

**MONITORIZAREA FORAJELOR DE MARE  
ADÂNCIME DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ**

**Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer**

**la**

**Universitatea Politehnica Timișoara**

**în domeniul INGINERIE CIVILĂ**

**de către**

**Ing. Adrian-Lucian COCOCEANU**

Conducător științific: Prof. Univ. Emerit. Dr. Ing. Eugen - Teodor  
MAN

Referenți științifici:

Prof. Univ. Emerit. Dr. Ing. Ion MIREL

Prof. Univ. Emerit. Dr. Ing. Ioan BICA

Prof. Univ. Dr. Ing. Ichinur OMER

Ziua susținerii tezei: .....2022

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Automatică                               | 11. Știința și Ingineria Materialelor                                   |
| 2. Chimie                                   | 12. Ingineria sistemelor  |
| 3. Energetică                               | 13. Inginerie energetică  |
| 4. Ingineria Chimică                        | 14. Calculatoare și tehnologia informației                              |
| 5. Inginerie Civilă                         | 15. Ingineria materialelor  |
| 6. Inginerie Electrică                      | 16. Inginerie și Management   |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 17. Arhitectură   |
| 8. Inginerie Industrială                    | 18. Inginerie civilă și instalații                                      |
| 9. Inginerie Mecanică                       | 19. Inginerie electronica, telecomunicații și tehnologii informaționale |
| 10. Știința Calculatoarelor                 |   |

Universitatea Politehnica 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 Politehnica – Timișoara, 2022

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 Politehnica 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  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Hidrotehnică, Facultatea de Construcții al Universității „Politehnica” din Timișoara.

În mod deosebit autorul îi mulțumește domnului Prof. Univ. Emerit. Dr. Ing. Man Teodor Eugen pentru indicațiile pe care domnia sa i le-a acordat în cadrul discuțiilor purtate pe marginea problemelor abordate în diverse faze ale tezei, pentru firescul cu care mi-a dezvoltat viziunea sa asupra problemelor de modelare hidraulică subterană și pentru sfaturile primite pe parcursul redactării tezei de doctorat, fără de care finalizarea acestei lucrări nu ar fi fost posibilă.

De asemenea mulțumiri, se cuvin Comisiei de îndrumare, formată din: Prof. Dr. Ing. Constantin FLORESCU, Ș.L. Dr. Ing. Ioana Alina Crețan (Costescu) și în mod special Ș.L. Dr. Ing. Mat. Robert BEILICCI pentru sprijinul și susținerea acordată pe întreaga perioadă de elaborare a tezei.

Mulțumiri deosebite se cuvin companiei AQUATIM S.A. prin prisma domnului Director General Dr. Ing. Vlaicu Ilie pentru încrederea, sprijinul și încurajările pe care mi le-a acordat în perioada de cercetare.

În final, mulțumesc părinților, tatălui meu Gheorghe Coccoceanu pentru educația, sprijinul material și moral acordat, precum și soției mele Mădălina Victoria Coccoceanu, pentru înțelegerea și suportul acordat pe parcursul realizării acestei lucrări.

Timișoara, 2022

Ing. Adrian-Lucian Coccoceanu

Cococeanu, Adrian-Lucian

**MONITORIZAREA FORAJELOR DE MARE ADÂNCIME DESTINATE ALIMENTĂRII  
CU APĂ**

Teze de doctorat ale UPT, Seria X, Nr. YY, Editura Politehnica, 2022, **215 pagini,  
106 figuri, 13 tabele.**

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-35-0324-5

Cuvinte cheie: solutii smart a apei, sisteme SCADA, optimizarea forajelor de apă,  
modelare hidraulică, concepte smart SCADA, ISC, infrastructură critică

Rezumat,

Monitorizarea forajelor și a diferitelor procese specifice sectorului de apă prin integrarea digitală prezintă o complexitate ridicată, având drept cauze principale varietatea sistemelor de reprezentare și a schemelor structurale potențial participante la aceste procese. Utilizarea tehnologiei SCADA/Smart SCADA într-un domeniu atât de complex și cu o dinamică perpetuă și rapidă precum cel al alimentării cu apă pare a fi soluția optimă, metodele tradiționale de verificare in situ prezintă, adesea, deficiențe, astfel încât colectarea și monitorizarea informațiilor poate fi realizată doar cu implicarea omului. Atingerea unui nivel ridicat de independență funcțională la nivelul proceselor de integrare privind monitorizarea și exploatarea eficientă, conduce la creșterea gradului de automatizare, reducerea timpului de execuție și a costurilor cu privire la factorul resursă umană, monitorizare eficientă și decizii bazate pe date care pot oferi un răspuns operațional proactiv și predictiv cu efect de maximizare de investițiilor de capital.

Teza tratează aspecte privind rețehnologizarea cu cele mai bune practice ingineresti a fronturilor de captare precum și integrarea sistemelor SCADA nișate pe domeniul de alimentare cu apă și abordează modelarea hidraulică prin aplicații specializate cu perspectiva integrării într-un concept de smart SCADA, fiind conceput în jurul unor aplicații care implementează soluții originale.

## **CUPRINS**

<b>NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELE .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE FIGURI .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITOLUL I. INTRODUCERE ȘI PERSPECTIVE PRIVIND ALIMENTAREA CU APĂ DIN SURSE DE APĂ SUBTERANĂ.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Necesitatea alimentării cu apă – istoric.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3. Resursele subterane de apă din România .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4. Resursele de apă subterană a Municipiul Timișoara .....</b>	<b>26</b>
<b>1.5. Istoricul alimentării cu apă a municipiului Timișoara .....</b>	<b>27</b>
<b>1.6. Obiectivele tezei de doctorat.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPITOLUL II. ASPECTE TEORETICE PRIVIND CAPTĂRILE ȘI CURGERILE STRATURILOR SUBTERANE .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Reprezentarea cunoașterii captărilor straturilor subterane.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2. Reprezentarea cunoașterii curgerii apelor subterane.....</b>	<b>41</b>
<b>2.3. Modelarea curgerii subterane prin intermediul instrumentelor hidroinformatic. Prezentare generală.....</b>	<b>46</b>

---

<b>CAPITOLUL III. PREZENTAREA GENERALĂ A REGIUNI DE VEST TIMIȘ ȘI A MUNICIPIULUI TIMIȘOARA DIN PERSEPECTIVA REȚELEI ȘI POTENȚIALULUI HIDROGRAFIC .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1. Zona și amplasamentul Județului Timiș.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2. Resurse potențiale de apă și tehnic utilizabile ale județului Timiș .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. Calitatea apei în Banat .....</b>	<b>56</b>
<b>3.4. Monitorizarea forajelor destinate alimentării cu apă din județul Timiș .....</b>	<b>63</b>
<b>3.5. Zona de studiu cu cea mai mare influența din regiunea de vest Municipiului Timișoara .....</b>	<b>66</b>
<b>3.6. Situația alimentării cu apă a municipiului Timișoara .....</b>	<b>75</b>
<b>3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității re tehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități.....</b>	<b>85</b>
<b>CAPITOLUL IV. ELEMENTE CONSTRUCTIVE, TEHNOLOGII MODERNE ȘI RECOMANDĂRI DE ÎNTREȚINERE A FORAJELOR DE MARE ADÂNCIME PENTRU ALIMENTAREA CU APĂ POTABILĂ. CARACTERISTICI GENERALE ALE APELOR SUBTERANE DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ ȘI FILIERE DE TRATARE.....</b>	<b>92</b>
<b>4.1. Elemente constructive.....</b>	<b>92</b>
<b>4.2. Cauzele îmbătrânirii forajelor și metode de evitare și recondiționare a forajelor .....</b>	<b>99</b>
<b>4.3. Tehnologii moderne de întreținere a forajelor. Inspecția CCTV și campanii de colectare și verificări in-situ .....</b>	<b>103</b>

---

<b>4.4. Caracteristicile apei potabile și metodele convenționale de eliminare.....</b>	<b>108</b>
<b>4.5. Filiere uzuale de tratare .....</b>	<b>112</b>
<b>CAPITOLUL V. SOLUȚII DE SMART MANAGEMENT A RESURSELOR APELOR DE ADÂNCIME DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ .....</b>	<b>117</b>
<b>5.1. Securitatea apei .....</b>	<b>117</b>
<b>5.2. Soluții smart de securitate a apei și conceptul de infrastructură critică.....</b>	<b>120</b>
<b>CAPITOLUL VI CONTRIBUȚII PRIVIND OPTIMIZAREA FORAJELOR DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ. MODEL PILOT DEZVOLTAT ÎN SCADA ȘI PROPUNERI DE INTERCONECTARE CU APLICAȚII HIDROINFORMATICE- SMART SCADA .....</b>	<b>137</b>
<b>6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime .....</b>	<b>137</b>
<b>6.2. Proiectarea sistemelor de tip informatic SCADA în infrastructura de apă .....</b>	<b>158</b>
<b>6.3. Dezvoltarea și simularea unui model pilot SCADA cu soluții software existente .....</b>	<b>176</b>
<b>6.4. Modelarea hidraulică a zonei pilot în platforma PMWIN .....</b>	<b>182</b>
<b>6.5. Considerații platforma pentru integrare operațională. Smart SCADA.....</b>	<b>191</b>
<b>CAPITOLUL VII CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI CONCLUZII .....</b>	<b>203</b>
<b>7.1. Contribuții originale .....</b>	<b>203</b>

<b>7.2. Concluzii .....</b>	<b>203</b>
<b>7.3. Direcții viitoare de cercetare .....</b>	<b>207</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>209</b>
<b>CURRICULUM VITAE .....</b>	<b>214</b>
<b>LISTA PUBLICAȚIILOR REZULTATE ÎN URMA TEZEI DE DOCTORAT, PUBLICATE SUB AFILIERE UPT .....</b>	<b>215</b>



## NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

<b>BH</b>	Bazin hidrografic
<b>DCA</b>	Directiva Cadru privind Apa
<b>ICPDR</b>	Comisiei Internaționale pentru Protecția Fluviului Dunarea
<b>SDAMBH</b>	Schema directoare de amenajare și management a bazinului hidrografic
<b>PABH</b>	Planul de amenajare al bazinului hidrografic
<b>PMBH</b>	Planul de management al bazinului hidrografic
<b>ACOT</b>	Alimentarea cu apă și canalizarea orașului, Întreprindere Comunală Timișoara
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition
<b>UE</b>	Uniunea Europeană
<b>FEFLOW</b>	Program informatic
<b>PMWIN</b>	Program informatic
<b>Mike 11</b>	Program informatic
<b>POIM</b>	Program operațional mediu infrastructură mare
<b>NTPA</b>	Normativ
<b>DSPJ</b>	Directia de sanatate publica judeteana
<b>ROBA</b>	Corp de apă subterană
<b>ABA</b>	Administratia nationala „ Apele Romane”
<b>STA</b>	Statie tratare apa
<b>DN</b>	Diametru nominal
<b>CCTV</b>	Closed-circuit television
<b>WEF</b>	Forumului Economic Mondial
<b>IT</b>	Tehnologia informatiei
<b>NRW</b>	Non revenue water
<b>ICS</b>	Sistemele de control industrial
<b>DCS</b>	Sisteme de control distribuite
<b>PLC</b>	Controlere logice programabile
<b>HMI</b>	Human-Machine Interface
<b>LAN</b>	Rețea locală
<b>WAN</b>	Retea de arie larga
<b>RF</b>	Frecventa radio
<b>IT&amp;C</b>	Information Technology and Communications
<b>RTU</b>	Unități terminale la distanță
<b>IED</b>	Dispozitiv electronic inteligent

