență al pierderii de sarcină distribuită din formula lui Chézy;  $n$  – coeficientul de rugozitate, care exprimă netezimea și rugozitatea pereților;  $k=1/n$  – inversul coeficientului de rugozitate;  $R = D/4$  – raza hidraulică pentru canale circulare, în m;  $D$  – diametrul conductei/canalului, în m;  $g$  – accelerația gravitațională, în m/s<sup>2</sup>;  $\lambda$  – coeficientul de rezistență Darcy, sau coeficientul de rezistență al pierderilor de sarcină lineare.

Pentru calculul conductelor sub presiune și al canalelor cu nivel liber se pot folosi formulele: Manning (3.7), Pavlovski (3.8) sau Darcy (3.9).

Mișcările *nepermanente* cu suprafața liberă iau naștere la schimbări de debite și de niveluri și au caracter ondulatoriu, ca și mișcările nepermanente sub presiune. Valurile produse de vânt, deplasări de vapoare, cutremure de pământ etc. sunt mișcări nepermanente fără transport de fluid, iar undele de viitură și de inundație pe râuri, precum și denivelările bruște din canale în râuri la manevrări de stavile (salturile) sunt mișcări nepermanente cu transport de fluid. La manevrări lente de stavile apar mișcări *lent variabile* și *gradual variate*, iar la manevrări bruște de stavile iau naștere mișcări nepermanente *rapid variate*. [13], [14]

#### Canale circulare în regim de mișcare turbulentă de tranziție sau prepătratică

Între dreapta I specifică regimului laminar de mișcare ( $\log Re < 3,366$ ) și dreapta II specifică regimului turbulent de mișcare trece de la regimul laminar la regimul turbulent, zonă în care  $\lambda = \lambda(Re)$ .

În regim turbulent de mișcare, pentru conducte și canale în reprezentare lui Nicuradze, puțin rugoase, punctele s-au situat în zona III, denumită *turbulentă de tranziție* sau *prepatratică*, iar pentru conducte rugoase punctele s-au situat în zona IV, denumită *patratică*.

Punctele de trecere de la conducte netede la zona turbulentă de tranziție se găsesc pe curba de ecuație: [12], [14], [17], [20], [21]

$$Re\sqrt{\lambda} \frac{\Delta}{D} = 14. \quad (3.10)$$

$\lambda$  se poate determina din formula lui Colebrook-White:

$$\lambda = \frac{1}{\left[1,74 - 2 \log \left( \frac{2\Delta}{D} + \frac{18,7}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right) \right]^2} \quad (3.11)$$

Diametrul și viteza canalului, în ipoteza funcționării acestuia la plin, se determină cu ajutorul relațiilor:

$$Q_p = \frac{\pi D^2}{4} \cdot C \sqrt{Ri} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{\frac{D}{4}} i = 3,47 \frac{1}{\sqrt{\lambda}} D^{5/2} \cdot \sqrt{i} \quad (3.12)$$

$$V_p = C \sqrt{Ri} = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{\frac{D}{4}} i = 4,42 \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \cdot D^{1/2} \cdot \sqrt{i} \quad (3.13)$$

Pentru calcularea vitezei reale  $V$  se determine raportul  $V_h/V_p$  corespunzător adâncimii de apă  $h$ , în funcție de raportul  $Q_h/Q_p$ . Considerând că odată cu similitudinea geometrică se realizează și similitudinea hidraulică, pentru canale circulare  $K = 1/n = 90$ , în figura 3.1 și figura 3.2, sunt redată rapoartele  $Q_h/Q_p$  și  $V_h/V_p$  calculate în funcție de  $h/D$ .

În cazul canalelor cu nivel liber pentru care raportul  $h/D > 0,5$  dimensionarea se va face în regim turbulent pepătratic, folosind relațiile:

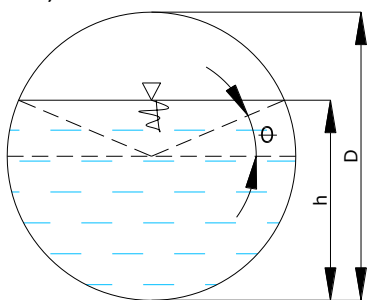


Fig. 3.1. Canal circular -  $h/D > 0,5$

$$Q_h = A_u \cdot C_h \cdot \sqrt{R_h} \cdot i \quad (3.14)$$

$$V_h = C_h \cdot \sqrt{R_h} \cdot i \quad (3.15)$$

$$Q_h = 8,86 \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda_h}} \cdot A_u \cdot \sqrt{R_h} \cdot \sqrt{i} \quad (3.16)$$

$$V_h = 8,86 \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda_h}} \cdot \sqrt{R_h} \cdot \sqrt{i} \quad (3.17)$$

$$\frac{Q_h}{Q_p} = 2,55 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda_h}} \cdot \sqrt{\frac{R_h}{D}} \cdot \frac{A_u}{D^2} \quad (3.18)$$

$$\frac{V_h}{V_p} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda_h}} \cdot \sqrt{\frac{R_h}{D}} \quad (3.36)$$

În cazul canalelor cu nivel liber pentru care raportul  $h/D < 0,5$  dimensionarea se va face în regim turbulent pepătratic, folosind relațiile:

