

# **CONSIDERAȚII PRIVIND MANAGEMENTUL APELOR METEORICE DIN CENTRELE POPULATE**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul INGINERIE CIVILĂ  
de către

**Ing. Vergina Popescu**

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Adrian Retezan  
Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Silvica Oncia  
prof.univ.dr.ing. Gheorghe-Constantin Ionescu  
prof.univ.dr.ing. Ion Mirel

Ziua susținerii tezei: 09.01.2015

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 9. Inginerie Mecanică                      |
| 2. Chimie                                   | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 3. Energetică                               | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 4. Ingineria Chimică                        | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 13. Inginerie energetică                   |
| 6. Inginerie Electrică                      | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor                 |
| 8. Inginerie Industrială                    | 16. Inginerie și Management                |

Universitatea Politehnică din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnică – Timișoara, 2015

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnică din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Din totdeauna omenirea a dus o luptă pentru apă și una împotriva apei.

Lupta pentru apă este lupta pentru existență, lupta care a creat provocări majore pentru omenire precum: identificarea resurselor de apă, stocarea, transportul și distribuția, precum și economia de apă.

Lupta împotriva apei este lupta pentru viață, lupta care se dă pentru apărare împotriva furiei apelor indiferent sub ce formă se manifestă aceasta: revărsări de ape curgătoare, inundații cauzate de precipitații sau valuri uriașe create de furtuni etc. De cele mai multe ori sfidând regulile, omul a intervenit în ciclul firesc al naturii construind în zone inundabile, defrișând necontrolat suprafețele împădurite și poluând solul, subsolul precum și atmosfera, acțiuni ce au contribuit și contribuie la dereglări ale ordinii Pământului.

Prin lucrarea de față propun un management al apei provenite din precipitații în zona de câmpie în centre populate, respectiv în zonele rezidențiale din jurul Municipiului Timișoara. Acest management își propune identificarea unor condiții și măsuri de redare a apei în circuitul natural, a utilizării controlate a surplusului de apă rezultat din precipitații și/sau crearea condițiilor de evacuare în sistemele de canalizare.



Pentru înalta și atenta competență cu care am fost îndrumată pe întreaga durată a elaborării tezei, domnului prof. univ. dr. ing. Adrian RETEZAN conducătorul științific, întreaga mea considerație și deosebite mulțumiri.

Mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare, doamnei conf. dr. ing. Silvana BRATA din cadrul Departamentului de Construcții Civile și Instalații, Facultatea de Construcții de la Universitatea Politehnică Timișoara, domnului conf. dr.ing. Constantin FLORESCU directorul Departamentului Hidrotehnic, Facultatea de Construcții de la Universitatea Politehnică Timișoara, doamnei s.l.dr.ing. Adriana TOKAR din cadrul Departamentului de Construcții Civile și Instalații, Facultatea de Construcții de la Universitatea Politehnică Timișoara pentru sprijin și îndrumări.

Pentru timpul acordat analizei lucrării și pentru disponibilitatea de a face parte din comisia de susținere a tezei mulțumesc domnului prof.univ.dr.ing. Valeriu STOIAN în calitate de președinte al comisiei, și membrilor comisiei: domnului prof. univ. dr. ing. Ion MIREL de la Universitatea Politehnică Timișoara, doamnei prof. univ. dr. ing. Silvana ONCIA de la U.S.A.M.V.B. "Regele Mihai I al României" din Timișoara, și domnului prof.univ.dr.ing.Gheorghe- Constantin IONESCU de la Universitatea din Oradea

Iubire și recunoștință membrilor familiei mele.

Timișoara, ianuarie 2015

Ing. Vergina POPESCU

Popescu, Vergina

**CONSIDERAȚII PRIVIND MANAGEMENTUL APELOR  
METEORICE DIN CENTRELE POPULATE**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 128, Editura Politehnica,  
2015, 132 pagini, 98 figuri, 27 tabele.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-903-6

Cuvinte cheie: precipitații atmosferice, debit, coeficient de scurgere,  
intensitatea ploii, ape meteorice.

Rezumat,

Apa a generat în decursul vremii situații contradictorii. Omenirea a cunoscut atât lupta pentru apă, ca element indispensabil vieții, cât și lupta împotriva apei și a furiei ei distrugătoare. Lupta pentru apă este continuă și este generată atât de creșterea numerică a populației și a nevoii acestora de hrană, cât și de cerințele industriilor. Lupta împotriva furiei apelor este parcă și mai actuală și mai accentuată, și se datorează în mare parte nesăbuiinței oamenilor.

Prin lucrarea de față se pune în evidență necesitatea și importanța managementului apelor meteorice, a modului de gestionare al acestora, în vederea redării acestora circuitului natural, și păstrării sănătății planetei.

# CUPRINS

## 1. INTRODUCERE

1.1. Evoluția apelor meteorice în procesul de urbanizare a centrelor populate .....	7
1.2. Necesitatea și oportunitatea diului abordat .....	8
1.3. Obiectivele studiului .....	9

## 2. PRECIPITAȚIILE – MOD DE ABORDARE

2.1. Aspecte de ordin general .....	10
2.2. Precipitațiile atmosferice .....	12
2.3. Elementele bilanțului hidric .....	18
2.4. Precipitațiile atmosferice în România .....	20
2.5. Caracteristicile cantitative ale precipitațiilor .....	28
2.6. Caracteristicile tehnice ale precipitațiilor .....	30
2.6.1. Greutatea specifică .....	31
2.6.2. Densitatea .....	31
2.6.3. Vâscozitatea .....	31
2.6.4. Tensiunea superficială .....	32
2.6.5. Adeziunea .....	32
2.6.6. Capilaritatea .....	32
2.6.7. Umiditatea pământului .....	32
2.7. Metode utilizate pentru aprecierea cantităților de precipitații .....	33
2.7.1. Metode utilizate în standardele românești .....	33
2.7.2. Metoda rațională (USA) .....	36
2.7.3. Metoda rațională modificată Wallingford (Marea Britanie) .....	37
2.7.4. Formula „superficială” Caquot (Franța) .....	38
2.8. Aprecierea timpului de concentrare superficială ( $t_{cs}$ ) .....	39
2.8.1. Modelul Kerby .....	39
2.8.2. Modelul Kirpich .....	40
2.8.3. Modelul Scharke .....	40
2.8.4. Modelul recomandat de Federal Aviation Agency .....	40
2.9. Caracteristicile calitative ale apelor meteorice .....	41
2.9.1. Aspecte legislative .....	41
2.9.2. Imurificatorii apelor provenite din precipitații .....	42
2.9.2.1. Impurificatorii de natură biologică .....	42
2.9.2.2. Impurificatorii minerali .....	43
2.9.3. Tehnologiile pentru tratarea apelor meteorice .....	47
2.10. Valorificarea apelor meteorice .....	51
2.10.1. Valorificarea apelor meteorice în unitățile gospodărești .....	51
2.10.2. Valorificarea apelor meteorice prin redarea acestora circuitului natural .....	59

## 3. COLECTAREA, TRANSPORTUL ȘI EVACUAREA APELOR METEORICE DE PE VATRA CENTRELOR POPULATE

3.1. Scheme și sisteme de canalizare .....	61
3.1.1. Scheme de canalizare .....	61
3.1.2. Sisteme de canalizare .....	64

---

<b>3.2. Hidraulica rețelelor de canalizare .....</b>	<b>66</b>
3.2.1.Considerații de ordin general .....	66
3.2.2.Determinarea debitelor apelor uzate in centrele populate .....	66
3.2.3.Determinarea debitelor apelor meteorice .....	66
3.2.4.Calculul hidraulic al canalelor cu nivel liber pentru ape meteorice .....	73
3.2.5.Calculul hidraulic al canalelor sub presiune pentru ape meteorice .....	75
3.2.6.Calculul hidraulic al bazinelor de retenție pentru ape meteorice .....	79
3.2.7.Calculul tehnico economic al sistemelor complexe de canalizare formate din canale colectoare, bazine de retenție și stații de pompare .....	84
3.2.7.1. Scheme fundamentale ale sistemelor complexe de canalizare .....	84
3.2.7.2. Criterii economice de alegere a parametrilor de funcționare a sistemelor complexe de canalizare .....	88
<b>4. STUDII ȘI CERCETĂRI EXPERIMENTALE .....</b>	<b>92</b>
<b>4.1. Considerații de ordin general .....</b>	<b>92</b>
<b>4.2. Studii privind majorarea capacității de transport a rețelei de canalizare în zonele cu nivel ridicat de inundabilitate din Municipiul Timișoara (viaductele Piața 700, Jiul, Popa Șapcă, Ardealul, Andreescu, Ghe. Lazăr) .....</b>	<b>93</b>
<b>4.3. Evacuarea apelor meteorice din zonele cvartalelor de locuințe fără emisari .....</b>	<b>103</b>
4.3.1.Studiu de caz - Cartierul rezidențial Giroc .....	103
<b>4.4. Evacuarea apelor meteorice de pe platformele industriale .....</b>	<b>106</b>
4.4.1.Studiu de caz – Platforma industrială A-T .....	106
4.4.2.Studiu de caz – Platforma industrială din Zona de Nord a Timișoarei ..	109
<b>4.5. Cercetari experimentale .....</b>	<b>113</b>
4.5.1.Elemente generale introductive .....	113
4.5.2.Aparat pentru determinarea indexului de filtrabilitate .....	114
4.5.3. Rezultate experimentale .....	116
<b>5. CONCLUZII GENERALE .....</b>	<b>119</b>
<b>5.1. Conținutul tezei .....</b>	<b>119</b>
<b>5.2. Contribuțiile personale și elementele de originalitate .....</b>	<b>120</b>
<b>5.3. Direcții viitoare de cercetare .....</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>121</b>
<b>LISTA FIGURILOR .....</b>	<b>126</b>
<b>LISTA TABELELOR .....</b>	<b>129</b>

# 1. INTRODUCERE

## 1.1. Evoluția apelor meteorice în procesul de urbanizare a centrelor populate

Din cele mai vechi timpuri, colectivitățile urbane s-au dezvoltat de-a lungul/pe malurile cursurilor de apă/lacurilor, în zone cu terenuri fertile, cu flora și fauna adecvată care să le asigure condiții de viață cât mai bune.

Industrializarea corelată cu schimbările socio-economice produse pe parcursul timpului au dus la crearea/formarea de orașe noi și la concentrarea populației în zonele urbane.

Dezvoltarea colectivităților umane, dorința unui mod de viață cât mai bun, necesitatea adaptării mediului înconjurător tehnologiei și sistemului de viață modern, au dus la realizarea de modificări asupra modului de folosire și acoperire a terenului cu diferite tipuri de construcții civile, industriale și rutiere, înlocuirea spațiilor verzi și neamenajate din zonele urbane cu diferite tipuri de amenajări, terenuri de sport cu suprafețe impermeabile (terenuri de sport acoperite cu gazon artificial), pavarea, betonarea și asfaltarea unor suprafețe de teren tot mai extinse, devenite impermeabile. [89] Aceste suprafețe impermeabile au determinat modificări importante asupra sistemului hidrologic reflectat prin:

- scăderea infiltrațiilor de debite meteorice;
- creșterea debitelor de scurgere la suprafața terenului;
- accelerarea efectului de evapotranspirație ca urmare a efectului de seră care se formează;

- scăderea volumelor de apă reținută în sol în spațiul colectivităților urbane.

Extinderea zonelor urbane poate influența regimul de curgere din cursurile de suprafață atât în timpul perioadelor cu precipitații abundente cât și în cele de secetă excesivă.

Creșterea numerică a populației în localitățile urbanizate determină:

- creșterea suprafeței de teren ocupata de construcții;
- creșterea densității clădirilor aferente acestor zone;
- creșterea numărului de autovehicule și intensificarea traficului urban;
- lărgirea drumurilor și creșterea numărului de locuri de parcare pentru diferite tipuri de autovehicule;
- reducerea spațiilor verzi și a suprafețelor agricole din perimetrul zonelor urbane.

Toate aceste intervenții impuse prin procesul de urbanizare fac ca unele dintre orașele mari să se confrunte cu probleme acute privind asigurarea necesarului de apă potabilă, dar și cu cele date de apele meteorice din perioadele cu precipitații abundente, care nu se pot evacua de pe vatra centrelor populate datorită incapacității de transport a colectoarelor de canalizare existente, respectiv de majorarea coeficientului mediu de scurgere de la  $\varphi = 0,30-0,35$ , la  $\varphi = 0,70-0,80$ .

Modificările produse în modul de acoperire a terenului în timpul procesului de urbanizare produc schimbări atât în timpul cât și în magnitudinea proceselor de scurgere a apelor meteorice de pe suprafața urbană, aspect reflectat prin reducerea

substanțială a debitelor pluviale infiltrate în sol și la creșterea debitelor de scurgere de pe suprafața terenului prin șanturi și rigole, respectiv prin colectoarele de canalizare subterane. [50],[52],[59],[89]

În cazul în care apele meteorice sunt colectate împreună cu apele uzate menajere (sistem unitar), amestecul produs influențează negativ desfășurarea proceselor de epurare avansată din stațiile de epurare orășenești prin diminuarea concentrației de materii organice din apele uzate ca urmare a creșterii diluției.

Aceste neajunsuri se pot elimina prin:

- promovarea dezvoltării „orașelor verzi”, în care procentul de ocupare al terenului POT definit prin raportul suprafeței construite la sol ( $S_{csol}$ ) și suprafața terenului aferentă construcției ( $S_c$ ) să fie mai mare de 45-50%; [59],[89]

- colectarea separată a apelor meteorice de cele uzate menajere; [50]

- valorificarea apelor meteorice colectate de pe acoperișuri în rezervoare sau recipienți pentru a fi utilizată la stropitul spațiilor verzi din incinta gospodăriei, la spălutul WC-urilor și chiar pentru spălutul rufelor, reducându-se prin aceasta și consumul specific de apă potabilă cu 40-50 l/om.zi.

Bioretențiile create, mai ales, în zonele și cartierele rezidențiale vor determina diminuarea coeficientului de scurgere ( $\varphi$ ) mărindu-se, prin aceasta, infiltrarea în sol a unei cantități mai mari de apă meteorică colectată pe suprafețele aferente zonelor rezidențiale, având drept consecință diminuarea substanțială a debitelor meteorice evacuate prin rețelele de canalizare în stațiile de epurare sau în emisarii naturali. Bioretențiile naturale sau artificiale devin eficiente în cazul în care nivelul apelor subterane este mult coborât față de nivelul terenului.

## 1.2. Necesitatea și oportunitatea studiului abordat

Necesitatea și oportunitatea studiului sunt/au fost determinate de faptul că modificările climatice intensificate de abundența precipitațiilor atmosferice, corelate cu urbanizarea localităților au determinat:

- perturbarea circuitului apei în natură, prin diminuarea capacității de infiltrare a apelor meteorice în sol;

- inundarea subsolurilor, pasajelor și a arterelor de circulație în cazul precipitațiilor de intensitate mare, depășindu-se prin aceasta capacitatea de transport a rețelelor de canalizare;

- creșterea/dublarea coeficientului mediu de scurgere prin creșterea suprafețelor construite pavate sau asfaltate în raport cu suprafețele înierbate sau agricole folosite pentru infiltrarea apei în sol;

- băltirea apei meteorice pe anumite suprafețe datorită modificărilor aduse în structura solului;

- diluarea apelor uzate menajere în cazul amestecului cu apele meteorice prin reducerea concentrației de materii organice, perturbând derularea corespunzătoare a proceselor biologice de epurare avansată a apelor de scurgere colectate de pe vatra centrelor populate.

În perioadele cu deficit de precipitații (secetoase) sau cu precipitații reduse, apele meteorice, în prealabil înmagazinate în cisterne sau rezervoare subterane, se pot utiliza pentru

stropitul legumelor din grădină de lângă casă și a spațiilor verzi aferente, pentru spălutul WC-urilor și chiar pentru spălutul rufelor, reducându-se consumul specific de apă potabilă cu circa 40-50 l/om.zi.



Precipitațiile de intensitate mare pot provoca „inundații urbane” în cazul în care sistemele de canalizare și de drenaj ale orașului nu au capacitatea necesară de a transporta apele căzute pe suprafața orașului, determinând inundarea subsolurilor, perturbarea circulației și chiar cu multe pagube materiale.

### **1.3. Obiectivele studiului**

În cadrul lucrării s-au urmărit și evidențiat următoarele obiective:

1. Caracteristicile calitative și cantitative ale apelor meteorice din localitățile urbane;
2. Managementul apelor meteorice în centrele populate sub aspectul infiltrației în sol, înmagazinarea, tratarea și evacuarea acestora în emisarii naturali;
3. Stabilirea de soluții practice pentru evitarea inundării pasajelor cu mare vulnerabilitate din cadrul centrelor populate;
4. Valorificarea apelor meteorice în unități de tip gospodăresc, industrial și urban;
5. Hidraulica scurgerii apelor meteorice prin canale cu scurgere gravitațională sau prin pompare;
6. Hidraulica sistemului funcțional format din colectoare gravitaționale, bazine de retenție și stații de pompare;
7. Dimensionarea bazinelor de retenție în funcție de intensitatea precipitațiilor, mărimea și configurarea terenului, sistemul de canalizare și calitatea apelor de scurgere;
8. Stabilirea coeficientului de permeabilitate în raport cu tipul și structura bioretenției;
9. Valorificarea apelor meteorice în unități de tip gospodăresc din zone rurale și urbane.

## 2. PRECIPITAȚIILE-MOD DE ABORDARE

### 2.1. Aspecte de ordin general

Precipitațiile atmosferice sunt produse de condensare a vaporilor de apă din atmosferă care cad pe suprafața pământului sub formă de ploaie, ceață, burniță, zăpadă, lapoviță, grindină, măzărice etc [1], [79],[122].

Precipitațiile atmosferice ce apar sub formă lichidă (ploi) sau temporar solidă (zăpadă), iau naștere ca urmare a unor procese de fizică atmosferică explicate sugestiv prin teoria emisă de Bergeron [2],[11],[76],[79]. Repartiția precipitațiilor atmosferice dintre diferite categorii de scurgeri și acumulări este redată în figura 2.1, în raport cu variația lor în timp, după reprezentarea Linsley, Kohler și Paulhus [40].

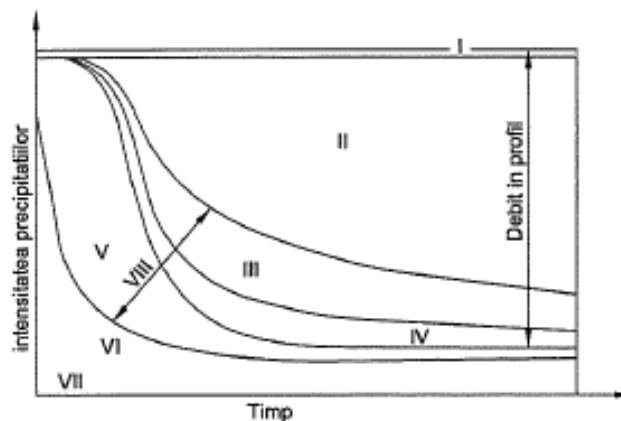


Fig. 2.1. Repartiția precipitațiilor atmosferice;

Semnificația repartiției precipitațiilor atmosferice este următoarea:

- I - precipitații căzute pe oglinda apelor;
- II - scurgerea de suprafață (directă);
- III - scurgerea hipodermă;
- IV - scurgerea erozivă;
- V - refacerea umidității solului;
- VI - acumulări în depresiuni;
- VII - interceptive;
- VIII - apă subterană.

Precipitațiile atmosferice constituie aproape exclusiv sursa următoarelor scurgeri și acumulări: scurgerea de suprafață sau scurgerea directă; scurgerea hipodermă (de suprafață); scurgerea subterană, care împreună cu scurgerea hipodermă au ca fază inițială infiltrația; acumulările din depresiunile solului; acumulările prin interceptia învelișului vegetal. Ultimele două categorii nu dau loc la scurgeri care să poată fi captate de rețeaua hidrografică, iar scurgerea subterană care provine din aceeași precipitație cu scurgerea de suprafață este captată în parte, cu mult mai târziu decât aceasta din urmă.

Apa este substanța chimică care ocupă circa 2/3 din suprafața Terrei și determină în cea mai mare parte natura lumii fizice și biologice de pe planeta noastră. Apariția apei acum mai bine de trei miliarde de ani, a determinat diversificarea formelor de viață mai întâi în mări și oceane, pentru că de acolo să se extindă pe uscat. Oricare formă de viață de pe pământ a rămas tributară nevoii de apă, în oricare dintre ele găsindu-se apa într-o proporție însemnată. Necesarul de apă pentru corpul uman în raport cu vârsta acestuia este redată în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Necesarul de apă pentru organismul uman

Vârsta	0-15 zile	15 zile - 3 luni	3 luni - 1 an	adultul
Natura consumului				
Nevoia de apă zilnică [ml/zi]	500-600	700-800	800-1000	2000-2500
Cantitatea de apă zilnică [ml/kg corp]	180	150	100	34-35

În primele zile ale vieții circulația apei în corpul copilului este mult mai activă decât la adult, ceea ce explică de ce nevoia de apă raportată la un kilogram corp descreește odată cu vârsta. Embrionul are un conținut de apă de 80-95%, iar la vârsta adultă procentul de apă din corp scade până la 60-70%, având o distribuție neuniformă. Distribuția/conținutul de apă în corpul omenesc, în raport cu tipul țesutului este redată în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2. Conținutul de apă în corpul omenesc

Structura corpului omenesc	Plasma	Țesutul nervos	Țesutul muscular	Țesutul conjunctiv	Țesutul osos	Țesutul adipos
Conținutul în apă în %	90	70-80	75	60	25-30	20

La persoanele adulte conținutul de apă în țesutul nervos are o valoare medie de 70-80%, dar poate atinge și 90-95% la persoanele tinere cu o inteligență deosebită, precum poate să și scadă cu vârsta și în raport cu natura afecțiunilor neurologice până la 50-60%. [45],[47]

Boala Alzheimer este o afecțiune cu evoluție progresivă caracterizată prin atrofiere cerebrală și alterare ireversibilă a intelectului, ajungând până la demență, pe fondul diminuării conținutului de apă (de la 95 % la mai puțin de 90 %) al creierului.[45],[47]

Din punct de vedere structural, apa din corpul omenesc, fiind cu o concentrare mai mare în sistemul cerebral, poate fi considerată ca fiind purtătoare de memorie/informație

La o pierdere de apă de 0,5% din greutatea corpului, apare senzația de sete, iar la o diminuare a apei din țesuturi cu până la 15 % viața omului este pusă în pericol.

Spre deosebire de plante care rezistă la pierderi mai mari de apă și pentru o durată mare de timp, corpul omenesc suportă lipsa apei până la 5 zile. Indiferent de organism, uman, animal, vegetal, prin sistemul circulator pe care îl dezvoltă, apa pune în mișcare o întreagă uzină; caracterul de solvent universal, apa facilitează pătrunderea în organism a hranei; ca mediu de reacție permite realizarea proceselor

metabolice care asigură refacerea țesuturilor; ca detergent (minim 2 litri zilnic) contribuie la eliminarea toxinelor și a rezidurilor.

În stare naturală apa este un univers viu. În orice picătură de apă naturală se găsesc microorganisme insesizabile cu ochiul liber, care contribuie la definirea stării apei la un moment dat. Pe lângă toate virtuțile enumerate anterior, apa are și rol de purificator- Botezul este făcut cu apă. În versiunea engleză a Bibliei se spune "și pământul a fost format din apă și de către apă."

## 2.2. Precipitațiile atmosferice

În natură, apa se găsește în toate stările de agregare: lichidă, în sol (subterană) și pe suprafața pământului (oceane, mări, fluvii, râuri, pârauri, lacuri mlaștini etc); solidă (calote glaciare, ghețari etc); gazoasă (în atmosferă, sol etc, sub formă de vapori). În funcție de cantitatea de sare dizolvată, apa lichidă se clasifică în: salmastră, apă cu salinitate scăzută (mările și oceanele nordice, dar și unele lacuri); dulce, este apa fără sare sau apa potabilizabilă, specifică izvoarelor, lacurilor și râurilor; sărată/ saramura este apa cu un procentaj ridicat de sare, specifică oceanelor, mărilor dar și unor lacuri (Marea Moartă). Procesul de trecere succesivă dintr-o stare de agregare în alta, poartă numele de "Circuitul apei în natură", redat sugestiv în figura 2.2 și figura 2.3. [26],[32],[86],[87],[121],[122].

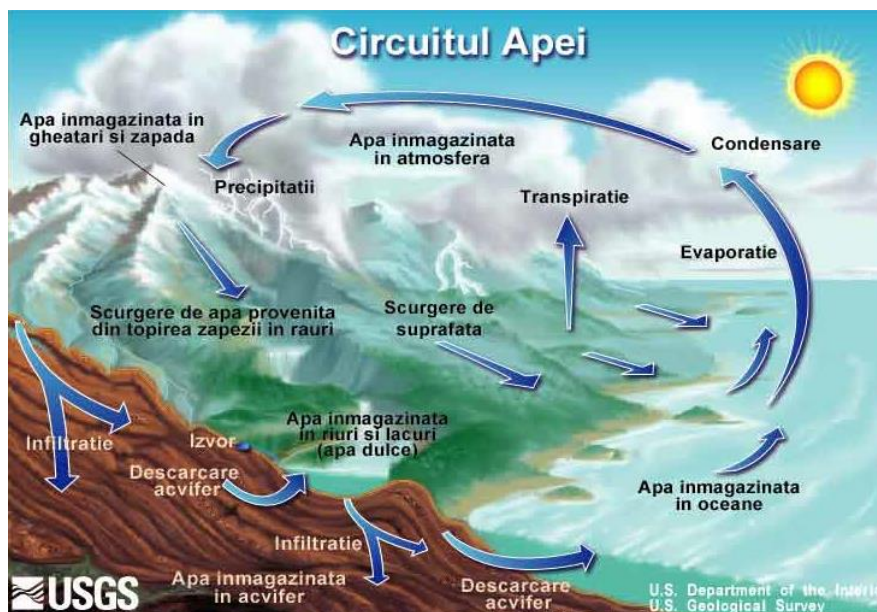


Fig. nr. 2.2 Circuitul apei în natură

Această mișcare se datorează radiației solare și gravitației Pământului. Nu se poate delimita începerea sau finalizarea circuitului natural al apei în atmosferă, moleculele de apă trecând continuu dintr-o stare de agregare în alta prin diferite procese fizice, chimice și biologice. Pornind de la aceste realități științifice, circuitul natural al apei este considerat a fi un ciclu biogeochimic, care constă dintr-o

succesiune de procese: evaporarea, advecția, condensarea, precipitațiile, sublimarea, interceptia prin foliaj, infiltrația, topirea, scurgerea, capilaritatea.

Ciclul biogeochimic al circuitului apei în natură, este reprezentat sugestiv în figura 2.3 [26],[122].

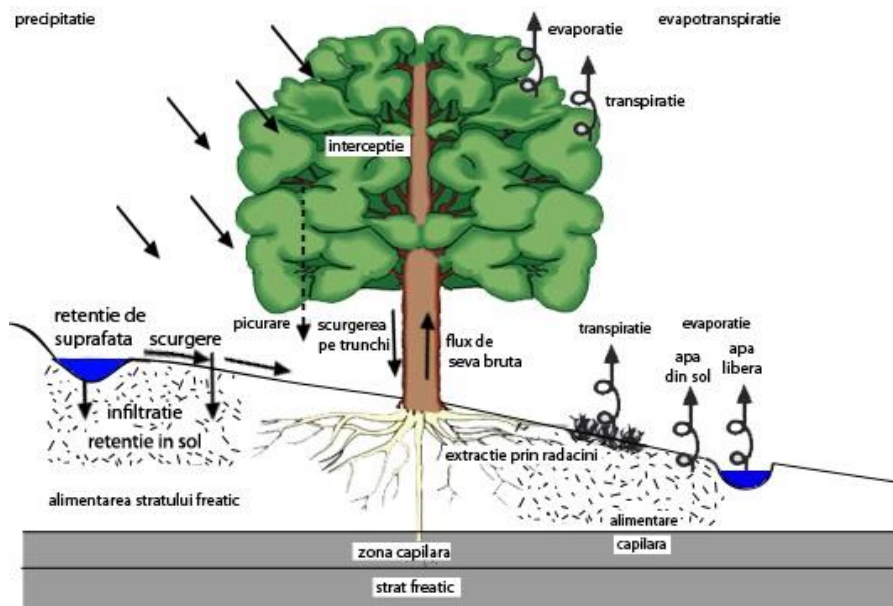


Fig. 2.3. Circuitul apei pe suprafețe

Sursa: Conferința Tehnic-Științifică Internațională Chișinău 2008

Institutul de Cadastru Geologic din Statele Unite (U.S. Geological Survey - USGS) a identificat 15 componente ale circuitului apei în natură [2],[7],[8],[88],[119],[121],[122]:

- 1) apa înmagazinată în mări și oceane;
- 2) evaporația;
- 3) apa din atmosferă;
- 4) condensarea;
- 5) precipitațiile;
- 6) apa înmagazinată în zăpadă și ghețari;
- 7) scurgerile de apă provenite din topirea zăpezii în râuri;
- 8) scurgerea de suprafață;
- 9) scurgerea prin albia râurilor;
- 10) apa înmagazinată în râuri și lacuri de apă dulce;
- 11) infiltrația;
- 12) acviferul de apă subterană;
- 13) izvoarele;
- 14) evapotranspirația;
- 15) apa înmagazinată în straturile acvifere.

La acestea se poate adăuga apa juvenilă (provenită din vaporii produși de magmă topită în interiorul scoarței pământului) care intra în circuitul natural numai dacă este captată.

Indiferent de structura componentelor care alcătuiesc circuitul apei în natură precipitațiile ocupă un rol foarte important în cadrul acestor procese, ele cuprinzând totalitatea produselor de condensare și cristalizare a vaporilor de apă din atmosferă, care cad de obicei din nori și ajung la suprafața pământului sub formă lichidă, solidă, gazoasă (nori, ceață) sau sub 2-3 forme în același timp [19],[20].

După starea de agregare în care se află apa și dimensiunea particulelor sale se disting următoarele forme de precipitații: ploaia, zăpada, grindina, roua, lapovița, chiciura, virga, ceața [100],[121],[122].

Stropii de ploaie sunt precipitația în stare lichidă care cade sub formă de picături, fiind determinată de condensarea vaporilor de apă din atmosferă, figura 2.4 [122].



Figura: 2.4.Stropii de ploaie

Zăpada este precipitația atmosferică solidă sub formă de fulgi albi, alcătuiți din cristale de apă înghețată/cristale de zăpadă, obținute atunci când temperatura mediului scade sub  $0^{\circ}\text{C}$ , figura 2.5. Henry Coandă a fost primul om de știință care a studiat formarea fulgilor de zăpadă și tipurile lor, considerându-i „vii” atât timp cât apa circulă în microcanale. [100].

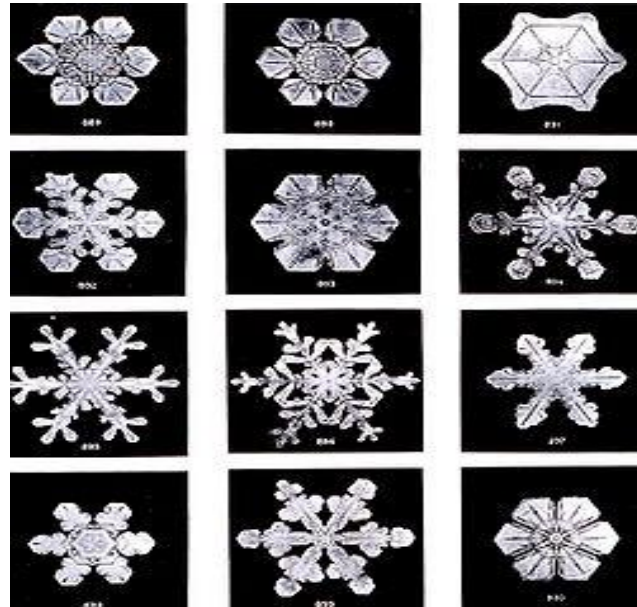


Fig.2.5. Forme ale cristalelor de zăpadă

Grindina este o formă a precipitațiilor atmosferice care ajung pe suprafața solului sub formă solidă/gheață figura 2.6 [100],[122].



Fig. 2.6. Covor de grindină

Roua este constituită din picăturile de apă care acoperă dimineața suprafața pământului, obiectele de pe sol, vegetația etc, formată prin condensarea vaporilor de apă din atmosferă în momentul în care temperatura scade până la punctul la care vaporii ajung la saturație figura 2.7 [100],[122].



Fig.2.7. Broboane de rouă

Lapovița este forma de precipitații care combină cele două stări de agregare ale apei: lichidă (ploaia) și cea solidă (zăpada), figura 2.8 [100],[122].



Fig: 2.8. Lapovița citadină



Chiciura este o formă de precipitație care se formează prin condensarea ceții pe suprafețele intalnite (de regulă copaci, arbuști, tufe, bănci, mașini parcate etc) figura 2.9 [100],[122].



Fig. 2.9. Chiciura pe ramuri

Virga este fenomenul atmosferic constând din evaporarea ploii înainte de a atinge solul, fenomen întâlnit mai ales în zonele montane, figura 2.10 [100],[122].

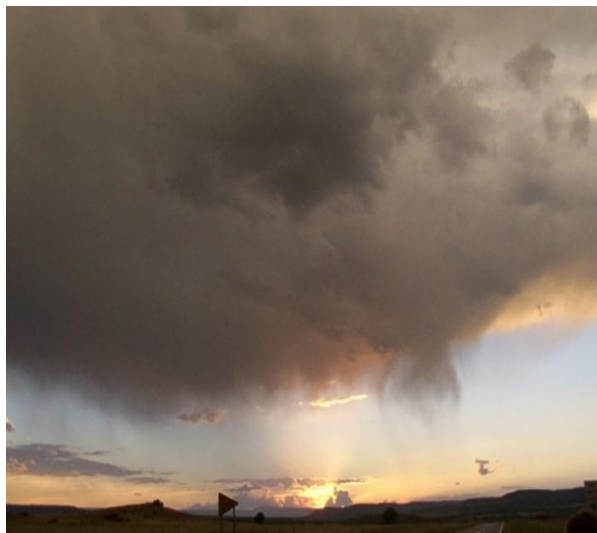


Fig. 2.10. Nori de virga

Ceața este fenomenul meteorologic care se formează în condițiile în care umiditatea de la sol este de 90-100%, concomitent cu existența unei inversiuni termice, care se caracterizează printr-o aglomerare de particule de apă aflate în suspensie în apropierea solului figura 2.11 [100],[122].



Figura: 2.11. Drum în ceață

### 2.3. Elementele bilanțului hidric

Problemele stabilirii cantităților de ape din ploi și din topirea zăpezilor și preluate de sistemele de canalizare impun cunoștințe despre ploile brute, cu aprecierea precipitațiilor care participă la scurgerile de suprafață, respectiv prin rețelele de canalizare[90],[109],[110],[116].

Aprecierea acestor debite este determinată de caracteristicile hidrologice, meteorologice și geomorfologice impuse de mediul urban.

Bilanțul hidric pentru o anumită perioadă și un bazin dat se exprimă printr-o expresie de forma ([2] Burrier):

$$P+S = R+ET+(S+DS)$$

unde: P sunt precipitațiile atmosferice, în [mm];

S - acumulările din perioadele anterioare, în [mm];

R - scurgerea superficială, în [mm];

ET - evapotranspirația, în [mm];

DS - variația acumulărilor, în [mm];

S+DS - acumularea la sfârșitul perioadei de ploaie, în [mm].

În figura 2.12 sunt evidențiate principalii termeni ai bilanțului hidric din expresia 2.1 [54].

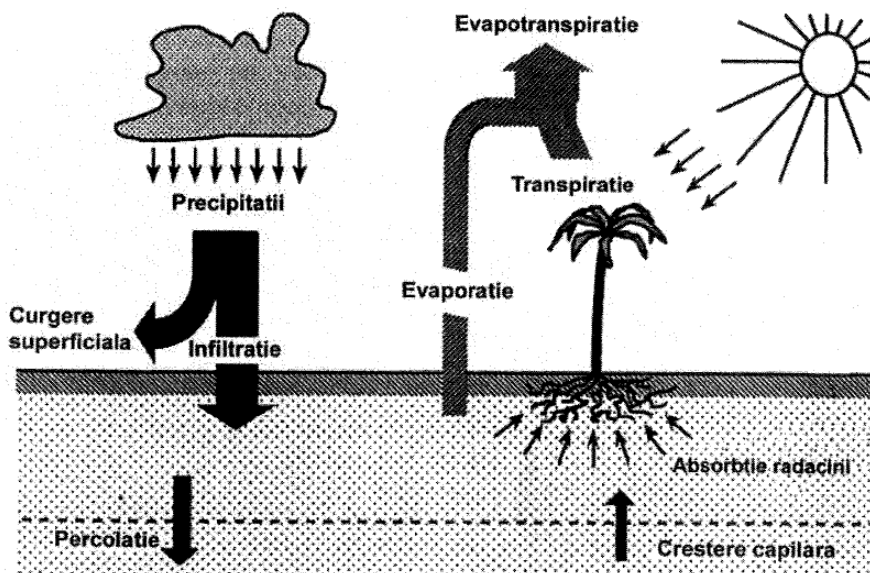


Fig.2.12. Elementele principale ale bilanțului hidric

Variația acumulării apei în sol se definește ca diferența între aportul prin infiltrația precipitațiilor ( $F$ ), pierderile prin evapotranspirație ( $ET$ ) și infiltrarea profundă denumită percolație ( $D$ ), exprimată prin relația:

$$DS = F - (ET + D)$$

Introducând noțiunea de ploaie netă ( $P_n$ ), ploaia globală sau totală ( $P$ ) se poate determina cu relația:

$$P = I + ET + F + S + P_n$$

unde:  $P$  este ploaia totală sau globală;

$I$  - intercepția preluată de acoperirea vegetală;

$F$  - infiltrarea;

$S$  - acumularea în depresiuni;

$P_n$  - ploaie netă.

Factorii care influențează bilanțul hidric sunt: ploaia, intercepția, evapotranspirația, infiltrația și acumularea în depresiuni.

Ploaia - elementul fundamental (constituie parametrul de intrare). Cantitatea de apă

măsurată depinde de fiabilitatea instrumentelor (pluviografe, pluviometre), de numărul și amplasarea acestora, topografia și altitudinea bazinului. Determinarea unor ploi medii devine dificilă pe baza măsurătorilor mai multor dispozitive.

Intercepția (pusă în evidență de Horton, 1919) - fenomenul este dificil de cuantificat cu exactitate, pentru că depinde de:

- caracterul continuu sau în reprize a ploii;

- tipuri vegetale, densitate, condiții inițiale de umiditate. Intercepția influențează decisiv bilanțul hidric doar în suprafețele împădurite.

Evapotranspirația - caracterizează ansamblul fenomenelor legate de transpirația vegetală, suprafețele acoperite cu vegetație, temperaturi, umiditatea aerului, radiația solară.

Infiltrația – constituie un proces major în bilanț și depinde de gradul de acoperire și impermeabilizare a suprafețelor, categorii de soluri, starea de saturație a solului.

Acumularea în depresiuni - depinde direct de microtopografia zonei.

Principalele expresii pentru calculul infiltrației precipitațiilor în sol sunt redată în tabelul 2.3 [54].