<b>CPU</b>	Unitate centrala de prelucrare
<b>PID</b>	Proportional-Integral-Derivat
<b>PSMA</b>	Planul strategic de management al activelor
<b>PMA</b>	Planurile de management al activelor
<b>GIS</b>	Sistem de informații geografice
<b>ERP</b>	Planificarea resurselor enterprise
<b>MRP</b>	Planificarea cerințelor materiale
<b>CTN</b>	Cota terenului natural
<b>BMPT</b>	Bloc de masura si protective
<b>UPS</b>	Sursa de alimentare neîntreruptibilă
<b>GSM/GPRS</b>	Tip de comunicare
<b>RJ45</b>	Interfața
<b>KP</b>	Factor proportional
<b>KI</b>	Factor integrative
<b>MySQL</b>	Tip baza de date
<b>TAG</b>	Variabila de proces
<b>SPAP</b>	Statie de pompare apa potabile
<b>VPN</b>	Rețea virtuală privată
<b>OPC UA</b>	Open Platform Communication Unified Architecture
<b>IIoT</b>	Internetul industrial al lucrurilor
<b>MDM</b>	Managementul datelor principale
<b>ETL</b>	Extract, Transform and Load
<b>API</b>	Interfața de programare a aplicației
<b>IoT</b>	Internetul lucrurilor
<b>SQL</b>	Tip baza de date
<b>DSS</b>	Sistem de Suport Decizional
<b>HTML5</b>	Limbaaj web
<b>DMA</b>	District Metered Area
<b>CRM</b>	Managementul Relatiilor cu Clientii
<b>AI</b>	Inteligenta artificiala
<b>CMMS</b>	Sistem computerizat de gestionare a întreținerii
<b>CMA</b>	Concentrație maximă admisă

## **LISTA DE TABELE**

- Tabelul 2.1 Distanțele optime între foraje sunt în funcție de tipul solului
- Tabelul 3.1. Resurse de apă potențiale și tehnic utilizabile pentru județul Timiș
- Tabelul 3.2 Evoluția resursele de apă teoretice și tehnic utilizabile la nivel național
- Tabelul 3.3. Parametrii și frecvențe de monitorizare
- Tabelul 3.4. Monitorizarea pesticidelor la nivel național în anul 2020
- Tabelul 3.5. Alimentare apă potabilă în județul Timiș
- Tabelul 3.6. Calitatea apei potabile în rețeaua de distribuție - valori medii anuale
- Tabelul 3.7. Volumele captate din corpurile de apă subterană în anul 2020
- Tabelul 3.8. Exploatări semnificative de apă subterană din corpurile atribuite ABA Banat
- Tabelul 3.9. Situatia forajelor in 2020
- Tabelul 3.10. Situatia forajelor in 2020 din persepectiva dotarii
- Tabelul 3.11. Situatia funciara a forajelor in 2020
- Tabelul 6.1. Coordonate foraje in sistem Stereo 70

## LISTA DE FIGURI

- Fig. 1.1. Distribuția apei pe Terra
- Fig. 1.2. Utilizarea apei
- Fig. 1.3. Planuri de management bazinal
- Fig. 1.4. SDAMBH
- Fig. 1.5. Clădire ce adăpostește un grup de foraje, 1914
- Fig. 1.6. Lucrări pentru execuția rețelei de apă, 1914
- Fig. 2.1. Foraj pentru acvifer cu nivel liber
- Fig. 2.2. Foraj pentru un acvifer cu nivel sub presiune
- Fig. 2.3. Dren cu captare a apei infiltrate din rau
- Fig. 2.4. Dren în strat acvifer cu nivel liber
- Fig. 2.5. Exemplu acvifer cu nivel liber
- Fig. 2.6. Exemplu acvifer sub presiune
- Fig. 2.7. Exemplu model Feflow
- Fig. 2.8. Exemple module Mike11
- Fig. 2.9. Exemplu 3D-Groundwater
- Fig. 3.1. Încadrarea în zonă a municipiului Timișoara
- Fig. 3.2. Evoluție resurse apă
- Fig. 3.3. Evoluția cerinței/prelevarea volumelor de apă în România
- Fig. 3.4. Spațiul Hidrografic Banat
- Fig. 3.5. Evoluția monitorizării punctelor cu privire la depășirea concentrațiilor de nitriți în perioada 2014-2020
- Fig. 3.6. Ponderi ale presiunilor semnificative
- Fig. 3.7. Zone vulnerabile la nitrați din cadrul Spațiului Hidrografic Banat
- Fig. 3.8. Grupări pentru sisteme centralizate de alimentare cu apă
- Fig. 3.9. Sisteme alimentare cu apă administrate de Aquatim S.A
- Fig. 3.10. Harta municipiului Timișoara
- Fig. 3.11. Harta geologică a zonei Municipiului Timișoara
- Fig. 3.12. Harta hidrologică a municipiului Timișoara și zonele periurbane
- Fig. 3.13. Harta hidrogeologică a municipiului Timișoara și zonele periurbane
- Fig. 3.14. Harta solurilor din zona Municipiului Timișoara și zonele periurbane

- Fig. 3.15. Reprezentarea grafică a captărilor de apă subterană la nivelul Spațiului Hidrografic Banat
- Fig. 3.16. Reprezentarea grafică a volumelor captate, pe tipuri de utilizări ale apei
- Fig. 3.17. Harta sistemului zonal de alimentare cu apă Timișoara
- Fig. 3.18. Schema de funcționare a sistemului de alimentare cu apă Timișoara
- Fig. 3.19. Sistem de alimentare cu apă – Stația de tratare a apei Bega
- Fig. 3.20. Tratarea apelor de spălare – Stația de Tratare a apei Bega
- Fig. 3.21. Sistem de alimentare cu apă – Stația de tratare a apei Ronaț
- Fig. 3.22. Sistem de alimentare cu apă – Stația de tratare a apei Urseni
- Fig. 3.23. Amplasamentul Frontul de captare Timisoara Est
- Fig. 3.24. Evoluție nivele hidrodinamice
- Fig. 3.25. Evoluție nivele hidrostatice
- Fig. 4.1. Puț în strat freatic
- Fig. 4.2. Puț în strat de adâncime
- Fig. 4.3. Coloanele de tubare și componente
- Fig. 4.4. Modul de amplasare a șliturilor
- Fig. 4.5. Filtru cu fantă evazată tip Vrancea
- Fig. 4.6. Filtru cu fantă continuă, cu secțiune circulară
- Fig. 4.7. Introducerea pietrisului margaritar in circuit descendent
- Fig. 4.8. Introducerea pietrisului margaritar in circuit ascendent
- Fig. 4.9. Spălător cu duze
- Fig. 4.10. Dispozitiv pentru spălarea filtrului
- Fig. 4.11. Schema deznisipării cu gura puțului liberă
- Fig. 4.12. Schema deznisipării cu gura puțului etanșă
- Fig. 4.13. Exemplu vedere a unui foraj, reprezentare starea filtrului și calitatea apei
- Fig. 4.14. Exemple fotografii dintr-o înregistrare video în adâncime, reprezentare starea unui foraj înainte și după tratament pentru îndepărtarea fero-bacteriilor
- Fig. 4.15. Echipament de inspecție CCTV
- Fig. 4.16. Exemple echipament autopurtat
- Fig. 4.17. Dezinfecție simplă
- Fig. 4.18. Tratare tip T1- conventional
- Fig. 4.19. Tratare tip T1 alternativă
- Fig. 4.20. Tratare tip T2
- Fig. 4.21. Tratare tip T3
- Fig. 4.22. Filieră de tratare ape subterane
- Fig. 4.23. Filieră de tartare ape de suprafață
- Fig. 5.1. Securitatea apei
- Fig. 5.2. Model ICS

- Fig. 5.3. Diagramă generală SCADA
- Fig. 5.4. Controlerului logic programabil
- Fig. 5.5. Diagrama bloc convertizor de frecvență
- Fig. 5.6. Tensiunea de ieșire și curentul convertizoarelor de frecvență în modul de modulare a lățimii de impuls
- Fig. 5.7. Reprezentarea detaliată a datelor modelului de distribuție a apei GIS
- Fig. 5.8. Platforma GIS dezvoltată în ArcView GIS
- Fig. 5.9. Platforma de tip Web portal bazată pe GIS
- Fig. 6.1. Foraj 40 aferent frontului de captare STA Urseni
- Fig. 6.2. Foraj 40 aferent frontului de captare STA Urseni
- Fig. 6.3. Foraj secțiune A-A DN 50mm
- Fig. 6.4. Foraj vedere în plan DN 50mm
- Fig. 6.5. Foraj secțiune A-A DN 65 -125 mm
- Fig. 6.6. Propunere cămin foraj secțiune
- Fig. 6.7. Propunere cămin foraj vedere în plan
- Fig. 6.8. Propunere cămin foraj vedere superioară
- Fig. 6.9. Propunere plan foraje F1-F40
- Fig. 6.10. Propunere plan grup fântâna 3,4
- Fig. 6.11. Propunere plan grup fântâna 5
- Fig. 6.12. Propunere plan grup fântâna 6
- Fig. 6.13. Propunere tehnică electric
- Fig. 6.14. Detaliu electric
- Fig. 6.15. Propunere variantă constructivă cu o pompă
- Fig. 6.16. Propunere variantă constructivă cu două pompe
- Fig. 6.17. Propunere variantă constructivă cu 4 pompe
- Fig. 6.18. Propunere variantă constructivă cu 5 pompe
- Fig. 6.19. Model schemă sinoptică WinCC – Flux tehnologic
- Fig. 6.20. Model schemă sinoptică Ignition – Flux tehnologic
- Fig. 6.21. Model schemă sinoptică WinCC –Foraje
- Fig. 6.22. Model schemă sinoptică Ignition – Foraje
- Fig. 6.23. Model schemă sinoptică WinCC– Diagnoză
- Fig. 6.24. Model schemă sinoptică Ignition– Diagnoză
- Fig. 6.25. Schema de funcționare a sistemului de alimentare cu apă oraș Timișoara
- Fig. 6.26. Amplasamentul Frontul de captare Timisoara Est suprapus cu zona modelată
- Fig. 6.27. Ridicare topografică suprapus cu zona modelata
- Fig. 6.28. Plan de situație model, discretizare, condiții de margine
- Fig. 6.29. Plan de situație cote teren
- Fig. 6.30. Plan de situație distribuție coeficienți filtrație