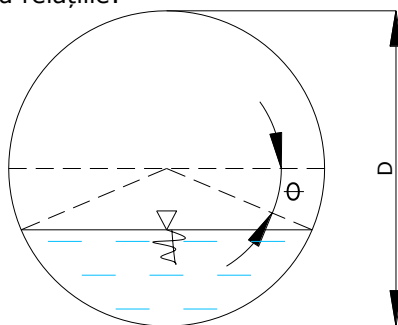


Fig. 3.2. Canal circular -  $h/D < 0,5$



$$Q'_h = A'_u \cdot C_h \cdot \sqrt{R'_h \cdot i} \quad (3.19)$$

$$V'_h = C_h \cdot \sqrt{R'_h \cdot i} \quad (3.20)$$

$$Q'_h = 8,86 \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda_h}} \cdot A'_u \cdot \sqrt{R'_h} \cdot \sqrt{i} \quad (3.21)$$

$$V'_h = 8,86 \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda_h}} \cdot \sqrt{R'_h} \cdot \sqrt{i} \quad (3.22)$$

$$\frac{Q'_h}{Q_p} = 2,55 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda_h}} \cdot \sqrt{\frac{R'_h}{D}} \cdot \frac{A'_u}{D^2} \quad (3.23)$$

$$\frac{V'_h}{V_p} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda_h}} \cdot \sqrt{\frac{R'_h}{D}} \quad (3.24)$$

### Hidraulica transportului apelor uzate, prin pompare

Pompele sunt mașini hidraulice, care ridică apa uzată de la o cotă inferioară, căminu de vizitare  $CV_i$ , la un cămin cu cotă superioară  $CV_j$ .

Conductele de aspirație și de refulare sunt conducte prin care se ridică apa de la o cotă energetică mai mică la o cotă energetică mai mare, cu ajutorul pompelor (fig. 3.3).

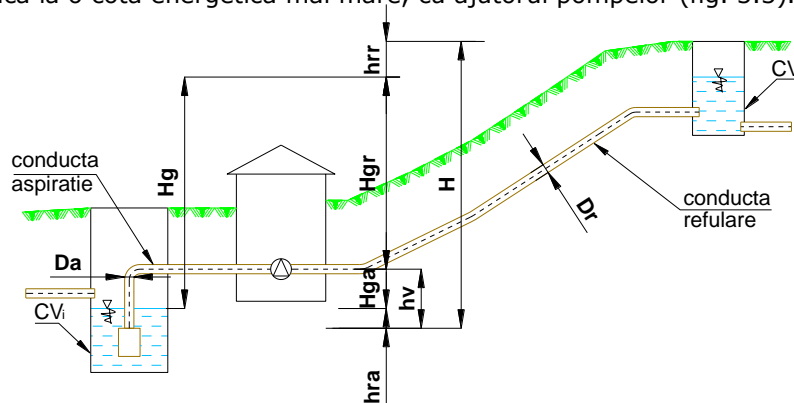


Fig. 3.3. Schema de calcul la conducta de aspirație și de refulare  $CV_i$ ,  $CV_j$  - cămine de vizitare; P - pompă

### Scheme de stații de pompare ape uzate menajere

Stațiile de pompare ape uzate, se prevăd în localități cu pante reduse ale terenului și cu nivel freatic ridicat, amplasate în cămine de vizitare subterane, cu scopul de a reduce adâncimea de pozare și de simplifica atât execuția cât și exploatarea rețelelor.

Se pot utiliza stații de pompare cu cameră umedă sau uscată, echipate cu pompe cu ax vertical sau ax orizontal și stații de pompare în cameră uscată cu separare de solide. Sunt utilizate de regulă pompele cu ax vertical, montate în cămine de vizitare.

Stațiile de pompare, pot fi de TIP monobloc din polietilenă sau de TIP prefabricate din beton. [31]

### Hidraulica transportului apelor uzate, prin canale circulare vacuumate

Funcționarea sistemelor vacuumate de canalizare este determinată de pierderea de vacuum, în regim static și dinamic de funcționare, produse de lifturile amenajate (inchise și deschise), de frecările apei cu pereții conductelor de transport și de aerul aspirat la deschiderea supapelor de vacuum.

Pierderile de vacuum, în regim dinamic de funcționare, sunt cauzate de frecările dintre fluidul transportat cu peretele conductei, dar și de aspirația aerului, la deschiderea supapelor de vacuum din căminele colectoare de ape uzate.

Pierderile de vacuum, în regim static, sunt determinate de mărimea vacuumului, în cazul în care apa stăionează, supapele de vacuum sunt închise și dopul de apă a cedat.

Pierderile totale ale presiunii vacuumetrice, în regim static de funcționare sunt date de diferența dintre presiunea din rezervorul de vacuum și presiunea din punctul de colectare, cel mai îndepărtat situat înainte de supapa de vacuum. [7],[8],[10],[41]

### 3.5. Sisteme alternative de canalizare

Apele preluate de rețeaua de canalizare, pot fi: ape uzate menajere; industriale; dejecții animale; tehnologice și de la unitățile publice.

Buna funcționare a canalizării menajere este influențată de prezența apelor subterane și precipitațiilor atmosferice, care se pot infiltra în rețelele de canalizare, determinând deteriorarea proceselor de epurare. Exfiltrațiile de apă uzată pot contribui la degradarea apelor subterane, în cazul utilizării lor ca sursă de apă potabilă.