Tabelul 2.3. Expresii pentru calculul infiltrației

Autor	Funcție	Legendă
Kostiakov	$i(t) = i_0 \cdot t^{-\alpha}$	$i(t)$ – capacitatea de infiltrare în decursul timpului [cm/s] $i_0$ – capacitatea de infiltrare inițială [cm/s] $\alpha$ – parametru funcție de condițiile de sol
Green & Ampt	$i(t) = K_s \cdot \left( 1 + \frac{P_w \cdot IMD}{F} \right)$	$K_s$ – conductivitate hidraulică la saturație $P_w$ – sucțiunea apei în frontul de umectare IMD – deficit inițial de apă F – înălțimea apei infiltrate de la începutul alimentării
Dvorak Mezencev	$i(t) = i_0 + (i_1 - i_f) \cdot t^{-b} =$	$i_1$ – capacitatea de infiltrare în decursul unei perioade $t = 1$ min. [cm] $i_f$ – capacitatea de infiltrare finală [cm/s] t – timpul [s] b – constantă
Horton	$i(t) = i_f + (i_1 - i_f) \cdot e^{-\gamma t} =$	$\gamma$ – constantă funcție de natura solului [min <sup>-1</sup> ]

Ploaia netă provoacă curgerea de suprafață, fiind preluată de sistemele de canalizare, putându-se determina prin relația:

$$P_n = P - I - S - F - FF$$

## 2.4. Precipitațiile atmosferice în România

România este ținutul care beneficiază de un relief bogat în varietate, asupra căruia acționează toate tipurile de precipitații. Caracteristic din punct de vedere al cantităților de precipitații pe teritoriul României, este faptul că acestea scad în medie de la vest la est (630 mm în Câmpia de Vest, 500-600 mm în Câmpia Română, sub 400 mm în Dobrogea) și cresc cu altitudinea. În ținuturile deluroase cad 600-800 mm precipitații pe an, iar în munții înalți peste 1200 mm.

Datorită configurației și diversității majore a reliefului României, precum și a influenței directe a sistemelor barice asupra diferitelor sectoare ale teritoriului țării, cantitățile maxime de precipitații în 24 de ore prezintă diferențieri semnificative ca distribuție.

Astfel sud-vestul țării, Câmpia și Dealurile Banatului aflându-se sub influența climatului temperat-oceanic tot timpul anului primește în regim mediu multianual cele mai multe precipitații[1],[9],[12],[68],[73] .

În această zonă precipitațiile maxime în 24 ore cad în timpul verii sau la începutul toamnei (Timișoara 100,0 mm în iunie, Lugoj 90,2 mm și Caransebeș 127,0 mm în septembrie, respectiv Semenic 122,6 mm în august, Cuntu 204,2 mm în iunie).

Depresiunile din sudul și estul Podișului Transilvaniei înregistrează cele mai mari cantități de precipitații în lunile de vară (Brașov 88,7 mm și Petroșani 107,4 mm în iunie, Miercurea Ciuc 76,0 mm și Sighetul Marmației 104,7 mm în iulie).

În sectorul Munților Carpați datorită intensificării activității fronturilor de aer la trecerea peste munți și a convecției termice din sezonul cald cantitățile maxime de precipitații în 24 ore se înregistrează tot în perioada verii (Vlădeasa 88,2 mm și Rarău 110,6 mm în iunie, și Vf. Omu 115,0 mm în iulie).

În Câmpia Română și în Dobrogea cantitățile maxime de precipitații în 24 ore s-au înregistrat tot în lunile de vară (Calărași 149,4 mm, Alexandria 144,2 mm, Drobeta-Turnu Severin 171,7 mm, Adamcliji 115,2 mm, Constanța 112,3 mm).

În Câmpia Siretului, Podișul Bârladului și Podișul Sucevei, precipitațiile prezintă valori maxime raportate la 24 ore tot în timpul verii (Iași 146,7 mm, Huși 123,6 mm, Galați 126,2 mm, Fălticeni 93,1 mm, Botoșani 81,2 mm).

Precipitațiile în România având un regim neregulat, pentru comparații sunt folosite mediile multianuale. În fig. 2.13 sunt redată cantitățile anuale de precipitații din perioada 1961-2000 [4],[86].

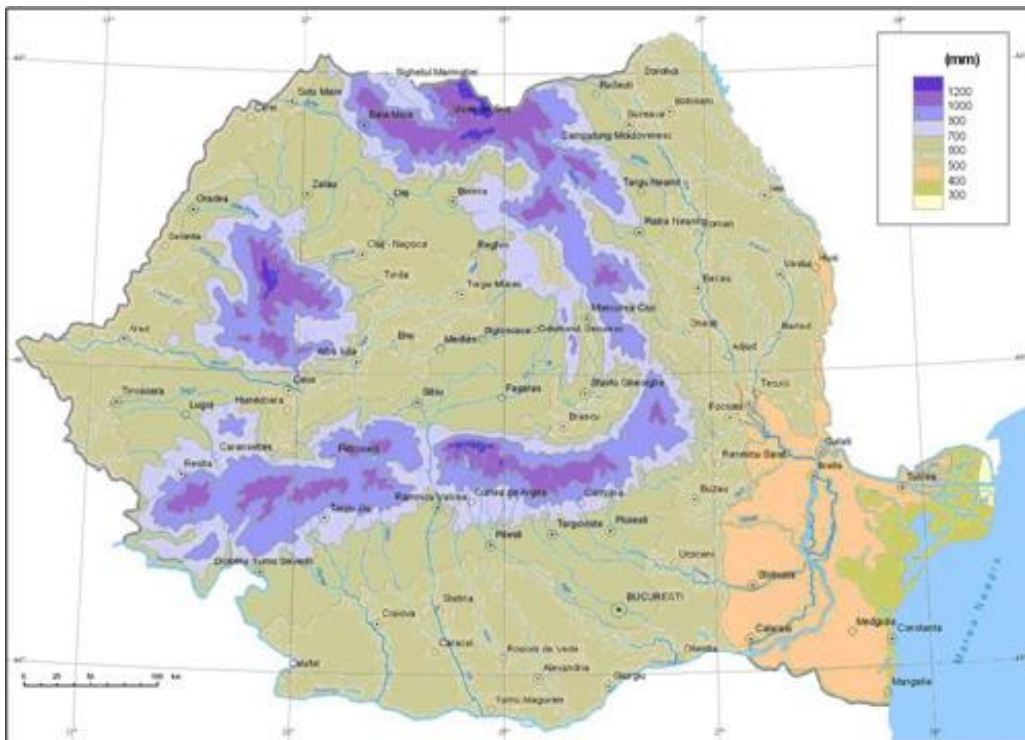


Fig. 2.13. Cantitățile anuale de precipitații în România în perioada 1961-2000.

Cantitățile medii de precipitații anuale raportate la norma climatologică (1961-1990) din anii 2006, 2007 și 2008, conform Administrației Naționale de Statistică sunt date în  $l/m^2$  (Tabelul 2.4), în mm, figurile 2.14; 2.15; 2.16.

Tabelul 2.4. Cantități medii de precipitații anuale raportate la norma climatologică

Anul	1961-1990	2006	2007	2008
Cantitatea ( $l/m^2$ )	647,0	683,5	731,9	674,0

Din tabelul 2.4. rezultă ca în România trei ani consecutiv cantitățile de precipitații au depășit norma climatologică. Cantitățile lunare de precipitații comparativ cu norma climatologică lunară redate în figurile 2.14; 2.15; 2.16, arată că depășirile cantităților de precipitații nu au fost liniare în cei trei ani 2006, 2007, 2008.

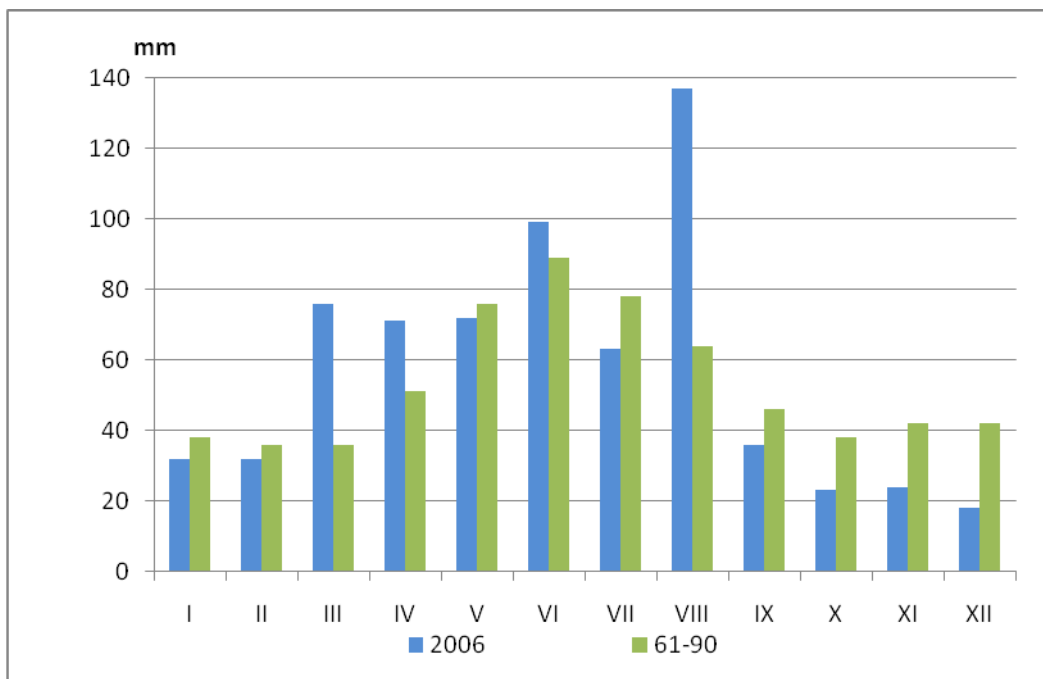


Fig. 2.14. Cantitățile medii lunare de precipitații căzute în anul 2006 [3]

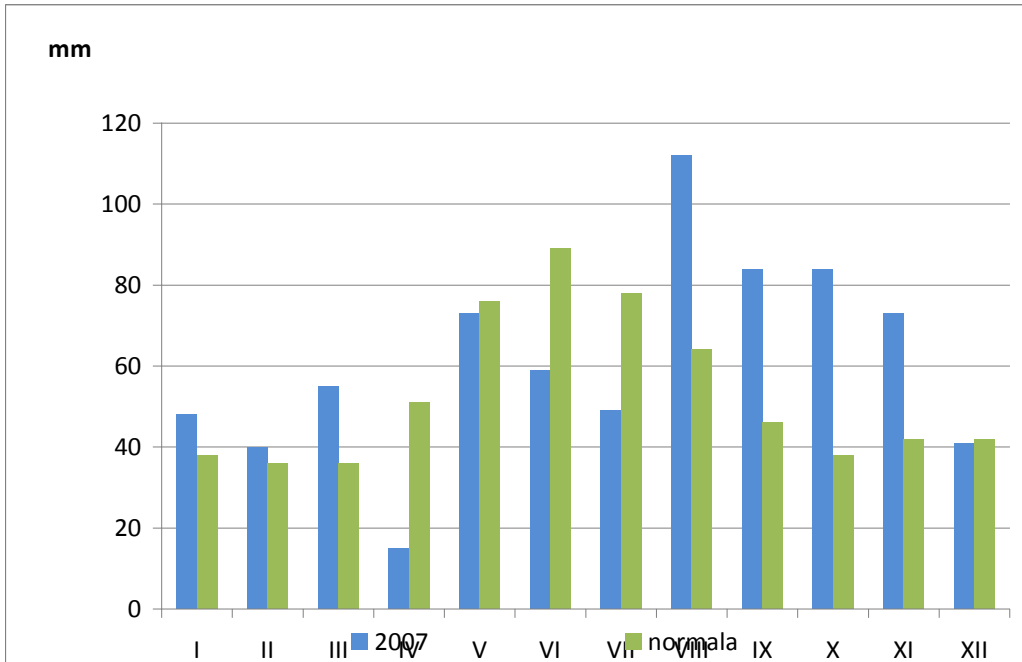


Fig.2.15. Cantitățile medii lunare de precipitații căzute în anul 2007 [3]

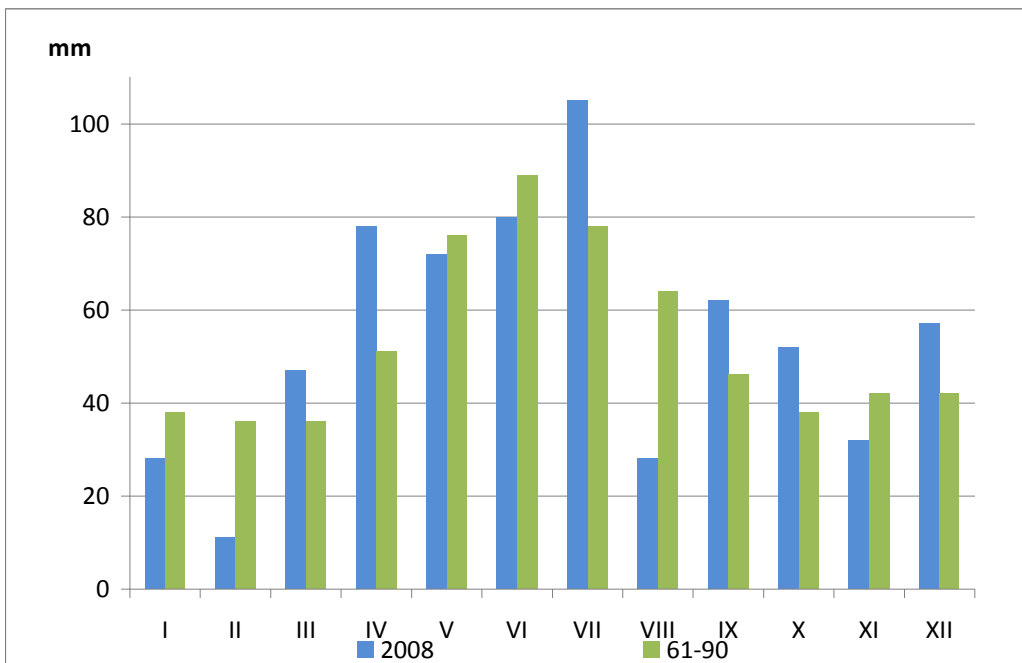


Fig.2.16. Cantitățile medii lunare de precipitații căzute în anul 2008.[3]

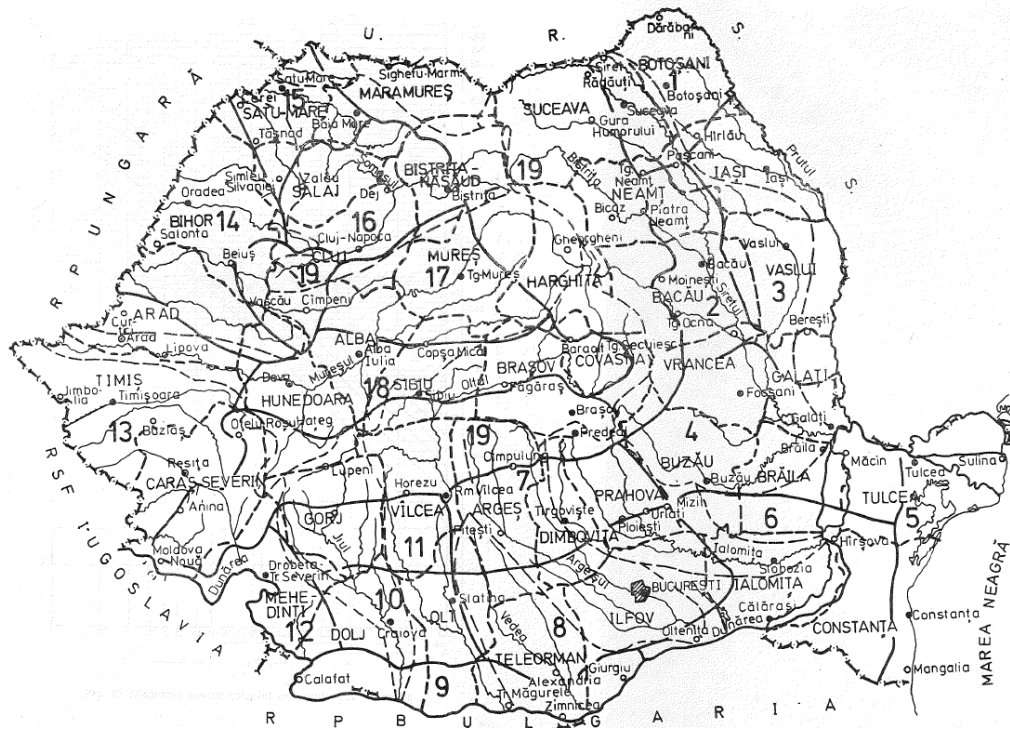


Fig. 2.17. Ploi maxime - intensități, durate, frecvențe în România (STAS 9470-73)



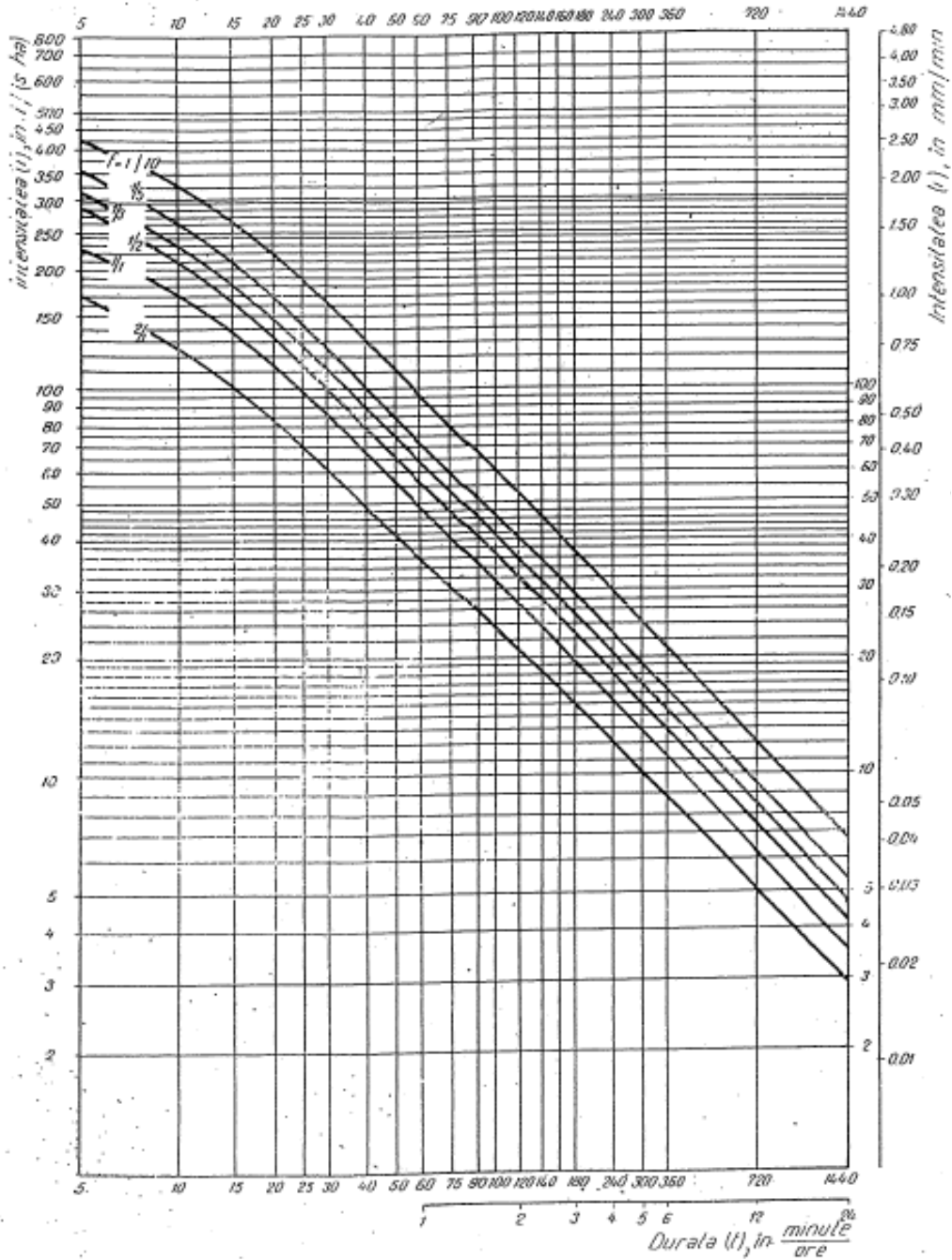


Fig. 2.18. Diagrama intensităților maxime din zona 13 (STAS 9470-73)

Tabelul 2.5. Precipitații atmosferice în Timișoara – Cantități lunare și anuale (mm)

An \ Luna	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Ianuarie	74,5	37,6	59,7	78,9	57,6	3,1	3,5
Februarie	25,0	75,9	69,4	6,9	50,8	12,5	29,0
Martie	21,6	30,0	32,4	62,5	70,7	31,7	42,6
Aprilie	21,4	51,1	68,8	36,8	28,8	102,1	45,8
Mai	99,8	63,8	59,7	137,3	32,2	33,9	31,6
Iunie	56,6	78,6	62,0	81,5	66,1	97,3	52,1
Iulie	26,2	5,3	110,5	28,7	16,8	15,1	83,4
August	55,0	57,5	34,2	33,4	53,7	142,4	29,9
Septembrie	46,7	10,7	5,1	14,4	81,9	51,8	31,6
Octombrie	21,3	10,2	20,9	14,9	23,1	31,7	43,2
Noiembrie	42,0	91,1	1,8	70,9	21,3	69,8	40,9
Decembrie	26,5	24,0	40,0	23,8	34,8	31,0	84,2
Cantitatea anuala	516,6	535,8	564,7	590,0	540,8	622,4	517,8

Tabelul 2.5 continuare

An \ Luna	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Ianuarie	8,7	16,2	8,1	33,2	57,8	49,0	27,4
Februarie	23,6	18,9	17,7	27,7	38,0	35,6	21,4
Martie	40,2	5,3	52,2	22,3	22,4	39,6	18,8
Aprilie	30,0	28,0	35,5	59,6	74,5	22,0	82,7
Mai	72,3	24,6	14,9	21,9	61,5	137,1	31,4
Iunie	120,9	133,6	49,8	59,6	135,9	85,7	72,3
Iulie	93,4	18,1	33,8	25,0	37,2	31,1	119,7
August	93,9	1,2	34,5	105,4	70,1	89,7	82,6
Septembrie	44,2	39,5	41,0	51,3	101,7	102,5	20,2
Octombrie	86,2	108,6	23,2	42,5	2,7	38,0	99,4
Noiembrie	39,4	53,2	60,8	14,9	30,7	79,3	19,6
Decembrie	26,3	33,1	70,5	31,2	75,8	81,7	65,3
Cantitatea anuala	679,1	480,3	442,0	494,6	708,3	791,3	660,8

Tabelul 2.5 continuare

An \ Luna	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ianuarie	35,9	37,9	21,5	35,4	8,7	69,0	60,0
Februarie	0,2	88,7	8,5	18,6	10,5	26,7	40,3
Martie	4,6	11,3	45,1	58,8	7,6	10,2	18,0
Aprilie	73,7	50,6	34,3	79,6	47,1	46,3	59,1
Mai	51,7	74,6	31,5	31,8	53,1	51,4	66,2
Iunie	66,1	38,3	40,9	130,2	74,8	80,5	34,8
Iulie	61,5	187,1	25,3	58,6	62,2	55,4	45,2
August	35,0	49,7	8,6	30,6	98,6	4,2	76,9
Septembrie	68,7	35,5	23,7	146,6	48,2	66,3	55,6
Octombrie	90,7	22,6	1,8	15,4	52,6	113,2	62,8
Noiembrie	51,7	64,5	20,6	66,1	42,7	31,3	127,0
Decembrie	14,8	110,3	34,5	14,0	66,7	22,5	60,8

Cantitatea anuala	554,6	771,1	296,3	685,7	572,8	577,0	706,7
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabelul 2.5. continuare

An Luna	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Media 1984- 2010
Ianuarie	32,3	30,3	26,4	21,0	27,3	65,0	36,51
Februarie	67,8	41,7	92,0	8,8	24,3	76,5	35,44
Martie	45,5	49,3	56,8	61,4	48,4	32,9	34,90
Aprilie	154,4	78,8	4,4	44,7	22,8	56,6	53,31
Mai	49,8	50,2	69,4	49,0	44,8	118,0	57,90
Iunie	35,1	87,8	65,2	157,0	111,6	131,3	81,68
Iulie	45,2	50,4	46,4	45,7	41,1	25,8	51,60
August	142,4	98,0	65,0	24,8	28,5	81,8	60,28
Septembrie	84,6	24,6	62,1	51,5	4,8	40,5	50,19
Octombrie	25,6	17,4	53,0	17,5	80,4	40,0	42,92
Noiembrie	20,4	31,3	85,9	53,1	105,5	48,1	51,25
Decembrie	88,2	21,3	22,6	55,1	84,5	74,6	48,81
Cantitatea anuala	791,3	581,1	649,2	589,6	624,0	790,3	604,79

mm

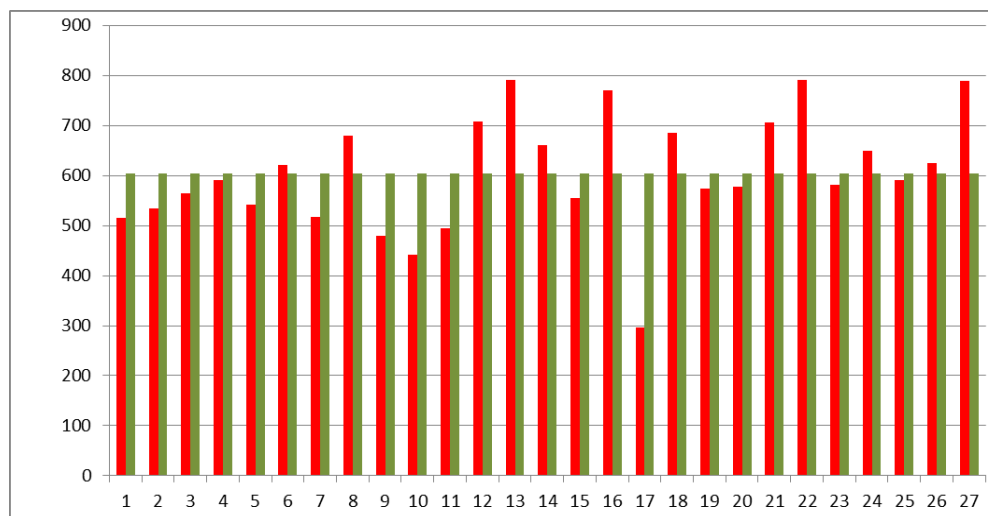


Fig.2.19. Reprezentarea grafică a cantităților de precipitații între anii 1984-2010, comparativ cu media cantităților de precipitații în Municipiul Timișoara (numărul 1 corespunde anului 1984, iar numărul 27 corespunde anului 2010)

Din analiza tabelelor 2.4 și 2.5, precum și din reprezentarea grafică redată în figura 2.19, rezultă că media cantităților de precipitații ( 604,79 mm) a celor 27 de ani, a fost depășită în 12 ani, iar norma climatologică pe țară (647,00 mm), a fost depășită în 10 ani din totalul celor 27 de ani studiați.

## 2.5. Caracteristicile cantitative ale precipitațiilor

Structura procentuală a ceea ce înseamnă rezervele de apă ale Pământului (figura 2.17), precum și estimarea cantitativă a distribuției apei pe glob (Tabelul 2.5) demonstrează de ce este nevoie de o analiză a posibilității utilizării directe a altor surse de apă de pe Terra [38],[39].

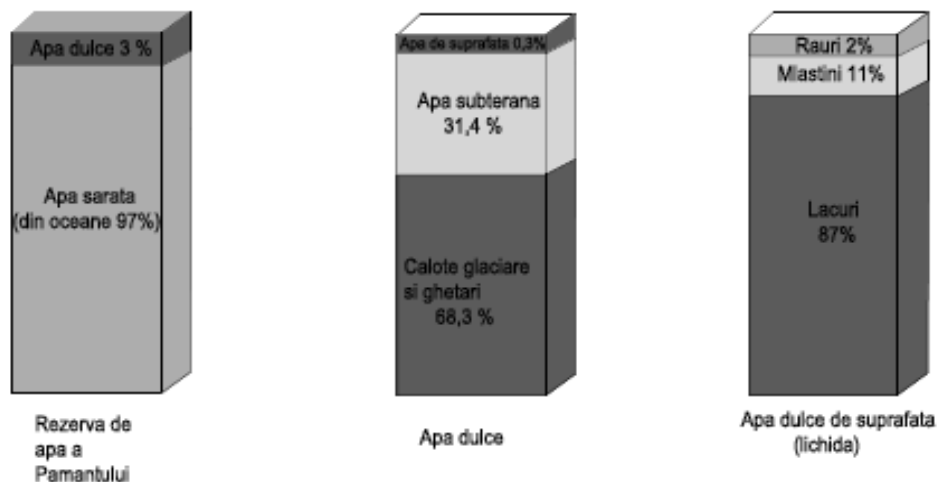


Fig. 2.20. Distribuția rezervelor de apă ale Pământului

Deși planeta Pământ este dominată de apă, în folosul umanității în cazul utilizării directe, rămâne o cantitate foarte mică de apă.

Procentual, din 3% cât reprezintă apa dulce, 31,4% reprezintă apa subterană care nu poate fi utilizată în consum direct decât în cantitate foarte mică. Apa de suprafață reprezintă 0,3% din cantitatea de apa dulce, de folosință directă fiind o cantitate foarte mică din procentul de 2% cât reprezintă apele curgătoare.

Aceste procente arată cât de "săracă" în apă este planeta ALBASTRĂ. Cel mai mic procent de apă dulce îl reprezintă apele neîmagazinate, respectiv cele care se plimbă prin atmosferă.

Cantitativ însă, acest procent de apă se regăsește în tabelul alăturat într-un volum destul de însemnat, ceea ce sugerează o posibilă utilizare a acestei bogății.

Desigur inconvenientul este că distribuția apei pe glob este neuniformă, deasemenea cantitatea de precipitații precum și distribuția acestora [1],[54],[61],[65],[74],[75],[87].

În tabelul 2.6 se prezintă sub o formă estimativă distribuția apei pe glob

Tabelul 2.6. Distribuția apei pe Terra

Sursa de apă [a]	Volumul apei în mile <sup>3</sup> [b]	Volumul apei în km <sup>3</sup> [c]	Procentul din totalul de apă dulce [d]	Procentul din totalul de apă [e]
Oceane, mări și golfuri	321,000,000	1,338,000,000	-	96.5
Calote glaciare, Ghețari și zăpadă permanentă	5,773,000	24,064,000	68.7	1.74
Apa subterană	5,614,000	23,400,000	-	1.7
Dulce	2,526,000	10,530,000	30.1	0.76
Sărată	3,088,000	12,870,000	-	0.94
Umiditatea din sol	3,959	16,500	0.05	0.001
Gheața permanentă și nepermanentă din sol	71,970	300,000	0.86	0.022
Lacuri	42,320	176,400	-	0.013
cu apă dulce	21,830	91,000	0.26	0.007
cu apă sărată	20,490	85,400	-	0.006
Atmosfera	3,095	12,900	0.04	0.001
Apa din mlaștini	2,752	11,470	0.03	0.0008
Râuri	509	2,120	0.006	0.0002
Apa biologică	269	1,120	0.003	0.0001
<b>Total</b>	<b>332,500,000</b>	<b>1,386,000,000</b>	<b>-</b>	<b>100</b>

Cantitățile de apă transportate anual în cadrul proceselor circuitului apei în natură, sunt în medie de 505 mii km<sup>3</sup>/an. (Tabelul 2.7.)

Tabelul 2.7. Debite și cantități medii de apă transportate anual

Nr. crt	Debitele de apă	Cantitatea medie transportată anual (mii km <sup>3</sup> /an)
a	Precipitații pe suprafața uscatului	107
b	Evapotranspirația de pe suprafața uscatului	71
c	Scurgerea de suprafață și subterană	398
d	Precipitații pe suprafața oceanelor	36
e	Evaporația de pe suprafața oceanelor	434

## Observații

1. Cantitatea de precipitații de pe suprafața uscatului [a] este egală cu suma dintre apa provenită din evapotranspirația de pe uscat [b] și apa scursă spre oceane.

2. Cantitatea de apă evaporată de pe suprafața oceanelor [e] este suma dintre cantitatea de apă provenită din precipitații pe suprafața oceanelor [d] și cantitatea de apă care se scurge de pe uscat în oceane [c].

Aceste relații demonstrează aplicabilitatea *Legii conservării masei de apă pe Terra*

Durata medie de înmagazinare a apei în rezervoare (Tabelul 2.8) arată timpul în care o moleculă de apă parcurge un rezervor din momentul intrării și până când îl părăsește [5],[13],[14],[30].

Tabelul 2.8. Durata medie de înmagazinare a apei în rezervoare

	<b>Rezervor</b>	<b>Durata medie de înmagazinare a apei</b>
a	Oceane	3.200 ani
b	Ghețari	20 – 100 ani
c	Strat sezonier de zăpadă	2 – 6 luni
d	Umiditate în sol	1 – 2 luni
e	Apa subterană de mică adâncime	100 – 200 ani
f	Apa subterană de mare adâncime	10.000 ani
g	Lacuri	50 – 100 ani
h	Râuri	2 – 6 ani
i	Atmosfera	9 zile

Duratele de înmagazinare a apei variază foarte mult de la un rezervor la altul. Durata de staționare a apei dintr-un rezervor pe o perioadă considerabilă de timp, conduce la modificări geologice ale circuitului apei în natură.

Acțiunile exercitate de o serie de factori asupra mediului cum ar fi extragerile de apă din cursuri de suprafață sau din subteran, irigațiile, modificări ale cursurilor de apă, despăduriri, emisia de gaze, etc., pot influența circuitul apei la scară regional și chiar planetar.

## 2.6. Caracteristicile tehnice ale precipitațiilor

Apa depozitată în scoarța terestră se manifestă în funcție de forțele de atracție gravitațională și electromoleculare care acționează permanent între particulele de apă și cele de pământ. În funcție de aceste forțe, apa din pământ se clasifică în două forme importante[28],[30],[68],[69],[71],[79]:

1. Apa legată, asupra căreia acționează forțe de atracție, forțe electromoleculare foarte mari, captând din această cauză consistența unui lichid vâscos;
2. Apa liberă (gravitațională), care se mișcă sub acțiunea forțelor gravitaționale nefiind influențată semnificativ de forțele electromoleculare.

Mărimile tehnice care caracterizează fluidele determină acțiunile lor asupra altor corpuri de natură lichidă, solidă sau gazoasă.

Principalele proprietăți fizice ale apei sunt:

### 2.6.1. Greutatea specifică

Greutatea specifică este definită ca raportul dintre greutatea  $G$  și volumul  $V$

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad [\text{daN/m}^3] \quad (2.1)$$

Greutatea specifică a apei este o mărime variabilă în raport cu presiunea și temperatura.

În tabelul 2.9. sunt prezentate greutatele specifice ale apei la diverse temperaturi și concentrații.

Tabelul 2.9. Greutăți specifice ale apei la diverse temperaturi și concentrații

Categoría de apă Temperatura	Apa distilată 0° C	Apa distilată 4° C	Apa distilată 30° C	Apa de mare	Apa tulbure	Apa de ploaie	
						brută	filtrată
Greutatea specifică $\gamma$ [daN/m <sup>3</sup> ]	999,7	1000	995,78	1020...1050	1200	1006	998

Deoarece greutatea specifică variază foarte puțin în raport cu presiunea, turbiditatea și prezența sărurilor fiind excluse, temperatura de lucru cu apa din precipitații situându-se în intervalul 0°C și 30°C, se va lua în calcule pentru apa din precipitații  $\gamma = 9810\text{N/m}^3 = 9,81\text{daN/m}^3$

### 2.6.2. Densitatea

Densitatea sau masa specifică exprimă gradul de concentrare al masei într-o particulă de fluid

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M \cdot \gamma}{G} = \frac{M \cdot \gamma}{M \cdot g} = \frac{\gamma}{g} \quad [\text{Kg/m}^3] \quad (2.2)$$

În cazul apei de ploaie, se acceptă pentru problemele tehnice:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

### 2.6.3. Vâscozitatea

Vâscozitatea este proprietatea fluidelor de a dezvolta tensiuni tangențiale pe elementele de suprafață care separă două porțiuni în mișcare relativă de alunecare una față de alta.

În calcule, vâscozitatea este reprezentată de un coeficient dinamic de vâscozitate  $\eta$ , care variază în mare măsură invers proporțional cu temperatura și aproape deloc în funcție de presiunea lichidului, precum și de coeficientul cinematic de vâscozitate  $\nu$ .

Pentru apă, coeficientul dinamic de vâscozitate se poate determina cu formula lui Poiseuille:

$$\eta = \eta_0 (1 + 0,0337T + 0,000222T^2)^{-1} \quad [\text{N.s/m}^2] \quad (2.3)$$

în care:  $\eta_0$  este coeficientul dinamic de vâscozitate pentru  $T = 0^\circ \text{C}$

$$\nu = \eta / \rho \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (2.4)$$

în care:  $\eta$  - coeficientul dinamic de vâscozitate;

$\rho$  - masa specifică;

$\nu$  - coeficient cinematic de vâscozitate;

$T$  - temperatura apei în °C.

Valorile coeficientului de vâscozitate cinematică ( $\gamma$ ) și dinamică ( $\eta$ ) pentru apă la presiunea de 760 mm Hg și diferite temperaturi, sunt redată în Tabelul 2.10.

Tabelul 2.10. Valori ale coeficienților de vâscozitate a apei

Temperatura T, [°C]	0	10	20	40	60	80	100
Coeficientul cinematic de vâscozitate $10^6 \nu$ [ $m^2/s$ ]	1,79	1,31	1,01	0,658	0,472	0,366	0,295
Coeficientul dinamic de vâscozitate [ $daN/m^3$ ]	182	133	102	66,5	47,9	36,3	28,8

Observație: Fluiditatea  $\phi$  este mărimea inversă a vâscozității dinamice

#### 2.6.4. Tensiunea superficială

Tensiunea superficială se manifestă la suprafața de separare dintre două medii: lichid- gaz, lichid-lichid, care se află în contact. Tensiunea superficială tinde să micșoreze suprafața de contact. Forța F datorată tensiunii superficiale se calculează cu relația:

$$F = \sigma L \quad (2.5)$$

unde:  $\sigma$  este coeficientul de tensiune superficială, care pentru apă în contact cu aerul la temperatura de 20° C are valorile:  $\sigma = 0,0074 \text{ kgf/m}$  sau  $\sigma = 0,0726 \text{ N/m}$

Tensiunea superficială este responsabilă de formarea picăturilor de lichid/ploaie.

#### 2.6.5. Adeziunea

Adeziunea este rezultatul forțelor de atracție dintre particulele vecine a două corpuri care ajung la distanțe moleculare una de alta, în urma contactului intim. Natura suprafețelor de contact indică mărimea forțelor moleculare dintre corpuri. În cazul apei în contact cu peretele de sticlă, sunt mai mari forțele moleculare ale peretelui de sticlă, ceea ce generează un menisc concav.

#### 2.6.6. Capilaritatea

Capilaritatea este fenomenul de modificare a distribuției presiunilor într-un fluid, ca urmare a acțiunii forțelor moleculare pe suprafețele de contact cu un alt lichid, solid sau gaz.

În suprafețele plane, tensiunile superficiale se echilibrează reciproc, dar în apropierea lichidului cu un mediu solid, tensiunile superficiale tind să micșoreze suprafețele ridicând sau coborând lichidul față de nivelul normal.

Apa capilară este o apă liberă, care acționează sub acțiunea forțelor gravitaționale.

#### 2.6.7. Umiditatea pământului

Umiditatea pământului este mărimea care exprimă raportul dintre greutatea apei din pori și greutatea scheletului mineral. Umiditatea pământului se exprimă prin relația:

$$w = G_w/G_s \quad (2.6)$$

unde:

$G_w$  este greutatea apei conținută în porii unei cantități de pământ;

$G_s$  - greutatea particulelor solide din această cantitate.

Raportul dintre volumul ocupat de apă în golurile din solul de probă și volumul porilor din solul de probă exprimă gradul de umiditate  $S_r$



$$S_r = V_w/V_p \quad (2.7)$$

unde:  $V_w$  este volumul de apă din golurile din sol;

$V_p$  - volumul porilor din sol.