Fig. 6.31. Hidroizohipse – strat 1 cu nivel liber – indicarea directiilor de curgere

Fig. 6.32. Hidroizohipse – strat 2 cu nivel liber – indicarea directiilor de curgere

Fig. 6.33. Hidroizohipse – strat 3 cu nivel liber – indicarea directiilor de curgere

Fig. 6.34. Schema bloc de implementare Smart Scada

# **CAPITOLUL I.**

## **INTRODUCERE ȘI PERSPECTIVE PRIVIND ALIMENTAREA CU APĂ DIN SURSE DE APĂ SUBTERANĂ**

**„Apa este esențială pentru menținerea vieții, iar disponibilitatea de apă, în cantitate și de calitate corespunzătoare satisfacerii nevoilor de bază ale omului, constituie o condiție necesară atât pentru promovarea sănătății, cât și pentru o dezvoltare durabilă.”[92]**

Apele de adâncime sunt principalele surse de apă pentru populație în lume. Acviferele pot fi relativ ușor compromise, prin supraexploatare sau prin surse de poluare. Astfel intervențiile de remediere fiind complexe și dificile atât tehnic cât și costisitoare.[105] Datorită acestor caracteristici, se recomandă exploatarea rațională a resurselor de apă subterană, într-un context eficient și durabil.[117]

### **1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național**

Pe plan mondial dezvoltările științifice în domeniul hidrogeologiei au apărut la începutul secolului a XIX – lea în Europa de Vest în încercarea de a identifica apă potabilă nepoluată pentru orașele aflate în dezvoltare și respectiv drenarea și desecarea terenurilor în scopul construcțiilor și a exploatarea de tip miniere. În Statele Unite ale Americii în secolul XX cunoașterea resurselor de apă subterană devenea un element important pentru dezvoltarea zonelor de tip semiaride din zona central vestică.[14]

Hidrogeologia s-a dezvoltat ca o știință empirică prin modul de interacțiune dintre conceptualizarea și soluționarea matematică a cazurilor de curgere, și respectiv observațiile și evaluarea caracteristicilor fizice și a comportamentului acviferelor și a resurselor de apă subterană.[14]

Dezvoltarea de concepte hidrogeologice precum și a instrumentelor chimice și respectiv matematice pentru analiza și descrierea comportamentului apelor de adâncime se pare că a atins în momentul actual un stadiu de maturitate. Astfel abordarea modelelor de simulare pe computere digitale rămâne o provocare, cu condiția ca simulările realizate pe computer să fie realiste fără a fi optimizate, deoarece cunoașterea modelelor influențează în mod direct societatea și întărește managementul administrațiilor bazinale și respectiv a operatorilor de apă.



17 | 1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național

Într-o viziune completă studiul apelor subterane în perioada actuală are tendința unei abordări integratoare prin interacționarea cu tot mai multe domenii precum: microbiologie, chimie, geologie respectiv domenii aplicative precum: agricultura, gospodăria apelor, construcții, amenajarea terenurilor.

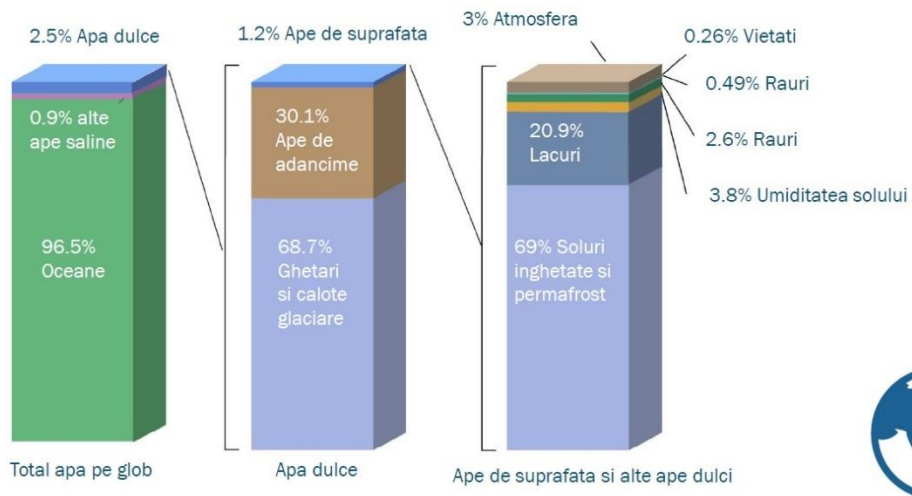
În prezent în studiul apelor de adâncime sunt folosite tehnici satelitare, instrumente de teledetecție și echipamente mobile pentru testări de tip in-situ.

Sursele de apă constituie o resursa naturală regenerabilă limitată și vulnerabilă fiind un patrimoniu natural care se impune a fi protejat și exploatat în mod rațional.[97]

În condiții de încălzire globală, gestionarea eficientă a resurselor de apă, păstrarea capacității de auto-reglare și de suport a ecosistemelor de tip acvatice este foarte importanta. Astfel exploatarea rațională a apelor și păstrarea calității lor reprezintă o problemă de actualitate.[105]

Managementul apelor conferă soluții privind asigurarea pentru prezent cât și pentru viitor a necesarului de apă al populației și respectiv al economiei. Astfel dezvoltarea durabilă înseamnă conform definiției date de Comisia Brundland (1987), „dezvoltarea care satisface nevoile prezentului fără a compromite nevoile generațiilor viitoare în satisfacerea propriilor nevoi”[98]. La nivel internațional, politicile durabile de gospodărire a apelor este definită prin Agenda 21, document elaborat în urma Conferinței de la Rio (1992)[81].

Privind distribuția apei pe Terra aproximativ 71% din suprafața Pământului este acoperită de apă, iar oceanele dețin aproximativ 96,5% din toată apa Pământului deci se observă că aproape toată apa este salină.[24]



**Fig.1.1.** Distribuția apei pe Terra[125]

Astfel în prima coloană, se observă cum doar 2,5% din apa Pământului este apă dulce - cantitatea necesară pentru supraviețuirea vieții.

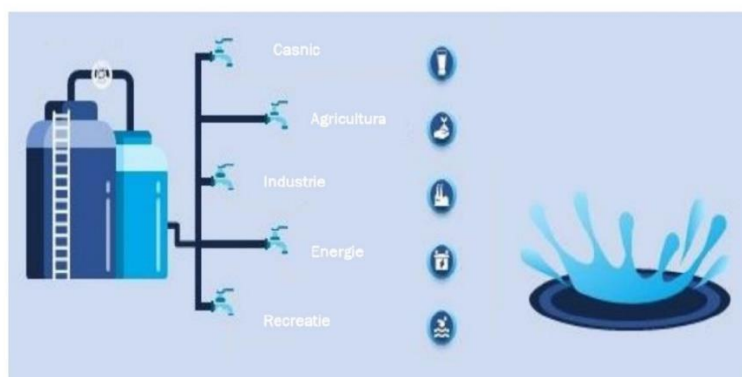
18 | 1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național

În coloana din mijloc observăm defalcarea apei dulci. Aproape toate cantitățile de apă sunt închise în gheață și în pământ. Doar 1,2% din toată apa dulce este apă de suprafață, care servește majorității nevoilor vieții.[104]

Coloana din dreapta arată defalcarea apei dulci de suprafață. Cea mai mare parte a apei se regăsește în soluri înghețate, iar alte 20,9% se găsesc în lacuri.

Râurile reprezintă 0,49% din apa dulce de suprafață. Deși râurile reprezintă doar o cantitate mică de apă dulce, mai toate civilizațiile s-au așezat pe lângă aceste cursuri de râuri și le-au exploatat atât în scopuri industriale cât pentru scopuri casnice.

## UTILIZAREA APEI



**Fig.1.2.** Utilizarea apei

Resursele de apă sunt utilizate în general în scop casnic, agricultură, industrie, energie și recreere.[43]

Pe teritoriul României resurse de apă dulce provin din fluviul Dunărea și din restul râurilor mari. Resursele hidrologice ale teritoriului României nu prezintă o repartitie uniformă în teritoriul. Cu excepția fluviul Dunărea, media în România este de circa 2.660 m<sup>3</sup> apă/locuitor/an, comparativ cu media europeană de circa 4.000m<sup>3</sup> apă/locuitor/an, rezultând că România se încadrează în categoria de țări cu resurse limitate în apă.[90][85]

Referitor la calitatea apelor de suprafață din România în cea ce privește scurgerea de nutrienți până în ultimi ani au fost relativ scăzute în comparație cu perioada socialistă în care sa folosit excesul de fertilizanți în agricultură, dar tendința din prezent și respectiv pe termen mediu și lung este de reintroducere a practicilor agricole intensive și respectiv utilizarea fertilizanților chimici și a pesticidelor care de altfel se remarcă ca o provocare.[103]

Schimbările climatice de altfel reprezintă un subiect inevitabil, prezent cu care ne confruntăm adică o provocare actuală.

## 19 | 1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național

Există o serie de provocări și anume probleme de asigurare a necesității apei din punct de vedere cantitativ, probleme de calitate și probleme privind infrastructura existentă și capacitatea de adaptare la aceste schimbări.[110]

Astfel multe zone se vor confrunta sau se confruntă în prezent cu lipsa de apă. Cantitatea de apă disponibilă în aceste zone fiind limitată, iar cererea va continua să crească pe măsură ce populația crește, în special migrarea populației către centrele urbanistice mari.

Calitatea apei ar putea suferi în zonele cu precipitații în creștere. Ploile abundente pot crește cantitatea de scurgeri în râuri și lacuri, spălând sedimentele, substanțele nutritive, poluanții, deșeuri, deșeurile animale, poluându-le, devenind nesigure sau cu necesitatea de tratare complexă a apei.[107]

Prezenta lucrare, completează informațiile și susține eforturile întreprinse la nivel național pentru atingerea obiectivelor de mediu prevăzute în Directiva Cadru în Domeniul Apei 60/2000/EEC *pentru apele subterane*[84].

Lipsa apei și degradarea calității, reprezintă una din cele mai mari provocări ale mapamondului în acest mileniu. Se constată în ultimii 100 de ani că populația globală a crescut de aproximativ 3 ori, iar consumul de apă de aproximativ 7 ori.[127]

Vicepreședintele William Cosgrove al Consiliului Mondial al Apei declara la începutul anului 2003 că „In prezent, 30% din populația mondială traversează o criză a apei. Dacă se va continua în acest ritm de consum, în 2025 criza va afecta 50% din locuitorii planetei”.[84]

DCA reprezintă obiectivul comun al statelor membre în cea ce privește stabilirea și implementarea de politici de apă din Uniunea Europa. În cadru directivei sunt stabilite obiective de management integrat și respectiv durabil a corpurilor de apă și respectiv aspectele factorilor de impact și economici. Directiva Cadru a Apei impune pregătirea unui set de măsuri, privind îmbunătățirea stării calității apei.