Zonele rezidențiale sunt colectivități care se dezvoltă în vecinătatea centrelor populate. Colectarea și evacuarea apelor uzate trebuie să asigure condițiile de confort și igienă în cadrul acestei colectivități.

Apele uzate menajere din zonele rezidențiale se vor epura împreună cu apele uzate menajere colectate de pe vatra centrului populat.

Colectarea apelor de scurgere uzate menajere și meteorice se pot clasifica după:

- modul de colectare: sistem separativ; sistem unitar; sistem mixt
- forma rețelei: rețele ramificate/arborescente;
- modul de curgere: sistem de canalizare **gravitațional** (cu nivel liber -  $p = p_{at}$ ); sistem de canalizare **gravitațional cu pompă** -  $p > p_{at}$ ; sistem de canalizare **vacuumat** -  $p < p_{at}$ .

**Sistemul de canalizare gravitațional**, asigură curgerea liberă a apei colectate  $p = p_{at}$ . Acest sistem este cel mai des întâlnit, fiind recomandat în zonele cu pante mari a terenului.

**Sistemul de canalizare gravitațional cu pompă**, este un sistem combinat între rețeaua gravitațională și conducta de refulare de la stația de pompă. În sistemul de canalizare prin pompă, se asigură curgerea sub presiune a apei colectate printr-o stație de pompe  $p > p_{at}$ . Acest sistem se folosește în cazul în care nu se poate realiza curgerea gravitațională a apelor uzate menajere. Aceste sisteme sunt recomandate în zonele cu contra pantă a terenului [16].

**Sistemul vacuumat de canalizare**, asigură transportul apelor uzate menajere la presiuni mai mici decât presiunea atmosferică ( $p < p_{at}$ ). Acest sistem se recomandă în zonele de șes, pentru cartierele rezidențiale dezvoltate în vecinătatea centrelor populate urbane, în spațiile înguste cu construcții sensibile, în terenurile cu nivelul ridicat a apelor freactice sau în zonele istorice din cadrul centrelor populate [9],[16],[24],[25],[26],[27]

#### 4. Analiza dinamică – comparativă a costurilor

Pentru o utilizare eficientă a calculației comparative de cost, este necesar să se cunoască, atât statutul metodologic al metodei în cadrul setului de metode de evaluare utilizat în practică cât și limitările acesteia față de alte instrumente disponibile care se bazează pe abordări asemănătoare sau similare, dar care urmăresc alte ținte și obiective.

Comparația de costuri este utilizată pentru a selecta soluția cea mai economică din cadrul unui set de alternative relevante din punct de vedere decizional, concepute pentru a atinge un obiectiv de performanță impus. Metoda contribuie la transpunerea în practică a principiului economic conform căruia un obiectiv specificat trebuie realizat cu un minim de resurse.

**Metoda comparației de costuri** permite doar o concluzie cu privire la avantajele relative ale unei opțiuni, adică oferă factorilor de decizie informații cu privire la gradul în care soluția A este mai rentabilă decât soluția B. Metoda nu evidențiază avantajele absolute ale unei alternative, adică nu răspunde la întrebarea dacă beneficiile sunt mai mari decât costurile, aspectele legate de utilitate nefiind luate în considerare în această abordare, orientată exclusiv pe costuri. [39]

#### 5. Studii și cercetări experimentale

##### 5.1. Studiu de caz – Cartier rezidențial Giarmata

Pentru realizarea studiului de caz, s-a ales un centru populat amplasat în **Cartierul rezidențial Giarmata**, județul Timiș, la km 15 + 00 al DJ 691 Timișoara – Pișchia și după intersecția cu Autostada Nădlac-Arad-Timișoara, într-o zonă de șes, cu un număr de 450 locuitori și 116 parcele.

Studiul de caz a pus în evidență, sub aspect tehnic, economic, ecologic și social, varianta posibilă, care trebuie promovată pentru colectarea și evacuarea apelor uzate provenite din cadrul acestor colectivități.

Studiile comparative s-au efectuat pentru următoarele trei situații: sisteme clasice de canalizare gravitaționale cu nivel liber, la care transportul apelor uzate menajere se face la presiune egală cu presiunea atmosferică ( $p = p_{at}$ ); sisteme de canalizare sub presiune cu pompă, la care transportul apelor uzate menajere se face la presiuni mai mare decât presiunea atmosferică ( $p > p_{at}$ ); sistemelor de canalizare vacuumată, la care transportul apelor uzate menajere se face la presiuni mai mici decât presiunea atmosferică ( $p < p_{at}$ ). Debitul de apă uzată orar maxim:  $Q_{uz\ omax} = 8,92$  mc/h.

##### Analiza tehnică

Lungimile pe diametrii la rețeaua de canalizare menajeră, prezentului studiu de caz, sunt figurați în tabelul 5.1. Se constată că lungimea conductei rețelei la sistemul de canalizare prin vacuum este mai mic, față de lungimea conductei rețelei la sistemul de canalizare gravitațional sau a sistemului de canalizare gravitațional cu pompă.