Gradul de umiditate poate fi exprimat și ca raport între umiditatea pământului și umiditatea de saturație a acestuia;

$$S_r = w/w_{sat} \quad (2.8)$$

Umiditatea nu ne oferă indicii cu privire la natura apei din pământ, în nisipuri apa din pori este gravitațională, pe când în pământurile argiloase cea mai mare cantitate de apă este apă legată.

## 2.7. Metode utilizate pentru aprecierea cantităților de precipitații [28],[49] [58],[98],[103],[110],[116],[117],[118]

Elementul principal care stă la baza studierii metodelor de valorificare a apelor provenite din precipitații este debitul de ape meteorice. Acest debit nu este constant și nu este previzibil.

În ultimii ani, o serie de fenomene atmosferice printre care ploile cu intensitate și durată foarte mare au fost prezente în România, cauzând probleme atât prin inundarea directă a însemnate suprafețe de teren cât și prin suprasolicitarea sistemelor de canalizare comune. Considerând că debitele de apă meteorică variază de la o regiune la alta, de la un anotimp la altul, se impune analiza celor mai utilizate metode de calcul a debitelor de apă provenite din precipitații.

### 2.7.1. Metode utilizate în standardele românești [34],[35],[110],[112],[116]

Debitul apelor meteorice /debitul ploii de calcul,  $Q_p$ , în l/s, se calculează cu relația:

$$Q_p = m \cdot i \cdot \Sigma S \cdot \Phi \quad (2.4)$$

în care:  $m$  este un coeficient adimensional de reducere a debitului de calcul, care ține seama de capacitatea de înmagazinare a canalelor și de durata ploii de calcul ( $t_p = t_s$ ), care se poate considera:  $m = 0,8$  pentru  $t_p \leq 40$  min.;  $m = 0,9$  pentru  $t_p > 40$  min.;  $S$  - aria bazinului de canalizare aferent secțiunii de calcul, în ha;

$\Phi$  - coeficient de scurgere aferent suprafeței de scurgere  $S$ .

$$\Phi = q_c/q_p \quad (2.5)$$

unde:  $q_c$  este debitul meteoric căzut pe aria  $S$ , care ajunge în canal (l/s);

$q_p$  - debitul meteoric căzut pe aria  $S$  în l/s;

$i$  - intensitatea ploii de calcul, în funcție de frecvența ( $f$ ) și de durata ploii de calcul ( $t_p$ ), este mărimea care reprezintă cantitatea de apă meteorică ce cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață, fiind exprimată, în l/s.ha, sau în mm/min pentru aspectele tehnice;

$t$  - intervalul de timp al ploii respective, în care se realizează cantitatea maximă de apă căzută;  $t_p$ - timpul ploii de calcul;  $t_s$ - timpul de scurgere al ploii;

$f$  - frecvența unei ploi de durată  $t$  și intensitate  $i$  este dat de numărul de ploi de durată  $t_p$  și intensitate  $i$  sau mai mare, care se produc în medie într-un anumit interval de ani.

Coeficientul de scurgere  $\Phi$  este o mărime funcție de natura suprafeței bazinului de canalizare, având valorile redată în tabelul 2.11.

Tabelul 2.11. Valori ale coeficientului de scurgere funcție de natura suprafeței de colectare

Nr. crt.	Natura suprafeței	Coeficient de scurgere $\Phi$
1	Învelitori metalice și de ardezie	0,95
2	Învelitori de sticlă, țiglă și carton asfaltat	0,90
3	Terase asfaltate	0,85...0,90
4	Pavaje din asfalt și din beton	0,85...0,90
5	Pavaje din piatră și alte materiale, cu rosturi umplute cu mastic	0,70...0,80
6	Pavaje din piatră cu rosturi umplute cu nisip	0,55...0,60
7	Drumuri din piatră spartă (macadam): în zone cu pante mici ( $\leq 1\%$ ) în zone cu pante mari ( $>1\%$ )	0,25...0,35 0,40...0,50
8	Drumuri împietruite: - în zone cu pante mici ( $\leq 1\%$ ) - în zone cu pante mari ( $>1\%$ )	0,15...0,20 0,25...0,30
9	Terenuri de sport, grădini: - în zone cu pante mici ( $\leq 1\%$ ) - în zone cu pante mari ( $>1\%$ )	0,05...0,10 0,10...0,15
10	Incinte și curți nepavate, neînierbate	0,10...0,20
11	Terenuri agricole (de cultură)	0,05...0,10
12	Parcuri și suprafețe împădurite: - în zone cu pante mici ( $\leq 1\%$ ) - în zone cu pante mari ( $>1\%$ )	0,00...0,05 0,05...0,10

În tabelul 2.12., sunt redată valorile medii ale coeficienților de scurgere (după Burrier [2]), în funcție de natura solului (ușor, mediu sau greu) și de panta zonei canalizate, cu ajutorul coeficienților de corecție [2],[48],[49],[50],[54],[73]

Tabelul 2.12. Valori medii ale coeficienților de scurgere

Nr. crt.	Tipul zonei (după categoria zonei urbane)	Natura solului			Factor de adaptare în funcție de panta zonei	
		Ușor	Mediu	Greu	Teren plat $i < 1\%$	Teren înclinat $i > 1\%$
1	Zone aglomerate, sectoare dense, zone centrale - 160 locuințe/ha	0,85	0,90	0,90	0,95	1,05
2	Cartiere de locuit - 110 - 150 locuințe/ha	0,75	0,800	0,80	0,95	1,05
3	Zone de case cu grădini (parcele de 400) - 20 - 30 locuințe/ha	0,30	0,35	0,40	0,9	1,2

4	Zone rezidențiale - 18 - 40 locuințe/ha	0,25	0,35	0,40	0,9	1,2
5	Zone industriale și artisanale	0,40	0,50	0,70	0,95	1
6	Zone puternic industrializate	0,60	0,70	0,80	0,95	1
7	Zone portuare	-	0,80	-	0,95	1
8	Autogări și depozite	0,75	0,80	0,85	0,95	1
9	Gări și depozite feroviare	0,15	0,20	0,30	0,75	1
10	Servicii publice: spitale, centre administrative	-	0,85	-	0,95	1
11	Centre de odihnă: zone verzi dominante	0,25	0,45	0,60	0,95	1,1
12	Centre hoteliere și comerciale	0,65	0,70	0,80	0,90	1,1
13	Terenuri de sport și terenuri de joacă	0,20	0,30	0,35	0,90	1,1
14	Aerodromuri și terenuri de joacă	0,15	0,30	0,45	1	1
15	Cimitire urbane	0,30	0,40	0,50	0,75	1,25
16	Întreprindere feroviară	0,08	0,10	0,15	0,90	1
17	Șosele și parcări	-	0,80	-	0,95	1
18	Pavaj cu plăci din beton	-	0,90	-	0,95	1,05
19	Șosele și parcări	-	0,80	-	0,95	1
20	Pavaj cu plăci din beton	-	0,90	-	0,95	1,05
21	Spații libere - zone de agrement și zone necunoscute	0,10	0,15	0,20	0,75	1,25
22	Zone împădurite, parcuri și grădini	0,05	0,10	0,15	0,50	1,25
23	Zone fără vegetație	0,04	0,15	0,30	0,50	1,5

Pentru zonele care au diferite tipuri de amenajare a suprafețelor de scurgere, coeficientul de scurgere  $\Phi$  se determină ca medie ponderată a valorilor corespunzătoare suprafețelor de scurgere.

Relația de calcul este:

$$\Phi = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot \Phi_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (2.6)$$

în care:

$S_i$  este aria unui bazin de canalizare de natura  $i$  a suprafeței, [ha];

$\Phi_i$  - coeficientul de scurgere aferent ariei  $S_i$

Frecvența ploii de calcul, ( $f$ ) se determină, conform STAS 4273-83, în funcție de clasa de importanță a folosinței [100].

Frecvența ploii de calcul se poate alege din tabelul 2.13 [116].

Tabelul 2.13. Valorile frecvenței ploii de calcul

<b>Clasa de importanță a folosinței (cf STAS 4273-83)</b>	<b>Unități cu caracter economic (industriale, agrozootehnice etc.) - f -</b>	<b>Unități cu caracter social (centre populate, cartiere etc.) - f -</b>
I	1/5	1/3...1/5
II	1/3...1/2	1/2...1/1
III	1/2...1/1	1/1...2/1
IV	1/1...2/1	2/1
V	2/1	2/1

Pe baze statistice, relațiile dintre intensitățile și duratele ploilor maxime cu anumite frecvențe, corespunzătoare zonei de interes (conform hărții), sunt date în diagrama din figura 2.18.

### 2.7.2. Metoda rațională (USA) [120]

Este o metodă bazată pe predicția precipitațiilor pe bază de intensitate, care estimează debite maxime în funcție de caracteristicile bazinului și de ploaia de calcul.

Ipotezele care stau la baza metodei raționale sunt:

- aria bazinului deservit este mică ( $\leq 150$  ha);
- debitul de vârf apare atunci când întreg bazinul contribuie la apa de scurgere;
- intensitatea ploii este uniformă pentru o perioadă de timp mai mare sau egală cu timpul de concentrare/scurgere;
- coeficientul „rațional” (similar coeficientului de scurgere) ilustrează raportul dintre volumul precipitațiilor și volumul de apă care se scurge în rețea și este independent de intensitatea ploii;

Formula metodei raționale pentru debitul de vârf este:

$$Q = k \cdot C \cdot i \cdot A \quad (2.7)$$

în care:

Q este debitul de calcul, în  $[m^3/s]$ ; k este factor de corecție cu valoarea 0,00278;

C - coeficientul „rațional” al bazinului deservit;

i - intensitatea ploii, în  $[mm/h]$ ;

A - aria bazinului, în  $[ha]$ .

Coeficientul „rațional” C este un număr cu valori cuprinse între 0 și 1, influențate de panta și natura terenului. În tabelul 2.14 sunt redade valorile uzuale ale coeficientului C, în raport cu natura suprafeței de scurgere, recomandat de literatura de specialitate americană.

Tabelul 2.14. Valori uzuale ale coeficientului „rațional” C

Tipul suprafeței	Descriere	C
Zonă comercială	Central	0,75 -
		0,95 -
	La periferie	0,50 -
		0,70 -
Zonă rezidențială	Imobil pt 1 familie	0,30 -
		0,50 -
	Duplex	0,60 -
	Apartament	0,75 -
		0,50 -
Zonă industrială	Densitate mică	0,70 -
		0,80 -
	Densitate mare	0,60 -
		0,90 -
Pavaj	Asfalt/beton	0,70 -
		0,95 -
	Cărămidă	0,70 -
		0,85 -
		0,75 -
Diverse	Parcuri și cimitire	0,75 -
		0,85 -
	Terenuri de joacă	0,10 -
		0,25 -
Suprafețe înierbate	Pante mici 2%	0,20 -
		0,40 -
	Pante medii 2-7%	0,13 -
		0,17 -
	Pante mari >7%	0,18 -
	0,22 -	
	0,25 -	
	0,35 -	

Intensitatea ploii de calcul depinde de durata și frecvența ei. Pe baza observațiilor făcute de-a lungul timpului, sunt întocmite **curbe IDF** (intensitate – durată – frecvență), materializate sub formă de tabele sau formule de regresie. Cele mai utilizate formule recomandate în literatura de specialitate americană au forma:

$$i = a/(b+t)^n \quad (2.8)$$

$$i = a \times (P)^m / (b+t)^n \quad (2.9)$$

$$i = (a + b) \times [\ln(t)] + c \times [\ln(t)]^2 + d \times [\ln(t)]^3 \quad (2.10)$$

în care:  $i$  este intensitatea ploii de calcul, în [mm/h];  $t$  este durata ploii de calcul, în [h];  $P$  este perioada de retur (inversul frecvenței), în [ani];  $a, b, c, d, m, n$  sunt coeficienți

### 2.7.3. Metoda rațională modificată Wallingford (Marea Britanie) [120]

Formula pentru calculul debitului de ape meteoric

$$Q = 2,78 \cdot C_V \cdot C_R \cdot i \cdot A \quad (2.11)$$

în care:  $Q$  este debitul de calcul, în l/s;  $C_V$  - coeficientul volumetric de scurgere pentru aria impermeabilă;  $C_R$  - coeficient de repartiție (se alege valoarea 1, 3);  $i$  - intensitatea ploii, în mm/h;  $A$  - aria impermeabilă a bazinului deservit, în ha.

Coeficientul volumetric de scurgere pentru aria impermeabilă se calculează pe baza unei mărimi numite procent de scurgere PR (Percentage Runoff).

$$C_V = 0,01 \cdot PR \cdot (Aria\_totală/A) \quad (2.12)$$

Relația de calcul Wallingford pentru PR este:

$$PR = 0,829 \cdot PIMP \cdot 25 \cdot SOIL - 0,078 \cdot UCWI - 20,7 \quad (2.13)$$

în care: PR este procentul de scurgere pentru aria impermeabilă; PIMP - procentul de arie impermeabilă din aria totală; SOIL - indice funcție de tipul solului, obținut din hărți special întocmite; UCWI - indice de umiditate al bazinului urban, determinat din nomograme în funcție de precipitațiile medii anuale standard din Marea Britanie

Intensitatea ploii de calcul se determină din nomograme, respectând metodologia din Raportul Oficiului Meteorologic pentru Studiul Inundațiilor (1975).

Dezavantajele metodei raționale sunt: furnizează doar debitul de vârf; nu tratează sistemele care intră sub presiune sau inundate; nu permite calculul bazinelor de retenție destinate regularizării apelor meteorice; pentru ca debitul maximal al bazinului să rezulte în urma unei ploi care cade cu o intensitate uniformă, o durată de timp  $t$ , trebuie presupus că forma bazinului este regulată (rectangulară); în cazul unui bazin versant urban, care se îndepărtează de la această formă ideală, debitul maximal poate apărea în cazul unor ploi a căror durată este mai mică decât  $t$ .

#### 2.7.4. Formula "superficială" Caquot (Franța)

Pentru calculul debitului de ape meteorice se folosește relația:

$$Q(f) = k^{1/u} \cdot I^{v/u} \cdot C^{1/u} \cdot A^{w/u} \quad (2.14)$$

în care:  $Q$  este debitul de calcul în  $[m^3/s]$ ;  $f$  este frecvența ploii de calcul în  $[ani^{-1}]$ ;  $I$  este panta medie a bazinului urban în  $[m/m]$ ;  $C$  este coeficientul de scurgere;  $A$  este suprafața bazinului urban în  $[ha]$ ;  $k$ ,  $u$ ,  $v$ ,  $w$  - coeficienți care depind de parametri  $a(f)$  și  $b(f)$ , care definesc ecuația intensității ploii de calcul, astfel:

$$k = 0,5^{b(f)} \cdot a(f)/6,6 \quad (2.15)$$

$$u = 1 + 0,287 \cdot b(f) \quad (2.16)$$

$$v = -0,41 \cdot b(f) \quad (2.17)$$

$$w = 0,95 + 0,507 \cdot b(f) \quad (2.18)$$

Intensitatea ploii de calcul depinde de durata și frecvența ploii de calcul, conform relației:

$$i(t, f) = a(f) \times t^{b(f)} \quad (2.19)$$

Metoda dă rezultate corecte pentru bazine urbane a căror suprafață totală nu depășește 200 ha

Panta  $I$  este cuprinsă între 0,2% și 5%, iar coeficientul de scurgere mediu  $C$  este cuprins între 0,2 și 1. Pentru cazul bazinelor versante cu o suprafață mai mare de 200 ha, este necesar a se utiliza modele de calcul care simulează mecanismele reale de funcționare ale rețelei:

-un model hidrologic care determină hidrograful de scurgere la ieșirea din fiecare sub-bazin;

-un model hidrologic care propagă, compune sau amortizează (dacă există bazine de retenție) hidrografurile de scurgere în rețeaua colectoare.

## 2.8. Aprecierea timpului de concentrare superficială

Timpul de concentrare superficială  $t_{cs}$  a unui sub-bazin versant urban este timpul cel mai lung pe care îl poate face apa care se scurge pe acest bazin versant, pentru a ajunge în rețeaua de canalizare. Valoarea timpului de concentrare superficială ( $t_{cs}$ ) este în funcție de: panta medie a suprafeței terenului în direcția gurii de scurgere; distanța pe care apa trebuie să o parcurgă la suprafață, pentru a ajunge la gura de scurgere; natura suprafeței pe care apa trebuie să se scurgă [15], [16], [22], [23], [37], [49],[53].

$$t_p = t_c + t_{cs} \quad (2.20)$$

unde:  $t_c = L/60 \cdot v$  este timpul curgerii apei în canal, [min];

$v$  - viteza de curgere, [m/sec];

$L$  - lungimea tronsonului de canal;

$t_{cs}$  - timpul de scurgere superficială care se apreciază.

Timpul de curgere superficială este funcție de panta terenului/suprafeței, considerându-se:

$t_{cs} = 5$  minute pentru  $I_{teren} > 5\%$ ;

$t_{cs} = 10$  minute pentru  $I_{teren} = 2\% - 5\%$

$t_{cs} = 15$  minute pentru  $I_{teren} < 2\%$

$t_{cs} = 30$  minute, la aprecierea proiectantului

Timpul de concentrare superficială a sub-bazinelor versante urbane variază, în general, între 5 și 30 de minute, în funcție de mărimea acestor bazine.

În zonele foarte populate, acolo unde procentul suprafețelor zise impermeabile este crescut, acest timp „de intrare” este foarte scurt. Dimpotrivă, în sectoarele rezidențiale, unde casele sunt de tip familial și terenurile plate, timpul de concentrare superficială variază între 10 și 15 minute.

Pentru evaluarea acestui timp de intrare în sistemul de canalizare există foarte multe modele, cele mai utilizate fiind: modelul lui Kerby, modelul lui Kirpich, modelul lui Schaake și modelul recomandat de Federal Aviation Agency.

### 2.8.1. Modelul Kerby

Acest model permite evaluarea timpului necesar unui film subțire de apă pentru a se scurge pe suprafețe cu caracteristici variate. Ecuația propusă de Kerby este următoarea:

$$t_{cs} = (2,187 \cdot L \cdot n)^{0,467} / I^{0,2335} \quad (2.21)$$

în care:  $L$  este distanța maximală parcursă de particular de apă pe suprafață în [m], distanță care nu poate, în mod normal, să depășească 365 m;

$n$  - coeficientul de rugozitate Manning al suprafeței;

$I$  - panta medie a traseului parcurs de apă în [m/m]

Pentru diferite tipuri de suprafețe, coeficientul de rugozitate al lui Manning este redat în tabelul 2.15

Tabelul 2.15. Valori ale coeficientului de rugozitate

Suprafața	n
Suprafața impermeabilă plană	0,02
Suprafața gazonată plană	0,10
Sol compact cu suprafața plană	0,10
Culturi agricole	0,20

Pășune	0,40
Pădure de foioase	0,60
Pădure de conifere	0,80
Pădure de foioase și ierburi înalte	0,80

### 2.8.2. Modelul Kirpich

Modelul lui Kirpich propune o relație pentru determinarea timpului de conservare superficial ( $t_{cs}$ ), valabilă mai ales pentru zonele

$$t_{cs} = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot F / I^{0,385} \quad (2.22)$$

în care:  $L$  este distanța maximală parcursă de apă pe suprafață (m), care trebuie să se situeze, în mod normal, între 30 și 3050 m;

$I$  - panta medie a traseului parcurs de apă [m/m];

$F$  - factor relativ la suprafața care permite utilizarea ecuației (2.22) și pentru alte regiuni decât cele rurale, (Tabelul 2.16).

Tabelul 2.16. Valori ale factorului relativ

Suprafața	F
Sol neînierbat cu suprafață plană (bazin rural)	1,0
Suprafață gazonată	2,0
Suprafață de beton sau asfalt	0,4
Peluze gazonate și bine întreținute	1,0
Rigole sau canale de beton	0,2

Ecuația propusă de Kirpich se utilizează cel mai frecvent sub formă de nomogramă, în care în loc de pantă ( $I$ ) se folosește diferența totală de nivel dintre începutul și sfârșitul traseului parcurs de apă ( $\Delta h$ )

### 2.8.3. Modelul Schaake

Modelul se bazează pe ecuația elaborată de Schaake pentru sub-bazinele versante urbane cu o mare densitate de străzi prevăzute cu guri de scurgere situate de-a lungul bordurilor sau trotuarelor:

$$t_{cs} = 1,8 \cdot L^{0,24} / I^{0,16} \cdot A_{imp}^{0,26} \quad (2.23)$$

în care:  $L$  este distanța maximală parcursă de apă, de-a lungul bordurii, până la gura de scurgere [m];  $I$  este panta medie a traseului parcurs de apă [m/m];  $A_{imp}$  este fracțiunea din suprafața totală a sub-bazinului, care este formată din suprafețe zise impermeabile (acoperișuri, străzi pavate, trotuare etc.).

### 2.8.4 Modelul recomandat de Federal Aviation Agency

Agenția Federală Americană a propus ecuația 2.23 pentru determinarea timpului de concentrare  $t_{cs}$  care a fost inițial utilizată pentru drenajul apelor meteorice la aeroporturi:



$$t_{cs} = 3,26 \cdot (1,1 - \Phi) \cdot L^{0,5} / I^{0,33} \quad (2.24)$$

în care:  $\Phi$  este coeficientul de scurgere;  $L$  - distanța maximală parcursă de apă pe suprafață, în m;  $I$  - panta medie a traseului parcurs de apă.

## 2.9. Caracteristici calitative ale apelor meteorice

Apele meteorice sunt cele provenite din precipitațiile atmosferice: apele de ploaie și cele rezultate din topirea zăpezilor cu pondere majoră (de luat în calcul). Deși pure în momentul formării, fiind de fapt apa distilată, vaporii de apă se impurifică încă din momentul condensării lor în jurul particulelor de praf, fum etc., iar în momentul căderii sub formă de ploaie, aceasta antrenează din atmosferă diverse impurități (pulberi, germeni) și absoarbe diverse gaze cum ar fi amoniac, hidrogen sulfurat, oxizi de sulf și de azot etc [10],[20],[21],[51],[59],[62],[63],[105],[114].

Așa se explică de ce primele cantități de precipitații care au spălat o atmosferă prăfuită (după o secetă îndelungată sau din jurul întreprinderilor care elimină mari cantități de pulberi) sunt ușor turbide, iar cele care au dizolvat anhidride sulfuroase ori azotoase, au un pH acid.

Odată căzute la suprafața solului, apele meteorice se impurifică în continuare cu substanțe organice și anorganice, solubile și insolubile, cu germeni microbieni etc. antrenați în urma spălării suprafețelor pe care ele se scurg, până la punctul unde sunt colectate.

Datorită acestor aspecte, compoziția apelor meteorice depinde de faptul că dacă au fost colectate după o secetă prelungită sau după o perioadă de ploi abundente.

Caracteristicile calitative ale apelor meteorice depind de gradul de încărcare al atmosferei cu pulberi, gaze, bacterii etc. provenite de la suprafața solului ori din întreprinderi industriale din apropiere; de modul de colectare și de felul amenajării și exploatarea instalațiilor de colectare și de tratare a apei. [47],[48], [55]

### 2.9.1 Aspecte legislative [17],[18],[44],[45],[63],[68],[84],[85],[95],[96],[104],[105]

Gradul de civilizație al unui popor se poate aprecia nu numai după monumentalitatea construcțiilor pe care le-a realizat, ci și după modul cum a rezolvat problema apei. [69] Cele mai vechi construcții de utilizare (construcții edilitare) a apei au existat în urmă cu aproximativ 5000 de ani în Egipt antic.

În Grecia antică, atenianul Solon (sec.VII-VII. IH) legiferează norma pentru folosirea apei echivalent în unitățile de măsură actuale cu 54 dm<sup>3</sup>/om zi, și prescrie condiții pentru construcția puțurilor de apă, iar apa uzată rezultată o foloseau pentru irigații (de exemplu la plantațiile de măslini).

Sub egida UNESCO, a început la 1 ianuarie 1965 Deceniul Hidrologic Internațional la care au participat 90 de țări printre care și România. Acțiunilor demarate au avut ca scop principal cunoașterea în vederea valorificării cât mai raționale a resurselor de apă existente, și crearea la nivel planetar a unei balanțe hidrice cu scopul gospodăririi cât mai rațional a apei.

Deficitul de apă din Uniunea Europeană, este în vizorul Comitetului Regiunilor, care recomandă țărilor membre promovarea de politici în vederea economisirii și reciclării apei.

Autoritățile regionale și locale pot încuraja prin investiții și adoptări legislative, recuperarea apelor pluviale precum și utilizarea rețelelor secundare, care să permită folosirea apei nepotabile în curățenie, irigații și salubritate.

Acest lucru a determinat legislativul să gândească o Lege a apelor (Legea nr.107/1996 cu modificările și completările ulterioare) în care apa este definită ca fiind "patrimoniu natural care trebuie protejat, tratat, și apărat ca atare"[ Art 1.], iar "cunoașterea, protecția, punerea în valoare și utilizarea durabilă a resurselor de apă sunt acțiuni de interes general" [Art.2] [96]

### 2.9.2. Impurificatorii apelor provenite din precipitații

Din punct de vedere calitativ, apa provenită din precipitații conține mai multe tipuri de impurificatori: impurificatori de natură biologică; impurificatori minerali; impurificatori organici; impurificatori radioactivi.

#### 2.9.2.1. Impurificatori de natură biologică [44],[59]

Organismele care formează indicatorii biologici se împart în următoarele categorii:

a)catarobe - organisme care trăiesc în ape curate

b)saprobe - organisme care se găsesc în ape cu diverse grade de poluare.

Saprobele se împart la rândul lor în : oligosaprobe; mezosaprobe; polisaprobe

În zona oligosaprobe, apa are un conținut mare de oxigen, nu conține azotiți, amoniac, hidrogen sulfurat, numărul de bacterii este redus, dar abundă plantele verzi.

În zona de mezosaprobe intervin procese de oxido-reducere, există o cantitate apreciabilă de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , un număr mic de plante verzi și un număr relativ mare de microorganisme, fiind apreciată în subzone:  $\alpha$  și  $\beta$ .

În zona de polisaprobe, caracteristice sunt procesele de descompunere, putrefacție, existența unui număr mare de bacterii și un conținut mare de hidrogen sulfurat, dioxid de carbon, albuminoide; este zona apei cu cea mai puternică poluare.

După indicatorii fizico-chimici și biologici, în tabelul 2.17 sunt redată caracteristicile zonei de saprobitate.

Tabelul 2.17. Indicatori de natură biologică

Criterii	ZONA			
	polisaprobă	$\alpha$ - mezosaprobă	$\beta$ - mezosaprobă	oligosaprobă
Compoziție chimică	Substanțe proteice	Amoniac, aminoacizi	$\text{NH}_3$ ; $\text{N}_2\text{O}_3$ ; $\text{N}_2\text{O}_5$	$\text{N}_2\text{O}_5$
Condiții de respirație	Anaerobe	Facultativ anaerobe	Aerobe	Aerobe

Caracterul proceselor biochimice	Reducere	Reducere-oxidare	Oxidare	Oxidare
Dioxid de carbon	Prezent foarte intens	Prezent intens	Prezent uneori	Prezent uneori
Hidrogen sulfurat	Prezent foarte intens	Prezent intens	Prezent	Absent
Compuși ai fierului	FeS	FeS + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Putrescibilitate	Prezentă	Prezentă	Absentă	Absentă
Surse de oxigen	Difuzie	Difuzie	Difuzie+asimilație	Difuzie+asimilație
Conținut de bacterii pe ml	Milioane	Sute de mii	Zeci de mii	Sute
Forme biologice	Specii puține (protozoare) cu dezvoltare intensă	Număr mare de specii	Specii multe de plante și animale	Specii foarte variate, număr mare de indivizi
Organisme prezente	Infuzori, flagelate, bacterii sulfuroase	Ciuperci, bacterii, infuzori, alge verzi și albastre	Alge verzi și albastre, infuzori, diatomee, viermi, crustacee, pești	Alge verzi, crustacee, larve de insecte, pești

### 2.9.2.2. Impurificatori minerali

Impurificatorii minerali influențează calitățile organoleptice fizice și chimice ale apei, aspectul său, putând afecta, sau nu sănătatea oamenilor.

Din punct de vedere sanitar, impurificatorii minerali se clasifică în:

1. Impurificatori minerali care nu afectează sănătatea, care sunt:

- turbiditatea este parametrul care dă prima indicație asupra conținutului în materii în suspensie și coloidale de origine minerală și organică. Turbiditatea trebuie eliminată pentru a evita absorbția pe suprafața suspensiilor și a altor depuneri (ex.: metale grele);
- culoarea este produsă în prezența unor substanțe organice sau minerale dizolvate sau în stare coloidală. Culoarea poate fi corectată prin eliminarea compușilor minerali și organici care o produc;
- alcalinitatea și durezza participă la echilibrul calco-carbonic al apei în conjuncție cu pH-ul și cu acidul carbonic dizolvat;
- gazele dizolvate, dintre care se remarcă hidrogenul sulfurat (H<sub>2</sub>S), care dă apei un miros urât.

2. Impurificatori minerali care afectează sănătatea, care sunt:

- metalele, cum sunt: cromul, mercurul, nichelul, seleniul, arseniul, bariul, plumbul, cadmiul;

Observație: În general, metalele sunt absorbite pe materialele în suspensie din apă, iar o dată cu eliminarea suspensiilor se elimină și respectivele metale.

- nitrații și nitriții stau la baza unor afecțiuni grave;
- fibrele de azbest trebuie eliminate pentru a nu fi antrenate în vapori.

Prin eliminarea turbidității apei se elimină și fibrele de azbest.

- duritatea;
- fluorul;
- hidrocarburile aromatice;
- pesticidele

Impurificatorii organici care afectează sănătatea se pot grupa în șase grupe principale: substanțe humice; acizi hidrofilici; acizi carboxilici; peptide și amino-acizi; hidrați de carbon; hidrocarburi.

Conținutul în substanțe organice se exprimă prin concentrația totală a acestor substanțe în apă. Acest tip de impurificatori se găsesc mai ales în apele de suprafață. Apele provenite din precipitații în condiții de stocare pentru o perioadă mare de timp în spații deschise pot fi afectate de acest tip de impurificatori.

I) Indicatori fizico-chimici și indicatori ai regimului de oxigen: temperatura; culoarea;  $O_2$  dizolvat; CBO<sub>5</sub>; CCOM<sub>n</sub>; CCOCr; CO<sub>7</sub>

II) Nutrienți:

- pe baza de azot
- pe baza de fosfor
- clorofilă

III) Salinitatea:

- conductivitate
- reziduu filtrabil uscat la 105<sup>0</sup>C
- cloruri
- sulfați
- calciu
- magneziu
- sodiu

IV) Poluanți toxici naturali:

- Cr; Cu; Zn; Ar; Ba; Se; Co; Pb; Cd; Fe total; Hg; Mn total; Ni.

V) Alți indicatori chimici relevanți:

- fenoli totali
- detergenți amonici activi
- AOX

VI) Indicatori microbiologice:

- coliformi totali'
- coliformi fecali
- streptococi fecali

VII) Indicatori biologici

- componenta fitoplanton
- componenta zooplanton

Impurificatorii radioactivi din precipitații pot fi naturali sau artificiali.

Radioactivitatea naturală se datorează conținutului de elemente radioactive dizolvate și de cele emise în atmosferă, care se fixează pe aerosoli și sunt antrenate

de apele de ploaie, cum sunt:  $^3\text{H}$ (tritiu),  $^{222}\text{Ra}$ (radon), Ar(argon), Be(beriliu), P(fosfor).

Din punctul de vedere al emițătorului, radioactivitatea naturală este de origine cosmică și terestră.

Radioactivitatea cosmică se datorează erupțiilor solare și altor tipuri de radiații galactice. Radioactivitatea terestră provine din scoarța pământului.

Radioactivitatea artificială se datorează activităților umane, principalele surse fiind: minele de uraniu care emit radiații  $\alpha$  prin  $^{230}\text{Th}$ (thoriu),  $^{226}\text{Ra}$ (radiu), și radiații  $\beta$  datorită unor radioelemente ca  $^{228}\text{Ra}$ (radiu),  $^{210}\text{Pb}$ (plumb); centralele nucleare, prin deșeurile și accidentele de la reactoarele nucleare.

Acestea sunt surse de radiații  $\beta$  datorită produșilor de reacție rezultați din procesul de dezintegrare, precum  $^{137}\text{Cs}$ (cesiu),  $^{90}\text{Sr}$  (stronțiu),  $^3\text{H}$ (tritiu),  $^{106}\text{Ru}$ (ruteniu),  $^{131}\text{I}$ (iod); unitățile medicale în care se fac tratamente cu radiații, mai ales datorită radiațiilor de tip  $\beta$  ale  $^{131}\text{I}$ (iod); exploziile nucleare făcute în scopuri militare.

Din punct de vedere calitativ apele provenite din precipitații, pot fi: curate; conventional curate; poluate (ușor, mediu, intens);

Evaluarea calitativă a apelor provenite din precipitații se face ținând seama de factorul de poluare (FP), factor ce cuantifică caracteristicile apelor pluviale (tabelul 2.18 și tabelul 2.19).

Tabel 2.18. Evaluare calitativă funcție de factorul de poluare

FP	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4
Tipul de apă	Curată		Convențional curată	Poluată				
	Efectiv	Relativ		Ușor	Moderat	Puternic		

Tabelul 2.19. Valori ale factorului de poluare

Nr. crt.	Tipul	U.M.	Valori ale factorului de poluare FPI							
			- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4
1	Culoarea	GC sc.Co-Pt	< 5	5	10	20	50	100	150	> 150
2	Turbulența	GT (Siol)	< 5	10	15	20	25	30	50	> 50
3	Materie în suspensie	mg/d m <sup>3</sup>	< 5	5	10	20	50	100	30	> 150
4	Nitrați	mg/l	< 12	12	15	20	25	30	50	> 50
5	Floruri	mg/l	< 0,7	0,7	0,75	0,80	0,90	1,10	1,70	> 1,70
6	Consum chimic de oxigen - CCO	mg/l	< 10	10	15	20	25	30	40	> 40
7	Consum biochimic de oxigen	mg/l	< 1	1	2	3	4	5	7	> 7

8	Forme kali la 37 <sup>0</sup>	nr./100 ml			20	100	500	2000	2000	>2000
9	Salmonela	în 5 l	0	0	0	0	0	urme	urme	prezent
10	Streptococi ecali	nr./100 ml	< 10	10	20	1000	2000	5000	10000	>10000
11	Emitători $\alpha$	pci/l	0	1	2	2	3	5	10	> 10
12	Emitători $\beta$	pci/l	< 10	10	15	15	20	25	30	> 30
13	Arsenide	mg/l	urme	urme	< 0,01	0,01	0,03	0,05	0,1	> 0,1
14	Cianide	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
15	Fosfați	mg/l	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	> 0,7
16	Pesticide, total	mg/l	0	urme	0,001	0,001	0,0025	0,0038	0,005	>0,005
17	Fenol	mg/l	0	0	urme	0,001	0,005	0,01	0,1	> 0,1
18	Nitrat	mg/l	0,01	0,05	1	1,5	2	2,5	3	> 3
19	Amoniac			urme	0,05	1	1,5	2	4	> 4

Tabelul 2.19 conține câteva sugestii cu privire la stabilirea factorului de poluare, în conformitate cu caracteristicile luate în considerare.

Spre deosebire de apa provenită din precipitații, apele de suprafață din țara noastră sunt evaluate calitativ în cinci clase de calitate (Legea 310/2004) [2],[11],[96],[101],[102]

- Clasa de calitate I – stare foarte bună – nu există alterări ale valorilor elementelor fizico-chimice și hidromorfologice de calitate pentru tipul de corpuri de apă de suprafață față de cele asociate în mod normal cu acel tip în condiții nemodificate.

- Clasa de calitate II – stare bună – valorile elementelor biologice de calitate pentru tipul de corp de apă de suprafață prezintă nivele scăzute de schimbare datorită activității umane, dar deviază ușor față de acele valori normale asociate cu tipul de corpuri de apă de suprafață în condiții nemodificate.

- Clasa de calitate III – stare moderată – valorile elementelor biologice de calitate pentru tipul de corp de apă de suprafață deviază moderat față de acelea care sunt în mod normal asociate cu tipul de corp de apă de suprafață în condiții nemodificate.

Valorile prezintă semen moderate de perturbare ca urmare a activităților umane și sunt esențial perturbate față de valorile din condițiile de stare bună.

- Clasa de calitate IV – stare slabă – prezintă dovezi de alterări majore ale valorilor elementelor biologice de calitate pentru tipul de corpuri de ape de suprafață și în care comunitățile biologice importante deviază semnificativ de la valorile normale asociate cu tipul de corpuri de apă de suprafață în condiții nemodificate.

- Clasa de calitate V – stare proastă – prezintă dovezi de alterări majore ale valorilor elementelor biologice de calitate pentru tipul de corpuri de ape de suprafață și în care părți mari din comunitățile biologice importante care sunt în mod normal asociate cu tipul de corpuri de apă de suprafață în condiții nemodificate, sunt absente.

În funcție de domeniul de utilizare, resursele de apă din România puternic/decisiv influențate de precipitații se clasifică din punct de vedere al calității, în patru categorii importante:

- Calitatea I – Apa folosită pentru consumul populației și animalelor, care reprezintă 48-50% din total resurse.
- Calitatea a II a - Apa folosită în industriile pretențioase reprezentând 24% .
- Calitatea a III a – Apa folosită în irigații reprezentând 8-10%.
- Calitatea a IV a – Apa degradată care reprezintă 17-18% .

### 2.9.3. Tehnologii pentru tratarea apelor meteorice

În conformitate cu domeniul de utilizare, se disting două categorii de ape provenite din precipitații: [6],[22],[49],[52],[53],[60]

- apa „tratată fizic”- în cazul spălărilor mecanice (vas WC, curți betonate, parcuri), fântâni cu jocuri de apă, bazine, etc.
- apa „curată chimic”- în cazul udării plantelor și al întreținerii igienei corporale

Cerințele impuse sunt rezolvate prin intermediul tratărilor succesive, în funcție de gradul de impurificare a apei.

Tratarea preliminară constă în reținerea corpurilor mari cu ajutorul grătarelor și sitelor.

Tratarea primară, sau fizică, constă în îndepărtarea solidelor sedimentabile de natură organică sau anorganică prin decantare și filtrare. Acest proces se bazează exclusiv pe fenomene de separare gravitațională a impurităților prin efectele diferențelor de greutate specifică și se realizează cu ajutorul deznisipatoarelor și a decantoarelor.

Tratarea secundară, sau treaptă chimică, constă în reținerea și neutralizarea substanțelor chimice dizolvate sau în stare coloidală. Metoda se bazează pe reacții chimice de neutralizare, precipitare, coagulare și floclare.

Tratarea terțiara, sau biologică, constă în îndepărtarea substanțelor organice solubile în stare coloidală sau de suspensii fine, care nu pot fi reținute în treapta fizică. Această metodă se bazează pe proprietatea unor bacterii și protozoare de a mineraliza substanțele organice.

Dacă apa colectată din precipitații corespunde cu încadrarea de „ape pluvial curate”, nu necesită tratare anterior folosirii. În cazul „apelor pluviale convenționale curate” procedeele de tratare sunt de natură mecanică. Dacă se impune utilizarea apei pluviale care se încadrează în „ape pluvial poluate”, în funcție de gradul de poluare se impune tratarea conform procedeelelor evidențiate mai sus.

Procedeele uzuale utilizate pentru tratarea apelor meteorice în unitățile de tip gospodăresc sunt prevăzute cu prelimpezire și limpezire prin decantare și filtrare, cu stocarea apei tratate în rezervoare/cisterne subterane. [41],[43],[51],[60],[63],[64],[65],[66],[67],[77] [78].

În figura 2.21 se prezintă un rezervor de colectare a apelor meteorice prelimpezite printr-un filtru de nisip.