Obiectivul principal al DCA îl constituie atingerea unei „stări bune” [84] a statelor membre ale Uniunii Europene și a țărilor asociate, cu privire la corpurilor de apă. Conceptul „stării bune” [84] reprezintă o viziune de calitate ecologică care face referire la caracteristici biologice, chimice și fizice. În cazul apelor subterane directiva prevede aspecte ale stării cantitative. Astfel conform Directivei Cadru a Apei este important factorul de „integrarea” prin care factorii naturali și umani pot aduce influențe în aspectele de calitate și cantitate ale corpurilor de apă.

Strategia de monitoring privind calitatea apelor se bazează pe un monitoring de tip integrat al apelor care presupune:

- integrarea zonelor supuse investigații la nivel de BH: a apelor de suprafață în regim natural, a apelor de suprafață artificiale sau a apelor cu regim modificat antropoc, a apelor de adâncime, zonelor protejate și efluenți;
- integrarea mediilor supuse investigații: resursa de apă, sedimentele integrate cu componentele biologice;
- integrarea elementelor supuse monitorizării: biologice, hidromorfologice și fizico-chimice;

După cum se cunoaște fiecare bazin hidrografic are o serie de caracteristici specifice, astfel că măsurile de management adoptate trebuie să fie specifice. Astfel de măsuri se pot realiza ca urmare a unei analize minuțioase a realității din teren.

## 20 | 1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național

Directiva cadru privind apa necesită o abordare holistică în cea ce privește resursele de apă și abordarea integrativă privind resursele Europei. Este necesară o integrare respectiv interacțiune cu domeniile de utilizare a apei (alimentări cu apă, activități industriale, agricultură, producere energie respectiv recreere) și respectiv a factorilor decisivi (societatea civilă, guvern, sector privat). Scopul directivei este de a menține și respectiv a îmbunătăți resursele de apă prin a contribui la reducerea treptată a emisiilor periculoase în apă, astfel asigurând alimentarea cu apă pentru populație.

În contextul protecției mediului este necesară integrarea aspectelor de tip cantitativ și calitativ, pentru resursele apelor de suprafață respectiv apele de adâncime, în conformitate cu circumstanțele naturale de curgere a resurselor. În DCA este prevăzut principiul de recuperare a costurilor privind serviciile de alimentare apă, resurse și mediu, asociate cu prejudiciile respectiv impactul negativ asupra resurselor de apă și anume principiul „Poluatorul plătește”. [93][84]

Conform directivei cadru apă, este stringent o analiză economică privind serviciile de alimentare cu apă, având la bază o prognoză pe termen mediu și lung a alimentărilor cu apă și respectiv a cerinței de apă. În cea ce privește prevenirea respectiv mijloacele de control al poluării, politica din domeniul apei din cadrul comunității europene necesită o abordare combinată, și anume control al poluării la sursă, prin stabilirea unor valori prag ale emisiilor și ale standardelor de calitate privind mediului. [84]

Directiva cadru apă prevede:

- prevenirea deteriorări ulterioare, protejarea și îmbunătățirea stări ecosistemelor de apă și a cerințelor de apă, respectiv a ecosistemelor terestre și zonelor umede dependente de ecosistemele de apă;
- promovarea utilizării durabile a apelor;
- protecția avansată și îmbunătățirea apelor privind reducerea progresivă a emisiilor, evacuărilor, substanțelor periculoase;
- diminuarea evolutivă a poluării apelor de adâncime și poluările viitoare;

Directiva cadru apă vizează contribuția la:

- furnizarea de apă potabile în cantități satisfăcătoare, de calitate corespunzătoare, din surse de suprafață și respectiv subterane în funcție de necesități, privind utilizarea durabilă, rațională și echitabilă;
- protecția apelor teritoriale și respectiv a apelor marine;
- alinierea la obiective și acordurile internaționale, și inclusiv a acelor prevenirea și evitarea poluării mediului de tip marin;

Conform directivei cadru apa se impun statelor membre europene obligații precum planificarea, adoptarea de reglementări, monitorizarea și raportarea.

DCA solicită următoarele:

- cadru amplu pentru monitorizarea și respectiv clasificarea resurselor de apă, vizând evaluarea stării ecologice;
- realizarea unui mecanism de avizare și de înregistrare a prelevărilor, respectiv a acumulărilor de apă în scopul protejării ecologice a resurselor apă;
- generarea unui sistem de planificare la nivelul bazinului și respectiv aplicare de măsuri pentru limitarea poluării apelor.

Obiectivele revoluționare ale directivei cadru privind apa sunt:

21 | 1.1. Situația actuală și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european, național

---

- întocmirea planului de management al apelor pentru fiecare bazin hidrografic
- caracterizarea stării corpurilor de apă în 5 distincte categorii de calitate
- stabilirea unei stării de referință pentru resursele apelor de suprafață;
- definirea „stării bune” [84] a apelor;
- dezvoltarea de categorii noi de ape cu regim modificat antropoc;
- dezvoltarea conceptului de reabilitare a cursurilor râurilor.

Beneficiul implementării DCA este multiplu după cum urmează.

**Beneficiile de mediu prin implementarea DCA:**

- corectarea protecției și ameliorarea generală a calității apelor;
- utilizarea eficientă a apei cu sensul de reducere a presiunilor de mediu asupra apelor;
- garantarea unui management durabil și respectiv eficient al apelor.

**Beneficiile sociale prin implementarea DCA:**

- accentuarea oportunităților în ceea ce privește implicarea în managementul apei a actorii sociali implicați;
- creșterea calității de informații disponibile asupra resurselor de apă și a de managementului acestora;
- asigurarea protecției resurselor de apă în contextul dezvoltării durabile.

**Beneficiile economice prin implementarea DCA:**

- garantarea o abordare corectă în ceea ce privește cost-eficiența, pentru fundamentarea prețurilor de utilizare a apei;
- stimularea atingerii unei stări de echilibru între necesitățile sociale, economice și de mediu prin definirea obiectivelor de mediu;
- dezvoltarea oportunităților de implicare și influențarea a managementului apelor de către toți actorii sociali implicați;

România împreună cu celelalte state membre europene și-au asumat să implementeze, directiva cadru privind apa. În acest context, România sub coordonarea comisiei ICPDR, și prin colaborare cu celelalte state dunărene au condus la realizarea planului de management bazinal al fluviului Dunărea, toți partenerii având o viziune unitară cu privire la activitățile de gospodărire durabilă a resurselor de apă din bazinul dunărean. Directiva cadru privind apa a fost transpusă în legislația din România prin Legea nr. 310/2004 vizând modificarea și completarea Legii apelor nr. 107/1996[88][86].

Parlamentului European în decembrie 2020 referitor la punerea în aplicare a legislației UE privind resursele de apă, a adăugat noi măsuri și respectiv accelerarea atingerii obiectivelor propuse.

## 1.2. Necesitatea alimentării cu apă – istoric

Necesitatea unor surse de apă potabilă datează încă din timpuri preistorice. Astfel încă de la începuturile așezărilor umane sunt legate sau s-au aflat în apropierea unor cursuri de apă. Eufratul, Indusul, Gangele, Tibrul, Yan-Tse sunt cursuri principale pe malul cărora au apărut primele civilizații umane.

Conform mărturiilor arheologice despre existența unor sisteme de alimentare cu apă centralizate, pe vremea civilizației Nippur, din Sumeria în urma cu cca. 5000 de ani s-a găsit un dren arcuit cu pietre fixate prin pene descrescătoare, apa fiind colectată prin fântâni și cisterne.

De altfel relatări asupra cunoștințelor privind procesele de tratare a apei s-au găsit în codul medical Sanskrit din anul 2000 î.Cr., în care era explicat procesul de purificare a apei uzate prin fierbere în vase de arama, expunere la soare filtrare prin mangal și răcire în vase de pământ.

China antică, folosea ca sursă de apă puțuri foarte adânci din care extrăgeau apa cu galeți prin intermediul unor scripeți și trolii. Babilonienii dețineau cunoștințe și tehnici de realizare a unor lacuri de acumulare care deserveau mărirea gradului de siguranță a funcționării sistemului de alimentare cu apă.

Plinius cel Bătrân în perioada anilor 77 î.Cr. relatează aspecte de filtrare a apei prin lână. Comisarul de apă al Romei Sextus Julius Fontinus a redactat două cărți privind aspecte a unei lucrări inginerești de alimentare cu apă și tratarea apei fiind relatate diferite aspecte de captări din prundiș, apeducte, rezervoare.[13] Tehnica romană era foarte dezvoltată în ceea ce privește transportul și înmagazinarea apei. Se reamintește că sistemul centralizat de alimentare cu apă al Romei antice s-a caracterizat printr-un număr mare de obiective și anume: cca 800 de fântâni publice, 100 de băi termale, 400 km de apeducte cu o capacitate de asigurare a cca 8000 l/s. O parte din măiestria hidrotehnicienilor Romei sunt conservate și în prezent dintre care reamintim apeductul Claudia realizat în perioada 38 și 52 d. Cr. sau poarta Maggiore cu rol de susținere pentru apeducte realizat în 226 d. Cr.

Perioada Evului Mediu ilustrează o renunțare privind tehnicile de alimentare cu apă astfel că problemele sanitare și de igiena corporală ridicau mari probleme deoarece în lipsa lor epidemiile făceau frecvent mii de victime.

În anul 1685 Luc Antonio Porzio fizician italian publica o lucrare în care este detaliat un filtru cu nisip pentru purificarea apei.

În secolele XVI – XVII odată cu apariția manufacturi capitaliste se impun tehnici de dezvoltare a alimentării cu apă. Astfel că în secolele XVIII – XIX s-au realizat primele sisteme descentralizate de alimentare cu apă în orașe din Anglia, Germania, Franța și Rusia.

În 1791 James Peacock obține un patent în Anglia pentru tratarea apei prin filtrare pe nisip. În baza patentului John Gibb a construit primul filtru lent pe strat de nisip în anul 1804.

Dezvoltarea industrială din diferite țări avansate au dus la o cerință mare de apă și respectiv o calitate superioară motiv ce a dus la promovarea și preocuparea legate de dezvoltarea sistemelor de alimentare cu apă, dezvoltându-se astfel tehnici de utilizare a reactivilor de coagulare-floculare pentru intensificarea decantării, filtrare rapidă, dezinfecție cu clor, etc.

Procesele și interesul în hidrogeologie pentru originea apelor de adâncime și respectiv mișcarea acestora dețin o istorie îndelungată cu precădere în zonele aride unde în cele mai multe cazuri era singura sursă disponibilă de apă. O abordare mai științifică a hidrogeologiei a apărut după ce au fost stabilite fundamentele geologiei în secolul al XVIII-lea, iar interesul pentru apă de adâncime ca sursă de apă potabilă a apărut în vest în secolul al XIX-lea ca motiv al creșterii poluării apelor de suprafață ca efect al creșterii accelerate de populație și respectiv activităților industriale.

O abordare cantitativă a hidrogeologiei este reprezentată prin inginerul francez Henry Darcy. Legea lui Darcy a permis problemelor de curgere a apei subterane să fie formulate sub forma de modele matematice și să se rezolve pentru condițiile la limită.