Tab. 5.1 – Diametre/lungimi conductă rețea

Sistem de canalizare	Diametru/lungimi conductă rețea (m)					Camin vizitare (buc)	Stații de pompă (buc)	vană îngropată (buc)
	Dn 250	Dn 300	D 110	D 125	TOTAL			
Gravitațional (curgere liberă)	2190	145	-	-	<b>2335</b>	61	-	-
Gravitațional cu pompă (sub presiune)	2080	145	110	-	<b>2335</b>	59	2	-
Vacuumată (presiune negativă)	-	-	1920	45	<b>1965</b>	-	-	17

## Analiza economică

În urma evaluării prezentului studiu de caz, în tabelul 5.2, sunt evidențiate valorile totale în EURO, pentru fiecare sistem în parte. Se poate observa, că valoarea de investiție pentru sistemul de canalizare prin vacuum, este mai redus decât sistemul de canalizare gravitațional sau a sistemului de canalizare gravitațional cu pompă.

Tab. 5.2 – Analiza economică

Sistem de canalizare	Racorduri			Rețea			TOTAL EURO
	buc	EURO/buc	TOTAL EURO	ml	EURO/ml	TOTAL EURO	
Gravitațional (curgere liberă)	115	663.3	76,284.7	2,335.0	61.97	144,706.8	<b>220,991.6</b>
Gravitațional cu pompă (sub presiune)	115	663.3	76,284.5	2,335.0	60.31	140,829.8	<b>217,114.3</b>
Vacuumată (presiune negativă)	115	595.9	68,523.1	1,965.0	49.98	98,202.3	<b>166,725.4</b>

1 Euro=4,4 lei

Sub aspect economic, sistemul vacuumat este cu 24,56% mai ieftin decât cel gravitațional, iar sistemul de canalizare prin pompă este cu numai 1,75% mai ieftin decât cel gravitațional.

## Analiza impactului asupra mediului înconjurător

Evaluarea impactului asupra mediului este o procedură prin care sunt evidențiate efecte negative pe care un proiect, public sau privat, le poate avea asupra mediului. Prin acest procedeu de evaluare sunt stabilite și măsurile care se impun pentru diminuarea sau compensarea efectelor nocive cu privire la igiena și sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului. [29], [30], [35], [36], [37]

Metoda folosită pentru evaluarea impactului, se bazează pe estimarea indicilor de calitate a mediului pe baza scării de bonitate a acestora. Pentru fiecare dintre factorii de mediu (apă, aer, sol, flora - faună și așezări umane) se calculează indicele de calitate pentru care se obține o notă de bonitate (Nb) acordată în funcție de rezultatul probelor și a analizelor de mediu.

Din analiza notelor de bonitate acordate rezultă o serie de concluzii care permit încadrarea factorilor de mediu menționați în limitele admisibile stabilite în conformitate cu legislația în vigoare. Metoda permite calcularea indicelui de poluare globală ( $I_{PG}$ ). Astfel, cu ajutorul notelor de bonitate pentru indicii de calitate atribuiți factorilor de mediu se construiește o diagramă în care starea ideală a mediului este reprezentată grafic printr-o figură geometrică regulată înscrisă într-un cerc cu raza egală cu 10 unități de bonitate, a cărei formă geometrică depinde de factorii de mediu analizați. Reprezentarea grafică se face prin metoda ilustrativă Rojanschi. Starea ideală ( $S_i$ ) este reprezentată grafic printr-o formă geometrică regulată înscrisă într-un cerc cu raza de 10 unități de bonitate. Starea reală ( $S_r$ ) este reprezentată grafic printr-o formă geometrică neregulată obținută prin unirea punctelor, ce reprezintă valoarea echivalentă a indicelui de calitate în scara de bonitate, formă înscrisă în forma geometrică regulată a stării ideale. Rezultă dintr-un raport între suprafața ce reprezintă starea ideală ( $S_i$ ) și suprafața ce reprezintă starea reală ( $S_r$ ). [28],[34]

Pentru aprecierea **impactului produs asupra mediului înconjurător**, s-a făcut un studiu comparativ a celor 3 sisteme de canalizare (sistem de canalizare gravitațional, prin pompă și vacuumat), luându-se în discuție factorii de mediu. În acest sens pentru obiectivul analizat, s-a realizat încadrarea calității fiecărui factor de mediu, pe o scară de bonitate de la 1 la 10. Prin realizarea obiectivului, se urmărește reducerea poluării mediului înconjurător ca urmare a activităților umane în centre populate. [29],[30]

## Evaluarea costurilor de investiție

În acest subcapitol se va face o analiză dinamic-comparativă a costurilor între cele 3 alternative studiate de colectarea apelor menajere din **zona rezidențială a comunei Germata**. Descrierea abordării de bază, calculul valorilor actualizate de cost și costurile anuale, analiza de sensibilitate în raport cu ratele variabile ale dobânzii și creșterea prețului la energie.

În urma evaluării celor 3 alternative, din punct de vedere economic rezultă un avantaj clar al utilizării **sistemului de canalizare vacuumat**.

## 5.1. Verificarea funcționării sistemelor vacuumate de canalizare

### Caracteristicile geometrice și hidraulice ale instalațiilor

Poligonul experimental, pentru canalizarea vacuumată a apelor uzate menajere, din cadrul **Departamentului de Hidrotehnică, Facultatea de Construcții, Universitatea Politehnică Timișoara**, este o realizare unică pe plan mondial prin mărime, a fost folosit pentru stabilirea condițiilor specifice de transport a fluidelor bifazice, privind: raportul apă/aer; configurația rețelelor de canalizare în plan orizontal și vertical; poziția și mărimea buclelor realizate; mărimea vacuumului necesar pentru transportul apelor uzate menajere; diferențele de nivel pentru transportul fluidelor pe terenurile cu contrapantă.