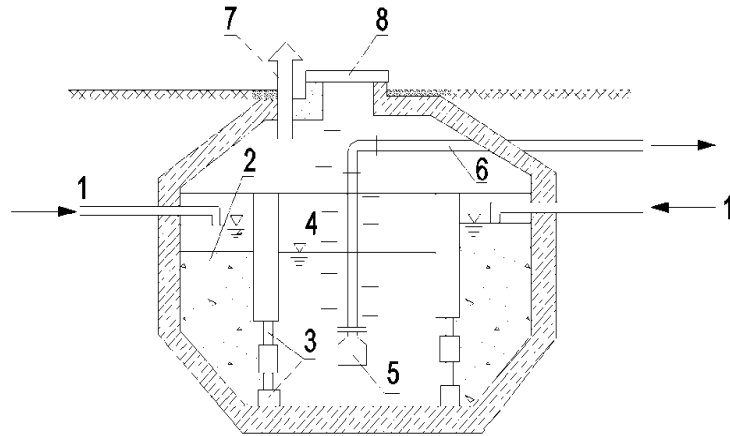


Fig.2.21. Rezervor de colectare ape meteorice prelinpezite

- 1 - conductă colectare; 2 - filtru inelar; 3 - barbacane inferioare; 4 - rezervor central;  
5 - sorb; 6 - conductă de aspirație; 7 - gură de ventilație; 8 - capac.

În figura 2.22 este redată instalația de prelinpezire a apelor meteorice cu încărcare mare în suspensii

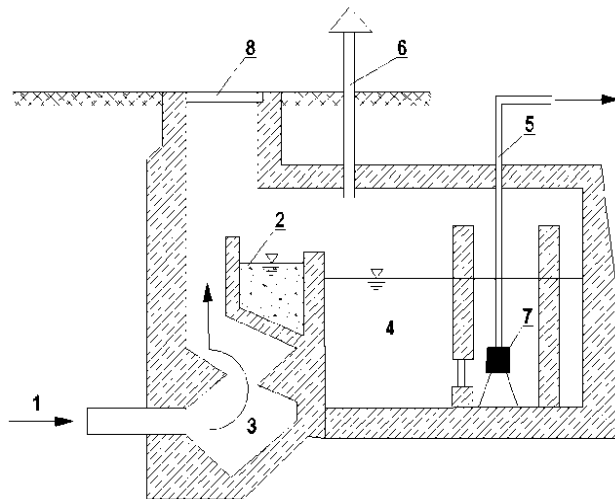


Fig.2.22. Rezervor cu instalații de prelinpezire pentru ape cu încărcare mare în suspensii

- 1- conductă de aducțiune; 2 - filtru; 3cameră pentru depuneri; 4 - rezervor;  
5 - conductă de refulare; 6 - gură de ventilare; 7 - pompă; 8 - capac de acces



În figura 2.21 este redată o instalație de tratare a apelor meteorice cu prelimpezire avansată, constituită din decantoare, filtrare pe un strat de nisip și o cisternă de înmagazinare echipată cu o pompă de mână/electropompă submersibilă.

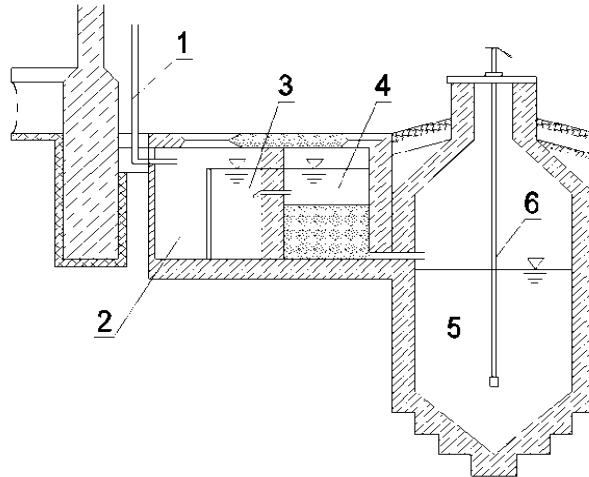


Fig.2.23. Instalație de captare ape meteorice cu prelimpezire avansată

1 - burlan colector; 2 - cameră de distribuție; 3 - decantor; 4 - filtru de nisip; 5 - rezervor apă meteorică; 6 - pompă de mână/electropompă.

Apele pluviale/meteorice, colectate de pe suprafața acoperișurilor sau a parcărilor se recomandă să fie drenate prin rigole echipate cu materiale granulare filtrante/nisip, înainte ca acestea să fie infiltrate în sol.

În figura 2.24 se prezintă o schemă de colectare a apelor meteorice cu rigole de prelimpezire.

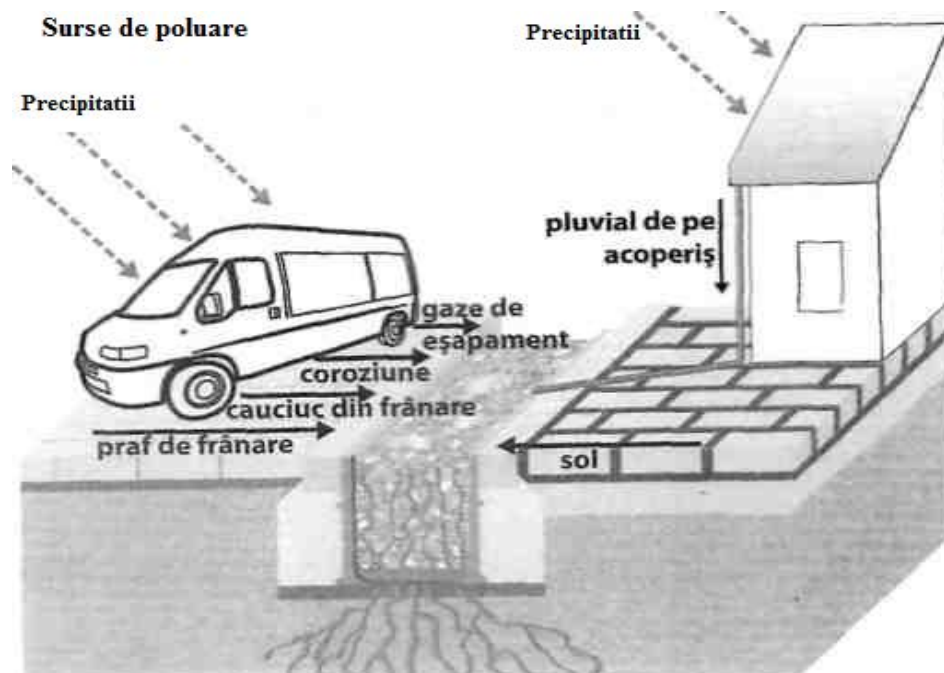


Fig.2.24. Sistem colector cu rigole de drenaj echipate cu preimpeziere

Rigolă de preimpeziere echipată cu nisip/antracit (figura.2.24) poate reține suspensiile de natura nisipului cât și uleiurile/grăsimile din apele de scurgere.

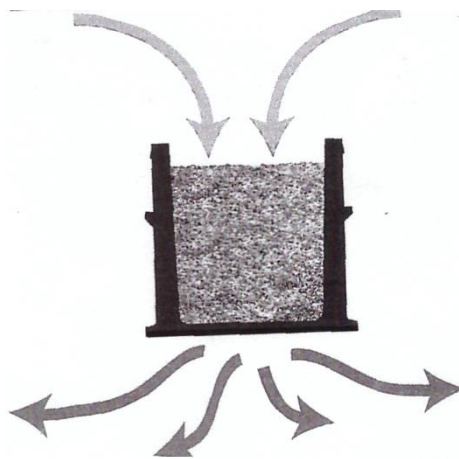


Fig.2.25.Rigolă de drenaj cu sau fără grătar echipată cu nisip sau antracit.

## 2.10. Valorificarea apelor meteorice [49],[59],[63],[64],[65],[66],[67],[87]

Sistemele de valorificare a apelor provenite din precipitații, în funcție de componente sunt: sisteme simple și sisteme organizate sau complexe.

Sistemul de alimentare cu apă provenită din precipitații este similar ca și componente cu sistemul de alimentare cu apă: captare, aducțiunea/transportul apei brute, corectarea calității sau tratarea apei, înmagazinarea, pomparea și distribuția apei.

În funcție de aria de colectare, sistemele de valorificare a apelor meteorice sunt: sisteme individuale/gospodărești; sisteme colective/comunale/orășenești; sisteme zonale.

Sistemul de alimentare cu apă clasic, se compune din lucrări pentru: captarea apei, tratarea, înmagazinarea, transportul distribuția și pomparea apei. Practic, pentru valorificarea apelor meteorice nu se apelează la toate aceste componente simultan.

### 2.10.1. Valorificarea apei meteorice în unitățile gospodărești [84],[106]

Valorificările de tip gospodăresc sunt sisteme locale și relativ simple. Cea mai veche și cea mai simplă metodă de valorificare a apelor meteorice constă în colectarea directă a acesteia prin jgheaburi și burlane într-un butoi de 50-100 l sau într-un bazin subteran/cisternă, cu capacitatea de 5-20 m<sup>3</sup>, în funcție de mărimea gospodăriei cu casă și grădină (figura 2.26).



Fig. 2.26. Colectarea directă a apei în butoi

În figura 2.27 se prezintă sistemul de colectare a apelor pluviale prin burlane, într-un recipient suprateran.

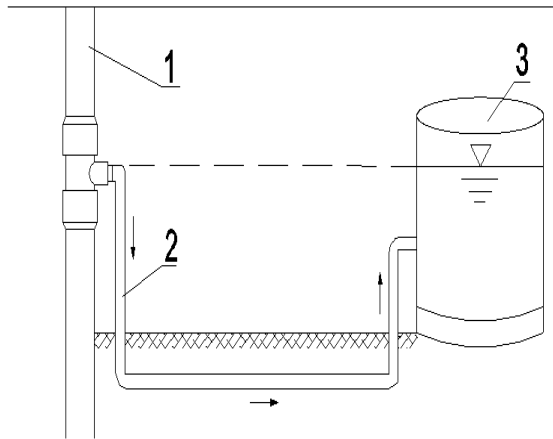


Fig.2.27. Colectarea apelor meteorice prin burlane într-un recipient suprateran  
1 - burlan, 2 - conductă de legătură, 3 - recipient suprateran

În figura 2.28 se prezintă sistemul de colectare a apelor meteorice prin burlane într-un recipient subteran cu deversarea surplusului de apa în sol, pentru a se evita inundarea recipientului.

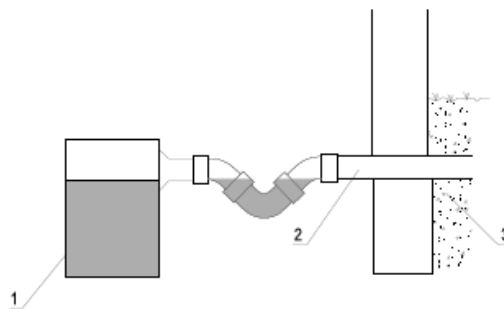


Fig.2.28. Colectarea apelor meteorice într-un recipient cu sistem de deversare în sol  
1- recipient de colectare; 2 - conductă de deversare; 3 - sol

Recipientii pentru colectarea apelor meteorice pot fi: butoaie din material plastic cu capacitate de 150-200 l (figura 2.29), recipient dreptunghiular din poliester deosebit de stabil și întărit cu fibre de sticlă, ca capacitate mai mari de 200 l (figura 2.30); rezervoare/cisterne subterane din polietilenă cu capacitate de 1000-1500 l (figura 2.31); rezervoare subterane din beton armat, turnat monolit cu capacitate de până la 12500 l sau din inele prefabricate de până la 26000 l. (figura 2.32)



Fig.2.29. Butoaie din material plastic.



Fig.2.30. Recipient dreptunghiular din poliester armat cu fibră de sticlă.



Fig.2.31. Cisternă subterană din polietilenă

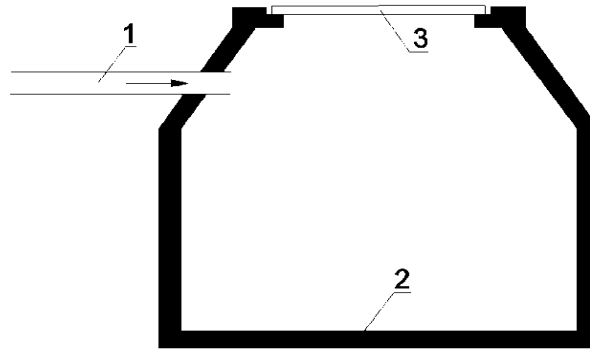


Fig.2.32. Rezervor subteran din beton armat monolit sau prefabricat  
1 - conductă de alimentare; 2 - rezervor din beton; 3 - capac acces.

În cadrul gospodăriilor apa meteorică se poate utiliza pentru stropitul spațiilor verzi, spălatul curților, irigatul culturilor legumicole din grădina de lângă casă, pentru fântânile decorative și chiar pentru nevoile menajere (spălatul WC-urilor, spălatul rufelor și chiar pentru spălatul părului și a rufăriei, atunci când apa captată a fost limpezită prin decantare și filtrare).

În figura 2.33 se prezintă schema de utilizare a apelor meteorice colectate de pe suprafața acoperișului de la o locuință individuală pentru spălatul WC-ului și pentru mașina de spălat rufe. Rețeaua publică sau puțul săpat pot acoperii în cazul gospodăriilor individuale numai necesarul de apă potabilă, restul folosințelor fiind asigurat de apa meteorică.

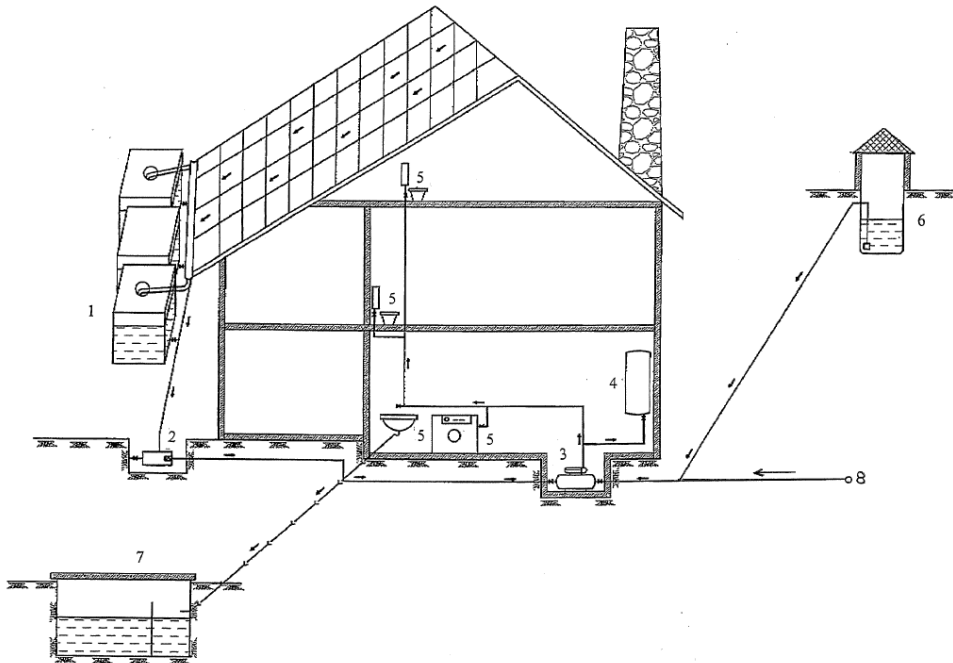


Fig.2.33.- Schema instalației de utilizare a apelor meteorice pentru nevoi menajere  
 1 - bazine colectoare; 2 - sorb; 3 - hidrofor; 4 - boiler; 5 - utilizatorii (mașină de spălat rufe, lavoar, WC); 6 - puț forat; 7 - fosă septică; 8 - rețea publică.

În figura 2.34. este redată valorificarea procentuală a apelor meteorice în unitățile de tip gospodăresc.

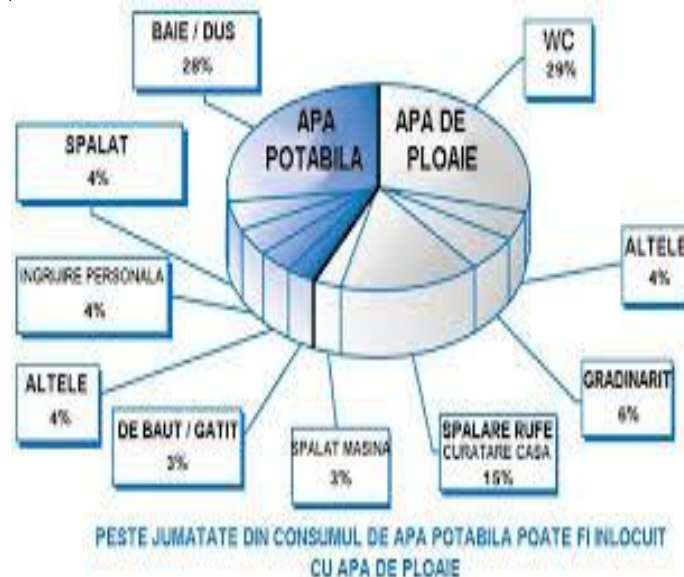


Fig. 2.34. Valorificarea procentuală a apelor meteorice în unități de tip gospodăresc

Prin valorificarea apelor meteorice în unitățile de tip gospodăresc, consumul specific de apă potabilă considerat de cca. 150 l/om.zi, se poate reduce cu 40-50 l/om.zi, apă potabilă de la rețeaua publică fiind folosită numai pentru prepararea hranei, spălatul corpului (băi și dușuri), spălatul vaselor și curățenia locuinței.

În figurile 2.35 – 2.40 sunt redată modalitățile de valorificare a apelor meteorice în gospodăriile individuale din localitatea Silagiu, județul Timis.

Apele meteorice colectate de pe suprafața acoperișurilor, prin jgheaburi și burlane sunt stocate în bazine subterane din beton armat, care după o prealabilă limpezire sunt utilizate la spălatul rufelor, a WC-urilor și chiar pentru stropitul legumelor din grădina aferentă gospodăriei.



Fig. 2.35. Colectarea apelor meteorice prin jgheaburi și burlane de suprafață





Fig. 2.36. Bazinul de colectare a apelor meteorice printr-un burlan de suprafață



Fig. 2.37. Colectarea apelor meteorice prin jheaburi și burlane în bazine subterane



Fig. 2.38. Bazin colector subteran din beton armat



Fig. 2.39. Mașina de spălat rufe alimentată cu apă meteorică



Fig. 2.40. Stropitul legumelor din grădina de lângă casă cu apă meteorică

### 2.10.2. Valorificare apelor meteorice prin redarea acesteia circuitului natural

Datorită aglomerărilor urbane, industrializării precum și creșterii gradului de confort urban, dar și rural, valorificarea naturală a apelor provenite din precipitații, are loc din ce în ce mai puțin. Valorificarea naturală este măsura beneficiilor pe care apa meteorică le realizează prin infiltrarea ei direct în teren imediat ce cade pe suprafața terestră. Primul beneficiu al valorificării naturale ar fi "Sănătatea Pământului". Alimentând pânza freatică, prin infiltrare directă, este redus gradul de poluare a apelor subterane știut fiind faptul că dintre toate tipurile de apă, apa provenită din precipitații este cea mai curată, iar dacă infiltrarea se realizează pe suprafețe mari de teren umiditatea este uniform distribuită [87],[88],[93],[94] [99],[115].

Sporirea gradului de confort a dus la sigilarea multor suprafețe de teren ceea ce a diminuat posibilitatea apei de a se infiltra, determinând inundarea suprafețelor asfaltate, pietruite, etc.

Urbanizarea și industrializarea centrelor populate a contribuit la reducerea capacității de infiltrație în sol a apelor meteorice, aspect reflectat prin creșterea până la dublare a coeficienților de scurgere de pe suprafețele colectoare, apa meteorică fiind evacuată direct sau indirect prin rețelele de canalizare în emisarii naturali. La ploile de intensitate mare, capacitatea canalelor de transport fiind cu mult depășită, face ca zone și artere importante de circulație să fie inundate.

Pentru diminuarea acestor neajunsuri, dar și pentru a reduce evapotranspirația de pe suprafețele acoperite cu table, țiglă, terase betonate, drumuri asfaltate etc, este imperios necesar să păstrăm intact zonele verzi și parcurile existente, stimulând procesele de infiltrație în sol prin utilizarea intensivă a bioretențiilor și a parcurilor ecologice redată în figura 2.41. și figura 2.42.

Suprafețele ecologice sunt cele acoperite cu gazon, pavaj cu rosturi înierbate, dale cu grilaje umplute cu gazon sau cu material granular [91],[92].



Fig.2.41. Grilaje pregătite pentru umplerea cu materiale granulare



Fig.2.42. Pavaj cu rosturi înierbate.

## Cap. 3. COLECTAREA, TRANSPORTUL ȘI EVACUAREA APELOR METEORICE DE PE VATRA CENTRELOR POPULATE

### 3.1 Scheme și sisteme de canalizare

#### 3.1.1 Scheme de canalizare

Schemele de canalizare redau în plan orizontal și vertical obiectele principale de pe traseele de colectare, transport și de evacuare a apelor meteorice din curți cvartale de locuințe, incinte industriale și centre populate [33],[41],[42],[49],[59],[64],[67],[97],[111].

Disponerea canalelor în plan orizontal se face în funcție de dispoziția străzilor, relieful terenului, natura solului, numărul rețelelor adoptate, sistemul de alimentare cu apă existent, instalațiile subterane, căile de transport, amplasamentul stației de epurare, poziția emisarului etc .

Alegerea schemelor de canalizare se poate face după importanța obiectivului ce se canalizează și după adaptarea favorabilă la teren a rețelei de canalizare.

După importanța obiectivului ce se canalizează schemele de canalizare, pot fi pentru curți, cvartale de locuințe, agenți economici sau pentru centre populate.

În figura 3.1 este redată schema de canalizare pentru o curte, un cvartal de locuințe sau pentru o incintă industrială, agent economic etc.

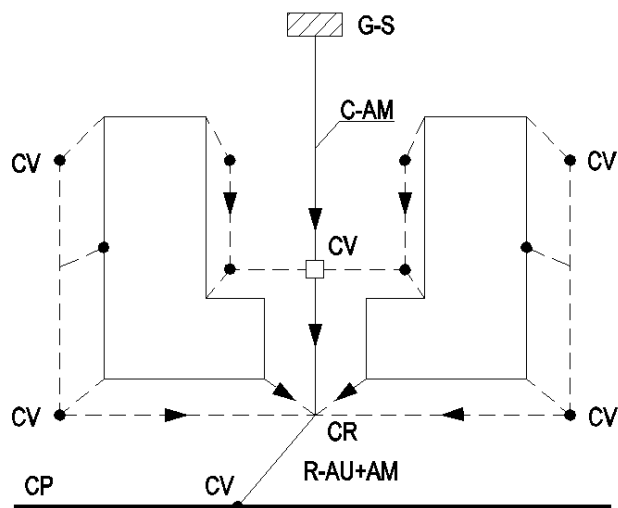


Fig. 3.1 – Schemă de canalizare pentru o curte/incintă industrială

CV – Cămin de vizitare pluvial; CP – Canal public; C-AM – Canal apă meteorică; GS – Gură de scurgere; CR – Cămin de racord, R-AU-AM – Rețea apă uzată și apă meteorică;

Apele uzate din rețeaua interioară și apele meteorice de la jgheburile și burlanele clădirii și de la gura de scurgere a incintei (GS) se scurg în rețeaua exterioară de curte, cvartal sau incintă industrială prin intermediul căminelor de vizitare (CV) sau direct.

De la căminul de racord (CR) apele de scurgere se varsă prin canalul de racord în canalul public (CP).

În zonele de locuințe individuale cu curte și grădină, apele meteorice, după o stocare prealabilă, într-un bazin de retenție pot fi folosite la udarea grădinii și a spațiilor verzi, respectiv ca apă menajeră pentru grupurile sanitare s-au pentru spălătul rufelor.

Apele meteorice de la incintele industriale, agenți economici se pot descărca direct în canalul public, în emisarii naturali s-au în depresiunile existente, în vecinătatea unor unități numai după o epurare prealabilă (deznisipatoare-separatoare de grăsimi) cu scopul de a respecta Normativele NTPA 001-05 și NTPA 002-05 [104], [105].

Rețeaua publică de canalizare colectează și transportă spre emisar apele uzate, de orice proveniență precum și apele meteorice de pe teritoriile centrelor populate și a incintelor.

Schemele de canalizare a apelor uzate și meteorice în raport cu panta terenului, pot avea următoarele dispoziții: perpendiculară directă (figura 3.2), perpendiculară indirectă (figura 3.3), paralelă (figura 3.4), ramificată (figura 3.5), radială (figura 3.6) sau combinații ale acestora.

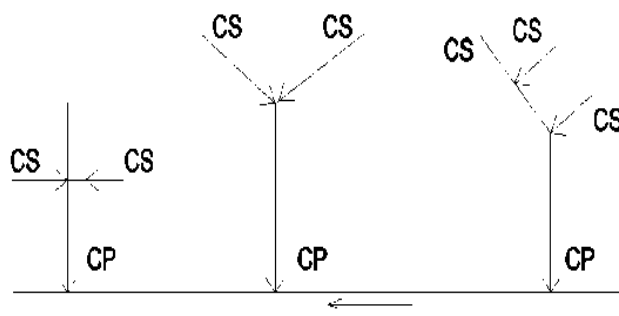


Fig.3.2.Schema perpendiculară directă

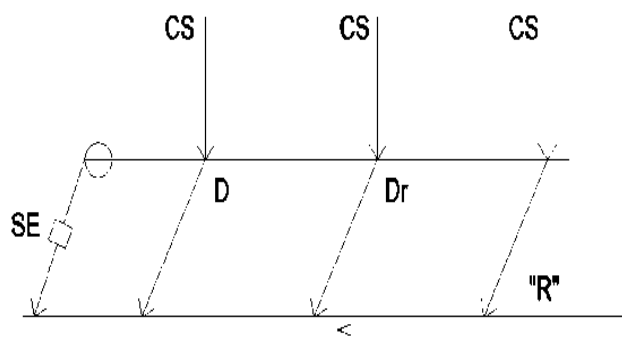


Fig. 3.3. Schema perpendiculară indirectă

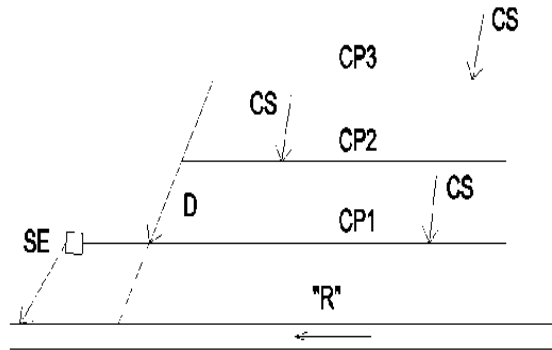


Fig. 3.4. Schema paralelă

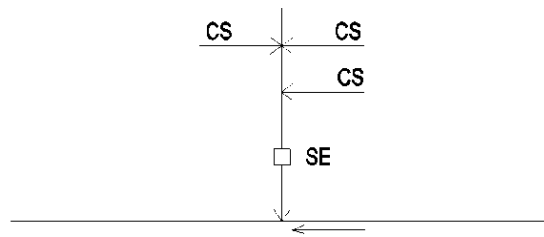


Fig. 3.5. Schema ramificată

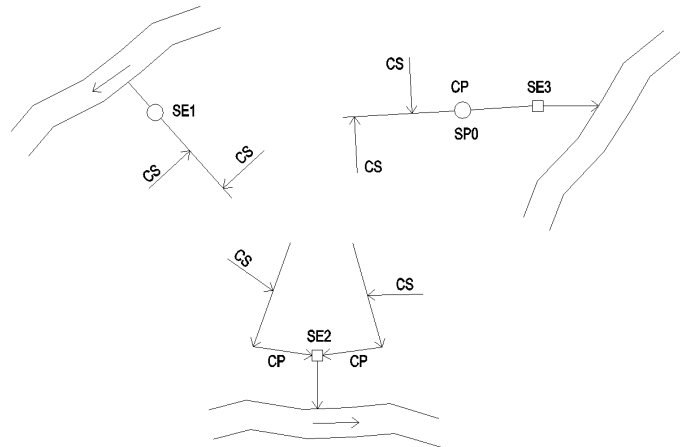


Fig. 3.6. Schema radială

Apele uzate și cele meteorice sunt preluate de canalele secundare (CS) și apoi de principale (CP) după care sunt descărcate în emisarii naturali (R), după o prealabilă epurare (SE).

Apele meteorice pot fi descărcate separat sau împreună cu apele uzate numai atunci când pot fi descărcate în emisarii naturali, prin deversorul D, cu scopul de a reduce secțiunile de scurgere a colectoarelor principale.

### 3.1.2 Sisteme de canalizare

Sistemele de canalizare cuprind totalitatea obiectelor și a dispozitivelor care colectează, transportă, epurează și evacuează în emisar apele meteorice[6],[23],[31],[49],[64].

În funcție de schemele de canalizare pentru transportul apelor uzate și meteorice, sistemul de canalizare poate fi unitar, separativ și mixt.

Sistemul unitar constă dintr-o singură rețea de canale prin care se colectează și se transportă atât apele uzate cât și cele meteorice din teritoriul localităților și a incintelor (figura 3.7).

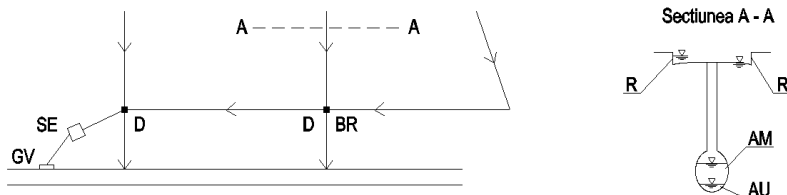


Fig. 3.7 Sistem unitar de canalizare

În acest sistem apele meteorice (AM) sunt colectate prin rigole de suprafață (R) fiind transportate apoi împreună cu apele uzate (AU) la o stație de epurare (SE), după care sunt descărcate în emisarul natural printr-o gură de vărsare (GV). Acest sistem de canalizare, necesită secțiuni mari de canale pentru apele meteorice, iar canalele de ape uzate adâncimi mari de pozare, ceea ce înseamnă secțiuni mari la adâncimi mari. Pentru reducerea secțiunii canalelor colectoare se prevăd pe vatra localității deversoare (D) cu/fără bazine de retenție (BR), în funcție de condițiile de salubritate impuse emisarului.

Sistemul separativ, are cel puțin două rețele pentru colectarea și transportul apelor de canalizare. În funcție de panta terenului, de specificul zonei străbătute de colectoare, de distanța de la zona incipientă de colectare până la vărsare, evacuarea apelor uzate are loc, printr-o rețea subterană de canale, iar evacuarea apelor meteorice se face prin rigole la suprafață, (fig. 3.8) secțiunea A-A sau prin rigole la suprafață și prin canale subterane secțiunea B-B.

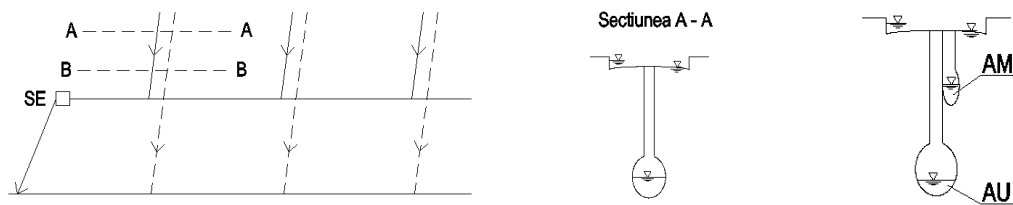


Fig. 3.8 Sistem separativ de canalizare



În canalele pentru apele meteorice se pot vărsa și ape convențional curate provenite de la agenți economici. Apele meteorice se trec din rigole în canalele subterane atunci când se ajunge la capacitatea maximă de transport a rigolelor.

Rețeaua de canale pentru apele meteorice se amplasează mai la suprafață decât rețeaua de canale pentru apele uzate, în funcție de condițiile de îngheț și de suprasarcinile care acționează asupra canalelor.

Sistemul mixt are o parte din rețeaua de canalizare în sistem unitar și o altă parte în sistem separativ. În raport cu situația locală cele două sisteme pot avea scurgere comună sau separată.

Sistemul adoptat va rezulta pe baza analizelor tehnico – economice, a mai multor variante, alese în raport cu situația locală. Costul canalelor în sistem unitar este cu mult mai mare decât a celor în sistemul separativ, cu scurgerea apelor de la suprafață prin rigole. De asemenea costul stațiilor de pompare și de epurare este mai mare în sistem unitar datorită faptului, că prin aceste stații trec și apele meteorice.

Consumul de apă pentru spălarea depunerilor din rețea, este mult mai redus la sistemul unitar, decât la sistemul separativ pentru ape uzate.

Condițiile hidraulice de funcționare sunt mai bune în canalele de apă uzată din sistemul separativ, decât în canalele din sistemul unitar, deoarece nivelul apei în canale are variații mai mici.

Exploatarea este mai ușoară și la un cost, mai redus la sistemul unitar decât la sistemul separativ cu două rețele subterane, deoarece controlul se face mai ușor și cu un număr mai mic de lucrători, transportul este mai puțin perturbat, iar îmbrăcămintea străzilor se deteriorează mai puțin în cazul unor intervenții/reparații.

La ploii torențiale canalele publice din sistemul unitar intră sub presiune și pot produce inundarea subsolurilor clădirilor a căror canalizare, este legată la rețeaua publică.

Localitățile importante, de tip urban, cu pante mici ale străzilor se canalizează în sistem unitar.

Localitățile mici cu pante mari ale străzilor se canalizează în sistem separativ, apele meteorice scurgându-se în totalitate sau în cea mai mare parte la suprafață prin rigole de tipuri și mărimi diferite.

Localitățile rurale sub 5000 locuitori se recomandă să se canalizeze în sistem separativ, apele meteorice fiind colectate prin șanțuri și rigole la suprafață, înmagazinate în bazine de retenție, deversate prin bioretenții în subteran sau folosite în gospodăria ca apă menajeră, pentru udatul grădinilor și stropitul spațiilor verzi.

Sistemul mixt se recomandă pentru canalizarea localităților mari, sistemul unitar fiind recomandat în zonele centrale cu densitate mai mare a populației, și sistemul separativ în zonele periferice în care densitatea populației este mică și mai apropiată de cursurile de apă.

În cazul centrelor populate la care se face extinderea lucrărilor de canalizare, datorită creșterii debitelor de scurgere se poate trece de la sistemul unitar la sistemul separativ sau mixt, soluție convenabilă pentru o funcționare mai bună și fără riscuri a stațiilor de epurare.

În cazul trecerii la sistemul separativ se dublează rețeaua de canalizare menținând canalele mai vechi numai pentru transportul apelor uzate, iar în cazul trecerii la sistemul mixt se realizează o nouă rețea de canale pentru apele meteorice cu bazine de retenție din apropierea emisarilor.

Pentru a asigura funcționarea normală și durabilitatea lucrărilor de canalizare, precum și protecția personalului care exploatează rețele de canalizare și

stațiile de epurare, apele de scurgere trebuie să îndeplinească condițiile de calitate cerute prin normativului NTPA 001/2005. Apele de scurgere care nu îndeplinesc condițiile cerute de acest normativ se trec prin stații de preepurare înainte de vărsarea acestora în rețelele publice de canalizare.

## 3.2 Hidraulica rețelelor de canalizare

### 3.2.1 Considerații de ordin general

După alegerea sistemului de canalizare, determinarea bazinelor de canalizare, trasarea rețelei și alcătuirea schemei de canalizare se trece la calculul hidraulic al rețelei de canalizare.

Calculul hidraulic al rețelei de canalizare comportă: determinarea diferențelor de scurgere pentru apele uzate și a celor meteorice în funcție de sistemul de canalizare, alegerea pantelor de scurgere și a materialelor; stabilirea diametrelor și a vitezelor de curgere la plin, și a celor maxime, cotele caracteristice ale canalelor de scurgere etc, [23], [24], [25], [33], [36], [49], [53] .

### 3.2.2 Determinarea debitului apelor uzate în centrele populate

Debitul apelor uzate în centrele populate se stabilește, conform STAS 1343/1-2006 în funcție de nevoile gospodărești ale populației, nevoile publice, nevoile gospodărești în unitățile individuale dacă acestea au asigurată apa potabilă din sistemul centralizat de alimentare cu apă, nevoile de apă potabilă, nevoile de apă pentru stropitul spațiilor verzi și pentru stropitul sau spălatul străzilor, nevoile tehnologice de apă ale alimentării cu apă și canalizării; pentru nevoile industriale, agrotehnice, balneoclimaterice și alte nevoi; necesarul de apă pentru acoperirea pierderilor inevitabile în sistemul de distribuție datorate avariilor și imperfecțiunilor de execuție; necesarul de apă pentru combaterea incendiului în situațiile în care rețeaua de distribuție a apei potabile asigură și cantitățile de apă pentru combaterea incendiului [109],[110]

Debitele de calcul pentru rețelele de canalizare se determină cu relația [10]:

$$Q_u = \alpha_u \cdot Q_a \quad (3.1)$$

în care:

$Q_a$  – sunt debitele de alimentare cu apă caracteristice cerinței de apă în  $m^3/zi$  sau în  $m^3/h$ ;

$\alpha_u$  – coeficientul de corecție considerat pe baza unor calcule și studii specializate, cu valori cuprinse între 0,8 și 1,0.

### 3.2.3 Determinarea debitului apelor meteorice

Debitul apelor meteorice se stabilește luându-se în considerare numai debitul ploii de calcul,  $Q_m$ , în l/s, ce se scurge printr-o secțiune a unui canal din centrul populat, se determină cu relația [110],[116]:

$$Q_m = i \cdot m \cdot \Sigma S \varphi \quad (3.2)$$

În care:  $i$  este intensitatea ploii de calcul, în l/s · ha ;

$m$  – coeficient adimensional de reducere a debitului de calcul care ține seama de capacitatea de înmagazinare a canalelor și de durata ploii de calcul  $t_p$ , care se poate considera:

$m = 0,8$  pentru  $t_p < 40$  min.;

$m = 0,9$  pentru  $t_p > 40$  min.;

$m = 1,0$  pentru cvartale de locuințe  $t_p < 15$  min.

$S$  - aria bazinului de canalizare aferent secțiunii de calcul, în ha;

$\varphi$  - coeficient de scurgere aferent ariei  $S$ , care se poate calcula cu relația:

$$\varphi = \frac{q_e}{q_p} \quad (3.3)$$

sau

$$\varphi = \frac{\sum S_i \cdot \varphi_i}{\sum S_i} \quad (3.4)$$

În care  $q_e$  este debitul meteoric căzut pe suprafața  $S$ , care ajunge în canal în l/s;

$q_p$  - debitul meteoric căzut pe suprafața  $S$ , în l/s;

$S_i$  - natura suprafeței de scurgere în ha;

$\varphi_i$  - coeficientul de scurgere se poate alege din tabelul 2.10 sau din tabelul 2.11 în funcție de natura solului (ușor, mediu, greu) și de panta terenului,

Valorile superioare ale coeficientului de scurgere se adoptă pentru pante mai pronunțate ale terenului.

Coeficientul de scurgere se poate considera diferențiat, pe etape de dezvoltare ale localităților în raport cu evoluția de dezvoltare în timp a soluțiilor de amenajare a suprafețelor de colectare a apelor meteorice.

Acest aspect a condus chiar la dublarea coeficientului de scurgere la foarte multe din centrele urbane, rețele de canalizare proiectate, fiind incapabile să transporte debitele de scurgere chiar și la ploile cu intensitatea normată de calcul.

Intensitatea ploii de calcul  $i$ , se stabilește în funcție de frecvența normală  $f$ , de durata ploii,  $t_p$ , în minute și de curbele de intensitate pentru o egală frecvență a ploii.

Frecvența ploii de calcul  $f$ , în funcție de clasa de importanță a folosinței se alege din tabelul 3.1 în funcție de caracterul social (centre populate, cartiere de locuințe etc) și economic (industriale, agrozootehnice etc) [111],[118].