Hidrologia s-a dezvoltat ca o știință empirică prin modul în care interacționează și soluționarea matematică a curgerilor, pe de o parte și respectiv evaluarea și observațiile fizice a comportamentului acviferelor și a bazinelor de apă subterană, pe de altă parte.

Această abordare a fost legată de condițiile ingineresti ca captarea apei subterane din foraje pentru asigurarea rezervei de apă, desecarea terenurilor pentru construcții.

În anul 1940 Marion King Hubbert demonstrează caracterul macroscopic al legii lui Darcy, demonstrând în mod explicit legătura dintre nivelul hidrostatic la un anumit punct și valoarea liniei echipotențiale care o intersectează. Astfel se poate concluziona că tratatul lui Hubbert a consolidat baza științifică a hidrogeologiei în teoria generală a hidrodinamicii.

Interesul la nivel mondial în contextul managementului apelor și recunoașterea hidrogeologiei ca o disciplină apare în anul 1960 prin publicarea unui număr mare de cărți de hidrogeologie și respectiv jurnale internaționale de specialitate. În 1956 s-a fondat Asociația internațională a hidrogeologilor și respectiv stabilirea decadei hidrologice internaționale a UNESCO, precursorul programului hidrologic internațional. [13]

Dezvoltarea conceptelor hidrogeologice și a instrumentelor matematice și chimice folosite pentru descrierea și analiza comportamentului apelor de adâncime se poate spune că a atins un stadiu matur la începutul anilor 1980. Astfel principala problemă este eterogenitatea mediului hidrogeologic și nelinearitatea proceselor hidrogeologice. [77] Finalul secolului XX-lea au fost cu preponderență de aplicare a acordării numerice prin modele de simulare pe computere digitale. [14]

### 1.3. Resursele subterane de apă din România

În contextul ultimilor ani, în România au fost identificate conform „Planului Național de Management a apelor din România” [90] 142 de corpuri de apă subterană. [88]

Resursele de apă de adâncime se caracterizează prin:

- resursa teoretică de 9,6 mld. m<sup>3</sup> (reprezentând 7.13% din totalul resurselor de apă), din care ape freatice 4.7 mld. m<sup>3</sup> și ape de adâncime 4.9 mld. m<sup>3</sup>
- resursa utilizabilă fiind de 5.4 mld. m<sup>3</sup> [88]

Delimitarea corpurilor de apă de adâncime conform DCA 2000/60/EC s-a realizat pe zone unde există acvifere semnificative ca importanță pentru alimentarea cu apă, cu disponibilitate de debite exploatabile mai mari de 10 m<sup>3</sup> / zi. [84]

Rețeaua de monitoring a corpurilor de apă de adâncime a fost proiectată pentru a oferi o imagine generală a stării calitative și cantitative a corpurilor de apă subterană pentru fiecare bazin hidrografic. [84]

Conform prevederilor DCA „corpul de apă subterană” [85] reprezintă un volum de apă de adâncime din cadrul unui acvifer sau mai multe acvifere importante pentru alimentările cu apă, cu disponibilitate de debite mai mari de 10 m<sup>3</sup> / zi. [84]

În regimul natural al apelor de adâncime au apărut modificări atât calitative cât și cantitative datorate poluărilor, lucrărilor hidrotehnice, hidroameliorative. Astfel

cantitativ starea bună a corpului de apă de adâncime este atunci când disponibilitatea resurselor de apă subterană nu sunt depășite din privința captărilor pe termen lung. Calitativ conform directivei cadru pentru apele de adâncime s-au dezvoltat următoarele criterii:

- bilanțul hidric
- conectarea cu apele de suprafață
- influența către ecosistemele terestre care depind de apa de adâncime
- intruziunea apei saline sau a altor intruziuni [88]

Evaluarea stării calitative (chimice) a apelor subterane s-a realizat conform „Îndrumătorului asupra stării apelor subterane și evaluări tendinței” [84] – apele subterane al Comisiei Europene. [84]

La o evaluare pe ansamblu conform datelor de la administrațiile bazinale de apă ale Administrației Naționale „Apele Române” [109] referitor la evaluarea efectuată în toate bazinele hidrografice, se remarcă o situație critică a calității freaticului din multiple zone ale țării. Starea critică este influențată de impactul antropic exogen, chiar dacă s-a redus puternic volumul producției industriale și cel al producției agrozootehnice ceea ce adus la scăderea calităților de substanțe poluate evacuate în receptori naturali. [76]

În urma monitorizării parametrilor fizico-chimici la foraje, cele mai multe depășiri s-au înregistrat la indicatorii: substanțe organice, azotați, azotiți, amoniu, cloruri, duritate totală, fier, mangan, fosfați, plumb. Majoritatea hidrostructurilor au fost expuse contaminări cu azotați. Astfel că 10.5% din totalul forajelor monitorizate au depășit concentrația indicatorului de azotați. [78]

În acest sens majoritatea fântânilor supravegheate de direcțiile de sănătate publică județene prezintă depășiri ale concentrațiilor de nutrienți, ceea ce reprezintă un adevărat pericol pentru sănătatea populației majoritar rurală, impunându-se măsuri de racordare a tuturor localităților la serviciile de alimentare cu apă potabilă. [116]

Conform aprecierilor experților din administrația națională „Apele Române” [109] explică contaminarea acviferului freatic prin cauze multiple: spălarea solului prin precipitații atmosferice, apa de irigații, apa de suprafață în care s-a evacuat ape uzate, aplicarea îngrășămintelor chimice pe terenurile cu caracter arabil, poluării de pe platformele marilor combinate chimice, societăți farmaceutice, iar ținând cont de caracterul hidrodinamic și conductivitatea hidraulică a apei se pot deprecia și alte acvifere în timp. [97]

Factori de poluare care afectează calitativ apele de adâncime:

- produse rezultate din procese industriale
- produse petroliere
- produse chimice în special cele din agricultură provocând o poluare difuză
- produsele menajere
- produse din zootehnie
- metale grele
- radioactivitate
- exploatarea necorespunzătoare a stațiilor de epurare
- necorelarea dezvoltării localităților cu lucrările de canalizare
- gestionare și depozitare deficitară a nămolurilor rezultate din stațiile de epurare



Poluarea freaticului în urma celor menționate mai sus duce cel mai adesea la un caracter ireversibil, cu consecințe grave asupra posibilităților de folosire a apei de adâncime în scopuri de potabilizare. [47]

Se cunoaște că activitățile de tratare a acestor surse de apă de subteran contaminate presupune procese de tratabilitate complexe și respectiv costisitoare. [109]

Resursele de apă trebuie exploatare într-o manieră durabilă și protejate atât pentru cei din prezent cât și pentru generațiile viitoare.

În prezent majoritatea sistemelor de alimentare cu apă din zonele aglomerate se bazează pe surse de apă de suprafață, dar conform statisticilor de specialitate se prevede că într-un viitor nu prea îndepărtat costurile de tratare a apelor de suprafață destinate potabilizării vor prezenta o creștere de 20 de ori. [7]

Resursele apelor de subteran reprezintă o sursă strategică prezentă avantajele precum:

- este fiabilă în sezonul uscat sau secetă datorită rezervelor din subteran
- în lipsa poluatorilor devine o sursă ieftină de utilizat, deoarece necesită o tratare simplificată sau chiar absentă în vederea potabilizării.

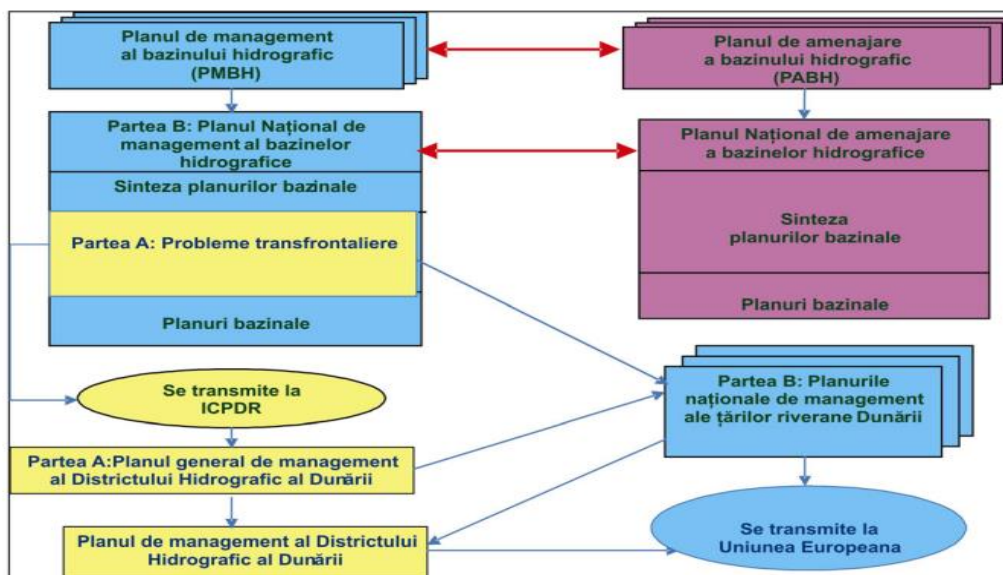
În figura 1.3 sunt reprezentate cele 11 planuri de management bazinal ale administrației naționale „Apele Române”. [109]



**Fig.1.3.** Planuri de management bazinal, sursa datelor: Administrația Națională „Apele Române” [99]

Planificarea respectiv gestionarea resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic se realizează prin intermediul schemei directoriale de amenajare și management al bazinului hidrografic (SDAMBH) [109] și este alcătuită planul de amenajare al bazinului

hidrografic (PABH) [13] și respectiv planul de management al bazinului hidrografic (PMBH), conform figurii 1.4



**Fig.1.4.** SDAMBH, sursa datelor: Administrația Națională „Apele Române” [99]

„Planul de Management al Bazinului Hidrografic(PMBH) reprezentând componenta calitativă a gospodăririi apei într-un bazin hidrografic trebuie să se coreleze cu componenta cantitativă reprezentată de Planul de amenajare al bazinelor hidrografice(PABH), iar împreună alcătuiesc Schema Directoare de Amenajare și Management al Bazinului Hidrografic (SDAMBH)”. [109]

Conform legii apelor și a schemelor directoare se urmăresc măsuri pentru „atingerea obiectivelor privind asigurarea protecției cantitative și calitative a apelor, apărarea împotriva acțiunilor distructive a apelor, precum și valorificarea potențialului apelor în raport cu cerințele dezvoltării durabile a societății și în acord cu strategia și politicile de mediu de dezvoltarea lucrărilor, instalațiilor și amenajărilor de gospodărire a apelor”. [88] [109]

#### 1.4. Resursele de apă subterană a Municipiul Timișoara

În arealul județului Timiș sistemele de alimentare cu apă potabilă sunt asigurate preponderent din surse de apă de adâncime. Timișoara este alimentată din două surse distincte și anume sursa de suprafață canalul Bega și respectiv mai multe fronturi de captare a apei subterane, sistemul de alimentare cu apă este administrat de Aquatim S.A. [80]

Sursa inițială pentru orașul Timișoara era apa subterană, dar contextul dezvoltării orașului, sursa a fost suplimentată cu apă tratată din râul Bega folosindu-se azi o cantitate mult mai mare de apă de suprafață decât cea de adâncime.