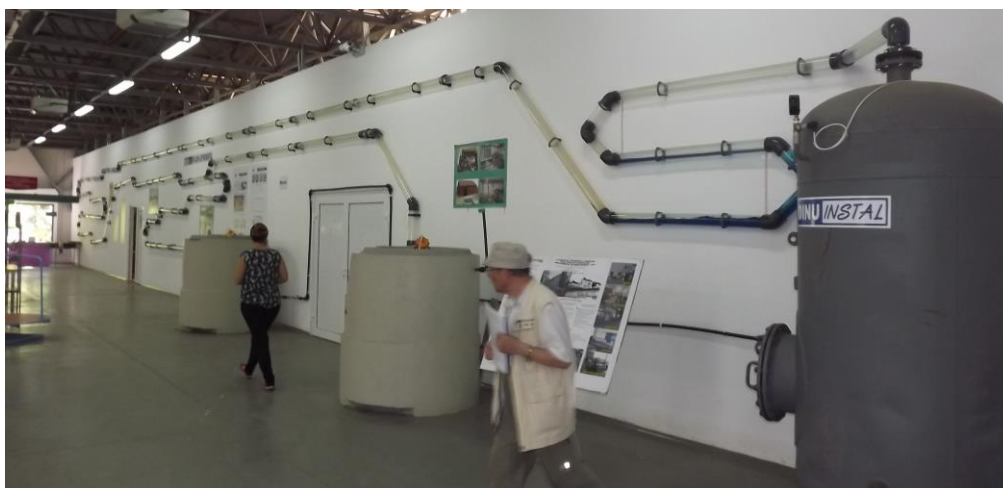


Fig.5.1. Poligon experimental pentru studiul și cercetarea sistemelor vacuuate de canalizare

Observațiile desprinse din cadrul cercetărilor experimentale, au servit pentru stabilirea instrucțiunilor privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor vacuuate de canalizare, atât pentru studiul de caz al autoarei cât și pentru instalația realizată în loc. Borș, jud. Bihor, aflată deja în funcțiune, din anul 2013.

Concluziile detaliate privind funcționarea și exploatarea sistemelor vacuuate de canalizare, vor fi evidențiate într-o teză de doctorat distinctă, aflată în derulare.

#### **Observații asupra funcționării modelului experimental**

Observațiile asupra funcționării modelului experimental, sunt următoarele: verificarea funcționării în timp a supapelor de tip ISAKI; modul de funcționare a sistemului vacuumat, constituit din unul sau două cămine colectoare, cu debite variabile în timp, prin combinațiile posibile între debitele evacuate în sistemul vacuumat; urmărirea timpului de umplere și declanșare de pornire – oprire a supapelor; comportarea ramificațiilor în raport cu schimbările de direcție (coturi); diferența maximă de nivel aramificațiilor în pantă și contrapantă; mărimea depresiunii maxime (-0,4 bar) și minime (-0,7 bar); Mărimea pierderilor de sarcină pentru tronsoanele orizontale; stabilirea raportului dintre debitele de apă și aer, fiind considerat 1 : 3 (o parte apă și trei părți aer), pentru sistemele mici de canalizare vacuumată; volumul de apă aspirat din căminul de 40 l, este de 3 sec; dopul de apă se formează din 40 l apă și 120 l aer. La 40 l apă, considerând diametrul conductei de 100 mm, corespunde 5 ml, reprezintă echivalentul a 40 buc. sticle de apă; panta optimă, se consideră de 2 : 1000. Dopul de apă se dezintegrează după 50 – 60 ml, într-o curgere laminară, situație în care se realizează o egalizare a presiunilor. Această observație, este importantă în funcționarea sistemului vacuumat, pentru a se evita depunerile în conducte, apa de scurgere fiind un fluid bifazic;

#### **Comportarea funcționării sistemului vacuumat de canalizare, din localitatea Borș, jud. Bihor**

Sistemul vacuumat de canalizare de la localitatea Borș, județul Bihor, reprezintă prima realizare de acest gen din România, intrat în funcțiune la începutul anului 2013.

Elementele fundamentale pentru proiectare, execuție și exploatarea sistemului vacuumat de canalizare de la localitatea Borș, sunt rezultatul observațiilor din cadrul cercetărilor experimentale, efectuate în cadrul poligonului experimental din laboratorul Departamentului de Hidrotehnică, Facultatea de Construcții de la Universitatea Politehnică Timișoara.

## **5.2. Caracteristicile sistemelor alternative de canalizare**

### **Compararea sistemelor vacuumat și gravitațional de canalizare**

Compararea sistemelor de canalizare vacuumată față de gravitațional, sa realizat după următoarele criterii: adâncimea de pozare în șanț a conductei; elasticitatea conductei pe traseu; tipul de material și îmbinare a conductei.

#### **a) Adâncimea de pozare în șanț a conductei**

La sistemul de canalizare prin **vacuum**: adâncimea de pozare a conductei, este în medie de 1,2 m; Conducta folosită, este din polietilenă cu diametre mici; Se folosesc în execuție utilaje ușoare pentru săpat șanțurile; Sunt cheltuieli minime pentru umplutura șanțurilor și aducerea terenului la starea inițială.