Tabelul 3.1. Valori ale frecvenței ploii de calcul

Clasa de importanță a folosinței (conform SREN 752-2/2008)	Unității cu caracter economic (industriale agrozoochimice etc.)	Unității cu caracter social (centru populate, cartiere etc.)
I	1/5	1/3...1/5
II	1/3...1/2	1/2 ....1/1
III	1/2...1/1	1/1....2/1
IV	1/1...2/1	2/1
V	2/1	2/1

Clasa de importanță a construcțiilor și a instalațiilor hidrotehnice se alege din tabelul 3.2. [11 ].

Tabelul 3.2. Caracterizarea construcțiilor în funcție de clasa de importanță

Clasa de importanță	Caracterizarea construcțiilor și instalațiilor hidrotehnice	
I	Construcțiile de importanță excepțională	Construcții hidrotehnice a căror avariere are urmări catastrofale sau la care întreruperile în funcționare sunt inadmisibile
II	Construcții de importanță deosebită	Construcții hidrotehnice a căror avariere are efecte grave sau a căror funcționare poate fi întreruptă în mod excepțional, pentru scurt timp
III	Construcții de importanță medie	Construcții hidrotehnice a căror avariere pune în pericol obiective social-economice.
IV	Construcții de importanță secundară	Construcții hidrotehnice a căror avariere are o influență redusă asupra altor obiective social – economice .
V	Construcții de importanță redusă	Construcții hidrotehnice a căror avariere nu are urmări pentru alte obiective social -economice

Durata ploii  $t_p$ , este timpul de la începerea până la terminarea ploii fiind determinată de pe benzile pluviografelor, respectiv de pe pluviograme și evidențiază cantitatea maximă de apă căzută .

Intensitatea ploii,  $(i)$ , în canalizări este cantitatea precipitațiilor care cad pe unitatea de suprafață orizontală în unitatea de timp.

Această intensitate  $(i)$ , în l/s.ha, este dată în funcție de intensitatea din meteorologie în mm/min, exprimată printr-o relație de forma:

$$i = 166,66 \cdot \frac{h}{t_p} \approx 170 \cdot \frac{h}{t_p} \quad (3.5)$$

în care :  $h$  este înălțimea stratului de apă căzut în timpul  $t_p$ , în mm;  
 $t_p$  - durata ploii în minute;

170 - coeficientul de transformare a intensității din meteorologie

în intensitatea din canalizări  $(1000000 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{60} = 166,67)$ .

Intensitatea unei ploii variază chiar și în timpul cât durează ploaia.

Din punct de vedere al proiectării canalizărilor, ploile pot fi torențiale (de durată scurtă și intensitate mare) sau abundente (de durată lungă și intensitate mică).

Ploile torențiale pot avea o durată de 5-10 minute, iar burnițele zile întregi .

Durata și intensitatea ploilor se află într-un raport invers una față de alta.

Corelația dintre intensitatea ploii de calcul din canalizări ( $i_c$ ) și cea din meteorologie ( $i_h$ ) se prezintă astfel:

$$l/s \cdot m^2 \Rightarrow 1 \text{ mm/s}$$

$l/s \cdot ha \Rightarrow 0,006 \text{ mm min.}$

Intensitatea ploii de calcul ( $i$ ) este o funcție dependentă de durata ploii ( $t_p$ ), și de frecvența ploii ( $f$ ), exprimată sub forma:

$$i = F(t_p, f) \quad (3.6)$$

Reprezentarea grafică a acestei funcții pentru intensitățile din canalizări în  $l/s \cdot ha$  și a celei din meteorologie, în  $mm/min$  în raport cu durata ploii  $t_p$ , în minute sunt redată în figurile 3.9 și 3.10.

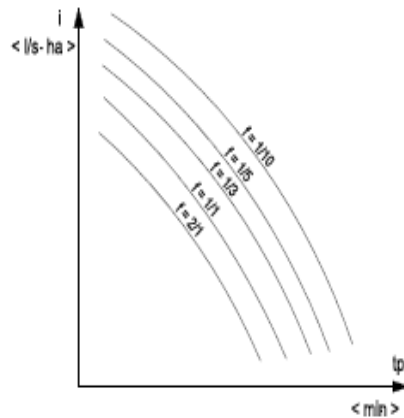


Fig. 3.9. Intensitatea ploii de calcul în canalizări în funcție de  $t_p$  și  $f$

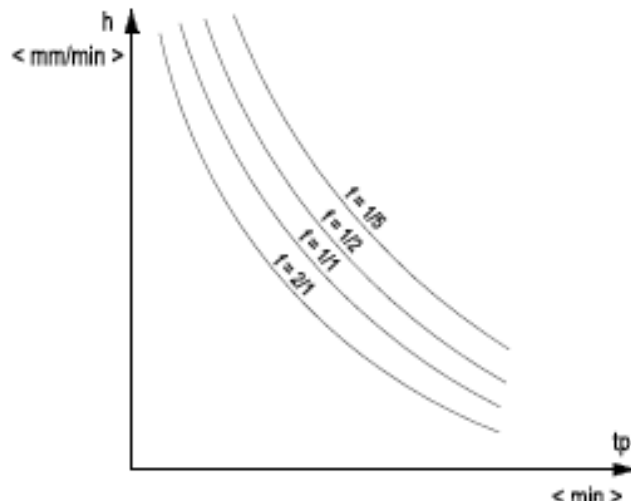


Fig. 3.10. Intensitatea ploii de calcul din meteorologie în funcție de  $t_p$  și  $f$

Rețele de canalizare a apelor meteorice trebuie să asigure prin scurgerea liberă gravitațională evacuarea întregului debit al acestor ape, fără a da naștere la inundări de străzi și de subsoluri .

În cazul în care se iau în considerare ploile torențiale excepționale căzute la interval de mulți ani, deci cu frecvențe foarte mici, se poate ajunge la secțiuni de canale foarte mari, cu costuri de investiții exagerate.

Pentru astfel de situații se poate admite:

- funcționarea rețelei de canalizare sub presiune, amenajarea unor deversoare cu descărcare parțială sau totală a debitelor meteorice în emisarii naturali;

- amenajarea unor bazine de retenție cu sau fără stații de pompare pentru a prelua debitele maxime sau pentru a reduce adâncimea de pozare a canalelor colectoare.

Canalizările pentru ape meteorice se calculează pentru frecvențe  $f = 2/1 \div 1/5$  admitându-se că la ploi mai mari decât cele de calcul vor avea loc inundații în anumite zone ale localității prin refularea apei în subsoluri sau la suprafața străzilor.

În astfel de situații se recomandă ca la clădirile ce intră în zonele inundate să nu se monteze obiecte sanitare la subsol, să se ridice cota obiectelor sanitare sau să se monteze clapete de reținere.

La alegerea frecvenței normale a unei ploi se vor lua în considerare următorii factori:

- configurația terenului ce se canalizează;
- depresiunile ale căror inundare pot provoca pierderi materiale mari;
- subsolurile, încăperile subterane cu utilaje în funcțiune sau cu depozite de materiale;
- perturbarea circulației pe anumite străzi etc.

Prin studii tehnico - economice comparative se pot stabili costurile rețelelor de canalizare la o frecvență mică și costurile acelorși rețele împreună cu valorile pagubelor produse la o frecvență mai mare.

Intensitatea ploii de calcul se poate stabili cu ajutorul unor diagrame sau a unor relații empirice sau semiempirice.

În România, intensitatea ploii de calcul se stabilește cu ajutorul diagramelor redată în STAS 9470-73 stabilite pentru cele 19 zone caracteristice, în raport cu frecvența  $f$ , și durata ploii de calcul  $t_p$  [116].

În cazul în care sunt necesare studii tehnico-economice comparative, se poate utiliza pentru calculul intensității ploii de calcul o relație analitică de forma [25].

$$i = a \cdot t_p^\alpha \quad (3.7)$$

în care :

$a$  este coeficient experimental stabilit în raportul cu frecvența de calcul a fiecărei zone caracteristice, din România;

$\alpha$ - exponent determinat pentru fiecare din cele 19 zone caracteristice din România, cu valori  $\alpha = 0,3 - 0,65$  (1/3; 1/2; 2/3).

Pentru zona 13 specifică județului Timiș, relația analitică de calcul pentru intensitatea ploii de calcul se exprimă sub forma (3.8), în care  $\alpha = 1/2 = 0,5$ , relație utilizată pentru calculele tehnico economice.

$$i = \frac{a}{\sqrt{t_p}} = a \cdot t_p^{0,5} \quad (3.8)$$

Parametrul „ $a$ ” se poate alege din tabelul 3.4, în funcție de frecvența ploii de calcul.

Tabelul 3.3. Valoarea coeficientului experimental în raport cu frecvența de calcul

f	2/1	1/1	1/2	1/3	1/5	1/10	1/20
a	363	387	503	580	712	812	967

În Austria, intensitatea ploii de calcul se determină [35],[36],[37], [74], [75],[107], [108]cu o relație de forma:

$$i_f = \frac{38}{t_p + 9} \cdot \left( f^{-1/4} - 0,369 \right) \cdot i_{15(1/1)} \quad (3.9)$$

în care :

$i_f$  este intensitatea ploii de calcul, în l/s. ha pentru durata  $t_p$  și frecvența  $f$ ;

$t_p$  – durata ploii de calcul, în minute  $f$  – frecvența de calcul;  $i_{15(1/1)}$  - intensitatea

ploii de calcul, pentru  $t_p = 15$  min. și  $f = 1/1$ , care se poate alege din tabelul 3.4 în raport cu relieful terenului.

Tabelul 3.4 Intensitatea ploii de calcul în raport cu relieful terenului

Relieful terenului	$i_{15(1/1)}$ (l/s•ha)
Zona de câmpie și colinară	120
Zona muntoasă	150
Viena	105

În cazul în care se introduce relația propusă de F, REYNOLDS [37],[106],[107], [108]:

$$F_{tp}(f) = \frac{38}{t_p + 9} \left( f^{-1/4} - 0,369 \right) \quad (3.10)$$

În acest caz intensitatea ploii de calcul se determină relativ simplu, cu ajutorul diagramei redată în normativul OWAV Leitfaden.

$$i_f = F_{tp}(f) i_{15(1/1)} \quad (3.11)$$

Durata ploii de calcul considerată ca fiind egală cu durata de scurgere  $t_p = t_s$ , se stabilește pentru secțiunea din avalul tronsonului de canal care se determină, după cum urmează:

- pentru canalele incipiente:

$$t_s = t_p = t_{cs} + \frac{L}{V_a} \quad [\text{min}] \quad (3.12)$$

- pentru restul canalelor:

$$t_{pi} = t_{i-1} + \frac{L_i}{V_{ai}} \quad [\text{min}] \quad (3.13)$$

în care :

$t_{cs}$  este timpul de concentrare superficială, în minute;

$L$  – lungimea tronsonului incipient care se dimensionează, în metri;

$V_{ai}$  – viteza apreciată de curgerea apei în canalul incipient, considerată între 48 și 72 m/min. În cazul în care viteza la secțiunea plină rezultată la dimensionarea canalului, diferă cu mult de + 20% de viteza adoptată inițial, calculul se reface apreciindu-se o nouă viteză, egală cu viteza la secțiunea plină rezultată până se îndeplinește condiția de mai sus.

$t_{pi}$  - durata ploii de calcul în secțiunea  $i$  situată în avalul tronsonului de canal care se dimensionează, în minute;

$t_{pi-1}$  - durata ploii de calcul în secțiunea  $i-1$ , situată în avalul tronsonului de canal dimensionat anterior, în minute;

$L_i$  – lungimea tronsonului de canal care se dimensionează, în metri;

$V_{ai}$  - viteza apreciată de curgere a apei în canalul care se dimensionează în m/min viteză care trebuie astfel aleasă încât să nu depășească cu mai mult de + 20 % viteza la secțiunea plină rezultată din dimensionarea canalului respectiv.

Timpul de concentrare superficială  $t_{cs}$ , este în funcție de:

- panta și natura suprafeței de scurgere;
- densitatea construcțiilor pe lungimea parcursului de la punctul de cădere a ploaie până la cel mai apropiat canal;
- densitatea și durata ploii;
- capacitatea de reținere a apei în depresiuni, etc .

Timpul de concentrare superficială se alege, după cum urmează:

- 5 min., pentru zone de munte ( $I_t \geq 5\%$ );
- 10 min., pentru zonele de deal ( $2\% < I_t < 5\%$ );
- 15 min., pentru zonele de șes ( $I_t \leq 2\%$ );

Debitul maxim pentru un tronson de canal, după metoda intensităților limita se realizează atunci când  $t_p = t_s$ . În acest caz hidrograful debitelor fiind de formă triunghiulară (fig. 3.11), iar suprafețele de calcul fiind înglobate în întregime.

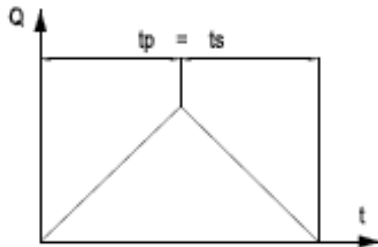


Fig.3.11. Hidrograful triunghiular  $t_p = t_s$

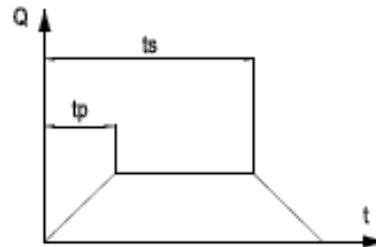


Fig.3.12. Hidrograful trapezoidal  $t_p < t_s$

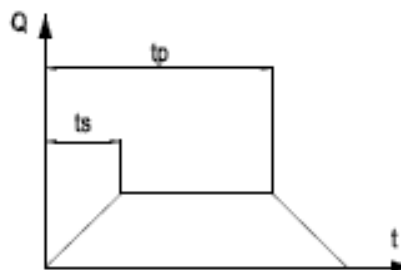


Fig. 3.13. Hidrograful trapezoidal  $t_p > t_s$



Dacă  $t_p < t_s$  rezultă că nu se înglobează întreaga suprafață în calcul până când stă ploaia, însă la valori  $t_p$  mai mici rezultă intensități ale ploii mai mari.

Micșorându-se suprafața de colectare, debitul poate rezulta mai mic decât cel din cazul  $t_p = t_s$ , cu toate că se mărește intensitatea ploii.

În acest caz, hidrograful debitelor este de formă trapezoidală (fig. 3.12).

Dacă  $t_p > t_s$  rezultă un debit mai mic decât în cazul  $t_p = t_s$ , deoarece suprafața de colectare rămâne constantă de la timpul  $t_s$  până la timpul  $t_p$ , iar intensitatea ploii de calcul se micșorează. Și pentru acest caz, hidrograful debitelor este tot de formă trapezoidală (fig. 3.13).

Debitul este dependent și de forma suprafeței de scurgere (fig. 3.14 – 3.16).

Dacă suprafața  $S$  are o formă neregulată, lărgimea variabilă, întindere, pantă și coeficient de scurgere, care variază simțitor, se va lua în considerare acțiunea modificatoare a acestor factori asupra debitului făcându-se mai multe încercări pentru stabilirea debitului maxim de calcul.

Dacă suprafața de scurgere este de formă dreptunghiulară, (figura 3.14), debitul maxim se atinge în punctul 2, când  $t_p = t_s$ , iar suprafața de scurgere  $S$  este înglobată în întregime.

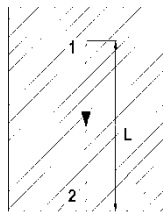


Fig. 3.14

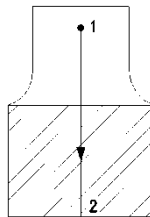


Fig. 3.15

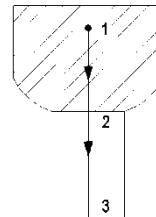


Fig. 3.16

În cazul suprafeței de scurgere redată în figura 3.15 la pantă constantă și coeficient de scurgere constant, se poate obține debitul maxim în punctul 2 atunci când se ia în considerare numai suprafața hașurată deoarece comparativ cu cazul suprafeței totale intensitatea crește mult, iar suprafața scade puțin.

În cazul suprafeței de scurgere, redată în figura 3.16 se obține un debit mai mare în punctul 2 decât în punctul 3.

În acest caz, canalul 2-3 se va dimensiona la debitul din capătul amonte 2, deoarece un debit realizat într-o secțiune nu se poate micșora pe parcurs în secțiunile din aval.

### 3.2.4. Calculul hidraulic al canalelor cu nivel liber pentru ape meteorice

Calculul hidraulic acceptat, pentru canalele cu nivel liber (gravitaționale) pentru ape meteorice, se face de regulă în regim permanent și uniform de mișcare, cu toate că în realitate regimul este nepermanent și neuniform [5], [23], [24], [25], [30],[50],[53].

Elementele care intervin în calculul hidraulic sunt: debitul de calcul  $Q_m$ , diametrul  $D$  în cazul canalelor circulare sau lărgimea  $B$  și înălțimea  $H = f(B)$ , în cazul canalelor necirculare, panta hidraulică  $I$ , gradul de umplere  $h/D$ , natura materialului exprimată prin coeficientul de rugozitate  $k$  și viteza de scurge  $v$ .

Pentru determinarea acestor elemente se folosesc:

Ecuția de continuitate și formula lui Chezy

$$Q = S \cdot V \quad (3.14)$$

$$V = C \sqrt{R \cdot I} \quad (3.15)$$

în care :

Q este debitul de calcul în  $m^3/s$ ; S - aria secțiunii transversale udate, în  $m^2$ ; v - viteza de scurgere, în m/s; C - coeficientul din formula lui Chezy, în  $m^{0,5}/s$ ; R - raza hidraulică, în m; I - panta hidraulică.

În regim turbulent, coeficientul C se calculează cu formula lui Manning

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} = K \cdot R^{1/6} \quad (3.16)$$

în care :

n este coeficientul de rugozitate al canalului, determinat de tipul de material folosit.

K - inversul coeficientului de rugozitate.

Relațiile de calcul pentru dimensionarea canalelor circulare pentru funcționarea la plin sunt:

$$Q_p = 0,312 \cdot K \cdot D^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (3.17)$$

$$V_p = 0,397 \cdot K \cdot D^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (3.18)$$

Calculul hidraulic se poate face analitic sau cu ajutorul diagramelor sau a nomogramelor avându-se în vedere respectarea vitezelor de scurgere în limitele admise, pentru  $V_{min}$  și  $V_{max}$ .

În cazul regimului turbulent de tranziție se aplică relația Colebrook-White pentru determinarea coeficientului de rugozitate  $\lambda$ , necesar dimensionării canalelor circulare funcționând la plin:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{2,51}{R_e \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3,71 \cdot D} \right) \quad (3.19)$$

în care:

$\lambda$  este coeficientul de rezistență al pierderilor de sarcină liniară

$$\left( R_e = \frac{V \cdot D}{\nu} \right);$$

$R_e$  - numărul Reynolds

V - viteza de scurgere, în m/s;

$\Delta$  - rugozitatea absolută, în metri;

D - diametrul conductei, în metri;

$\nu$  - coeficientul cinematic de vâscozitate, în  $m^2/s$ ,

iar relațiile de calcul pentru dimensionarea canalelor circulare, pentru funcționarea la plin sunt:

$$Q_p = -\frac{\pi \cdot D^2}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot I} \cdot \lg \left( \frac{2,51 \cdot v}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot I}} + \frac{\Delta}{3,71 \cdot D} \right) \quad (3.20)$$

$$V_p = 2 \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot I} \cdot \lg \left( \frac{2,51 \cdot v}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot I}} + \frac{\Delta}{3,71 \cdot D} \right) \quad (3.21)$$

### 3.2.5 Calculul hidraulic al canalelor sub presiune pentru ape meteorice.

La dimensionarea canalelor ce transportă ape meteorice nu se iau în considerare ploi torențiale excepționale deoarece s-ar ajunge la secțiuni mari de canale, deci la costuri exagerate.

După importanța localității se impune frecvența ploii de calcul care arată numărul de ani la care canalul va funcționa cu nivel liber la debitul determinant din relația (3.2), sau sub presiune la un debit mai mare [5], [30], [46].

Ploile de frecvență corespunzătoare unei constante  $a' > a$  vor suprareîncărca rețeaua și odată cu intrarea sub presiune, va crește capacitatea de evacuare a canalelor, panta hidraulică și viteza de scurgere, se vor majora, timpul de scurgere se va micșora și corespunzător acestui timp se va mări intensitatea ploii de calcul.

$a'$  este caracteristica intensității ploii accidentale care determină un debit de scurgere  $Q'$  mai mare decât debitul  $Q$  considerat pentru dimensiunea canalului colector ( $Q' > Q$ ), aspect evidențiat prin panta hidraulică  $I' > I$  (Figura 3.17).

Debitul ce trebuie evacuat va crește prin mărirea constantei și prin micșorarea timpului de scurgere.

Nivelul apei se va ridica deasupra creșterii canalelor până sub nivelul suprafeței terenului sau până la suprafața terenului, în funcție de capacitatea de evacuare a canalelor.

În mod practic trebuie cunoscut acest nivel în orice punct al rețelei în vederea evitării inundării subsolurilor și a zonelor carosabile.

La o ploaie cu frecvență mai mică se constată  $a' > a$  canalul cu curgere gravitațională cu nivel liber din figura 3.17 intră sub presiune, creându-se o pantă hidraulică  $I'$  și diferența dintre nivelele apei din amonte și aval  $h' = I' \cdot l$ . Se notează cu  $v'$  viteza apei din canal corespunzătoare pantei hidraulice  $I'$ .

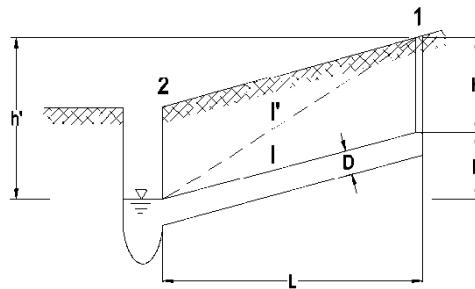


Fig 3.17 Funcționarea unui canal cu nivel liber sub presiune

În cazul în care se, admite că intensitatea ploii este dată de relația 3.8 ( $i = a \cdot \sqrt{t_p}$ ) se obține, după metoda intensităților limită, debitul apelor meteorice pentru un canal care funcționează gravitațional cu nivel liber ( Fig. 3.18 ) dat de relația:

$$Q = \frac{0,00775 \cdot a \cdot S \cdot \varphi}{\sqrt{t_p}} = \frac{0,00775 \cdot a \cdot S \cdot \varphi}{\sqrt{l/V}} \quad (3.22)$$

În care :

Q este debitul de calcul al apelor meteorice, în  $m^3 /s$ ;

0,00775 – factor de transformare a unităților;

S – suprafața aferentă canalului, în ha;

a – coeficient experimental, ales în funcție de frecvența ploii de calcul din

tabelul 3.4;

$t_p = t_s$  durata ploii de calcul egală cu durata scurgerii;

$\varphi$  – coeficientul de scurgere;

l – lungimea fizică a canalului, în m;

V – viteza de scurgere a apei în canal, în m/s, ce se impune inițial;

În ipoteza că la debitul Q canalul funcționează la plin, diametrul D, în m a rezultat din ecuația de continuitate în funcție de debitul Q și de pantă I, cu relația 3.23.

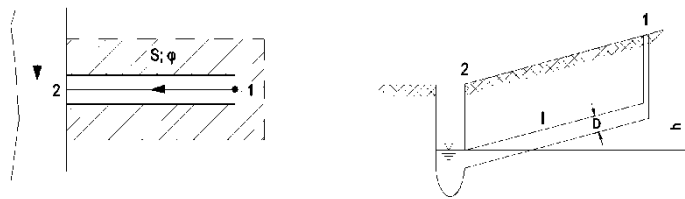


Fig. 3.18 Funcționarea unui canal cu nivel liber

$$D = \frac{1,55 \cdot (n \cdot Q)^{3/8}}{I^{3/16}} \quad (3.23)$$

În care  $n$  este coeficientul de rugozitate, ce se poate lua de 0,0135 pentru canale de beton

Viteza V impusă inițial, trebuie să verifice relația:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (3.24)$$

iar timpul de scurgere  $t_s$  (respectiv durata ploii de calcul  $t_p$ ) în minute, rezultă din relația:

$$t_s = 0,0167 \cdot \frac{l}{V} \quad (3.25)$$

Această mărime nu se introduce în calcule cu valori mai mici de 5; 10 sau de 15 minute, după cum canalul se găsește în regiune de munte, de deal sau de câmpie.

S-a notat căderea crestei canalului cu  $h = I \cdot L$

Regimul de mișcare în canale se consideră permanent și uniform, deci panta hidraulică la funcționarea cu nivel liber se consideră egală cu panta radierului canalului și cu panta crestei canalului (de secțiune constantă).

Egalând debitele din relațiile (3.22) și (3.24) se obține viteza corespunzătoare pantei I:

$$V = \frac{0,0000974 \cdot a^2 \cdot S^2 \cdot q^2}{D^4 \cdot I} \quad (3.26)$$

În mod analog se obține viteza corespunzătoare pantei I':

$$V' = \frac{0,0000974 \cdot a'^2 \cdot S^2 \cdot q^2}{D^4 \cdot I} \quad (3.27)$$

Din relația lui Chezy se obține panta hidraulică a canalului sub presiune:

$$I' = v^2 / (c^2 \cdot R) = I \cdot v^2 / v^2 \quad (3.28)$$

Înlocuind vitezele din relațiile (3.26) și (3.27) în relația (3.28) se obține:

$$I' = I \cdot (a'/a)^4 \quad (3.29)$$

Cu ajutorul relației (3.28) se poate determina panta hidraulică I' ce se formează la ploi mai mari decât cele din calcul în canale proiectate să funcționeze pline cu panta I la ploile de calcul.

După normele în vigoare se admite supraîncărcarea rețelei de canalizare la ploi mai mari decât cele de calcul, fără a se da nici un fel de indicație referitoare la verificarea rețelei în ansamblu sau în puncte caracteristice în această situație.

Se impun verificări și chiar norme în privința verificărilor pentru a se ajunge la rețele de canalizare optime din punct de vedere tehnico - economic.

În această lucrare se propune să se efectueze verificări ale nivelului apei în rețeaua de canalizare proiectată, punându-se condiții mărimii H dată de relația:

$$h' = h + H \quad (3.30)$$

Dacă la verificări nivelul apei rezultă sub teren sau deasupra terenului rețeaua trebuie redimensionată adică parțial sau total trebuie mărite sau micșorate diametrele canalelor.

În baza canalelor tehnico-economice se pot introduce și bazine de retenție și stații de pompare în rețeaua de canalizare ce se verifică.

În cazul redimensionării unui canal se pune relația (3.30) sub forma:

$$I' \cdot l = I \cdot L + H \quad (3.31)$$

Introducând valoarea I' din relația (3.29) se obține:

$$I \cdot (a'/a)^4 \cdot l = I \cdot L + H \quad (3.32)$$

Din relația (3.29) se determină panta ce trebuie dată radierului canalului la redimensionare:

$$I = H \cdot a^4 / l \cdot (a'^4 - a^4) \quad (3.33)$$

Introducând valoarea Q din relația (3.22) și valoarea I din relația (3.33) în relația (3.23) se obține:

$$D = 0,25 \cdot (n \cdot S \cdot \varphi / a)^{3/8} \cdot [v \cdot (a'^4 - a^4) / H]^{3/16} \quad (3.34)$$

Introducând valoarea  $v$  din relația (3.26) în relația (3.34) se obține:

$$D = 0,168 \cdot (S \cdot \varphi)^{3/7} \cdot n^{3/14} \cdot [(a'^4 - a^4) / l \cdot H]^{3/28} \quad (3.35)$$

Cu ajutorul relației (3.35) se determină diametrul canalelor în funcție de elementele cunoscute:  $S$ ,  $\varphi$ ,  $n$ ,  $a'$ ,  $a$ ,  $L$  și  $H$ , fără a mai impune o viteză inițială, putând dimensiona canalul și a compara apoi această viteză cu viteza la plin.

Dacă nu se redimensionează canalul și nu se admite inundarea terenului, se poate determina la limită constantă  $a'$  a ploii corespunzătoare din relația (3.32) rezultând :

$$a' = a \cdot (1 + H/L \cdot I)^{0,5} \quad (3.36)$$

În cazul redimensionării unui colector (figura 3.19) se procedează la o verificare pe tronsoane pornind din amonte sau din aval.

Dacă se pornește din aval, se determină punctele în care apa meteorică din canale poate refuza la suprafața terenului, iar dacă se pornește din amonte, se pot determina punctele

din care tronsoanele colectorului ar trebui să funcționeze cu nivel liber la ploi de intensități mai mari decât cele luate în calcul. Pentru a păstra diferența de nivel a colectorului față de „recipientul” natural se pot amplasa stații de pompare, iar la vărsare nivelul apei din „recipientul” natural se ridică deasupra crestei colectorului.

Dacă se fac redimensionări, diferența:

$$\sum I_i' \cdot L_i - (\sum I_i \cdot L_i + \sum H_i) \quad (3.37)$$

Se repartizează la fiecare tronson de canal proporțional cu mărimea  $h'$  corespunzătoare, rezultând noi pante hidraulice  $I'$  de forma:

$$I' = \frac{h'}{l} \cdot \left[ 1 - \frac{\sum h - (\sum i \cdot l + \sum H)}{\sum h} \right] \quad (3.38)$$

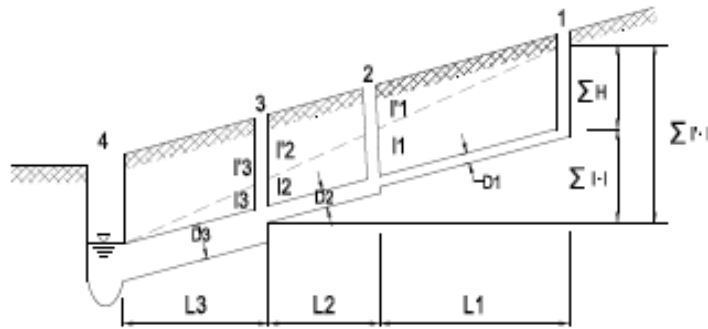


Fig 3.19 Funcționarea unei rețele de canal cu nivel liber și sub presiune

Panta  $I$  ce trebuie dată radierului canalului se determină din relația (3.29), iar din relația (3.31) se determină valoarea  $H$  corespunzătoare canalului, care introdusă în relația (3.35) determină diametrul canalului respectiv.

În cazul în care colectorul de canalizare se află într-o zonă de deal, dimensionarea se va face pentru o frecvență  $f = 1/2$  ( $a = 503$ ), iar verificarea la o frecvență  $f = 1/3$  ( $a = 580$ ), valorile  $a$  fiind luate din tabelul 3.4.

În funcție de  $H$  se poate trasa linia piezometrică care la limită poate atinge nivelul terenului.

Rețeaua de canalizare se dimensionează la ploi torențiale care se repetă în general la maximum 5 ani.

Se admite supraîncărcarea rețelei la ploi cu intensitate mai mare decât cea de calcul, dar nu există prescripții care să reglementeze verificarea în această ipoteză.

Verificările se fac la rețelele de canalizare ce transportă ape meteorice, și constau în determinarea nivelului apei în orice punct al acestei rețele, cu relația (3.31).

Verificarea la supraîncărcare poate determina diametrele canalelor, poate introduce bazine de retenție sau se pot amplasa stații de pompare.

În baza calculelor tehnico-economice se pot evita inundațiile pe suprafețele din amonte.

### 3.2.6 Calculul hidraulic al bazinelor de retenție pentru ape meteorice

Canalele ce transportă ape meteorice în rețelele de canalizare ale centrelor populate sau ale industriilor sunt supuse la variații mari de debite, în funcție de intensitățile ploilor de calcul, au secțiuni mai reduse decât cele corespunzătoare celor mai abundente ploi și totuși funcționează la plin foarte rar și pe durată scurtă.

De asemenea, la bazine de recepție mari și în continuă creștere și la ploi de intensități mari rezultă secțiuni mari de canale care duc la cheltuieli de investiție corespunzătoare.

Bazinele de retenție se încadrează în complexul rețelelor de canalizare atât pentru reducerea dimensiunilor canalelor cât și pentru micșorarea capacității stațiilor de pompare a apelor transportate prin canale, când aceste ape nu mai pot fi evacuate gravitațional.

În alte situații se pot folosi eficient și lacuri sau depresiunile de pe vatra localității canalizată, adaptându-le scopului de înmagazinare pe durata descărcării colectoarelor.

În cartiere cu clădiri dese se vor construi numai bazine subterane. Situația cea mai favorabilă corespunde cazului când apa din unda de viitură, ce este înmagazinată în bazinele de reținere este evacuată treptat pe cale gravitațională printr-un debit atenuat după trecerea viituri.

Bazinele de retenție se pot prevedea în rețele noi de canalizare, dar mai ales în rețele vechi cu capacitatea de transport depășită prin extinderea suprafeței canalizate sau prin mărirea gradului de amenajare a bazinului de recepție (creșterea coeficientului de scurgere  $\varphi$ ).

Volumul necesar al bazinelor de retenție a apei este dat de valoarea maximă a diferenței dintre volumul scurs care intră în bazin ( $Vol_s = f(t)$ ) și volumul evacuat care iese din bazin ( $Vol_d = f(t)$ ). Funcția  $Vol_s = f(t)$  depinde de caracteristicile ploii, ale bazinului de recepție și ale rețelei de colectare și transport a apei, iar  $Vol_d$  poate fi aproximat cu o formă liniară. Calculele se pot conduce în mod rapid, grafic, cu ajutorul unor diagrame în care se suprapun peste curbele,  $Vol_s$ , curbele  $Vol_d$ .

Curbele  $Vol_s$  din aceste diagrame sunt trasate pentru diferite valori ale duratăii de parcurgere a rețelei de canalizare, de exemplu, în ipoteza că ploaia de calcul atinge volumul precipitațiilor zilnice.

Volumul maxim al bazinului de retenție din care se pompează un debit  $Q_1$  se obține pentru  $t_p > t_s$  (fig. 3.21) că la diferite debite  $Q_1$  se obține volume maxime pentru diferite valori

$t_p$  și că unei valori date a raportului  $Q_1/Q$  îi corespunde un raport  $Vol/Vol_s$  (fig. 3.21) practic constant pentru bazinele cu caracteristicile;  $S$ ,  $\varphi$ ,  $i$  și  $t_s$  diferite. Volumul bazinului se determină din relația:

$$Vol = k \cdot Vol_s \quad (3.39)$$

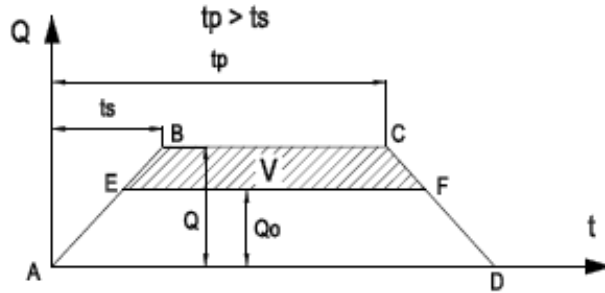


Fig 3.20 – Hidrograful teoretic pentru dimensionarea bazinelor de retenție

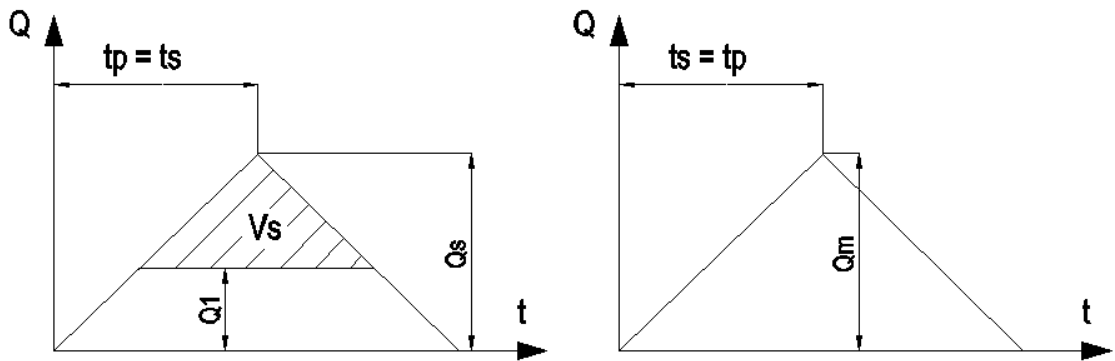


Fig. 3.21.- Hidrograful teoretic pentru dimensionarea canalelor

Coeficientul  $k$  se determină din relația 3.40 [2].

$$k = 0,664 + \frac{0,232}{z} \quad (3.40)$$

în care:  $z = Q_1 / Q$ .

Cu formula prof. Belov, dată de relația:

$$Vol = 0,001 \cdot \alpha [ 0,25 ( \alpha + 1/\alpha )^2 - 1 ] \cdot Q_s \cdot t_s \quad (3.41)$$

în care :  $Vol$  - volumul bazinului ( $m^3$ ),  $0,001$  reprezintă coeficientul de transformare a dimensiunilor,

$Q_s$  - debitul din colector în secțiunea bazinului, ( l/sec ) pentru  $t_p = t_s$ ,  $t_s$  - timpul de scurgere în canal, (sec)  $\alpha = Q_1/Q$ ,  $Q_1$ , fiind debitul pompat.

Se consideră bazinul de retenție din fig. 3.22 și se pune problema determinării volumului maxim.



$Vol_{max}$  al acestui bazin și durata ploii de calcul  $t_s$  corespunzătoare acestui volum, pentru un debit de pompare  $Q_1$ .

Volumul maxim al bazinului de retenție corespunde hidrografului debitelor la bazin sub formă de trapez (fig. 3.20), adică ipotezei  $t_p > t_s$ ,  $t_s$ , fiind timpul de scurgere al apei în canalul de aport.

Volumul bazinului de retenție corespunde trapezului hașurat EBCF și se poate determina, în  $m^3$ , din relația:

$$Vol = Vol_t - Vol_1 \quad (3.42)$$

în care  $Vol_t$  - volumul,  $m^3$ , corespunzător suprafeței trapezului ABCD, iar  $Vol_1$  - volumul,  $m^3$ , corespunzător suprafeței trapezului AEFD.

Cu notațiile din fig. 3.23 se poate scrie:

$$Vol_t = Q \cdot \frac{t_p + t_s + t_p - t}{2} = 0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \sqrt{t} \quad (3.43)$$

$$Vol_1 = \left( t_p + t_s - \frac{Q_1 \cdot t_s}{0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \sqrt{t_p}} \right) \cdot Q_1 \quad (3.44)$$

în care:  $Q$  este debitul apelor meteorice corespunzător timpului  $t_p$ , în  $m^3/sec$ ,  $t_p$  - durata ploii de calcul în sec,  $t_s$  - timpul de scurgere în canalul de aport, în sec,  $S$  - suprafața bazinului de recepție, în ha,  $\varphi$ -coeficientul de scurgere,  $a$  - constantă în funcție de caracteristicile ploilor de calcul,  $Q_1$ - debitul pompat, în  $m^3/sec$ .