În prezent apa de suprafață este captată din canalul Bega, astfel că în stația de tratare a apei Bega este asigurată tratarea apei în scopul potabilizării și respectiv asigurarea distribuției și presiuni către consumator asigurând aproximativ 70-75 % din necesarul de apă al orașului iar apa subterană este captată din foraje de mare adâncime. Aceste foraje asigură circa 25-30% din necesarul orașului iar tratarea în scopul potabilizării și respectiv asigurarea distribuției și a presiuni către consumator se realizează prin stațiile de tratare Urseni și Ronaț. Astfel că în municipiul Timișoara apa subterană reprezintă o sursă alternativă și complementară la sursa de suprafață. [80]

În cea ce privește monitorizare și exploatarea surselor de apă subterană pentru județul Timiș reprezintă un factor important și necesită studierea, observarea și găsirea celor mai potrivite mijloace și măsuri de protecție a acestor surse, exploatare rațională, modernizarea forajelor cu echipamente cu eficiență ridică și întreținerea acestora prin tehnici noi. Monitorizarea forajelor de mare adâncime destinate alimentării cu apă din punct de vedere cantitativ și respectiv calitativ într-un sistem centralizat de tip SCADA Sistem cu rolul urmării în timp a parametrilor calitativi cât și cantitativi.

## **1.5. Istoricul alimentării cu apă a municipiului Timișoara**

Prima organizație centralizată de servicii de alimentare cu apă din țară a fost în 1914, în Timișoara, prin darea în exploatare a stație de tratare apă de adâncime Urseni, numită generic Uzina nr. 1, și respectiv rețelei de distribuție cu o lungime de 87,4 km. Amplasamentul stației de tratare a apei de adâncime Urseni este în extremitatea de sud-est a orașului. Stația de tratare a apei de adâncime avea ca și proces tehnologic treaptă de aerare prin pulverizare și dublă filtrare pentru eliminarea sărurilor de fier și de mangan.

Astfel în scopul identificării resurselor de apă s-au realizat studii hidrologice succesive în periurbanitățile orașului. Compania Bauroth Salbach din Dresda, a executat 18 foraje în zona Timișoara nord - Sânmăriei, în perioada 1894-1895. Alte 10 foraje au fost executate în următorii ani de către compania Orbani în zona Mehala, finalizate în anul 1899.

În 1904 sub coordonarea inginerului șef Stan Vidrighin din cadrul serviciului tehnic al primăriei Timișoara s-au continuat cercetările prin foraje de observație, realizându-se un număr de 139 de foraje de observație, ca urmare a studiilor s-a constatat că sunt conforme atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ. Prevederile inginerului șef erau în medie de circa 4600 mc/zi pentru o populație de 46000 de locuitori, luând în calcul dezvoltarea ulterioară de circa 6000 mc/zi. Un al element important a fost contorizarea consumatorilor și respectiv realizarea cișmelelor de apă.[80]

În anul 1916 s-a dat în folosință uzina de apă industrială din surse de apă de suprafață râul Bega pentru a deservi necesităților industriale și respectiv o rețea de distribuție de circa 16 km și un castel de apă de 250 m<sup>3</sup>

În anul 1914 a fost înființată prima companie de servicii publice de alimentare cu apă din România, iar poziția de director general fiind ocupată de către Stan Vidrighin care

manageria 21 de salariați, dintre care doi meșteri specializați pe lucrări de apă-canal, 1 contabil, 1 casier, 6 tehnicieni și 2 ingineri. [80]

Necesitatea de apă potabilă și respectiv industrială a crescut gradual, conducând la creșterea numărului de angajați. Astfel, că în anul 1937 erau 363 de muncitori și respectiv 59 de funcționari, desfășurând activități de distribuție a apei, canalizarea și respectiv servicii de salubritate. Astfel rețeaua de distribuție avea o lungime de 134 km, rețeaua de apă industrială o lungime de 22 km, iar sistemul de canalizare avea o lungime de 95 km. [80]



**Fig.1.5.** Clădire ce adăpostește un grup de foraje, 1914, sursa Aquatim S.A[80]

Rețeaua de distribuție dată în folosință în 1914, era de tip ramificat, conductele magistrale nefiind în configurate de tip inel. Astfel pentru compensarea consumului maxim zilnic s-au construit două castele de apă pe capetele rețelei de distribuție.



**Fig. 1.6.** Lucrări pentru execuția rețelei de apă, 1914, sursa Aquatim S.A.[80]

Turnul de apă din zona Fabric a fost realizat în 1912, iar cel din zona Iosefin în 1914.

*„Apa era pompata din trei colonii mari de fântâni – de la Urseni și Giroc –, din fântânile forate la mare adâncime, și împinsă în centrala aflată la Ciarda Roșie; după eliminarea particulelor de fier și mangan, filtrate prin straturi de cărbune, este condusă, sub presiune, prin țevi subterane în părțile locuite ale orașului și împinsă până la cele mai înalte etaje ale caselor. Cele două rezervoare turn din Fabric și din Iosefin sunt în permanentă umplute, căci ele au rolul de a menține presiunea egală peste tot și de a aproviziona cu apă casele timp de 3-4 ore în caz de reparații sau alte evenimente neașteptate, când fântânile nu funcționează”. [36][80] (citat din contractul de execuție).*

Castelul de apă din zona Fabric era prevăzut cu un rezervor cu o capacitate de 500 mc de apă. Cel din Iosefin era realizat cu două rezervoare: unul superior, cu o capacitate de înmagazinare de 500 mc, având ca destinație stocarea apei potabile, și cel inferior, de 250 mc, cu scop industrial, iar rezerva industrială era asigurată din râul Bega.

În 1919 pentru prima dată în Timișoara s-a ales un primar român și anume Stan Vidrighin, care în tot decursul militase pentru unirea Transilvaniei și a Banatului cu România, fost deputat al marelui adunări naționale de la Alba Iulia și membru al marelui consiliu național.

Sub administrația Vidrighin s-a creat regia autonomă care administra activitățile de apă și canalizare, gaz, curent și tramvaiele, acesta structura fiind adoptată și de alte orașe.

În anul 1920, Stan Vidrighin împreună cu Traian Lalescu au inițiat demersurile pentru fondarea unei școli politehnice în Timișoara. Vidrighin sa adresat printr-un memoriu Ministerului Instrucțiunii și Cultelor: *„A argumenta necesitatea unei Politehnici în România este lucrul cel mai ușor. Fosta Ungariei, care avea o Politehnică de prim rang, simțea nevoia unei a doua politehnice (...) Timișoara este centru industrial. Are astăzi peste 60 de fabrici. În această privință nici un oraș din România mare nu i se poate asemăna. Timișoara deci, luată în sine, are un caracter per eminentiam de oraș industrial, are o viață economică dezvoltată și superioară altor orașe. Acestui fapt important i se adaugă și a cea calitate a Timișoarei, că este așezată într-un mediu în care e concentrat un număr remarcabil de exploatări și uzine, care toate gravitează spre acest oraș și își varsă produsele în brațele acestuia”. [36] Vidrighin, primar al orașului, a asigurat o*

suprafață de 8.5 hectare și respectiv suma de 3 milioane pentru realizarea construcției Politehnice. În 11.11.1920, Ferdinand regele semnează Decretul regal nr. 4822, privind fondarea Școlii Politehnice din Timișoara. Articolul 2 din acest decret prevede: „Se aprobă înființarea pe ziua de 15 Noiembrie 1920 a unei Școli Politehnice la Timișoara care va funcționa în conformitate cu dispozițiunile în vigoare”. [36] [80] La un an distanță, cu ocazia inaugurării școlii, regele Ferdinand rostește „Nu zidurile fac o școală, ci spiritul care domnește într-însa” [36], având efect marcant asupra celor prezenți, astfel încât afirmația a fost transmisă ca un slogan al instituției până în prezent. [80]

Stan Vidrighin, în 1923, s-a ocupat de organizare respectiv administrarea serviciilor de apă din capitală. În 1929, Stan Vidrighin a fost desemnat director general al poștelor și telecomunicațiilor, după care a condus regia autonomă a căilor ferate Române.

Extinderea stației Urseni s-a făcut etapizat, ca urmare a dezvoltării Timișoarei în perioada interbelică.

Prima extindere la 9.8 mc/zi s-a realizat în perioada 1925-1926, prin 6 foraje noi la grupurile 1 și 4 de fântâni, și trei foraje noi la grupul 3 de fântâni. Tot în acea perioadă se completează cu două filtre la deferezorul 1, ajungând la un total de zece filtre. În perioada anilor 1932-1934 se predă în exploatare și deferezorul 2.

În 1938 s-a dat în folosință forajul 5, echipat cu filtre de tip Randlich, din alamă, cu DN 300 cu o adâncime de 81 m. Forajul s-a echipat cu o pompa cu ax vertical, cu o capacitate de 1700 mc/zi, astfel evoluând capacitatea sursei la 21500 mc/zi. Tot în acea perioadă s-a dat în folosință și a doua aducțiune de 3.5 km.

În anul 1946 s-a executat un nou grup 6 de fântâni, în vecinătatea râului Timiș, echipat cu trei pompe, cu o adâncime cuprinsă între 81-86 m, cu coloană filtrantă DN 125. Capacitatea suplimentară a fost de 1000 mc/zi astfel rezultând o capacitate totală a sursei de 12500 mc/zi.

În 1916 s-a dat în exploatarea o noua stație de apă industrială care deservea scopurile industriale ale orașului.

Rețeaua de distribuție era întreținută și reparată, rețele de distribuție au funcționat decenii, fără a crea probleme majore. Un lucru deosebit pentru rețeaua de alimentare cu apă a orașului Timișoara au fost apometrele, care aveau rolul de a contoriza cantitatea de apă livrată consumatorului. Astfel contorizare prin intermediul apometrelor a fost prima din țară. Apometrele erau Meinecke și Pluvius și contorizau 3500 de consumatori.

#### **Uzina de apă 1 (în prezent Stația de tratare apă de adâncime Urseni)**

În scopul dezvoltării, în 1957 au fost construite alte două grupuri de fântâni, grupul 7, cu o adâncime de 63 m și o capacitate de 1500 mc/zi, și respectiv grupul de fântâni 9, cu o adâncime de 57 m și o capacitate de 900 mc/zi. [80]

S-au executat lucrări de întreținere și reparații privind înlocuirea coloanei filtrante și executarea de noi sonde în cadrul grupurilor de fântâni existente.

O provocare de succes a fost trecerea la frecvența de 50 Hz în cadrul uzinei și adaptarea prin soluție de rebobinare a celor două electromotoarele existente, rezultând o capacitate mai ridicată de pompare.

O altă realizare complementară procesului tehnologic, după darea în folosință a Uzinei nr. 2, a fost realizarea instalațiilor de post clorinare, realizate în vederea asigurării dezinfecției.