La sistemul de canalizare **gravitațional**: adâncimea de pozare a conductei, este în medie de 3 - 5 m; Conducta folosită, este din polietilenă cu diametre mari; Se folosesc în execuție utilaje cu gabarit mare pentru săpat șanțurile; Cheltuielile de săpătură și umplere a șanțului sunt foarte ridicate în terenuri pietroase și/sau cu panza freatică ridicată. [43]

#### **b) Elasticitatea conductei pe traseu**

La sistemul de canalizare prin **vacuum**: se folosește conductă din polietilenă, ea oferind o flexibilitate în pozare; adaptabilitate la diverse condiții de sol și de teren; poate ocoli obstacole; funcționează și în contrapantă; sistemul nu necesită montarea căminelor de vizitare.

La sistemul de canalizare **gravitațional**: se folosesc conducte din PVC; sistemul este rigid în alegerea traseului în plan orizontal și vertical; la intersecția cu rețelele subterane, se necesită cămin de rupere de pantă; sunt necesare montarea căminelor de vizitare. [43]

#### **c) Tipul de material și îmbinare a conductei**

La sistemul de canalizare prin **vacuum**: se folosește conductă din polietilenă; îmbinările prin sudură a tuburilor de polietilenă, sunt etanșe; datorită elasticității conductei din polietilenă, conducta nu se fisurează; datorită sudurii conductei, nu sunt infiltrații și exfiltrații.

La sistemul de canalizare **gravitațional**: se folosesc conducte din PVC; îmbinarea conductei din PVC, se realizează prin mufare; deoarece conducta din PVC este rigidă, pot apărea fisuri și ruperi; pot apărea infiltrații din apa freatică și exfiltrații din conducta de canalizare.; datorită infiltrațiilor în conducta de canalizare, se mărește cheltuielile de epurare a apei uzate menajere transportate la stația de epurare. [43]

## **6. Concluzii generale, contribuții personale, perspective și recomandări**

În urma analizei făcute din punct de vedere tehnico-economic, se constată că sistemul de canalizare menajeră vacuumat, este cea mai recomandată metodă tehnologie modernă, ecologică și economică, care se poate utiliza în centrele populate de până la 10.000 locuitori, situate în zona de șes; complexe turistice; extindere cartiere.

Studiul de caz a pus în evidență sub aspect tehnic și economic, variantele posibile pentru colectarea, transportul și evacuarea apelor uzate menajere prin rețele de canalizare. În urma analizei, care s-a efectuat, a rezultat că sistemul vacuumat de canalizare, este cel mai avantajos din punct de vedere al cerințelor tehnice, economice și a celor legate de protecția mediului înconjurător.

### **6.1. Contribuții personale și elemente de originalitate**

Lucrarea conține numeroase și însemnate contribuții în domeniul tehnico-științific al metodei de comparare din punct de vedere tehnic, economic, ecologic și social al sistemelor alternative de canalizare din centrele populate. La aceste contribuții s-au făcut referiri pe parcursul lucrării, iar în continuare sunt evidențiate contribuțiile personale și elementele de originalitate aduse în cadrul lucrării, după cum urmează:

1. Sistematizarea unei vaste și actuale documentații, existente la ora actuală în literatură de specialitate, privind aplicarea sistemelor alternative de canalizare a apelor uzate menajere, din cadrul centrele populate.
2. Definește rolul și importanța sistemelor alternative de canalizare, pentru colectarea și transportul apelor de scurgere de pe vatra centrelor populate.
3. Introduce în criteriul de clasificare a sistemelor de canalizare, calitatea apelor de scurgere (uzate menajere; meteorice și tehnologice), cât și tipul de curgere și colectare (nivel liber  $p=pat$ ; sub presiune  $p>pat$  și sub vacuum  $p<pat$ ), astfel încât sistemul alternativ de canalizare poate fi considerat ca fiind un sistem mixt de canalizare.
4. Efectuarea unei sinteze documentare completă pe baza bibliografiei consultate, pentru evoluția și caracteristicile sistemelor alternative de canalizare a apelor uzate menajere, provenite de pe vatra centrelor populate.
5. Evidențiază criteriile de bază pentru proiectarea sistemelor alternative de canalizare a apelor de scurgere, de la diferite tipuri de localități; platforme și unități industriale.
6. Evidențiază oportunitatea utilizării tuburilor din PVC cu diametrul de 200 mm și chiar 160 mm, la canalizarea apelor uzate cu debite mici și foarte mici, cu condiția asigurării unor grade de umplere  $h/Dn > 0,5$ .
7. Elaborarea proiectului de canalizare din cadrul studiului de caz pentru trei variante alternative (canalizare gravitațională cu nivel liber, canalizare gravitațională cu pompă și canalizare vacuumată).
8. Analiza comparativă sub aspect tehnic; economic; ecologic și social, privind alegerea sistemului care urmează a fi promovat.
9. Studiul de impact elaborat pentru analiza alternativelor proiectate, a scos în evidență efectul factorilor de mediu (apă; aer; sol; așezări umane și flora-fauna), în baza cărora a fost evidențiată alternativa optimă, pentru derularea documentațiilor tehnice.
10. Realizarea studiului de impact pentru cele trei sisteme de canalizare studiate, evidențiu-se oportunitatea de implementare a sistemului de canalizare vacuumat.
11. Stabilește cu ajutorul analizei dinamico – comparativă, criteriile de departajare pentru implementarea soluției optime, din punct de vedere tehnic; economic; social și ecologic, din cadrul alternativelor analizate.
12. Evidențiază pe baza cercetărilor experimentale cu instalația de canalizare vacuumată din cadrul Poligonului experimental de la UP Timișoara, raportul apă/aer = 5/1 – 6/1, pentru transportul apelor uzate.
13. Stabilește, cu ajutorul Poligonului experimental de la UP Timișoara, distanțele minime de 5 m, de la buclele de întoarcere a rețelelor vacuumate și prima ramificație colectoare, cu scopul de a evita inversarea curenților de scurgere și blocarea evacuărilor spre buclele de întoarcere.
14. Evidențierea avantajelor și dezavantajelor sistemului de canalizare vacuumat, față de metodele clasice.