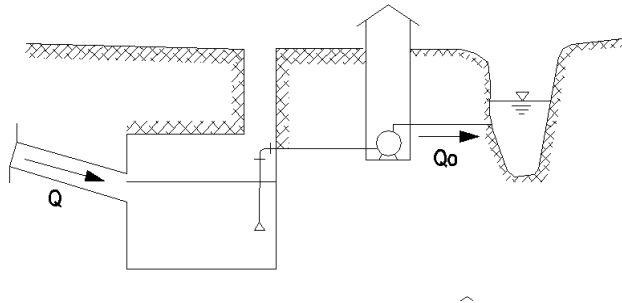


Fig .3.22 .Schema bazinului de retenție în punctul final al unei rețele de canalizare

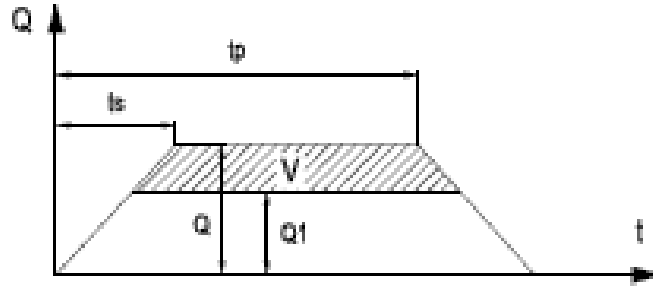


Fig.3.23. Hidrograful teoretic pentru dimensionarea bazinelor de retenție după metoda propusă

Introducând 3.42 și 3.43 în 3.41 se obține:

$$Vol = 0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \sqrt{t_p} - Q_1 \cdot t_p - Q_1 \cdot t_s + \frac{Q_1^2 \cdot t_s \cdot \sqrt{t_p}}{0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a} \quad (3.45)$$

Derivând relația 3.44 în raport cu  $t_p$  se obține:

$$\frac{dVol}{dt_p} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{t_p}} \cdot \left( 0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a + \frac{Q_1^2}{0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a} \cdot t_s \right) - Q_1 \quad (3.46)$$

Prin anularea derivatei se obține timpul  $t_p$  corespunzător volumului maxim:

$$t_p = \left( \frac{0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a + Q_1^2 \cdot t_s / 0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a}{2 \cdot Q_1} \right)^2 \quad (3.47)$$

Introducând valoarea  $t_p$  din relația 3.47 în relația 3.45 se obține valoarea volumului maxim al bazinului de retenție:

$$Vol_{\max} = \frac{(0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a)^2}{4 \cdot Q_1} - \frac{Q_1 \cdot t_s}{2} + \frac{Q_1^3 \cdot t_s^2}{4 \cdot (0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a)^2} \quad (3.48)$$

Este indicat ca relațiile 3.47 și 3.48 să se scrie sub formă generalizată, adimensională prin introducerea notațiilor:

$$\frac{Vol_{\max}}{Vol_t} = \alpha_v \quad (3.49)$$

$$\frac{Q_1}{0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a} = \alpha_Q \quad (3.50)$$

$$\frac{t_s}{t_p} = \alpha_t \quad (3.51)$$

unde  $\alpha_v$  - raportul dintre volumul maxim al bazinului de retenție și volumul total  $\alpha_Q$  - raportul dintre debitul pompat și debitul meteoric maxim ce poate să

apară la vărsarea canalului colector în bazinul de retenție,  $\alpha_t$  - raportul dintre timpul de scurgere și durata ploii de calcul pentru bazinul de retenție.

Introducând relațiile 3.49 și 3.50 în relația 3.46 se obțin parametrii adimensionali:

$$\alpha_t = \left( \frac{2 \cdot \alpha_Q}{1 + \alpha_Q^2} \right) \quad (3.52)$$

$$\alpha_v = \frac{(1 - \alpha_Q^2)^2}{2 \cdot (1 + \alpha_Q^2)} \quad (3.53)$$

Relațiile (3.52) și (3.53) sunt reprezentate grafic în diagrama din fig. 3.24 prin care se poate determina în mod rapid atât volumul maxim al bazinului de retenție/recepție, pentru o situație dată a acestuia și pentru o stație de pompare cu debit cunoscut, cât și debitul de pompare necesar pentru o situație dată a bazinului de retenție/recepție și un volum al acestuia limitat de condiții constructive și economice.

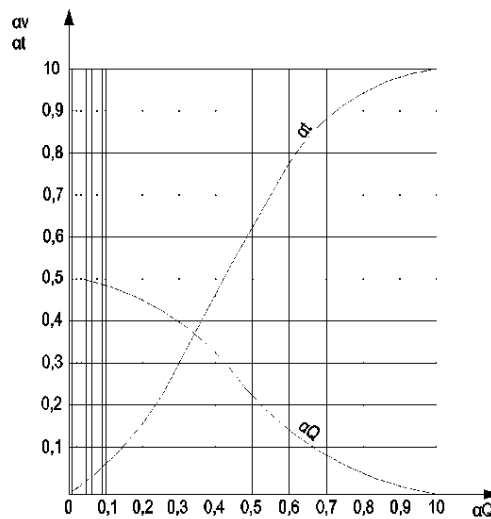


Fig. 3.24 – Diagrama de variație a valorilor  $\alpha_v$  și  $\alpha_t$  în funcție de  $\alpha_Q$

În cazul determinării volumului maxim al bazinului de retenție corespunzător unui debit de pompare instalat  $Q_1$  și unei rețele de canal caracterizată prin  $t_s$ ,  $S$ ,  $A$  și  $\varphi$  se calculează  $\alpha_Q$  din relația (3.50) și valoarea obținută se fixează pe abscisă în diagrama din figura 3.24.

Ridicând o verticală prin punctul fixat acesta va intersecta curbele  $\alpha_t$  și  $\alpha_v$  în câte un punct pentru care se citesc valorile corespunzătoare ale rapoartelor  $\alpha_t$  și  $\alpha_v$  pe ordonata diagramei.

Sucesiunea calculelor din relația 3.51 se determină durata ploii de cacul  $t_p$  corespunzătoare volumului maxim, din relația 3.43 se determină volumul total  $Vol_t$ , iar apoi din relația 3.48 se determină volumul maxim  $Vol_{max}$ .

Dacă este necesară determinarea debitului pompat  $Q_1$  pentru un volum de bazin și o rețea de canale la care se cunosc  $t_s$ ,  $S$ ,  $a$  și  $\varphi$  se alege prin încercări o durată a ploii  $t_p$  și se calculează rapoartele  $\alpha_t$  și  $\alpha_v$  care se introduc în diagrama din figura 3.24 . În cazul când punctele corespunzătoare de pe curbele  $\alpha_t$  și  $\alpha_v$  se găsesc pe aceeași verticală se citește valoarea  $\alpha_Q$ , cu ajutorul căruia se calculează valoarea  $Q_1$  din relația 3.50 .

Debitul determinat astfel corespunde soluției optime din punct de vedere tehnico-economic.

Bazinele de retenție amplasate în complexele de canalizare ale apelor meteorice influențează și sunt influențate atât de rețeaua de canalizare cât și de stațiile de pompare, dacă evacuarea apei din aceste bazine se efectuează prin pompare.

Dacă pentru calculul rețelelor de canalizare se consideră ipoteza  $t_s = t_p$  pentru bazinele de retenție rezultă volume maxime în cazul ploilor de durate mari decât timpul de scurgere.

Pentru ușurarea calculelor s-au introdus relații adimensionale și s-a întocmit o diagramă redată în fig. 3.24 în care sunt reprezentate grafic funcțiile

$$\alpha_t = f(\alpha_Q) \text{ și } \alpha_v = f(\alpha_Q)$$

Această metodă de dimensionare este expeditivă și în plus stabilește ploaia de calcul corespunzătoare bazinelor de retenție amplasate pe vatra centrelor populate.

### **3.2.7 Calculul tehnico-economic al sistemelor complexe de canalizare formate din canale colectoare, bazine de retenție și stații de pompare.**

#### **3.2.7.1 Scheme fundamentale ale sistemelor complexe de canalizare.**

În cadrul sistemelor complexe de canalizare a apelor meteorice, bazinele de retenție și stațiile de pompare sunt elemente de mare însemnătate care contribuie la majorarea capacității de transport a sistemului de canalizare a apelor meteorice, la micșorarea costului în ansamblu, cât și la asigurarea unor condiții optime în exploatare.

Cazurile frecvente ale sistemelor de canalizare formate din rețeaua de colectare, bazinul de retenție sau de compensare și stația de pompare se pot încadra într-una din următoarele scheme fundamentale de amenajare ( figura 3.25 )

- a) Ridicarea prin pompare a apelor meteorice din secțiunea finală a colectorului prin intermediul unui bazin de compensare, într-un recipient natural; această schemă se aplică la canalizarea depresiunilor și vetrelor cu pante mici de scurgere;

b) Repomparea apelor meteorice procedeu aplicat la canalizarea vetrelor de mare extindere la amplificări ale rețelelor și la vetre cu mai multe depresiuni;

c) Descărcarea prin pompare a rețelei de canalizare pe suprafața vetrei.

Odată cu mărirea debitelor colectate, prin creșterea gradului de înzestrare și dezvoltare rapidă a centrelor populate ca o caracteristică a condițiilor și tehnici actuale, capacitatea sistemului este depășită.

Soluția cu descărcare apare de cele mai multe ori rațională din punct de vedere tehnic și mai economic decât dublarea colectorului sau execuția unei alte rețele.

În toate aceste împrejurări, între elementele sistemului există o strânsă legătură.

Pentru dimensionarea corespunzătoare a stațiilor de pompare este necesară o analiză a condițiilor de colectare în rețea și de compensare în bazinul sistemului.

Această problemă cere studierea limitelor tehnice de realizarea și stabilirea soluției economice pentru ansamblul de lucrări.

Formarea ecuațiilor care definesc soluția economică se modifică de la caz la caz, însă esența problemei rămâne neschimbată și modul de rezolvare este același.

În figura 3.25 sunt reprezentate schemele fundamentale ale sistemelor complexe de canalizare pentru ape meteorice.

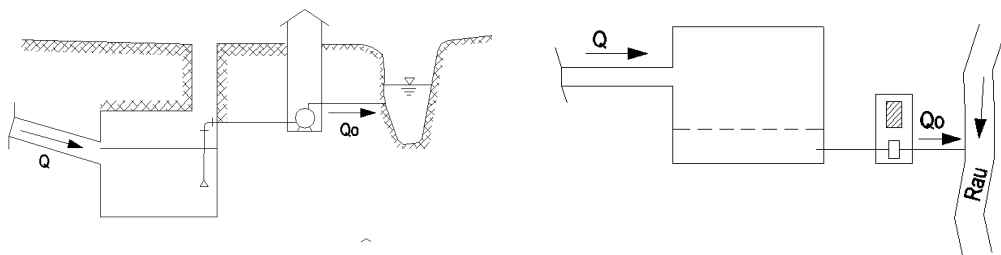


Fig 3.25 a) Rețea, bazin de retenție și stație de pompare cu descărcare în emisarii naturali pentru zone cu pante mici

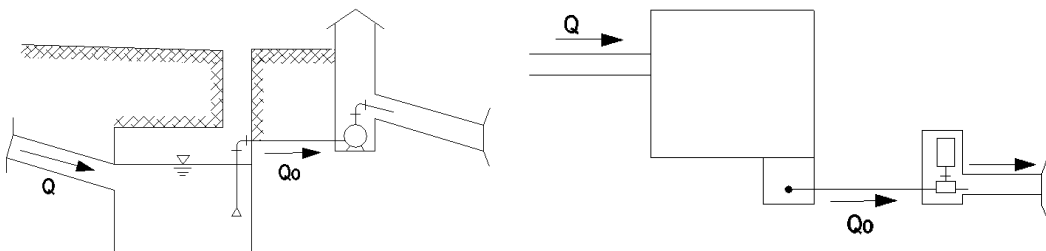


Fig 3.25 b) Rețea, bazin de retenție cu repompare într-un colector intermediar pentru localități extinse cu mai multe depresiuni

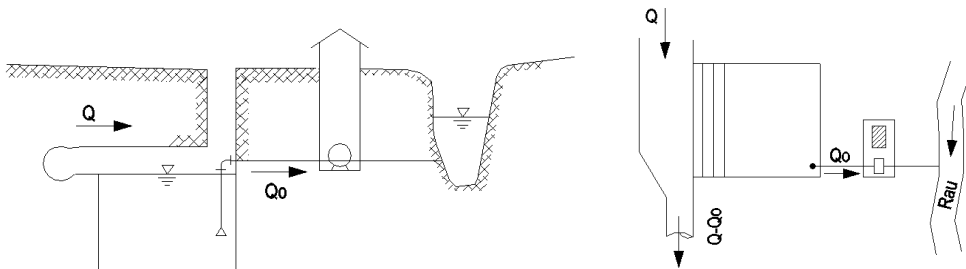


Fig 3.25 c) Rețea, cu descărcare în bazin de retenție și stație de pompare a apelor meteorice în emisar

Canalele care transportă apele meteorice se dimensionează la debite care depind de precipitații și de caracteristicile terenului, considerându-se la limită când acestea funcționează la plin.

Debitul maxim al apelor meteorice într-o secțiune de calcul al canalului se stabilește după metoda intensităților limită, atunci când durata ploii  $t_p$  este egală cu timpul de scurgere  $t_s$  necesar apei pentru a ajunge din punctul cel mai îndepărtat în scurgerea de calcul.

Hidrograful debitelor în secțiunea respectivă se consideră în mod simplificat un triunghi. (figura 3.11) .

Debitul în secțiunea de calcul se poate determina cu relația 3.22.

Bazinele de retenție se amplasează pentru reducerea secțiunii canalelor și pentru micșorarea puterii instalate a pompelor.

Volumul bazinelor de retenție este condiționat de durata ploii  $t_p$  și de debitul pompat  $Q_0 = Q_1$  ( figura 3.23) și de condițiile geometrice ale suprafeței de recepție până în punctul de amplasare al bazinului.

Hidrograful debitelor pentru punctul considerat poate duce la un volum maxim în cazul când se consideră un trapez (figura 3.23), situație în care  $t_p > t_s$ .

Mărima  $t_s$  reprezintă timpul de scurgere și prin aceasta se introduc caracteristicile geometrice ale bazinului de recepție.

Debitul pompat  $Q_0$ , este considerat ca parametru determinat al sistemului complex de canalizare duce la o micșorare al volumului bazinului de retenție și deci a costului de construcție în dauna mării costului puterii instalate a pompelor corespunzătoare a acestui debit.

Pompele intră în funcționare în momentul în care se asigură debitul de funcționare și încetează după evacuarea volumului de apă acumulat în bazin. Volumul bazinului de retenție  $Vol$  se poate determina cu relația 3.45, iar volumul maxim  $Vol_{max}$  cu relația 3.48.

În canalizări criteriile de trecere de la sistemul de evacuare gravitațională la sistemul de evacuare prin pompare sunt în general de natură economică.

Prin reducerea prețului de instalare a puterii pompelor, respectiv a energiei consumate, soluția cu pompare devine mai avantajoasă într-un sistem de lucrări de canalizare.

Funcționarea pompei este perfect determinată dacă se cunosc curbele caracteristice ale agregatului  $H = f(Q)$ ,  $\eta = f(Q)$  și  $P = f(Q)$  precum și sarcina maximă vacumetrică corespunzătoare fiecărui debit pompat  $H_{vac} = f(Q)$ .

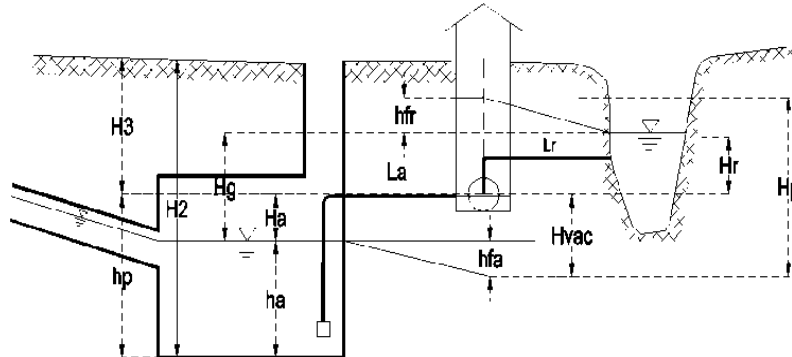


Fig. 3.26 Elementele stației de pompare

Sistemul de funcționare impune cunoașterea elementelor geometrice de conlucrare a pompelor atât în plan orizontal cât și în plan vertical.

Pentru a evita funcționarea în cavitație a agregatelor este necesară adâncirea stației de pompare la o cotă determinată de condițiile de amenajare a rețelei și bazinului de retenție precum și de caracteristica de aspirație a tipului de pompă utilizat. În acest sens în cadrul calculului tehnic al sistemului, trebuie să se urmărească funcționarea agregatelor fiind puse în evidență variațiile debitului pompat, concomitent cu oscilațiile sarcinilor conform relațiilor. (figura 3.26) [56]

$$H_a = h_p - h_a \quad (3.54)$$

$$H_{vac} = H_a + \frac{v_a^2}{2 \cdot g} + h_{fa} \quad (3.55)$$

$$H_p = H_{vac} + H_r + h_{fr} \quad (3.56)$$

În care :  $H_a$  este înălțimea geodezică la aspirație, ca diferență între adâncimea  $h_p$  de așezare a axei pompei față de radierul bazinului de retenție și  $h_a$  înălțimea variabilă a apei în bazin.

$H_{vac}$  este sarcina vacuummetrică, funcție de debitul pompat;

$H_r$  - sarcina geodezică la refulare;

$h_{fr}$  și  $h_{fa}$  - pierderile de sarcină în conductele de aspirație respectiv de refulare;

$H_p$  - sarcina totală a pompei.

De asemenea, în calculul economic al sistemului se va ține seama de costul de amenajare a stației de pompare în funcție de adâncimea  $H_3$  de așezarea agregatelor, determinată prin relația:

$$H_3 = H_2 - h_p \quad (3.57)$$

Unde:  $H_2$  este adâncimea de construcție a bazinului, conform dezvoltării profilului în lung a rețelei. Mărimea  $h_p$  va fi luată mai mică sau cel mult egală cu sarcina vacuummetrică admisă.

### 3.2.7.2 Criteriile economice de alegere a parametrilor de funcționare a sistemelor complexe ale canalizare

În general soluțiile sunt raționale din punct de vedere economic decât funcționarea din punct de vedere tehnic și utilitar realizează costuri de investiție minime sau cheltuieli anuale minime.

Unul din factorii care condiționează alegerea unei soluții este costul de investiție al lucrării în ansamblu în cazul de față acest criteriu se justifică prin costul redus al energiei consumate într-un an, timpul cât stația de pompare funcționează fiind în general foarte redus.

Costul de investiție  $C_i$  este dat de suma costurilor elementelor componente adică de relația: [25].

$$C_i = C_{ir} + C_{ib} + C_{ip} \quad (3.58)$$

Unde :  $C_{ir}$  reprezintă costul de investiție al rețelei de canalizare,

$C_{ip}$  - costul de investiție al stației de pompare,

$C_{ib}$  - costul de investiție al bazinului de retenție.

Se exprimă aceste costuri în funcție de variabile independente comune.

Pentru rețeaua de canale, se admite ipoteza că în lungul canalelor viteza se menține constantă ( în limitele vitezei economice ), canalele funcționează la plin, iar pantele au o variație continuă. ( fig. 3.27 ) .

Egalând debitul apelor meteorice în secțiunea de la distanța  $x$  , cu debitul pentru panta  $I$  , rezultă:

$$v = \frac{9,74 a^2 S^2 \varphi^2}{10^5 D^4 \cdot x} \quad (3.59)$$

Se admite pentru viteză relația lui Chezy, iar pentru coeficientul  $C$  relația lui Manning rezultând:

$$\frac{9,74 \cdot a^2 \cdot S^2 \cdot \varphi^2}{10^5 \cdot D^4 \cdot x} = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (3.60)$$

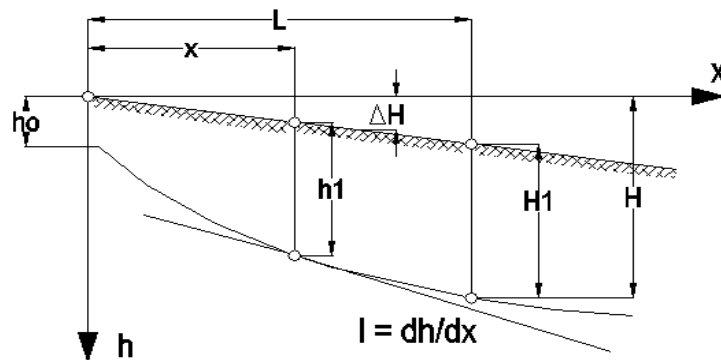


Fig. 3.27 Determinarea elementelor din profilul longitudinal



Pentru secțiunea circulară de diametru D rezultă:

$$I = \frac{dh}{dx} = \frac{n^2 \cdot a^4 \cdot \varphi^4 \cdot S^4}{10^8 \cdot x^2} \cdot D^{-28/3} = \frac{6,02}{10^8} \cdot a^4 \cdot \varphi^4 \cdot n^2 \cdot \frac{S^4}{x^2} \cdot D^{-28/3} \quad (3.61)$$

unde S este o funcție numai de x, care se poate determina pentru fiecare bazin în parte. Relația 3.61 se poate pune sub forma:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{6,02}{10^8} \cdot n^2 \cdot a^4 \cdot \varphi^4 \cdot f(x) D^{-28/3} = K \cdot f(x) D^{-28/3} \quad (3.62)$$

Admițând că întreaga rețea se dimensionează la o viteză  $V_0$  din relația:

$$v_0 = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \text{const.} \quad (3.63)$$

se ajunge la:

$$D = \frac{v_0^{3/2}}{\left(\frac{1}{n}\right)^{3/2}} \cdot I^{-3/4} = 4 \cdot n^{3/2} \cdot v_0^{3/2} \cdot I^{-3/4} \quad (3.64)$$

Înlocuind expresia diametrului D în relația 3.61 se obține:

$$\frac{dh}{dx} = 138 \cdot n^2 \cdot a^{-2/3} \cdot \varphi^{-2/3} \cdot \left(\frac{x^2}{S^4}\right)^{1/6} \cdot v_0^{7/3} = K_1 \cdot \frac{x^{1/3}}{S^{2/3}} \cdot v_0^{7/3} \quad (3.65)$$

Panta și adâncimea canalului în orice punct al colectorului se determină cu relația:

$$h_1 = h_0 + K_1 v_0^{7/3} \int_0^x \frac{x^{1/3}}{S^{2/3}} dx - \frac{x}{L} \Delta H \quad (3.66)$$

Adâncimea canalului în fața bazinului de retenție pentru cazul în care  $x = L$ , se determină cu relația:

$$H_1 = h_0 + K_1 v_0^{7/3} \int_0^L \frac{x^{1/3}}{S^{2/3}} dx - \Delta H \quad (3.67)$$

Costul canalului  $C_r$  exprimat în lei/m, se poate determina cu o relație de forma:

$$C_r = a_1 \cdot h_1 + b_1 \cdot D^\alpha \quad (3.68)$$

Costul total al rețelei de canalizare se poate determina din relația:

$$C_{ir} = C_{or} + \int_0^L C_r \cdot d_x = C_{or} + a_1 \cdot \int_0^L \left( h_0 + K_1 \cdot v_0^{7/3} \cdot \int_0^x \frac{x^{1/3}}{S^{2/3}} \cdot d_x - \frac{x}{L} \cdot \Delta H \right) \cdot d_x + b_1 \cdot \int_0^L \left( 4 \cdot n^{3/2} \cdot v_0^{-1/4} \cdot K_1^{-3/4} \cdot \frac{S^{1/2}}{x^{1/4}} \right)^\alpha \cdot d_x = f_1(v_0) \quad (3.69)$$

$C_{or}$  este costul rețelei care nu depinde de viteza  $v_0$

Costul de investiție al bazinului de retenție se poate determina din relația:

$$C_{ib} = a_2 \cdot H_2 + b_2 \cdot Vol_{max} \quad (3.70)$$

în care:  $a_2$  și  $b_2$  fiind coeficienți, iar  $H_2$  adâncimea până la radierul bazinului, care are expresia, conform figurii 3.28.

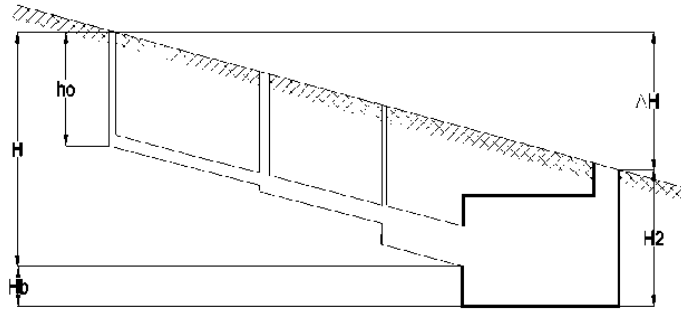


Fig 3.28 Elementele geometrice ale bazinului de retenție

$$H_2 = H + H_b - \Delta H = H_1 + H_b \quad (3.71)$$

Volumele  $Vol_t$  și  $Vol_{max}$  în mărimi adiționale sunt date de relațiile:

$$Vol_t = 0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \sqrt{t_p} \cdot \frac{1 + \alpha_p^2}{2 \cdot \alpha_p} \quad (3.43)$$

$$Vol_{max} = \frac{(0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a)^2}{4 \cdot Q_0} - \frac{Q_0 \cdot t_s}{2} + \frac{Q_0^3 \cdot t_s}{4 \cdot (0,00775 \cdot S \cdot \varphi \cdot a)^2} \quad (3.72)$$

Dacă  $t_s = L/v_0$  se obține: (3.73)

$$Vol_{max} = \frac{(0,00775^2 \cdot S^2 \cdot \varphi^2 \cdot a^2)}{4 \cdot Q_0} - \frac{Q_0 \cdot L}{2 \cdot v_0} + \frac{Q_0^3 \cdot L^2}{4 \cdot 0,00775^2 \cdot S^2 \cdot \varphi^2 \cdot a^2 \cdot v_0^2} \quad (3.74)$$

Înlocuind valorile obținute pentru  $H_2$  și  $Vol_{max}$  în relația 3.69 se obține:

$$C_{ib} = a_2 \cdot \left( h_0 + K_1 \cdot v_0^{7/3} \cdot \int_0^L \frac{x^{1/3}}{S^{2/3}} \cdot dx + H_b - \Delta H \right) + b_2 \cdot \left( \frac{0,00775^2 \cdot S^2 \cdot \varphi^2 \cdot a^2}{4 \cdot Q_0} - \frac{Q_0 \cdot L}{2 \cdot v_0} + \frac{Q_0^3 \cdot L^2}{4 \cdot 0,00775^2 \cdot S^2 \cdot \varphi^2 \cdot a^2 \cdot v_0^2} \right) = f_2(v_0, Q_0) \quad (3.75)$$

Costul de investiție pentru stația de pompare se poate determina cu relația:

$$C_{ip} = a_3 \cdot H_3 + b_3 \cdot P = a_3 \cdot (H_2 - H_p) + b_3 \cdot \gamma \cdot Q_0 \cdot H_p / 102 \cdot \eta \quad (3.76)$$

Trebuie remarcat faptul că înălțimea  $h_p$  a axei pompei în raport cu radierul bazinului de retenție din care se face aspirația, considerată constantă depinde de tipul de pompă și în primul rând de proprietățile ei anticavitacionale.

Această cotă trebuie să rămână inferioară sarcinii maxime de aspirație, care are loc în cazul debitului maxim antrenat de pompe la nivelul maxim al apei în bazin.

Cu notațiile din figura 3.26 se poate scrie:

$$C_{ip} = a_3 \cdot \left( h_0 + K_1 \cdot V_0^{7/3} \cdot \int_0^L x^{1/3} \cdot S^{2/3} \cdot dx + H_b - \Delta H - h_p \right) + b_3 \cdot \frac{\gamma \cdot Q_0 \cdot (H_s + 1,1 \cdot s_{oa} \cdot L_a \cdot Q_0^2 + 1,1 \cdot s_{or} \cdot L_r \cdot Q_0^2)}{102 \cdot \eta} = f_3(V_0, Q_0) \quad (3.77)$$

În care:  $s_{oa}$  și  $s_{or}$  reprezintă rezistențele specifice ale conductelor de aspirație și refulare. Pierderile de sarcină locale s-au considerat ca fiind 10% din pierderile de sarcină longitudinale.

Costul total al investiției C se obține printr-o funcție de forma:

$$C = f_1(v_0) + f_2(v_0, Q_0) + f_3(v_0, Q_0) \quad (3.78)$$

În relația analitică a costului total intervin, alături de constante care caracterizează sistemul din punct de vedere tehnic și economic, variabilele  $Q_0$  și  $v_0$  care trebuie determinate din condiția minimului de cost.

Punând condițiile de minim asupra costului total:

$$\partial C_i / \partial v_0 = \varphi_1(Q_0, v_0) = 0 \quad (3.79)$$

$$\partial C_i / \partial Q_0 = \varphi_2(Q_0, v_0) = 0 \quad (3.80)$$

Vor rezulta valorile  $Q_0$  și  $v_0$  care definesc în mod univoc caracteristicile geometrice și hidraulice ale sistemului format din colector/rețea de canalizare, bazin de retenție și stație de pompare.

## 4. STUDII ȘI CERCETĂRI EXPERIMENTALE

### 4.1 Considerații de ordin general

Rețelele de canalizare pentru colectarea apelor uzate și meteorice sunt sisteme de construcții și instalații care în timpul exploatarei suportă o serie de modificări cantitative și calitative, care se reflectă prin reducerea capacității de transport, cu consecințe importante de ordin tehnic, economic, social și sanitar determinate de inundarea subsolurilor de la clădirile civile și industriale, a pasajelor și a arterelor de circulație de pe vatra centrelor populate.

Diminuarea capacității de transport a rețelelor de canalizare pentru apele meteorice, în timpul exploatarei, este determinată de:

- modificarea rugozității canalelor de scurgere;
- majorarea coeficientului de scurgere  $\phi$  a suprafețelor colectoare;
- extinderea suprafețelor colectoare, ca urmare a creșterii numărului de locuitori;
- modificărilor climatice cu efecte asupra mărimii intensității ploii de calcul;
- colmatarea canalelor cu sedimentele din apele de scurgere.

Majorarea capacității de transport a rețelelor de canalizare concepute în sistem unitar sau separativ pentru ape meteorice se asigura prin:

- construirea de colectoare noi soluție care necesită investiții importante și durate mari de execuție ;
- înlocuirea tuburilor din beton degradate cu tuburi din materiale netede cu coeficienți de scurgere reduși ;
- reabilitarea tuburilor degradate din beton prin căptușirea acestora cu materiale netede și rezistente la uzură ;
- admiterea funcționării sub presiune a sistemului de canalizare în perioada ploilor torențiale, când se depășește frecvența și intensitatea ploii de calcul, debitele transportate putându-se majora cu 35-45 % atunci când pantele hidraulice se majorează de la 0,1 la 0,2 % ;
- amenajarea unor bazine de retenție echipate cu stații de pompare corespunzătoare, în zonele vulnerabile predispuse inundațiilor (figura 3.25). [25],[50]
- utilizarea bioretențiilor existente pe vatra centrelor populate, a cvartalelor de locuințe sau a zonelor rezidențiale;
- amenajarea aleilor pietonale, a parcărilor și a platformelor industriale, cu dale cu rosturi de nisip cu scopul de a reduce mărimea coeficientului de scurgere  $\phi$  și de a majora debitul pluvial infiltrat în sol.

Studiile de caz rezolvate în cadrul tezei de doctorat s-au concretizat printr-o serie de soluții privind majorarea capacității de transport a rețelelor de canalizare de pe vatra Municipiului Timișoara și a zonelor rezidențiale aferente acestuia precum și în tehnologii specifice pentru colectarea apelor meteorice de pe suprafața parcărilor, a platformelor industriale și a localităților rurale prin implementarea platformelor dalate cu rosturi pentru apele meteorice colectate de pe arterele de circulație.

Cercetările experimentale efectuate în laborator pe o instalație experimentală au pus în evidență mărimea indicelui de filtrabilitate al materialelor filtrante granulare, în cazul infiltrării prin solurile naturale/artificiale, încărcate cu diferite tipuri de suspensii și mărime de concentrații .

#### 4.2 Studii privind majorarea capacității de transport a rețelei de canalizare în zonele cu risc de inundabilitate din Municipiul Timișoara.

Sistemul de canalizare a apelor uzate menajere și a celor meteorice este în general de tip unitar cu unele excepții, în zonele periferice și a celor industriale în care canalizarea apelor de scurgere se face cu un sistem separativ / divizor.

Canalizarea sistematică a Municipiului Timișoara datează din anul 1912 fiind concepută cu două colectoare principale cel de pe malul stâng având un sifon pentru subtraversarea canalului Bega imediat amonte de stația de epurare.

La aceste colectoare principale s-au adăugat pe parcursul timpului colectoarele principale de Nord și de Sud, cât și o serie de canale incipiente și secundare, care însumează astăzi circa 570 km figura 4.1.

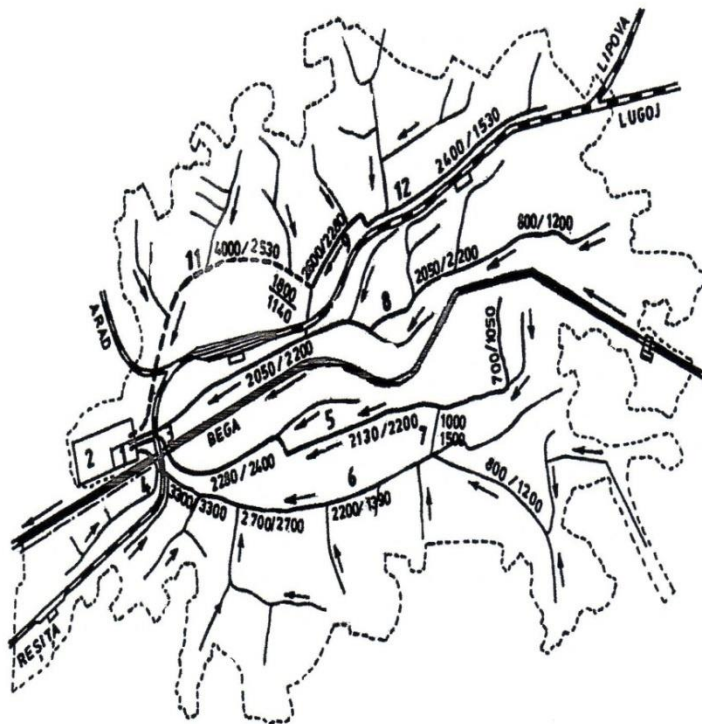


Fig.4.1. 1- Stația veche de epurare (1912); 2-Stația nouă de epurare (1968-1981-1995); 3-Sifon 2x1000+600 (1912); 4- Sifon 2x100+1200 (1983); 5- Colectorul principal Sud (1983); 7-Legătura între colectoarele principale Sud; 8- Colectorul principal Nord (1912); 9- Segment colector principal Nord (1979); 10- Legătura între colectoarele principale de Nord; 11- Noul colector principal Nord (1984); 12- Extindere colector principal Nord (1988)

Pantele canalelor colectoare sunt foarte mici cu valori cuprinse între 0,05 și 0,1 %.

În zonele de vărsare , colectoarele canalizării ajung la adâncime de peste 2,5 – 3,5 m sub nivelul apei canalului Bega, astfel încât apele meteorice cât și cele uzate după o epurare avansată într-o stație de epurare modernizată, sunt pompate în canalul Bega.

Deși sistemul de canalizare din Municipiul Timișoara a fost în permanență suspus unor procese permanente de extinderi amplificări și modernizări, sunt totuși zone cu risc de inundabilitate a subsolurilor și de blocare a traficului auto și a celui pietonal din zonele viaductelor, la trecere pe sub liniile de cale ferată.

Capacitatea de transport a rețelelor de canalizare, din zonele industriale este depășită îndeosebi la ploile torențiale datorită faptului că prin schimbarea climatică, intensitatea ploilor de calcul a crescut mult peste valorile cu care s-au estimat debitele pentru dimensionarea rețelelor de canalizare, ducând la inundarea zonelor mai joase de pe suprafețele acestei unități.

Capacitatea de transport a rețelei de canalizare este diminuată și de faptul că debitele apelor meteorice s-au dublat prin faptul că, coeficientul mediu de scurgere  $\phi$  s-a majorat substanțial, de la 0,35 la 0,70, datorită modificării structurii suprafețelor de scurgere, acoperite ale construcțiilor civile și industriale, de suprafețele de circulație asfaltate și betonate și de reducerea suprafețelor înierbate.

Capacitatea de transport a rețelelor de canalizare din zonele inundabile sunt subdimensionate, aspect ce determină funcționarea acestora sub presiune în cazul ploilor torențiale, ce depășesc intensitățile normate de calcul.

În aceste zone, datorită poziției joase a terenului și intrării sub presiune a canalizării existente, pe durata ploilor abundente / torențiale, se produc inundații ce duc la blocarea traficului auto și a celui pietonal.

Zonele cu risc ridicat de inundabilitate analizate în cadrul studiului de caz se refera la cele 6 viaducte din: Piața 700; Pasaj Jiu; str. Popa Șapcă; str. Ardealul; str. Nicolae Andreescu; str. Gheorghe Lazăr.

Rețelele de canalizare din aceste zone sunt subdimensionate și au o durată de funcționare depășită tuburile din beton prezintă o mare uzură fizică și morală ce a determinat majorarea rugozității canalelor de scurgere.

La această situație pe lângă majorarea coeficientului de scurgere  $\phi$  datorită construcțiilor noi se suprapune și diminuarea secțiunii de scurgere datorită colmatării canalelor.

Studiile efectuate pentru aceste zone au drept scop ca pe termen mediu și lung să se asigure funcționarea viaductelor la parametrii optimi și în perioada ploilor abundente, fără ca aceste pasaje de trecere să mai fie inundate .



Fig.4.2 Viaductul Piața 700

Viaductul Piața 700 (figura 4.2) colectează apele meteorice provenite de pe străzile I. Nemoianu , A. Cosma și C. Brediceanu aferente unei suprafețe de scurgere de cca. 13906 mp , (constituita din asfalt, alei pietonale, macadam și zone verzi) cu un coeficient mediu de scurgere  $\phi = 0,69$ .

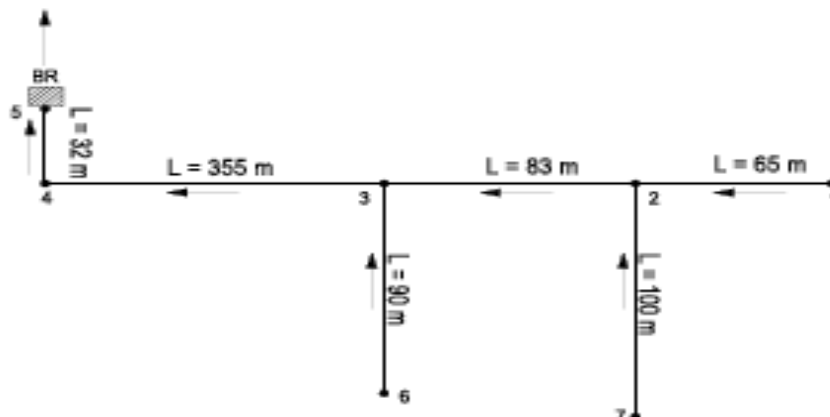


Fig.4.3 Rețeaua de canalizare pluvială – Viaductul Piața 700



Fig.4.4 Viaductul Jiu

Viaductul Pasaj Jiu (figura 4.4) colectează apele meteorice provenite de pe străzile Nera, Calea Circumvalațiunii și Bulevardul Republicii (Regele Ferdinand), aferente unei suprafețe de scurgere de cca. 24770 mp. ( asfalt alei pietonale și zonă verde ) cu un coeficient mediu de scurgere de  $\phi = 0,77$  .

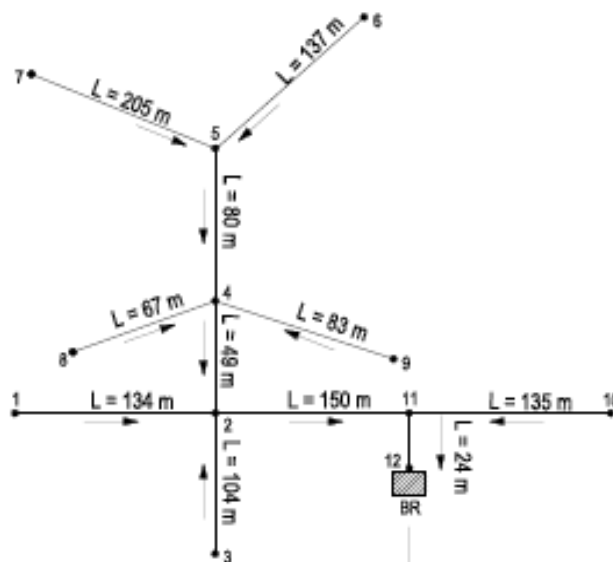


Fig.4.5 Rețeaua de canalizare pluvială – Viaductul Jiu





Fig.4.6 Viaductul Popa Șapcă

Viaductul Popa Șapcă (figura 4.6), colectează apele meteorice provenite de pe strada Demetriade aferentă unei suprafețe de cca. 20425 mp (asfalt, alei pietonale și zonă verde), cu un coeficient mediu de scurgere  $\phi = 0,42$ .