Între perioada 1985 și 1990, stația de tratare apă de adâncime s-a executat un nou front cu 40 de foraje, cu un debit total proiectat de 600 l/s, iar în 1992 s-a inaugurat punerea în funcțiune a unei noi stații de tratare.

## 1.6. Obiectivele tezei de doctorat

### Tema

Prezenta lucrare își propune să trateze aspecte referitoare la retehnologizarea și monitorizarea forajelor de mare adâncime destinate alimentării cu apă pentru activitățile umane și industriale din Municipiul Timișoara, și anume inventarierea forajelor cu aspectele specifice, monitorizarea forajelor de mare adâncime din punct de vedere cantitativ și respectiv calitativ într-un sistem centralizat de tip SCADA Sistem cu rolul urmăririi în timp a parametrilor calitativi cât și cantitativi și abordarea modelelor de simulare pe computere digitale ce oferă metode noi de analiză și predicție cu rezultate certe ce pot sta la baza unei decizii corecte în cea ce privește exploatarea rațională și protecția sursei de apă subterană .

Rezultatele cercetării pot avea aplicabilitate pentru Administrația Națională – Apele Române, operatori de apă și diverse domenii conexe cu resursele subterane de apă, acestea din urmă reprezentând inițiative promițătoare care se înscriu în dinamica permanentă a două domenii de larg interes: utilitatea umană de bază - apa și cel al tehnologiei informației și comunicațiilor.

### Motivație

Dezvoltarea accelerată a Municipiului Timișoara și a localităților periurbane constituie o provocare și respectiv o obligație a operatorilor de apă și a autorităților de a asigura serviciile de bază atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ, astfel trebuie prevăzute deschideri de noi orizonturi și oportunități, cercetătorii din această sferă de activitate adaptându-și inițiativele și obiectivele în scopul alinierii la cele mai noi descoperiri din aceste domenii.

Ca urmare a avansului tehnologic pentru monitorizarea forajelor, achiziția, stocarea și diseminarea unor volume de date au devenit facile pentru alegerea optimă a reabilitării respectiv optimizării forajelor destinate alimentării cu apă și respectiv costuri aferente.

În acest context, lucrarea de față analizează principalele metode de retehnologizare, întreținerea și monitorizare a forajelor destinate alimentării cu apă și elaborarea unui model hidroinformatic ca instrument de analiză și predicție pentru exploatarea rațională și protecția sursei de apă.

Sunt descrise unele metode referitoare la aspectele de implementare.

### Obiective

Obiectivul fundamental al lucrării constă în definirea unui *cadru original pentru retehnologizarea forajelor și integrarea unui sistem de monitorizare foraje prin SCADA Sistem respectiv realizarea unui model hidroinformatic ca instrument de analiză și predicție.*

Prin prisma apartenenței sale la sfera resurselor de ape subterane, lucrarea vizează, de asemenea, îndeplinirea următoarelor obiective specifice:

- prezentarea contextului actual și perspectivele privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană pe plan mondial, european și în România;
- studiul resurselor de apă subterane pe aria de discretizare aleasă
- propuneri și soluții de rețehnologizare și modernizare a forajelor prin cele mai bune practici ingineresti;
- monitorizarea și controlul forajelor destinate alimentării cu apă prin sisteme informatice de tip SCADA
- schematizarea hidrostructurilor prin concepte privind aplicarea modelării asistate de calculator pentru aria de discretizare aleasă.
- considerente de smart SCADA

Pentru atingerea acestor *obiective* se are în vedere utilizarea unor aplicații specifice, pentru achiziția, stocarea, managementul și diseminarea datelor, informațiilor. Unelte excelente oferite de această tehnologie, iar comunitatea științifică și inginerescă, în special.

Rezultatele cercetării ar trebui să conducă atât la alegerea unei soluții de optimizare structurală, funcțională și informatizată a forajelor destinate alimentării cu apă a Municipiului Timișoara, cât și la elaborarea unui model hidroinformatic ca instrument de analiză și predicție pentru exploatarea rațională și protecția sursei de apă.

#### **Structura lucrării**

În vederea îndeplinirii obiectivelor propuse, teza a fost structurată în capitole, fiecare cuprinzând mai multe subcapitole.

Primul capitol este destinat aspectelor introductive cu caracter general, temei, motivației și obiectivelor lucrării, prezentării structurii lucrării și evidențierii unor soluții de implementare.

Capitolul 2 conturează aspecte teoretice privind captările și curgerile straturilor subterane.

În capitolul 3 s-a prezentat sintetic regiunea de vest Timiș și municipiul Timișoara respectiv situația actuală a sistemelor de alimentare cu apă a municipiului Timișoara și periurbanității prin prisma operatorului regional de apă – canal AQUATIM S.A.

Al patrulea capitol este destinat managementului exploatarei și întreținerii ale domeniului abordat a forajelor destinate alimentării cu apă.

Capitolul al cincilea tratează problematica reprezentării conceptelor de modernizare și automatizarea prin elemente smart esențiale domeniului abordat.

În capitolul 6 sunt prezentate aspecte referitoare la cercetările întreprinse în domeniul reprezentării și managementului cunoașterii.

În încheierea lucrării este prezentat un capitol dedicat contribuțiilor și concluziilor.

#### **Aplicabilitate**

Aplicațiile în domeniul resurselor subterane de apă pot lua diverse forme: sisteme de alimentare cu apă, sisteme de irigare, rezerve de apă, surse strategice, în scopul alimentării cu apă pentru necesitatea umană, activități industriale, agricultura, etc. Aplicațiile de prim rang ale activității de cercetare îmbină eficient elemente și metode specifice ingineresti de automatizare și informatică cu cele din domeniul studiului resurselor subterane de apă în scopul îmbunătățirii monitorizării forajelor pentru asigurarea din punct de vedere cantitativ și calitativ și respectiv protecția sursei de apă.



Teoriile enunțate de autorul lucrării au constituit baza cercetării care vizează monitorizarea și optimizarea forajelor de mare adâncime destinate alimentării cu apă a Municipiului Timișoara și prezentarea rezultatului într-o formă adecvată prin intermediul unor interfețe automatizate de tip SCADA Sistem și respectiv aplicație specifică de monitorizare a forajelor.

## **CAPITOLUL II.**

### **ASPECTE TEORETICE PRIVIND CAPTĂRILE ȘI CURGERILE STRATURILOR SUBTERANE**

Evaluarea stării calitative și cantitative a unui corp de apă subterană, reprezintă o provocare majoră, deoarece aplicarea unor metode de analiză și evaluare a stării apelor, conform prevederilor directivei cadru, la nivel național încă necesită timp pentru a deveni tradiție. Pentru a putea oferi soluții practice, este necesar să se cunoască aspectele teoretice care fundamentează problematicile temei de cercetare privind captările și curgerile subterane. [64]

#### **2.1. Reprezentarea cunoașterii captărilor straturilor subterane**

Studiile hidrogeologice, hidrochimice și topografice sunt necesare proiectării lucrărilor de alimentare cu apă din surse subterane. În prealabil este necesar: poziția geografică a consumatorului, debitul ce trebuie asigurat și respectiv calitatea apei reprezentând tema studiului.

Studiile hidrogeologice sunt menite să stabilească elemente de geologie principale ale bazinului de alimentare cu apă, compoziția granulometrică și respectiv porozitatea efectivă a stratului acvifer. Realizarea studiilor hidrogeologice se realizează prin foraje de studiu. În prezent există metoda modernă care să stabilească structura geologică prin carotaj electric, iar în baza informațiilor constatate executarea forajelor numite foraje explorare – exploatare care ulterior după perioada destinată studiului se echipează ca și foraje definitive.

Studiile hidrogeologice cu foraje de studiu în care sunt realizate pompări experimentale cu foraje de observație atât cu un foraj cât și simultan cu alte foraje din vecinătate pentru a determina influența între foraje, astfel se poate determina mărimea debitului unei captări de apă subterană și respectiv caracteristicile:

- coeficientul de permeabilitate
- grosimea stratului de apă
- panta piezometrică a stratului
- coeficientul de porozitate efectivă

##### **2.1.1. Clasificarea captărilor apelor subterane**

Elementele constructive specifice captărilor apelor subterane pot fi clasificate după direcția dispozitivului de captare în:

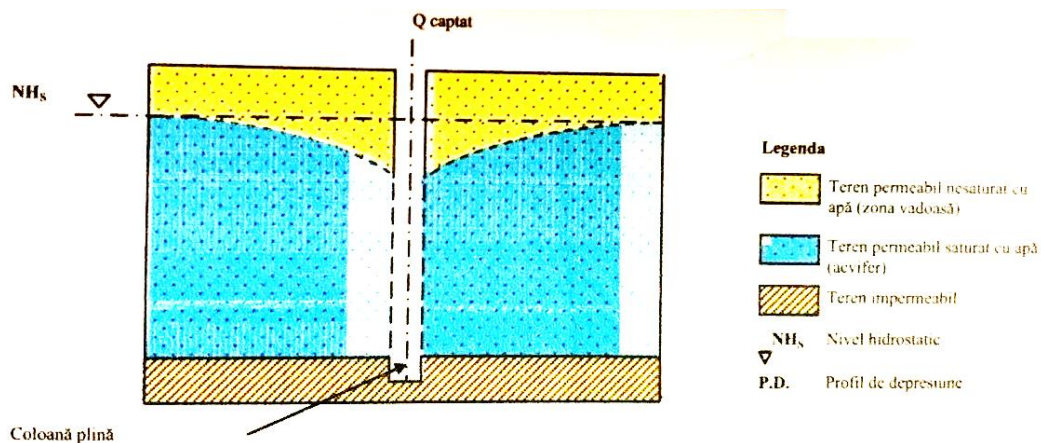
- captări verticale: puțuri
  - captări orizontale – drenuri sau galerii
- Tipul constructiv de captare se realizează după următoarele considerente:
- debitul ce necesită captat
  - caracteristicile stratului acvifer
  - considerente tehnico-economice

De regula captările verticale se realizează la strate acvifere situate la adâncimi mari și grosime mare a stratului acvifer. Captările de tip orizontal se practică la adâncimi relativi mici ale stratului acvifer sub 7-8 m și grosimi reduse ale stratului sub 2-3 m. În cazul captărilor de tip vertical elementul de baza îl reprezintă puțul. După tipul construcției puțurile pot fi :