15. Evidențiază oportunitatea utilizării sistemelor de canalizare vacuumată și pentru terenurile în contrapantă, în cazul în care diferența de nivel nu depășește 4 m.
16. Recomandă ca dimensionarea și verificarea rețelelor alternative de canalizare să se facă în regim tranzitoriu, utilizând pentru coeficientul de rezistență  $\lambda$ , formula lui Colebrook-White.
17. Stabilește relațiile hidraulice pentru calculul canalelor cu nivel liber, în regim tranzitoriu turbulent, punând în evidență, gradul de umplere, în raport  $Q/Q_p$  și  $V/V_p$ .
18. Studiul de caz efectuat pentru o localitate rurală, situată într-o zonă de șes, a pus în evidență alternativa de canalizare optimă, din punct de vedere al cerințelor tehnice; economice; sociale și ecologice, sistemul vacuumat dovedindu-se ca fiind cel care răspunde cel mai bine cerințelor de siguranță și de confort ambiental, pentru colectivitatea umană.

### 6.1. Recomandări și perspective

19. Recomandă utilizarea sistemelor alternative, pentru canalizarea apelor de scurgere (uzate menajere și pluvial), în localitățile și cartierele din zonele istorice, cu străzi înguste, nivel freatic ridicat și teren nisipos – curgător.
20. Stabilirea regulamentelor de exploatare a sistemelor alternative, la specificul combinațiilor posibile și în raport cu tipul de scurgere (nivel liber; sub presiune; sub vid/vacuum).

### BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. **Arsenie, D., Florea, M. (1998)**, *Hidraulica*. Ovidius University Press, Constanța.
2. **Bartha I., Javgureanu V. (1998)** – *Hidraulică. Vol. 1*. Editura Tehnică, Chișinău.
3. **Cioc D. (1967)** – *Mecanica fluidelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
4. **Cioc, D. (1983)**, *Hidraulică*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, ediția a II-a.
5. **Dîma M. (1998)**, *Epurarea apelor uzate urbane*. Editura Junima, București,
6. **Drăghici N. (1971)** – *Conducte pentru transportul fluidelor*. Editura Tehnică, București.
7. **Fabry Gy., Peter A. (2005)** - *The vacuum sewerage system*. Conf. for Young Professionals, Bucharest, June 15-17
8. **Fabry Gy., Peter A. (2006)** - *Transportul pneumatic cu ajutorul vidului a apei menajere uzate comunale*. Conferinta ARA 2006
9. **Fabry Gy. (2008a)** - *The desing and establishment of an experimental vacuum fluid conveying pilot plant test rig at the Faculty of Hydrotechnics of the "Polytechnics" Univ. of Timisoara*. Ph. D. thesis, Szent Istvan Univ., 2103 Godollo, Hungary, 9-13
10. **Florea J., Robescu D., Petrovici T., Stamatoiu D. (1987)** – *Dinamica fluidelor polifazice și aplicațiile ei tehnice*,. Editura Tehnică, București.
11. **Gamerith V., 2011** - *High resolution online data in sewer Water quality modelling*. *Schriftenreihe zur wasserwirtschaft*, Technische Universitat Graz, p.42-51
12. **Giurconiu M., Jura C., Popa Gh., Mirel I. (1964)** - *Hidrauliches und Wirtschaftliches studium des Betriebssystems: Abwassernetz - Sammelbehälter - Pumpen bei Kanalisierung*. Mitteilung der Konferenz für Wasserkraftmaschinen, Timisoara.
13. **Giurconiu M., Mirel I., Retezan A., Sîrbu. I. (1983)** – *Culegere de problem de hidraulică teoretică și aplicată*. Lit. I.P. "Traian Vuia", Timisoara.
14. **Giurconiu M., Mirel I., Retezan A., Sîrbu. I. (1989)** – *Hidraulica construcțiilor și instalațiilor hidroedilitare*. Editura Facla, Timisoara.
15. **Giurconiu M., Mirel I., Chivoreanu D., Rusu R., Carabet A. (1995)** - *Consideratii cu privire la majorarea capacitatii de transport a rețelei de canalizare a municipiului Timisoara*. Lucrarile sesiunii jubiliare de comunicari stiintifice „Aniversarea a 75 de ani de la infiintarea Scolii Politehnice Timisoarene”.
16. **Giurconiu M., Mirel, I., Carabeț A., Chivoreanu D., Florescu. C., Staniloiu C. (2002)** - *Constructii si instalatii hidroedilitare*. Editura de Vest, Timisoara.
17. **Iamandi, C., Petrescu, V., Damian, R.(1994)** – *Hidraulica instalațiilor*. Editura Tehnică, București.
18. **Ianculescu D.O., Ionescu Gh., Racoviteanu R. (2001)** – *Canalizari*. Editura MATRIX ROM, Bucuresti.
19. **Ianculescu D.O., Molnar A., David C. (2002)** – *Stații de epurare de capacitate mică*. Editura MATRIX ROM, Bucuresti.
20. **Idelcik I. E. (1984)** – *Îndrumător pentru calculul rezistențelor hidraulice*. Editura Tehnică, Bucuresti.
21. **Kiselev P.G. (1988)** – *Îndreptar pentru calcule hidraulice (traducere din limba rusă)*. Editura tehnică București.
22. **Mateescu Cr.(1963)** - *Hidraulică. Ed.Did. și Ped.* București.
23. **Mirel, I.(1986)** - *Hidraulică și construcții edilitare*, Litografia I.P. "Traian Vuia", Timișoara.