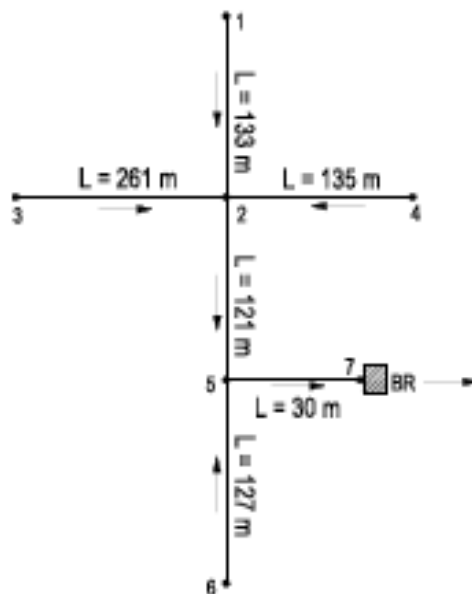


Fig.4.7 Rețeaua de canalizare pluvială Viaductul Popa Șapcă



Fig.4.8. Viaductul Ardealul

Viaductul Ardealul (figura 4.8), colectează apele meteorice provenite de pe strada Popa Șapcă, aferente unei suprafețe de cca. 17739,5 mp (asfalt , alei pietonale și zonă verde) , cu un coeficient mediu de scurgere  $\phi = 0,36$  .

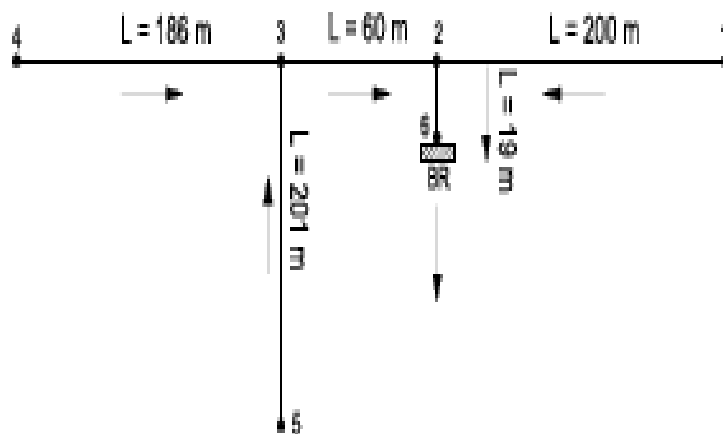


Fig.4.9. Rețeaua de canalizare pluvială – Viaductul Ardealul



Fig.4.10. Viaductul Andreescu

Viaductul N. Andreescu (figura 4.10) , colectează apele meteorice provenite de pe strada Muncii, aferente unei suprafețe de cca. 107635,5 mp (asfalt , alei pietonale și zonă verde) cu un coeficient mediu de scurgere  $\phi = 0,45$  .

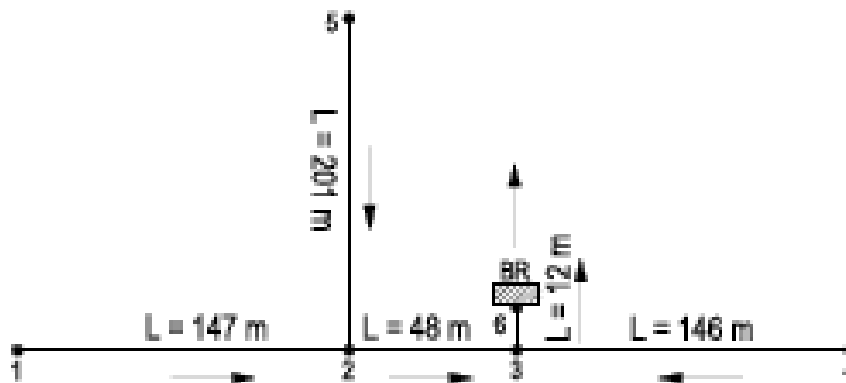


Fig.4.11. Rețeaua de canalizare pluvială – Viaductul Andreescu



Fig.4.12. Viaductul Gheorghe Lazăr

Viaductul Gheorghe Lazăr (figura 4.12) colectează apele meteorice provenite de pe strada Pictor și Piața 700, aferente unei suprafețe de cca. 12549,5 mp (asfalt, alei pietonale și zonă verde) cu un coeficient mediu de scurgere  $\phi = 0,74$ .

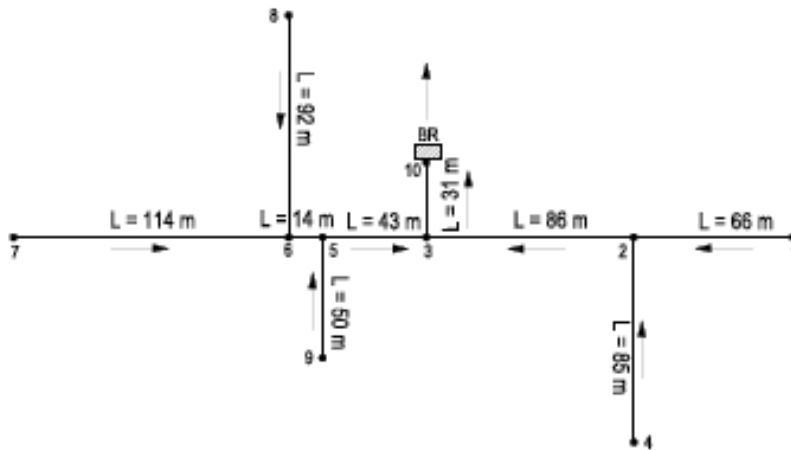


Fig.4.13.Rețeaua de canalizare pluvială – Viaductul Gheorghe Lazăr

Debitele de calcul ale apelor meteorice din zonele cu risc ridicat de inundabilitate s-au stabilit prin considerarea în proiectare a trei scenarii tehnico - economice .

Scenariu normal fără inundare, (S1). In cadrul acestui scenariu, frecvența ploii de calcul s-a considerat  $f = 1/2$ , conform SR EN 752-2008, este cel în care nu se produce punerea sub presiune a rețelelor de canalizare existente [10].

Scenariu cu inundare, (S2). In cadrul acestui scenariu, frecvența ploii de calcul s-a considerat  $f = 1/30$ , conform SR EN 752-2008 și SR 1846-2007, este cel în care se admite o inundare a zonelor vulnerabile în limitele unui grad de risc acceptat .

Intensitatea ploii de calcul , pentru  $f = 1/30$  , s-a determinat cu relația (3.9) propusă de REYNOLDS [34], [35], [36], [37].

$$i = \frac{38}{t_p + 9} \cdot \left( f^{-1/4} - 0,369 \right) \cdot i_{15(1/1)}$$

Scenariu cu grad de risc deosebit( S3 ), s-a considerat situația defavorabilă din anul 2010, apărută la Timișoara, când înălțimea precipitațiilor căzute și durata ploii au fost :  $h = 50$  mm și  $t_p = 40$  min.

Această situație este rezultatul modificărilor climatice din ultimii 15 - 20 ani, în STAS 9470 - 73, aflat în vigoare nu oferă intensitățile de calcul reale pentru cazul ploilor abundente [ 116 ] .

În tabelul 4.1 sunt redate debitele meteorice de calcul pentru viaductele analizate precum și volumul bazinelor de retenție (VBR ), cu dimensiunile geometrice (L x B x H) , pentru scenariile S2 și S3 cu risc de inundabilitate .

Bazinele de retenție, prevăzute cu stații de pompare au rolul de a prelua volumele de ape meteorice pe durata ploii de calcul egală cu durata de scurgere ( $t_p = t_s$ ) și de a le pompa în rețeaua de canalizare existentă după încetarea ploii.

Bazinele de retenție amenajate în zonele cu risc de inundabilitate, reprezintă, pentru localitățile canalizate în sistem unitar, o alternativă posibilă pentru a majora capacitatea de transport a rețelelor de canalizare în perioadele cu ploi abundente .

Tabelul 4.1. Debitele meteorice prin viaductele analizate

Nr Crt.	Viaductul	$S_q$ <mp>	$\varphi$	f	$t_p=t_s$ <min>	i <l/s.ha>	Qm <l/s>	VBR <mc>	LxBxH <mc>
1	Piața 700	13906	0,69	S1 S2 S3	26	115 299 376	88,22 229 289	135 352 695	- 9x13x2 22x13x2
2	Pasaj Jiu	24770	0,77	S1 S2 S3	24	119 313 337	181,45 476 515	262 688 1239	- 10x15x3 23x15x3

3	Popa Șapcă	20425	0,42	S1 S2 S3	22	122 336 619	83,74 231 425	110 302 1021	- 5x13x3 24x13x3
4	Ardealului	17739	0,36	S1 S2 S3	22	118 334 722	60,28 171 369	80 225 887	- 4x13x3 21x13x3
5	N. Andreescu	107635	0,45	S1 S2 S3	18	140 380 580	53,36 145 221	59 158 532	- 15x13x3 19x13x2
6	Gh. Lazăr	12549	0,74	S1 S2 S3	17	150 400 351	111,45 298 261	112 300 628	- 7x9x3 20x9x3

În tabelul 4.2 sunt evidențiate pentru scenariile S2 și S3, costurile de investiții (I) și cele pentru construcții – montaj (C+M), necesare pentru rețele de canalizare (C) stații de pompare (SP), bazine de retenție (BR) și refacere carosabil (RC).

Scenariul recomandat este cel cu inundare ( S2 ), cu  $f = 1/30$ , pentru un risc de inundabilitate cu probabilitatea de depășire de 3,33%. Avantajele scenariului S2 recomandat prin comparație cu S3 sunt următoarele: diametrele rețelelor de canalizare, volumele bazinelor de retenție, stațiile de pompare și electropompele determină construcții și echipamente cu capacități și investiții mai mici.

Tabelul 4.2. Costurile investiției pentru două variante la viaductele analizate

Nr. Crt.	VIADUCTUL	VAR	CANAL I <sub>C</sub>	SP I <sub>P</sub>	BR I <sub>BR</sub>	REF.CA R I <sub>rc</sub>	I	C+M
	PIAȚA 700	I	344450	711450	234000	634375	1924275	1531575
		II	335300	711450	572000	634375	2253125	1860425
	PASAJ JIU	I	514550	895950	450000	1022000	2882500	2302800
		II	514550	939950	1035000	1022000	3449150	2825450
	POPA ȘAPCĂ	I	317350	704450	195000	706125	1922925	1552225
		II	321850	770450	936000	706125	2734425	2297725

#### 4.3 - Evacuarea apelor meteorice din zonele cvartetelor de locuințe fără emisari 103

	ARDEALUL UI	I	167500	27210 0	156000	582750	117850 0	105640 0
		II	170650	27210 0	819000	582750	184450 0	170040 0
	N. ANDREESC U	I	127150	26270 0	130000	582750	110260 0	984900
		II	127150	26270 0	494000	582750	146660 0	134890 0
	GH. LAZAR	I	229885 0	71520 0	189000	508375	164242 5	124972 5
		II	208600	71520 0	540000	508375	197217 5	157947 5
		I					106532 25	867762 5
		II					137199 75	116343 75

Scenariul S3 ( h = 50 mm și tp = 40 min ) se poate promova în situația în care se dorește o reducere mai mare a riscului de inundabilitate a pasajelor din zonele analizate .

În acest caz, suprafețele necesare pentru cele 6 bazine de retenție ( $S_3 = 1643$  mp) sunt de 3,2 ori mai mari decât cele necesare în cadrul scenariului S2 ( $S_2 = 512$  mp) , aparținând în totalitate domeniului public.

Variantele I și II sunt diferențiate în raport cu capacitatea bazinelor de retenție stabilită în funcție de mărimea riscului de inundabilitate a pasajelor din zonele analizate ( $S_2$  și  $S_3$ ).

### 4.3. Evacuarea apelor meteorice din zonele cvartetelor de locuințe fără emisari.

#### 4.3.1. Studiu de caz cartierul rezidențial Giroc.

Evacuarea apelor meteorice din perimetrele cvartalelor de locuințe rezidențiale, amplasate în zone fără emisari și lipsite de posibilitatea de racordare la un sistem centralizat de canalizare se poate realiza prin deversarea acestora pe suprafețele agricole sau a spațiilor verzi aferente proprietăților individuale sau se pot înmagazina în rezervoare / cisterne pentru a se utiliza la stropitul spațiilor verzi și a grădinilor aferente gospodăriei, sau ca apă menajeră pentru spălătul rufelor sau a grupurilor sanitare după o prealabilă limpezire prin filtre de nisip cuplate cu rezervoarele de înmagazinare [1], [42], [52].

Confortul ambiental din cvartalele de locuințe este determinat și de modul în care se asigură îndepărtarea apelor meteorice colectate de pe suprafețele acestor incinte.

Studiul de caz, efectuat pentru cartierul rezidențial Giroc a stabilit, din punct de vedere tehnic și economic soluțiile posibile pentru evacuarea / valorificarea apelor meteorice din incintele noilor proprietăți, precum și a celor colectate de pe suprafețele străzilor și spațiilor pietonale.

Ansamblu de locuințe Giroc situat între Giroc și Timișoara, redat în figura 4.14 are o suprafață  $S = 10$  ha , împărțită în 122 parcele / proprietăți , cu suprafețe cuprinse între 585 și 948,5 mp.

Evacuarea / valorificarea apelor meteorice colectate pe aceste suprafețe s-a făcut în baza legii 350 / 2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismului.

Prin această lege se prevede ca numai 45 % din suprafața parcelată să fie destinată construcțiilor și curților aferente lor, iar restul de 55 % să rămână pentru grădina de lângă casă / culturilor agricole sau spațiilor verzi gazonate, rezultând astfel un coeficient mediu de scurgere  $\phi_m = 0,48 - 0,52$ .



Fig. 4.14. Cartierul rezidențial Giroc – județul Timiș

Apele meteorice colectate din incintele gospodăriilor individuale se pot înmagazina în diferite tipuri de cisterne / bazine / rezervoare cu sau fără limpezire fiind utilizate pentru udarea / irigarea culturilor la grădina de lângă casă pentru stropitul gazonului / spațiilor verzi, pentru spălătul pavajelor din curți , pentru spălătul WC-urilor, și chiar a rufelor, realizându-se prin aceasta o reducere semnificativă, a consumului specific de apă potabilă. [1],[49], [52].

Capacitatea rezervoarelor de ape meteorice a fost stabilită pe baza variației lunare a precipitațiilor atmosferice dar și de consumul de apă meteorică de la nivelul fiecărei unități gospodărești cu ajutorul relațiilor:



#### 4.3 - Evacuarea apelor meteorice din zonele cvartetelor de locuințe fără emisari 105

$$Q = \varphi \cdot \frac{A \cdot h}{1000} \quad (4.1)$$

$$V_c = m \cdot V_a \quad (4.2)$$

$$V_a = Q \cdot T \quad (4.3)$$

în care:

$h$  este înălțimea precipitațiilor anuale, în mm/an .

$A$  - suprafața totală de colectare , în  $m^2$  .

$\varphi$  - coeficientul mediu de scurgere .

$Q$  - debitul captat , în  $m^3$ /an .

$V_c$  - volumul real al cisternei în  $m^3$  .

$V_a$  - volumul anual al precipitațiilor

$m = 0,20 - 0,70$  coeficientul de corecție

Pentru studiul de caz s-a considerat o parcelă cu suprafața totală  $A_t = 600 m^2$  cu suprafața construită  $A_c = 0,45 \times 600 = 330 m^2$  (120  $m^2$  pentru clădire și 150  $m^2$  pentru curte) și suprafața grădinii  $A_g = 0,55 \times 600 = 330 m^2$  utilizată de o familie formată din 4 persoane.

Necesarul apei de ploaie la nivelul unității gospodărești s-a considerat ca fiind format din apa pentru: spălatul toaletei  $q_t = 25 l/om zi$ ; spălatul în general  $q_g = 35 l/om zi$ ; stropitul grădinii și a spațiilor verzi  $q_{gv} = 60 l/m^2 an$ .

Necesarul de apă pentru fiecare folosință într-un an va fi:

$$Q_1 = 4 pers. \times (25 + 35) l/om zi \times 365 zile = 87600 l/an = 87,6 m^3 /an$$

$$Q_2 = 330 m^2 \times 60 l/m^2 an = 19800 l/an = 19,8 m^3 /an$$

$$Q_m = (120 m^2 \times 0,75 + 150 m^2 \times 0,40) 800 mm/an = 120000 l/an = 120 m^3 /an$$

$$\text{Necesarul de apă } Q = Q_1 + Q_2 = 87,6 + 19,8 = 107,4 m^3 /an < 120 m^3 /an.$$

Volumul cisternei pentru necesarul de apă de ploaie determinat  $Q$  este:

$$V_{c1} = 0,03 \times 120 = 3,6 m^3$$

Acest volum este asigurat de o cisternă/bazin cu dimensiunile în plan  $B \times L = 2 \times 1,2 m$  cu  $H = 1,5 m$  sau circulară cu  $D = 2,0 m$  și  $H = 1,20 m$

Volumul cisternei care să asigure și necesarul de apă pentru mașina de spălat:

$V_c = 0,05 \times 120 = 6,0 m^3$ , poate să fie asigurat de o construcție cu dimensiunile  $B \times L \times M = 2 \times 2 \times 1,5 m$  sau  $D \times H = 2,25 \times 1,5 m$ .

Rezervoarele (cisternele) de ape meteorice se pot amenaja în funcție de capacitatea construcțiilor supraterane sau subterane, prismatice sau cilindrice, din beton sau din materiale plastice cu sau fără instalații de prelinpezire.

Calculule efectuate au pus în evidență, justificat capacitatea cisternelor îngropate cu capacități de 3,6-6,0  $m^3$  pentru fiecare gospodărie.

Aceste volume corespund unor precipitații medii anuale  $h = 24-40 mm/an$  și a unor suprafețe colectoare  $S = 585-950 m^2$ , coeficienții de scurgere fiind apreciați cu valori  $\varphi = 0,48-0,52$ .

Pentru a reduce valoarea coeficienților de scurgere  $\varphi$ , s-a propus amenajarea curților interioare cu pavele din beton cu rosturi fixate pe strat de nisip.

Apele meteorice colectate de pe trotuarele și străzile asfaltate vor fi deversate în bioretențiile/zonelor verzi aferente arterelor de circulație sau vor fi colectate prin rigole și canale pentru a fi deversate în canalul de desecare ANIF, existent de-a lungul drumului de legătură dintre comuna Giroc și Municipiul Timișoara.

## 4.4. Evacuarea apelor meteorice de pe platformele industriale

### 4.4.1. Studiu de caz – Platforma industrială A-T

Apele meteorice colectate de pe platforma industrială A-T fiind încărcate cu suspensii minerale, uleiuri și detergenți vor fi supuse unui proces de limpezire și de separare a uleiurilor și a detergenților înainte ca acestea să fie deversate în emisarii (balta) din vecinătatea unității industriale sau în rețeaua de canalizare orășenească [52], [53].

Schema tehnologică utilizată pentru evacuarea apelor meteorice colectate pe platforma industrială A-T este constituită din: bazin de retenție BR, cu stație de pompare SP și o stație de limpezire ST constituită din separator de nisip, uleiuri și detergenți și căminul de colectare C figura 4.15.

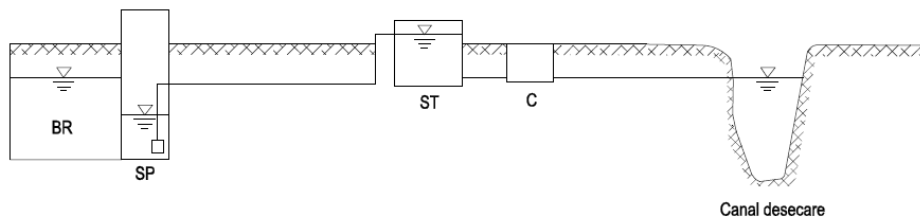


Fig. 4.15 Schema tehnologică

Bazinul de retenție cu stația de pompare redată în figura 4.16 pot fi construcții comune sau separate.

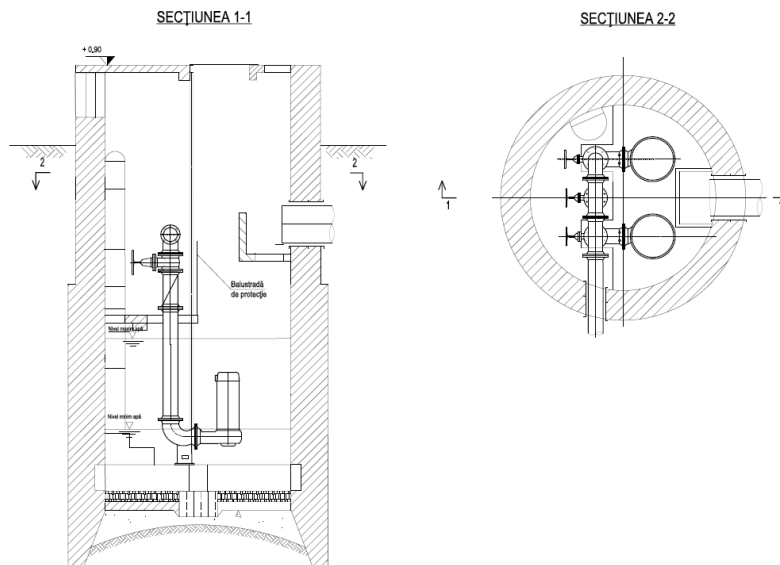


Fig. 4.16 Stație de pompare de tip cheson

Stația de limpezire pentru separarea nisipului, uleiurilor și a detergenților este o construcție în care separatorul de nisip este o componentă supraterană cuplată cu separatorul de grăsime și detergenți (figura 4.17).

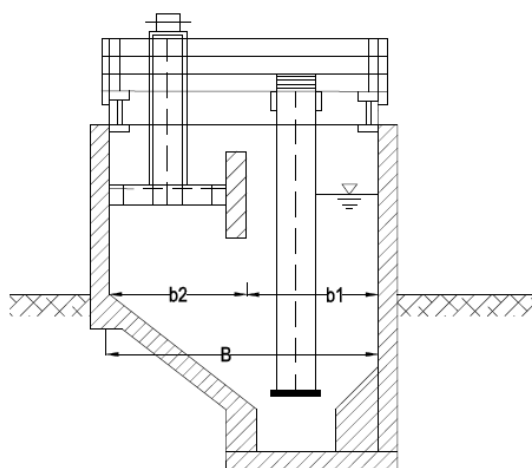


Fig. 4.17 Separator de nisip cuplat cu separatorul de uleiuri și detergenți

Apele meteorice separate de nisipuri, uleiuri, grăsimi și detergenți sunt evacuate gravitațional în balta din apropierea unității industriale sau în canalul colector de ape uzate și meteorice.

Elementele inițiale și de calcul pentru studiul de caz sunt următoarele:

- suprafața colectoare  $S = 13,87$  ha;
- coeficientul mediu de scurgere  $\phi = 0,62$ ;
- frecvența ploii de calcul  $f_1 = 1/1$ ;  $f_2 = 1/2$ ;
- intensitatea ploii de calcul  $i_1 = 100$  l/s.ha (variante 1) și  $i_2 = 120$  l/s.ha (variante 2);
- coeficientul de înmagazinare  $m = 0,9$ ;
- durata ploii  $t_p = t_s = 23$  min.

Pentru situația în care  $i_1 = 100$  l/s.ha, debitul apelor meteorice, calculat cu relația (3.2), rezultă:

$$Q_1 = i_1 \cdot m \cdot \Sigma S \cdot \phi = 100 \cdot 0,9 \cdot 13,8 \cdot 0,62 = 684,48 \text{ l/s}$$

Iar volumul bazinului de retenție pentru cazul în care  $t_p = t_s = 23$  min, rezultă:

$$V_1 = 684,48 \cdot 23 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 943,92 \text{ m}^3 \approx 1000 \text{ m}^3.$$

Pentru situația în care  $i_2 = 120$  l/s.ha, debitul apelor meteorice, calculat cu relația (3.2), rezultă:

$$Q_2 = i_2 \cdot m \cdot \Sigma S \cdot \phi = 120 \cdot 0,9 \cdot 13,8 \cdot 0,62 = 821,38 \text{ l/s}$$

Iar volumul bazinului de retenție pentru cazul în care  $t_p = t_s = 23$  min, rezultă:

$$V_2 = 821,38 \cdot 23 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 1133,50 \text{ m}^3 \approx 1200 \text{ m}^3.$$

În cazul în care după începerea ploii se pun în funcțiune și agregatele de pompare, volumul bazinului de retenție se poate diminua corespunzător cu debitul pompat.

Considerând  $Q_m = 821,38$  l/s și  $Q_p = 50$  l/s, rezulta  $V_{BR} = 1000$  m<sup>3</sup>, iar pentru un debit pompat  $Q_p = 350$  l/s, volumul bazinului de retenție calculat  $V_{BR} = 580$  m<sup>3</sup>, se reduce la jumătate.

Acest volum se poate înmagazina în colectorul de canalizare din incinta unității ( $D_R = 400$  mm și  $L = 250$  m) cu  $V = 2000$  m<sup>3</sup>.

În baza calculelor tehnico-economice ilustrate în figura 4.18, debitul pompat a fost estimat la o valoare  $Q_p = 350$  l/s.

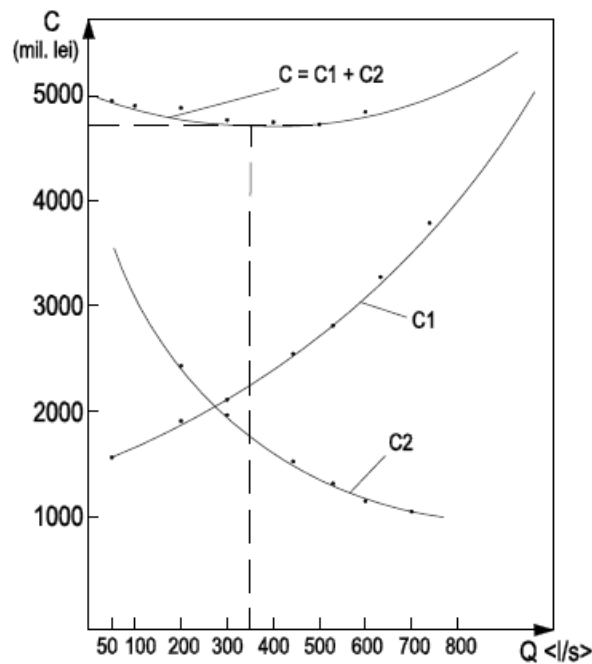


Fig. 4.18 Variația costurilor de investiție pentru bazinul de retenție ( $C_1$ ) și stația de pompare ( $C_2$ ).

Pentru studiul de caz s-a considerat o stație de pompare de tip cheson cu  $D = 4,00$  m, și  $H = 6,20$  m.

Desnisipatorul cuplat cu separatorul de uleiuri și detergenți, (Figura 4.11), are următoarele caracteristici geometrice:

$L = 14,0$  m,  $B = 2,00$  m;  $H = 2,90$  m;  $V_{DS} = 50$  m<sup>3</sup>;  $V_{dez} = 31,50$  m<sup>3</sup>;  $V_{SG} = 19,70$  m<sup>3</sup>

Apele meteorice încărcate cu suspensii, uleiuri și detergenți, după ce au fost trecute prin instalația de tratare, respectă cerințele de calitate impuse prin NTPA 001/2005, în cazul în care sunt descărcate în balta din vecinătatea unității industriale.

Concentrația materiilor în suspensie la intrarea în stația de limpezire variază între 80 și 120 mg/l, iar cea a suspensiilor extractibile între 20 și 30 mg/l.

Instalația de limpezire realizată la A-T, asigură o reținere a nisipurilor în proporție de circa 80%, iar pentru uleiuri și materiale grosiere de circa 97%, fiind respectate prevederile NTPA 001/05 la descărcarea apelor epurate în emisarii

naturali (de 60 mg/l pentru MTS, de 5 mg/l pentru substanțele extractibile și de 1,0 mg/l pentru produsele petroliere).

#### 4.4.2. Studiu de caz – Platforma industrială din Zona de Nord Timișoara

Elementele inițiale și de calcul:

- Suprafața colectoare  $S = 17,78$  ha;
- Coeficientul mediu de scurgere  $\phi = 0,8$ ;
- Intensitatea ploii de calcul  $i = 120$  l/s.ha;
- Coeficientul de înmagazinare  $m = 0,8$ ;
- Durata ploii de calcul  $t_p = t_s = 25$  min.

$$Q_m = i \cdot m \cdot \Sigma S \cdot \phi = 120 \cdot 0,8 \cdot 17,78 \cdot 0,60 = 1024,18 \text{ m}^3$$

$$V_{BR} = 1024 \cdot 25 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 1536,19 \text{ m}^3 \cong 1500 \text{ m}^3$$

Pentru  $Q_p = 350$  l/s

$$V_{BR} = 22,5 \cdot 60 \cdot 350 \cdot 10^{-3} = 472,50 \text{ m}^3 \cong 500 \text{ m}^3$$

$$V_{BR} = 1500 - 500 = 1000 \text{ m}^3$$

Caracteristicile apelor meteorice colectate de pe acoperișul cu țiglă ( $S_1$ ), din apa colectată de pe suprafețe acoperite cu carton bituminat ( $S_2$ ) și din apa colectată de pe suprafețe acoperite cu fibra de sticlă ( $S_3$ ) din cadrul incintei industriale din Zona de Nord a Timișoarei sunt redată în Tabelul 4.3. buletinul de analiză apă meteorică.

Tabelul 4.3. Buletin de analiză apă meteorică din data de 12.09.2007

Nr. crt.	Indicator	Val.det. S1	Val.det. S2	Val.det. S3	UM	Met. determinare
1.	Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)	21,1	25,0	28,8	mgO <sub>2</sub> /dmc	SR ISO 6060-96
2.	Turbiditate	1,34	3,30	3,51	UTF	STAS6323/88
3.	Cianuri	0,002	0,002	0,003	mg/dmc	SR 3048/2-96
4.	Azotați	4	7	3	mg/dmc	STAS 3048/1-77
5.	Amoniu	1	<0,025	0,4	mg/dmc	STAS 6328/85
6.	Arsen	<0,01	<0,01	<0,01	mg/dmc	SR ISO 6332/96

Indicatorii de calitate pentru apele meteorice din sursele caracteristice  $S_1$ ,  $S_2$  și  $S_3$  se situează sub limitele admisibile impuse prin NTPA 001/05, aspect prin care nu se impun condiții speciale pentru tratarea apelor meteorice care urmează a fi evacuate în balta din vecinătatea unității industriale.

În figurile 4.13 – 4.17 sunt ilustrate construcțiile existente aferente sistemului de colectare, pompare și de descărcare a apelor meteorice în balta din vecinătatea platformei industriale.

În figura 4.18 este pus în evidență începutul procesului de eutrofizare în balta colectoare, determină de încărcarea organică a apelor de scurgere, dar de faptul că vitezele de circulație în anumite zone ale bălții sunt foarte reduse.



Fig. 4.19 Stația de pompare ape meteorice existentă



Fig. 4.20 Cămin colector stație de pompare ape meteorice



Fig. 4.21 Baltă colectare ape meteorice



Fig. 4.22 Conductă evacuare apă meteoică



Fig. 4.23 Deversarea apelor meteorice în balta de acumulare



Fig. 4.24 Apariția proceselor de eutrofizare în balta de acumulare [44], [47], [48].



## 4.5. Cercetări experimentale

### 4.5.1. Elemente generale introductive

Cercetările experimentale efectuate în laborator au avut în vedere condițiile de asigurare a circuitului natural al precipitațiilor atmosferice prin măsuri/proceduri tehnice care să reducă scurgerile de suprafață și să intensifice procesele de infiltrare a apelor meteorice în sol. [4], [9], [27].

Scurgerile de suprafață a apelor meteorice pot antrena suspensii de natură minerală și organică, grăsimi, uleiuri și chiar buna parte din pulberile rezultate din uzura/erodarea anvelopelor de la autovehicule care prin conținutul lor pot colmata suprafețele de infiltrare constituite din soluri și zone verzi/bioretenții [57], [58].

Colmatarea solurilor și a zonelor verzi este un proces hidraulic care se reflectă prin pierderea de permeabilitate, evidențiată prin pierderea de presiune sau prin pierderea de sarcină, fenomen care determină scurgerea de suprafață sau băltirea apei.

Infiltrarea apei în sol sau filtrarea acesteia prin medii granulare nu este o proprietate unică fluidelor bifazice sau multifazice, ci o proprietate interactivă între caracteristicile fluidului bifazic sau multifazic și mediul filtrant.

Dacă una din proprietățile acestora rămâne constantă, ca de exemplu, mediul standard de filtrare, atunci schimbările în caracteristica de infiltrare se reflectă doar în schimbările de concentrație sau de turbiditate ale soluției, de lucru.

O astfel de soluție poate să apară în cazul în care apele meteorice colectate de pe suprafețele parcarilor betonate, asfaltate sau pavate sunt preluate de rigole de drenaj cu prelinpezire, și infiltrate în sol (figura 2.20). Rigola de drenaj redată în figura 2.21, se va echipa cu nisip sau cu antracit, prevăzută cu sau fără grătar.

Această alternativă asigură infiltrarea apelor meteorice în sol fără să-l colmateze. Materialul filtrant din rigola de drenaj se decolmatează prin efectuarea de spălări periodice.

Pentru a se evita colmatarea materialelor filtrante din rigolele de drenaj, este necesar ca turbiditatea apei meteorice să se situeze în acele limite admise care să permită trecerea rapidă prin mediul poros, cu o colmatare scăzută, dar și cu o concentrație a materialelor în suspensie mai mică.

Colmatarea sau pierderea de permeabilitate se poate exprima prin mărimea indexului de filtrabilitate (F), determinat cu relația:

$$F = \frac{\Delta H \cdot C}{C_0 \cdot V \cdot t} \quad (4.4)$$

$$V_a = Q/A \quad (4.5)$$

$$V_r = V_a/P \quad (4.6)$$

în care

$\Delta H$  este pierderea de sarcină, în m;

$C_0$  - concentrația apei meteorice la intrarea în rigola de drenaj în  $\text{mg}/\text{dm}^3$  sau NTU;

$C$  - concentrația apei meteorice la ieșirea din stratul filtrant a rigolei de drenaj, în  $\text{mg}/\text{dm}^3$  sau NTU;

$V_a$  - viteza aparentă a fluidului la trecerea prin mediul poros, în m/s;

$Q$  - debitul meteoric supus procesului de filtrare, în  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;

$A$  - aria/secțiunea stratului filtrant, în  $\text{m}^2$ ;

$V_r$  - viteza reală a apei meteorice la trecerea prin stratul filtrant, în m/s;

$p_0$  - porozitatea inițială a stratului filtrant, exprimată prin raportul dintre volumul porilor ( $V_p$ ) și volumul total al materialului filtrant ( $V$ );

$p$  - porozitatea stratului filtrant la timpul  $t$ ;

$t$  - durata filtrării, în sec.

Pentru o filtrare bună, indexul filtrabilitate/permeabilitate trebuie să fie cât mai mic, cu o pierdere de sarcină cât mai mică și cu o turbiditate la ieșirea din strat cât mai redusă.

Aceste cerințe se pot asigura în cazul în care numitorul relației 4.4 are o valoare mare, aspect care impune o viteză de curgere/filtrate, mare, admitând turbidități cu concentrații de suspensii la intrare cât mai ridicate pe parcursul unor perioade lungi de operare/filtrare.

Filtrarea apelor meteorice sau a fluidelor bifazice și multifazice se consideră ca bună atunci când indexul de filtrabilitate  $F$  este mic.

Reducerea indexului de filtrabilitate se poate obține printr-un tratament al apelor meteorice cu diferite tipuri de reactivi chimici ca de exemplu: sulfat de aluminiu sau sulfat feros.

O valoare redusă minimă a indexului de filtrabilitate  $F$  se poate obține pe baza unor studii și cercetări de laborator.

Indexul de filtrabilitate  $F$ , fiind un rezultat al teoriei filtrației fluidelor prin medii poroase, nu poate fi folosit pentru condiții extreme sau situații limită.

În cazul în care viteza de filtrare este extrem de ridicată ( $V_0 = 2$  m/min) pot rezulta valori scăzute pentru indexul  $F$ , care vor duce probabil la valori  $C/C_0 = 1$  ceea ce evidențiază o lipsă a filtrației și deci și a colmatării, adică o situație fără sens, din punct de vedere al reținerii de suspensii.

În cazul în care mediul filtrant este constituit din granule grosiere ( $d = 5$  mm), cu o porozitate foarte mare, va conduce la pierdere de sarcină neglijabilă ( $\Delta H \cong 0$ ), iar raportul  $C/C_0 \rightarrow 1$ , situație în care filtrarea nu mai apare. Optimizarea parametrilor determinanți care intervin în procesul de filtrare a apelor meteorice supuse procesului de prelimpezire/limpezire ( $C_0, C, \Delta H_0, V_0, V, p, p_0, \text{Temp}$  etc) care influențează mărimea indexului de filtrabilitate se poate face cu un aparat de laborator sau cu o instalație de laborator adecvată.

#### 4.5.2. Aparat pentru determinarea indexului de filtrabilitate

Aparatul pentru determinarea indexului de filtrabilitate, redat în figura 4.25 este produs de firma ARMFIELD din Marea Britanie. [82]



Fig. 4.25 - Aparat pentru determinarea indexului de filtrabilitate

Dimensiunile geometrice și componentele aparatului sunt redată în figura 4.26 Dimensiunile geometrice ale instalației în plan vertical sunt  $B \times H = 450 \times 970$  mm.

Componentele aparatului sunt: A - coloana filtrantă din Perspex ( $D = 38$  mm;  $L = 65$  mm cu conexiuni de intrare-ieșire prin care apa meteorică curge descendent; B - pâlnie conică de sticlă ( $V = 1,5$  litri) în care se introduce fluidul care trebuie filtrat (amestec de argilă/caolin cu apă de la rețea) fiind introdusă în filtru printr-o conductă de racord transparentă din plastic; C - valva de control pentru apa filtrată; D - debitmetru cu plutitor; E - piezometru diferențial cu apă prevăzut la partea superioară cu o valvă pentru eliminarea aerului acumulat în instalație.

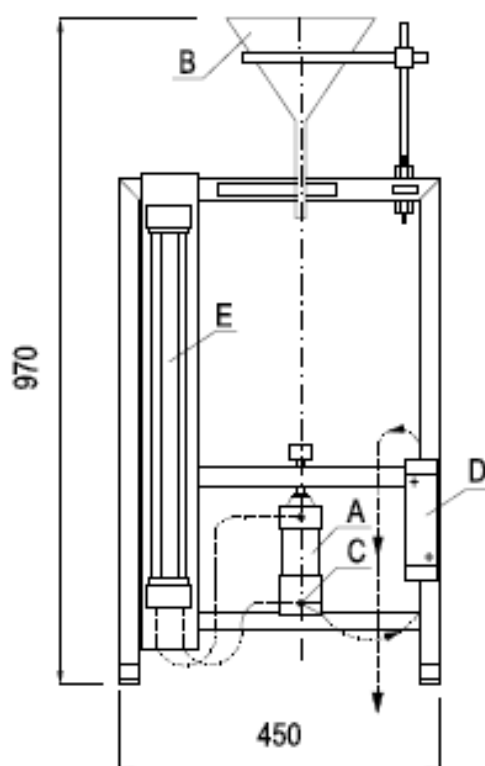


Fig. 4.26 - Dimensiunile geometrice și componentele aparatului de filtrabilitate

Schema hidraulică a aparatului pentru determinarea indexului de filtrabilitate este redată în figura 4.27

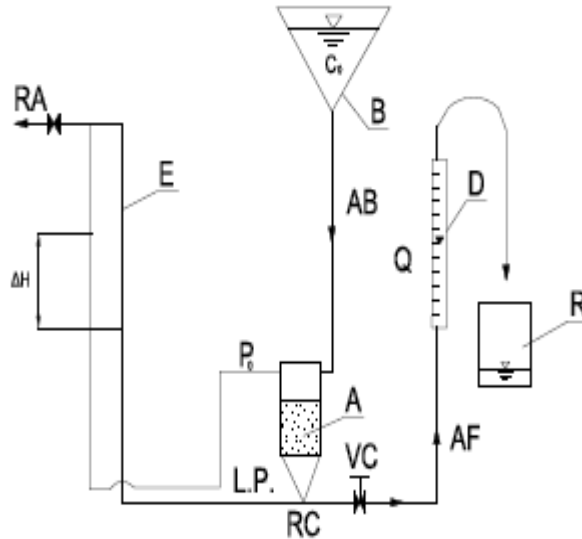


Fig. 4.27 Schema hidraulică a aparatului pentru determinarea indexului de filtrabilitate sub presiune (închis).