24. **Mirel I., Man T.E., Fabry G., Peter A. (2008a)** - *Utilizarea sistemelor vacuumate alternative la canalizarea gravitațională a apelor uzate provenite de la gospodăriile colectivităților situate în zona de șes.* Hidrotehnică, 53(9/10), 41-49.
25. **Mirel I., Fabry A., Peter A., Carabeț A., Stăniloiu C., Olaru I. (2010).** - *Utilizarea sistemelor vacuumate de canalizarea pentru colectarea și evacuarea apelor uzate menajere provenite de pe vatra colectivităților rurale.* Rom Aqua an XVI, nr.4/2010, vol.70. 7-14
26. **Panfil C., Mirel I., Gîrbaciu A. (2011)** - *Alternative privind canalizarea apelor uzate menajere din centrele populate amplasate în zone cu pante reduse ale terenului.* Hidrotehnică, 56(70), Fascicola 2, 2011.
27. **Panfil C.(2011)** - *Study of alternative sewage wastewater from population centers.* Workshop-ul nr.1 din cadrul proiectului "Spre cariere de cercetare prin studii doctorale", Contract: POSDRU/107/1.5/S/77265 "INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII", 24-25 Noiembrie 2011 Universității "POLITEHNICA" din Timișoara
28. **Panfil C., Mirel I., Gîrbaciu A., Baliga D. (2012)** - *The impact of alternative sewage systems on the environment.* 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM2012; Albena; Bulgaria; ISSN 1314-2704; vol 5 2012; numar pagini 8 (905-912).
29. **Panfil C., Mirel I., Szigyaró I., Isacu M. (2012)** - *Technical, economical, social and ecological characteristics of vacuum sewage system.* International Conference „ECOIMPULS 2012 - Environmental Research and Technology” October 25 – 26, 2012 - Regional Business Center Timisoara, Romania
30. **Panfil C.(2013)** - *Technical, and ecological characteristics of vacuum sewage system.* Workshop-ul nr.3 din cadrul proiectului "Spre cariere de cercetare prin studii doctorale", Contract: POSDRU/107/1.5/S/77265 "INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII", 30-31 Mai 2013 - Universitatea din Pitești.
31. **Perju S. (2009)** - *Statii de pompare in sisteme de alimentari cu apa si canalizari.* Editura CONSPRES, Bucuresti
32. **Pîslărașu I., Rotaru N. și Tigoianu V.(1965)** – *Canalizări.* Editura tehnică București.
33. **Robescu D., Lanyi S., Constantinescu I. (2000)** – *Tehnologii, instalații și echipamente pentru epurarea apei.* Editura Tehnică București
34. **Rojanschi V., (1995)** *Impact assessment and environmental strategies,* Ecological University, Bucharest, Romania.
35. **Rojanschi V.; Bran F. Si Diaconu Gh. (2002)** - *Protecția și ingineria mediului,* ediția a II-a, Editura Economică, București
36. **Rojanschi V., Bran F. (2002)** - *Environmental policies and strategies Book/Economical.* Editura, Romania, vol. 1/issue 1, pp 431.
37. **Rojanschi V.; Grigore F., Ciomoș V. (2008)** – *Ghidul evaluatorului și auditorului de mediu,* Editura Economică, București
38. \*\*\* **Broșură informativă – Iseki Vacuum Systems** - *Sisteme de colectare a apelor uzate cu vid.*
39. \*\*\* **Ghid metodologic Noiembrie 2011** – *Analiza dinamico – comparativă a costurilor.*
40. \*\*\* **Indicativ GP 106—04** - *Ghid de proiectare, execuție și exploatare a lucrărilor de alimentare cu apă și canalizare în mediul rural.*
41. \*\*\***Normativ NP 133/2013** – *Proiectarea, executia si exploatarea sistemelor de alimentari cu apa si canalizare a localitatilor.*
42. \*\*\* **NTPA 002/2005** - *privind conditiile de evacuarea apelor uzate in retelele publice de canalizare.*
43. \*\*\* **<http://www.vakuumszivattyuk.hu>** - *Compararea sistemelor vacuumat si gravitațional de canalizare.*