Filtrul de nisip (A) este alimentat din pâlnia (B) cu capacitatea  $V = t_1 \times S_1$ , cu apă meteorică de concentrație  $C_0$ . Apa filtrată (AF) de concentrație (RC) este trimisă prin intermediul tubului de legătură prevăzut cu o valvă de control (VC) la debitmetrul cu plutitor (D) și apoi în recipientul gradat (R), cu capacitatea ( $V = 1$  litru) de apă filtrată cu concentrația (C).

Diferența de presiune ( $\Delta H$ ) între punctele de intrare în filtru ( $P_0$ ) și cel de ieșire din filtru (P), se determină cu ajutorul unui piezometru diferențial (E), prevăzut la partea superioară cu o țevă de reșapare a aerului din instalație cât și pentru reglarea zonei pentru citirea cotelor între nivelele piezometrice de la intrarea și ieșirea apei în filtru.

#### 4.5.3. Rezultate experimentale

Programul cercetărilor experimentale a scos în evidență, în condițiile în care secțiunea și înălțimea filtrului s-au menținut constante ( $D = 38$  mm;  $L = 65$  mm), efectele vitezei de filtrare și cele ale concentrației apei (meteorice) supuse filtrării asupra indexului de filtrabilitate (F), determinat pentru diferite tipuri de materiale granulare.

Cercetările efectuate au pus în evidență și efectul tratamentului preliminar a apei brute la concentrații  $C_0 = 50-100$  mg/dm<sup>3</sup> și doze de reactivi chimici (ex. sulfat de aluminiu cu doze de 5 și 10 mg/dm<sup>3</sup>). Rezultatele măsurătorilor experimentale sunt redată în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Rezultatul masuratorilor experimentale

Nr. crt.	$C_0$ NTU	C NTU	Q $\text{cm}^3/\text{min}$	V $\text{cm}/\text{min}$	$\Delta H$ cm	$T^\circ\text{C}$	Doză reactiv mg/l	t min	F
1	54	42	93	8,2	3,0	19	-	10	$285 \cdot 10^{-4}$
2	57	2,5	93	8,2	2,3	21	5	11	$11 \cdot 10^{-4}$
3	65	60	75,6	6,6	2,5	22	-	1,0	$349,6 \cdot 10^{-4}$
4	75	5,3	75,6	6,6	19	22	5	1,5	$13,77 \cdot 10^{-4}$

În cazul în care s-a folosit o doză de reactiv de  $10 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , s-a produs blocarea porilor, aspect reflectat printr-o pierdere a capacității de filtrare/infiltrare.

Reprezentarea grafică a indexului de filtrabilitate (figura 4.28) în raport cu gradientul vitezei  $G <\text{sec}^{-1}>$  a scos în evidență efectul floculării ortocinetice asupra filtrării.

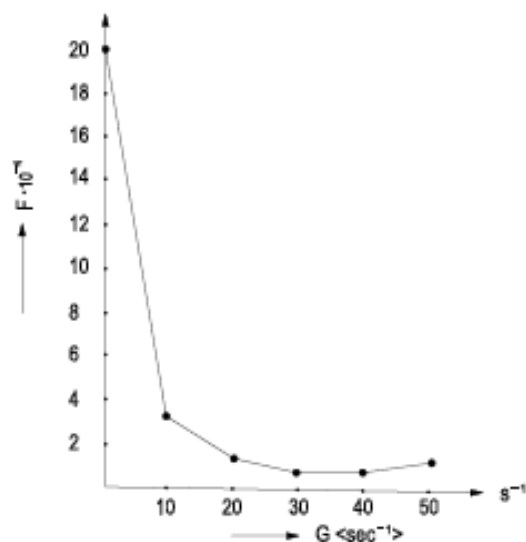


Fig. 4.28. Efectul floculării ortocinetice asupra filtrării

Pentru o filtrare buna, este necesar ca in relatia indexului de filtrabilitate  $F$ , exprimat prin relatia 4.4, numitorul sa aiba valori reduse, cu o pierdere de sarcina scazuta, evidentiata prin aparitia fenomenului de colmatare si o concentratie mica a apei dupa filtrare.

Deasemenea numitorul acestei expresii trebuie sa fie mare, cu o rata crescuta de curgere, acceptand concentratii mai ridicate la intrarea in masa filtranta pe o perioada mai lunga de operare. Filtrarea se poate considera ca buna atunci cand i filtrabilitate  $F$  are o valoare mica.

Filtrabilitatea materialelor granulare utilizate pentru echiparea rigolelor colectoare a apelor meteorice de pe suprafețele platformelor industriale, parcarile complexelor comerciale, pavaje cu rosturi, rigole de drenaj cu sau fara gratar, echipate cu nisip sau cu antracit etc.

Aparatul pentru determinarea indexului de filtrabilitate este o instalație de laborator prin care se poate testa capacitatea de reținere a suspensiilor din apele meteorice colectate în rigolele aferente platformelor industriale sau parcărilor de la complexele comerciale (hipermarketuri).

Materialul filtrant colmatat din rigolele colectoare periodic se întocmește cu unul curat/spălat.

## 5. CONCLUZII GENERALE

### 5.1. Conținutul tezei

În primul capitol „Introducere” se prezintă evoluția apelor meteorice în contextul procesului de urbanizare reflectată prin dublarea coeficienților de scurgere  $\varphi$ , având drept consecință depășirea capacității de transport a colectoarelor de canalizare; necesitatea și oportunitatea studiului abordat, determinate de faptul că modificările climatice intensificate de abundența precipitațiilor atmosferice corelate cu urbanizarea localităților, determină perturbarea circuitului apei în natură prin diminuarea capacității de infiltrare a apelor meteorice în sol, inundarea subsolurilor, pasajelor și arterelor de circulație în cazul precipitațiilor de intensitate mare, băltirea apelor acestora pe anumite suprafețe etc; evidențierea obiectivelor studiului cu privire la caracteristicile calitative și cantitative ale apelor meteorice; managementul apelor meteorice în centrele populate sub aspectul capacității de infiltrare a apei în sol, valorificarea apelor meteorice în unități de tip gospodăresc, industrial și urban, hidraulica scurgerii prin canalele colectoare, și stabilirea coeficientului de permeabilitate în raport cu tipul și structura bioretenției.

În cadrul celui de-al doilea capitol „Precipitațiile-mod de abordare” sunt evidențiate: caracteristicile tehnice ale precipitațiilor (greutatea specifică, densitatea, vâscozitatea, tensiunea superficială, adeziunea, capilaritatea, umiditatea pământului); metode utilizate pentru aprecierea cantităților de precipitații (metode utilizate în standardele românești, metoda rațională-USA, metoda rațională modificată Wallingford-Marea Britanie, formula superficială Caquot-Franța); calculul timpului de concentrare superficială –  $t_{cs}$  (Modelul lui Kerby, Modelul lui Kirpich, Modelul Scharke, Modelul recomandat de Federal Aviation Agency); caracteristicile calitative ale apelor meteorice sub aspect legislativ, impurificatorii de natură biologică, impurificatori minerali și tehnologiile pentru tratarea apelor meteorice; valorificarea apelor meteorice, în unitățile gospodărești și prin redarea acestora circuitului natural.

În următorul capitol „Colectarea, transportul și evacuarea apelor meteorice de pe vatra centrelor populate” se prezintă: schemele și sistemele de canalizare; hidraulica rețelelor de canalizare (considerații de ordin general, determinarea debitelor apelor uzate în centrele populate, și a celor meteorice, calculul hidraulic al canalelor cu nivel liber pentru ape meteorice, calculul hidraulic al bazinelor de retenție pentru ape meteorice, calculul tehnico-economic al sistemelor complexe de canalizare formate din canale colectoare, bazine de retenție și stații de pompare, schemele fundamentale ale sistemelor complexe de canalizare și criteriile economice pentru alegerea parametrilor de funcționare a acestora.

Cel de-al patrulea capitol „Studii și cercetări experimentale” cuprinde: considerații de ordin general; studiile cu privire la majorarea capacității de transport a rețelei de canalizare în zonele cu nivel ridicat de inundabilitate din Municipiul Timișoara; evacuarea apelor meteorice din zonele cvartalelor de locuințe fără emisari – studii de caz pentru Cartierul rezidențial Giroc; utilizarea apelor meteorice la o gospodărie din localitatea Silagiu; determinări calitative a precipitațiilor atmosferice în Timișoara, zona industrială din nordul Timișoarei; cercetările experimentale pe instalația de laborator pentru determinarea indexului de

filtrabilitate pentru diferite mase granulare (nisip standard, nisip de râu, nisip de carieră), pentru situațiile în care apa meteorică prezintă turbidități mai mici decât 5 grade NTU, respectiv cu turbidități mai mari de 10 grade NTU pentru care s-a aplicat o preimpeziere cu adaos de sulfat de aluminiu cu concentrații de 5 și 10 mg/l.

În ultimul capitol „Concluzii generale” sunt prezentate contribuțiile personale, elementele de originalitate, propuneri și recomandări pentru viitoarele cercetări.

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

În lucrare sunt numeroase contribuții personale și elemente de originalitate, evidențiate în cele ce urmează:

1. Sistematizarea unei vaste și actuale documentații cu privire la managementul apelor meteorice din centrele populate, urbane și rurale;
2. Evidențierea evoluției apelor meteorice în procesele de urbanizare;
3. Evidențierea importanței apelor meteorice din punct de vedere economic și de protecția mediului;
4. Evidențierea caracteristicilor cantitative și calitative ale precipitațiilor atmosferice din Timișoara și unele localități din Bnatul de Câmpie;
5. Evidențierea posibilității de valorificare a apei colectate din precipitații;
6. Compararea metodelor de evaluare a debitelor meteorice în România, Franța, Austria, Marea Britanie și Statele Unite ale Americii;
7. Tehnologii specifice pentru tratarea apelor meteorice utilizabile în gospodăriile individuale din centrele urbane și rurale;
8. Introducerea relației analitice (3.7) pentru calculul intensității ploii de calcul pentru fiecare din cele 19 zone caracteristice din țara noastră;
9. Stabilirea relației analitice (3.8) pentru calculul intensității ploii de calcul pentru zona 13, în care se află și Municipiul Timișoara;
10. Hidraulica sistemelor de canalizare alcătuite din canale gravitaționale funcționând cu nivel liber sau sub presiune, a bazinelor de retenție și a stațiilor de pompare cu funcționare separată sau simultană;
11. Studii de caz privind majorarea capacității de transport a rețelei de canalizare cu risc de inundabilitate în Municipiul Timișoara pentru 6 viaducte;
12. Studii de caz privind evacuarea apelor meteorice din cartierul rezidențial Giroc;
13. Studiu de caz cu privire la gospodăria apelor meteorice în localitatea Silagiu, județul Timiș;
14. Studiu de caz cu privire la evacuarea apei din precipitații de pe două platforme industriale situate în Timișoara (zona de est respectiv zona de nord);
15. Cercetări experimentale pe o instalație de laborator privind determinarea indexului de filtrabilitate pentru diferite mase granulare (nisip standard, nisip de râu, nisip de carieră), utile pentru echiparea rigolelor filtrante de pe parcuri și platforme industriale;
16. Recomandări privind valorificarea apelor meteorice în gospodăriile individuale din zonele rurale și rezidențiale din vecinătatea localităților urbane;
17. Semnalarea procentului de ocupare a terenului în cazul dezvoltării noilor cartiere, ca aspect al protecției mediului.

## **5.3. Direcții viitoare de cercetare**

1. Studiarea impactului apelor meteorice asupra zonelor urbane;
2. Stabilirea încărcărilor cu poluanți a apelor pluviale urbane specifice suprafețelor/cartierelor rezidențiale prin reducerea coeficientului de scurgere  $\phi$  cu ajutorul bioretențiilor.



## BIBLIOGRAFIE

1. Achim Camelia, 2006, Metode de modelare a atenuării superficiale prin sisteme de infiltrare artificială pe bazine mici. Teza de doctorat, Universitatea Politehnica din Timișoara;
2. Bădăluță Minda C. (2008), Hidrologie și gospodărirea apelor - Aplicații, Editura Politehnica, Timișoara, p. 30-37;
3. Banu A., Radovici O.M., (2007), Elemente de ingineria și protecția mediului, Editura Tehnică, București;
4. Bastian H. W., (2009), Captarea și folosirea în gospodărie a apei din precipitații, M.A.S.T., Editura FEDPRINT, București;
5. Bica I., (2007), Hidraulica și hidrologie, Editura Matrix;
6. Blagoi Olimpia, Pușcaș Eliza Lia,(1997), Tratarea apelor de suprafață – Editura Dosoftei Iași;
7. Bourier, R.,1991, Les reseaux d'assainissement. TEC&DOC, Lavoisier;
8. Brown R. Lester, Larsen Janet, Fischlowitz-Roberts Bernie,(2002), Politica ecologică a planetei- Editura Tehnică-București;
9. Butler D., Davies J.W., (2004), Urban drainage, 2nd Edition, Spon Press, London;
10. Ciobotaru V., Socalescu A.M., (2008), Poluarea și protecția mediului, Editura Economică, București;
11. Crețu Gh. (1978), Hidrologie, Institutul Politehnic Timișoara;
12. Davis, Allen P., (2008), Field performance of bioretention: Hydrology Impacts. Journal of Hydrologic Engineering, 13:2, pp. 90-95;
13. Diaconu G., Rojonschi V., Bran F., (1997) Urgențele și riscurile de mediu pentru agenții economici, Editura Economică, București; Drobot R., Șerban P., (1990), Aplicații de hidrologie și gospodărirea apelor, Editura HGA, București;
14. Drobot R., Șerban P., (1990), Aplicații de hidrologie și gospodărirea apelor, Editura HGA, București;
15. Drobot R. (1997), Bazele statistice ale hidrologiei, Editura didactică și pedagogică, București;
16. Dumitrescu Liviu – Instalații sanitare pentru ansambluri de clădiri, Ed. Tehnică București 1980;
17. Duțu M., (2008), Dreptul mediului, Ediția 2, Editura C.H. Beck, București;
18. Duțu M., (1998), Tratat de dreptul mediului, Ed C.H. Beck, București;
19. Emoto M., (2007), Viața secretă a apei, Ed Adevăr Divin, Brașov;
20. Emoto M., (2007), Miracolul apei, Ed Adevăr Divin, Brașov;
21. Gamerith V., (2011), High resolution online data in sewer Water quality modeling. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, p. 42-51;
22. Giurconiu M., Mirel I., Carabet A., Chivoreanu, Florescu C., Stăniloiu C. (2002) Construcții și instalații hidroedilitare, Editura de Vest Timișoara;
23. Giurconiu M., Mirel I., Retezan A., Sârbu (1989), Hidraulica construcțiilor și instalații hidroedilitare, Editura Facla Timișoara;
24. Giurconiu M., Mirel I., Chivoreanu D., Rusu R., Carabet A. (1995), Considerații cu privire la majorarea capacității de transport a rețelei de canalizare a

- municipiului Timișoara. Lucrările sesiunii jubiliare de comunicări științifice „Aniversarea a 75 de ani de la înființarea școlii Politehnice Timișorene”;
25. Giurconiu M., Jura C., Popa Gh., Mirel I. (1964), *Hidrauliches und Wirtchaftliches studium des Betriebssystems: Abwasernetz – Sammelbehälter – Pumpen bei Kanalisierungen. Mitteilung der Konferenz für Wasserkraftmaschinen*, Timișoara
  26. Gregory I.M., Dukes M. D., Jones P.H., Miller G.L., (2006), Effect of urban soil compaction on infiltration rate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 61 (3), pp. 117-124;
  27. Happe H., Pecher K.H., Laschet U., Gigl Th. (2011); *Fremdwassersannierungskonzepte: Krfolgskontrolle*, Aqua Urbanica 2011, Niederschlags-und Mischwasserbewirtschaftung im urbanen Bereich, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universitat Graz, Osterreich, p. H1-H22;
  28. Huff S.M., Changnon Jr., (1973), Precipitation modification by major urban areas. *Bulletin of the American Meteorological Society* 54, pp. 1220;
  29. Hunt W.F., Jarrett A.R., Smith J.T., Sharkey L.J., (2006), Evaluating bioretention hydrology and nutrient removal at three field sites in North Carolina. *Journal of Irrigation and Drenage Engineering*, 132 (6), pp. 600-608;
  30. Iamandi C. ș.a.(2002), *Hidraulica instalațiilor*, Editura Tehnică București;
  31. Illgen M. (2011), Quantifizierung des Abfluss – und Versickerungsverhaltens durchlassiger Flacheneblage, Aqua Urbanica 2011, Niederschlags-und Mischwasserbebewirtschaftung im urbanen Bereich, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universitat Graz, Osterreich, p.G1-G19;
  32. Illgen M. (2009), Das Vwersickerungsverhalten durchlassig berestigter Siedlungsflächen seine Urbanhydrologische Quantifizierung. Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Technische Universitat Kaiserslauten;
  33. Ionescu Gheorghe-Constantin (1997), *Instalații de canalizare*, Editura didactică și pedagogică, RA București;
  34. Kainz H., Kauch E.P., Renner H. (2002), *Seidlings-Wasserbau und Abfallwertschhoft*, Mainz Verlag Schulbuch, Wien;
  35. Kainz H., Sprung W., Mauner G., Pirkner W., Gamerith V., Gruber Gu. (2011), *Speicherkanal für die Mischuvasserbewirtschaftung in Mischwasserbewirtschaftung im urbanen Bereich*. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universitat Graz, Osterreich, p.P1-P42;
  36. Kainz H., Gamerith V., gruber G. (2010), *Mischwasser – Abeeitung und beiwirtschaftung Konzept zur Ableitung der betroffenen Misch Wasser – entlastungen im Ruckstaubereich des geplanten Mierkraftwerks Graz unter Beruch sichtigung des Generalentwässerungskonzepts des kanalbaumts der Stodt Graz Energie Steiermarkt und TU Graz*, Graz, Osterreich;
  37. Kauch E. P., Schribertschnig W., Renner H., Nemecek E. P., (1995), *Siedlungswasserbau 2, Abwasser-und Abfalltechnik*, Manz-verlag schulbuch, Wien;
  38. Lacoste Yves,( 2003), *Apa batalia pentru viata*, Enciclopedia RAO
  39. Lester R Brown sa,(2002) *Politica ecologică a planetei*, Editura Tehnică București;
  40. Linsley-Kohler-Paulhus, (1958), *Hydrology for Enbginers*, New York, Mc Graw Hill;
  41. Londong J., Londong D. (2011) *Grundstücksnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung – Langzeit – beobachtungen (1998-2011)*,

- an Projekten im Gebiet der Internationalen Bausstellung Emscher Park (IBA), Aqua Urbanice 2011, Niderschlags-und Mischwasserbewirtschaftung im urbanen bereich, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universitat Graz, Osterreich, pă. F1-F24;
42. Londong D., Notnagel A. (1999), Bauen mit den reyenwasser, Oldenbaung Verlag;
  43. Maglio St., (2002), Corso di Diritto Ambientale Casa Editrice la Tribuna;
  44. Malacea I.,(1969), Biologia apelor impurificate, Editura Academiei București;
  45. Marinescu D., (2003), Tratat de dreptul mediului, Editura All Beck;
  46. Mănescu A. – Hidraulica teoretică și aplicată, I.C.B. București 1983;
  47. Mănescu S. – Tratat de igienă, Editura Medicală București 1984;
  48. Manescu S, s.a., Microbiologie sanitară, Editura Medicală București 1989;
  49. Mirel I., (2003), Alimentări cu apă și canalizări în agricultură, Editura UPTV, Timișoara;
  50. Mirel I., Popescu V., Florescu C., Olaru I.,(2010), Unele considerații cu privire la evacuarea apelor meteorice colectate de pe vatra centrelor populate, Agrobuletin AGIR Timișoara
  51. Mirel I., Florescu C., Popescu V.,(2013), Considerații privind asigurarea indicatorilor de calitate pentru apa potabilă distribuită consumatorilor din centrele populate, Conferința internațională Practici și Experiențe în Protecția Mediului Arad
  52. Mirel I., Achim C., Gârbaciu A. (2007), Considerații cu privire la evacuarea apelor meteorice în zonele cvartalelor de locuințe fără emisari. Lucrările conferinței „Instalații pentru construcții și confort ambiental. Timișoara, p.291-297;
  53. Mirel I., Carabet A., Virag I., Oncia S.,Fazakas P.,(1998) Watershed use for meteoric watercaptation on the area of populous centres in the plain regions. Conferința Internațională Novi Sad, Yugoslavia;
  54. Munteanu M.A.,(2014), Reabilitarea rețelelor de canalizare prin căptușire interioară. Teza de doctorat UTC București;
  55. Negulescu M., (1987), Canalizări, Editura Didactică și pedagogică, București, p. 104-116;
  56. Perju S. (2009), Stații de pompare în sisteme de alimentări cu apă și canalizări, Editura CONSPRES, București;
  57. Pietraru Vitalie (1977), Calculul infiltrațiilor, Ed. Ceres, București;
  58. Pop P.I., (2012), Cercetări privind condițiile de implementare și aplicabilitatea calculelor de bioretenție în municipiul Cluj-Napoca, România, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Cluj-Napoca, Facultatea de Agricultură;
  59. Popescu Vergina, (2008), Consideratii cu privire la efectele urbanizării asupra igienei sănătății și mediului, Conferința națională cu participare internațională Timișoara, Editura Politehnica Timișoara
  60. Popescu Vergina, (2009), Gestionarea resurselor de apă, Conferința națională cu participare internațională Timișoara, Editura Politehnica Timișoara;
  61. Popescu V.,(2013), Impactul apelor de scurgere asupra mediului și a ființelor umane, Conferința internațională Practici și Experiențe în Protecția Mediului Arad
  62. Retezan A., Dobosi I., Retezan R.,(2002), The pollution factor of pluvial watter, International Conference P.F.H.D. Timisoara
  63. Retezan A., Românu A., ș.a. – Precipitații ca sursă de apă neconvențională. Conferința I.C.C.A. Timișoara 1996 – Vol. I;

64. Retezan A., (1984), Alimentații cu apă și canalizări, Editura UPTV, Timișoara;
65. Retezan A., Popescu V., Florescu C., (2010), Apele din precipitații – necesitate și utilitate, Agrobuletin AGIR Timișoara
66. Retezan A., Popescu V., Retezan R., (2012), Aspecte privind canalizarea interioară a apelor din precipitații, A 47-a Conferința națională de instalații Sinaia-România
67. Retezan A., Retezan R., Popescu V., (2014), Apa de uz gospodăresc- Considerații, Conferința națională cu participare internațională Timișoara, Editura Politehnica Timișoara
68. Rojanschi V., Bran Fl., Diaconu G., (1997), Protecția și ingineria mediului, Editura Economică, București;
69. Roșu C., Crețu Gh., (1998) Inundații accidentale, Editura H\*G\*A\*, București, p.22-28;
70. Rusu R.U., Văduva R., Crețu Gh., (2012), Hydrologic effect of urbanization, 12th International Monference Proceedings, vol.3 pp. 721-725;
71. Rusu R.U., (2014), Cercetări privind impactul urbanizării asupra scurgerilor hidrologice. Teză de doctorat, Universitatea Politehnică Timișoara;
72. Stan D., (2004), Construcții și mediu, Editura Matrix Rom, București;
73. Stănescu V.A., (1995), Hidrologie urbană, Editura Didactică și Pedagogică, București;
74. Schatzl R., (2002), Skalenabhängiger Vergleich zwischen Wetteradordaten und Niederschlagsmessungen, Schriftelreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, Österreich;
75. Schribertschnig W., Renner H., Kauch E.P., Nemecek E. P., (1995), Siedlungswasserbau 2, Abwasser – und Abfalltechnik, Manz – Verlag Schulbuch, Wien, p.24-32;
76. Șerban P., Stănescu V. Al., Roman P., (1989), Hidrologie dinamică, Editura Tehnică, București, p.25 – 54;
77. Tchobanoglous G.,(1998), Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse, Ed. 2-a, Metcolf&Eddy, Inc., Mc Graw-HillPublishing Company;
78. Trofin D, (1972), Alimentații cu apă, Editura didactică și pedagogică, București;
79. Vladimirescu I., (1984), Bazele hidrologiei tehnice, Editura Tehnică, București p.208 – 218;
80. Vintilă St., Cruțeru T., Onceu L., Șerbănescu C., (1987), Alimentații cu apă, Editura Tehnică, București;
81. Vișan S., Angelescu A., Alpopi Cr., (2000), Mediul înconjurător. Poluare și protecție, Editura Economică, București;
82. \*\*\*Armfield INC England
83. \*\*\*Asociația Inginerilor de Instalații din România – manualul de instalații sanitare, Ed. ARTECNO, București, 2002;
84. \*\*\*ATV 128 Rehtilinen für die Bemessung und Asstaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanalen;
85. \*\*\*ATV-A 138 Information, Regenwasser-Versicherung. Herausgegeben von der Internet : [HTTP://www.ATW.DE](http://www.ATW.DE);
86. \*\*\*Breviar statistic al Municipiului Timișoara
87. \*\*\*Centru de Consultanță Ecologică Galați – Apa de ploaie și utilitățile ei;
88. \*\*\*Conferința Tehnico-Științifică Internațională „Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului” Chișinău 13-14 noiembrie 2008;
89. \*\*\* Contract 440/2009. Ghid privind proiectarea și execuția acoperișurilor verzi la clădiri noi și existente. Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”,

- colaborator INCERC București, avizat de Direcția Generală Tehnică în Construcții a MDRT (nr. UAUIM-CCPEC 24/2009, Redactarea 1, iulie 2010);
90. \*\*\* Enciclopedia of Climate and Weather, (1996), SH Schneider, Oxford University Press, New York, vol.2 pg 817-823;
  91. \*\*\* Funke Gruppe;
  92. \*\*\* [https://www.google.ro/?gws\\_rd=ssl](https://www.google.ro/?gws_rd=ssl) (www.insse.ro//cond/pdf/ro/cap1.pdf)
  93. \*\*\* Jurnalul Oficial al Uniunii Europene – Directiva 2008/C172/10 – Rezolvarea problemei deficitului de apă și a secetei în Uniunea Europeană;
  94. \*\*\* Legea nr.242/2001 privind indicatorii urbanistici;
  95. \*\*\* Legea protecției mediului nr. 265/2006;
  96. \*\*\* Legea apelor nr. 107/96, completată cu Legea 310/04.
  97. \*\*\* Legea 350/2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismului;
  98. \*\*\* Manualul inginerului hidrotehnician, vol.I,(1989), Editura Tehnica București;
  99. \*\*\* Memeto technique de l'eau, Ed. 5-a, (1989), Rueli Malmison Cedex, Tome1;
  100. \*\*\* Mic dicționar enciclopedic, (1978), Editura științifică și Enciclopedică, București;
  101. \*\*\* M.O. al României, Partea I, nr. 432/2007;
  102. \*\*\* Măsuri suplimentare pentru diminuarea efectelor presiunilor de la aglomerările umane în vederea îmbunătățirii stării apelor;
  103. \*\*\* NP 133/2013, Proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților, Normativ MDRL, Monitorul Oficial, Partea I, nr.660 din 28.10.2013;
  104. \*\*\* NTPA 001/2005 privind condițiile de calitate la descărcarea apelor uzate în emisarii naturali;
  105. \*\*\* NTPA 002/2005 privind condițiile de calitate la descărcarea apelor uzate în rețelele de canalizare;
  106. \*\*\* Ordin 88/2007 Facturarea serviciului de canalizare pentru apele meteorice;
  107. \*\*\* OWAV Leitfaden (2007): Niederschlagsdaten zur Anwendung in den OWAV Regelblättern 11 und 19. Österreichisches Normungsinstitut, Wien;
  108. \*\*\* OWAV Regelblatt (2007), Rectilinie für die Bemessung von Mischwasserentlastungen. Österreichischer, Wasser-und Abfallwirtschaftsverband, Wien;
  109. \*\*\* SR 1343-1/2006. Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localități urbane și rurale;
  110. \*\*\* SR 1846-2/2007. Determinarea debitelor de ape meteorice;
  111. \*\*\* SR EN 752-2/2008. Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor;
  112. \*\*\* STAS 4273-83. Încadrarea în clase de importanță;
  113. \*\*\* STAS 7468/1980, Arii utile protejate;
  114. \*\*\* STAS 12585/87, Apa din bazinele de înot din zonele naturale amenajate pentru înot;
  115. \*\*\* STAS 9450/88, Apa pentru irigarea culturilor agricole;
  116. \*\*\* STAS 9470/473. Ploi maxime. Intensități, durate frecvențe;. Frecvența ploii de calcul pentru clădiri;
  117. \*\*\* STAS 1795/2007
  118. \*\*\* STAS 1846-2/2007 Determinarea debitelor de ape meteorice;
  119. \*\*\* U.S.Geological Survey;
  120. \*\*\* Water resources in Encyclopedie of climate and water (1996), SH Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp. 217-823;
  121. \*\*\* [Water.usgs.gov/edu/watercicleromanicel.html](http://water.usgs.gov/edu/watercicleromanicel.html)
  122. \*\*\* Wikipedia

## LISTA FIGURILOR

Figura 2.1. Repartiția precipitațiilor atmosferice .....	10
Figura 2.2. Circuitul apei în natură .....	12
Figura 2.3. Circuitul apei pe suprafețe .....	13
Figura 2.4. Stropi de ploaie .....	14
Figura 2.5. Formele cristalelor de zăpadă .....	15
Figura 2.6. Covor de grindină .....	15
Figura 2.7. Broboane de rouă .....	16
Figura 2.8. Lapoviță citadină .....	16
Figura 2.9. Chiciură pe ramuri .....	17
Figura 2.10. Nor de virga .....	17
Figura 2.11. Drum în ceață .....	18
Figura 2.12. Elementele principale ale bilanțului hidric .....	19
Figura 2.13. Cantități anuale de precipitații în România în perioada 1961-2000 .....	21
Figura 2.14. Cantități medii de precipitații căzute în 2006 .....	22
Figura 2.15. Cantități medii de precipitații căzute în 2007 .....	23
Figura 2.16. Cantități medii de precipitații căzute în 2008 .....	23
Figura 2.17. Ploi maxime – intensități, durate, frecvențe, în România .....	24
Figura 2.18. Diagrama intensităților maxime în zona 13 .....	25
Figura 2.19. Reprezentarea grafică a cantităților de precipitații între anii 1984-2010 în Municipiul Timișoara .....	27
Figura 2.20. Distribuția rezervelor de apă ale pământului .....	28
Figura 2.21. Rezervor de colectare ape meteorice prelimpezite .....	48
Figura 2.22. Rezervor cu instalații de prelimpezire pentru ape cu încărcare mare în Suspensii .....	48
Figura 2.23. Instalație de captare ape meteorice cu prelimpezire avansată .....	49
Figura 2.24. Sistem colector cu rigole de drenaj echipate cu prelimpezire .....	50
Figura 2.25. Rigola de drenaj cu sau fără grătar echipată cu nisip sau antracit ...	50
Figura 2.26. Colectarea directă a apei în buto .....	51
Figura 2.27. Colectarea apelor meteorice prin burlane într-un recipient suprateran .....	52
Figura 2.28. Colectarea apelor meteorice într-un recipient cu sistem de deversare în sol	52
Figura 2.29. Butoaie din material plastic .....	53
Figura 2.30. Recipient dreptunghiular din poliester armat cu fibră de sticlă .....	53
Figura 2.31. Cisternă subterană din polietilenă .....	53
Figura 2.32. Rezervor subteran din beton armat monolit sau prefabricat .....	54
Figura 2.33. Schema instalației de utilizare a apelor meteorice pentru nevoi menajere .....	55
Figura 2.34. Valorificarea procentuală a apelor meteorice în unități de tip gospodăresc .....	55
Figura 2.35. Colectarea apelor meteorice prin jgheaburi și burlane de suprafață	56
Figura 2.36. Bazinul de colectare a apelor meteorice printr-un burlan de suprafață.. .....	57
Figura 2.37. Colectarea apelor meteorice prin jgheaburi și burlane în bazine subterane .....	57
Figura 2.38. Bazin colector subteran din beton armat .....	58
Figura 2.39. Mașină de spălat rufe alimentată cu apă meteorică .....	58
Figura 2.40. Stropitul legumelor din grădina de lângă casă cu apă meteorică .....	59
Figura 2.41. Grilaje pregătite pentru umplerea cu materiale granulare .....	60
Figura 2.42. Pavaje cu rosturi înierbate .....	60

Figura 3.1. Schemă de canalizare pentru o curte/ incintă industrială .....	61
Figura 3.2. Schemă perpendiculară directă .....	62
Figura 3.3. Schemă perpendiculară indirectă .....	62
Figura 3.4. Schemă paralelă .....	63
Figura 3.5. Schemă ramificată .....	63
Figura 3.6. Schemă radială .....	63
Figura 3.7. Sistem unitar de canalizare .....	64
Figura 3.8. Sistem separativ de canalizare .....	64
Figura 3.9. Intensitatea ploii de calcul funcție de $t_p$ și $f$ .....	69
Figura 3.10. Intensitatea ploii de calcul din meteorologie în funcție de $t_p$ și $f$ .....	69
Figura 3.11. Hidrograful triunghiular .....	72
Figura 3.12. Hidrograful trapezoidal $t_p > t_s$ .....	72
Figura 3.13. Hidrograful trapezoidal $t_p > t_s$ .....	72
Figura 3.14. Suprafața de scurgere dreptunghiulară .....	73
Figura 3.15. Suprafața de scurgere cu formă neregulată $L_{aval} > L_{amonte}$ .....	73
Figura 3.16. Suprafața de scurgere cu formă neregulată $L_{aval} < L_{amonte}$ .....	73
Figura 3.17. Funcționarea unui canal cu nivel liber sub presiune .....	75
Figura 3.18. Funcționarea unui canal cu nivel liber .....	76
Figura 3.19. Funcționarea unei rețele de canal cu nivel liber și sub presiune .....	78
Figura 3.20. Hidrograful teoretic pentru dimensionarea bazinului de retenție .....	80
Figura 3.21. Hidrograful teoretic pentru dimensionarea canalelor .....	80
Figura 3.22. Schema bazinului de retenție în punctul final al unei rețele de canalizare .....	81
Figura 3.23. Hidrograful teoretic pentru dimensionarea bazinelor de retenție după metoda propusă .....	82
Figura 3.24. Diagrama de variație a valorilor $\alpha_v$ $\alpha_t$ în funcție de $\alpha_Q$ .....	83
Figura 3.25. Schemele fundamentale ale sistemelor complexe de canalizare pentru apele meteorice .....	85
Figura 3.26. Elementele stației de pompare .....	87
Figura 3.27. Determinarea elementelor din profilul longitudinal .....	88
Figura 3.28. Elementele geometrice și hidraulice ale bazinului de retenție .....	90
Figura 4.1. Stația de epurare din municipiul Timișoara .....	93
Figura 4.2. Viaductul Piața 700 .....	95
Figura 4.3. Rețeaua de canalizare pluvială viaductul Piața 700 .....	95
Figura 4.4. Viaductul Jiul .....	96
Figura 4.5. Rețeaua de canalizare pluvială viaductul Jiul .....	96
Figura 4.6. Viaductul Popa Șapcă .....	97
Figura 4.7. Rețeaua de canalizare pluvială viaductul Popa Șapcă .....	97
Figura 4.8. Viaductul Ardealul .....	98
Figura 4.9. Rețeaua de canalizare pluvială viaductul Ardealul .....	98
Figura 4.10. Viaductul Andreescu .....	99
Figura 4.11. Rețeaua de canalizare pluvială viaductul Andreescu .....	99
Figura 4.12. Viaductul Gheorghe Lazăr .....	100
Figura 4.13. Rețeaua de canalizare pluvială viaductul Gheorghe Lazăr .....	100
Figura 4.14. Cartierul rezidențial Giroc județul Timiș .....	104
Figura 4.15. Schemă tehnologică .....	106
Figura 4.16. Stație de pompare de tip cheson .....	106
Figura 4.17. Separator de nisip cuplat cu separatorul de uleiuri și detergenți ...	107
Figura 4.18. Variația costurilor de investiție pentru bazinul de retenție (C1) și stația de pompare (C2) .....	108
Figura 4.19. Stația de pompare ape meteorice existente .....	110

Figura 4.20. Cămin colector stație de pompare ape meteorice .....	110
Figura 4.21. Baltă colectare ape meteorice .....	111
Figura 4.22. Conductă evacuare apă meteorică .....	111
Figura 4.23. Deversarea apelor meteorice în balta de acumulare .....	112
Figura 4.24. Apariția proceselor de eutrofizare în balta de acumulare .....	112
Figura 4.25. Aparat pentru determinarea indexului de filtrabilitate .....	114
Figura 4.26. Dimensiunile geometrice și componentele aparatului de filtrabilitate .....	115
Figura 4.27. Schema hidraulică a aparatului pentru determinarea indexului de filtrabilitate sub presiune (închis) .....	116
Figura 4.28. Efectul floculării ortocinetice asupra filtrării .....	117



## LISTA TABELELOR

Tabelul 2.1. Necesarul de apă pentru organismul uman .....	11
Tabelul 2.2. Conținutul de apă în corpul omenesc .....	11
Tabelul 2.3. Expresii pentru calculul infiltrațiilor .....	20
Tabelul 2.4. Cantități medii de precipitații anuale raportate la norma climatologică ....	22
Tabelul 2.5. Precipitații atmosferice în Timișoara-Cantități lunare și anuale .....	26
Tabelul 2.6. Distribuția apei pe Terra .....	29
Tabelul 2.7. Debite și cantități medii de apă transportate anual .....	29
Tabelul 2.8. Durata medie de înmagazinare a apei în rezervoare .....	30
Tabelul 2.9. Greutăți specifice ale apei la diverse temperaturi și concentrații .....	31
Tabelul 2.10. Valori ale coeficienților de vâscozitate a apei .....	32
Tabelul 2.11. Valori ale coeficientului de scurgere funcție de natura suprafeței de colectare .....	34
Tabelul 2.12. Valori medii ale coeficienților de scurgere .....	34
Tabelul 2.13. Valori ale frecvenței ploii de calcul .....	36
Tabelul 2.14. Valori uzuale ape coeficientului „rațional” C .....	37
Tabelul 2.15. Valori ale coeficientului de rugozitate .....	39
Tabelul 2.16. Valori ale factorului relativ .....	40
Tabelul 2.17. Indicatori de natură biologică .....	42
Tabelul 2.18. Evaluarea calitativă funcție de factorul de poluare .....	45
Tabelul 2.19. Valori ale factorului de poluare .....	46
Tabelul 3.1. Valori ale frecvenței ploii de calcul .....	67
Tabelul 3.2. Caracterizarea construcțiilor în funcție de clasa de importanță .....	68
Tabelul 3.3. Valoarea coeficientului experimental în raport cu frecvența de calcul .....	71
Tabelul 3.4. Intensitatea ploii de calcul în raport cu relieful .....	71
Tabelul 4.1. Debitele meteorice pentru viaductele analizate .....	101
Tabelul 4.2. Costurile investiției pentru cele două variante la viaductele analizate. .....	102
Tabelul 4.3. Buletin de analiză apă meteorică .....	109
Tabelul 4.4. Rezultatul măsurărilor experimentale .....	117