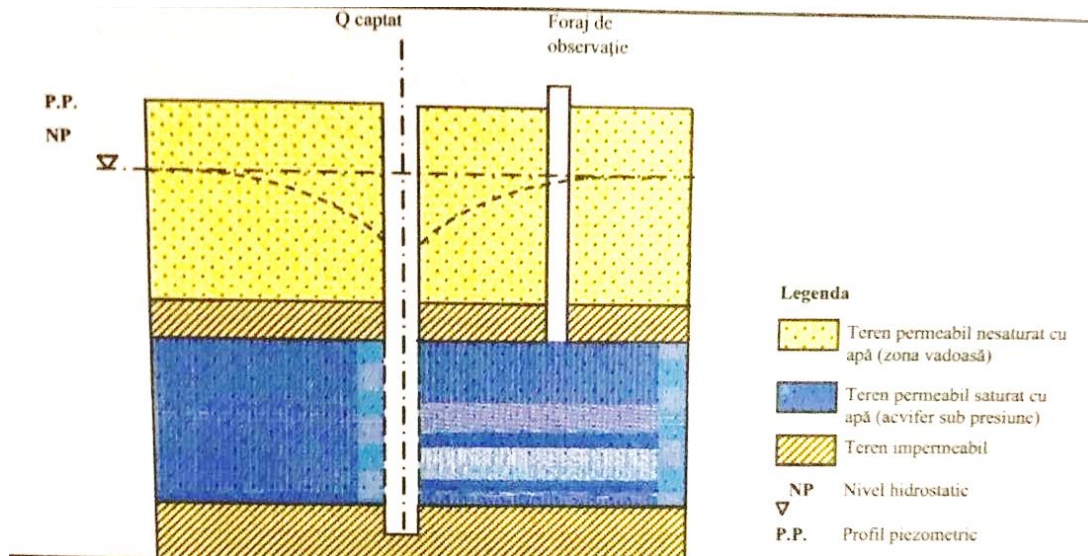
- săpate – de forma rotunda în plan, pot dispune de diametru interior mare mai mult de 1.5 m sau între 0.8 – 1.5 m – acestea fiind folosite la alimentari cu apa centralizate sau cu diametru sub 0.8 m folosite la consumatori izolați.
- forate realizate din coloane tubulare cu diametre de 0.1-1.5 m
- înfipte pentru debite mici cu diametre între 0.02 – 0.06 m

În cazul captărilor orizontale elementul de baza îl reprezintă drenul respectiv galeria. După modul de construcție drenurile sau galeriile pot fi:

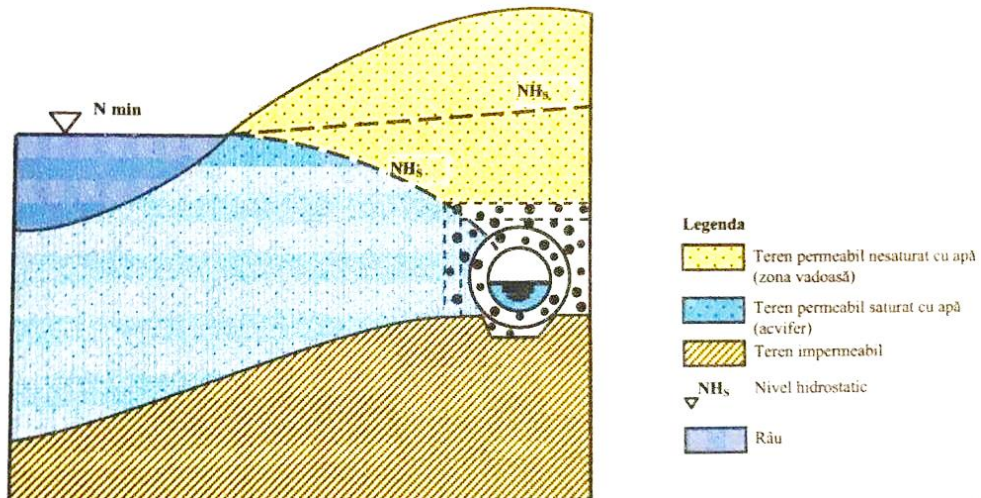
- interceptoare – dacă sunt realizate perpendicular sau oblic pe direcția curentului subteran
- radiale dacă converg din mai multe direcții spre camera colectoare central

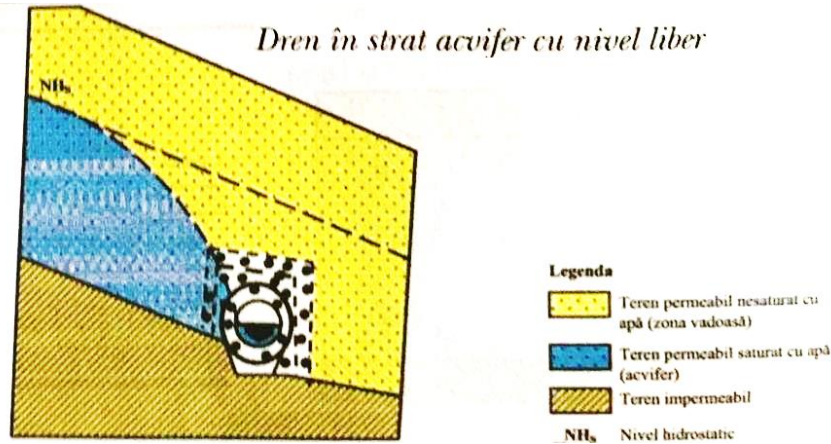


**Fig.2.1.** Foraj pentru acvifer cu nivel liber



Drenurile sunt construcții nevizitabile, iar galeriile fiind vizitabile.





**Fig.2.4.** Dren în strat acvifer cu nivel liber

### 2.1.2. Captarea prin puțuri

Proiectarea și execuția foraje se realizează în etape după cum urmează: alegerea unei platforme pentru instalații, instalațiile de alimentare pentru exploatarea permanentă, modul de forare și tipurile de mașini de foraj.

Stabilirea capacității forajului funcție de construcția aleasă și condițiile hidrografice, numărul sondelor de rezervă și distanța dintre ele. Se determină interdependența dintre sonde și tipul de filtrare folosit. Se alege tipul de sondă și respectiv piesa de cap. Se întocmesc specificațiile de forare, pompare apei și punerea în exploatare, unde este cazul se organizează o supraveghere permanentă a evaluărilor schimbări de debit și de calitate a apei.

Locul de forare a puțului se realizează conform rezultatelor cercetărilor hidrogeologice. Se delimitează un perimetru de protecție sanitară unde este exclusă posibilitatea de degradare a calității apei.

Afluența de apă depinde de tipul de zăcământ cu sau fără presiune, de tipul forajului numărul de foraje și respectiv interdependența dintre foraje.[55]

Apele subterane care au în componență o zonă superioară deschisă numită oglinda apei subterane sunt acvifere fără presiune, iar straturile acvifere ascunse care sunt sub oarecare presiune sunt acvifere cu presiune. Forajul care deschide întregul acvifer se numește total, iar cel care deschide numai o zonă – parțial. La forajele parțiale se disting două tipuri și anume după gradul de deschidere al stratului care depinde de lungimea sondei și capacitatea stratului acvifer și se distinge și după caracterul deschiderii care depinde de construcția filtrului montat în sondă.

Debitul forajului se stabilește după relația lui Dupuis după cum urmează

$$Q = \frac{2.73 \cdot K_f \cdot m \cdot S}{lg \frac{R}{r}} = q_{sp} \cdot S \quad (1)$$

unde:

$m$  - reprezintă panta specifică corespunzătoare

$K_f$  - coeficientul de filtrare (m/zi) al stratului acvifer

$r$  - raza forajului (m)

$R$  - raza de acțiune a forajului (m)

$S = H_{st} - H_{dim}$  - scăderea nivelului static al apei prin pomparea consumului  $Q$  (m<sup>3</sup>)

- denivelarea

$H_{st}$  și  $H_{dim}$  - valorile hidrostatice și hidrodinamice ale apei în foraj (m)

$q_{sp}$  - debitul specific al forajului la nivelul static de 1 m

Valorile  $m$ ,  $K_f$  și  $R$  se stabilesc prin cercetări hidrogeologice. Debitul specific al forajului se determină prin pompări experimentale.

Se constată că debitul de apă din foraj este proporțional cu scăderea nivelului hidrostatic  $S$ . Cu cât este mai mare nivelul hidrostatic cu atât debitul forajului este mai mare rezultând un necesar de foraje mai mic și un preț de captare mai mic. Cu cât crește debitul forajului crește respectiv înălțimea de pompare și de altfel și costul de energie.

În cazul forajului parțial alimentat cu ape sub presiune debitul de apă se stabilește după relația:

$$Q = \frac{2.73 \cdot K_f \cdot m \cdot S}{l g_r^{0.43} \xi} = K \cdot q_{sp} \cdot S [m^3 / zi] \quad (2)$$

unde:

$K$  - coeficientul scăderii debitului specific al forajului ca urmare a faptului că este incomplet

$\xi$  - rezistența la filtrare, condiționată de forajul parțial

Este importantă în acest caz pierderea de presiune în filtru și coloana de presiune a forajului.

La deplasările apei în acvifer și respectiv mișcarea acestuia către orificiile de alimentare, au loc pierderi de presiune care duc la o scădere a nivelului apei în foraj, aspect care necesită luat în considerare la stabilirea adâncimii de pompare și a productivității forajului.

Pierderile de presiune în filtru se stabilesc după relația:

$$\Delta S = \frac{Q_z \cdot \eta_\phi}{6.28 \cdot K_\phi \cdot m} [m] \quad (3)$$

unde:

$Q_{zi}$  - debitul de apă din foraj

$\eta_\phi$  - rezistența la filtrare care depinde de tipul de construcție a filtrului și caracteristicile straturilor acvifere

Pierderile de presiune de pe zona dintre electromotor și coloana de exploatare se stabilesc după relația:

$$\Delta h = \frac{0.04 \cdot l_e \cdot 0.3(D_c - D_e)}{12.1 \cdot (D_c - D_e)^2 \cdot (D_c - D_e)^3} \cdot Q [m] \quad (4)$$

unde:

$l_e$  - lungimea electromotorului (m)

$D_c$  - diametrul interior al coloanei de exploatare (m)

$D_e$  - diametrul electromotorului (m)

$Q$  - debitul de apa din foraj (l/s)

Alt caz îl reprezintă cel al forajelor complete care se alimentează din straturi de acvifere fără presiune. Pentru stabilirea mișcării apelor subterane debitul din forajele complete fără presiune se folosește relația:

$$Q = \frac{1.36 \cdot Kf \cdot (2H - S) \cdot S}{\lg \frac{R}{r}} [m^3 / zi] \quad (5)$$

Graficul funcție  $Q = f(s)$  reprezintă o parabolă pătratică. Forajul incomplet alimentat din strat de apa fără presiune, impune o scădere a debitului ca rezultat a unor frânări suplimentare de filtrare, la ieșirea apei din strat.

Debitul forajului incomplet, alimentat din strate de apa fără presiune se stabilește după relația:

$$Q = \frac{1.36 \cdot Kf \cdot (2H - S) \cdot S}{\lg \frac{R}{r} \cdot 0.43\xi} [m^3 / zi] \quad (6)$$

Debitul optim al uni foraj care este în dependență de celelalte va fi mai mic decât al același foraj care ar funcționa independent. Gradul de influențare al forajelor depinde de distanța dintre ele și respectiv caracteristicile stratului acvifer și cantitatea de apă extrasă.

La forajele interdependente în cazul pompări în fiecare dintre foraje are loc scăderea nivelului care poarta denumirea de cădere de nivel în forajul de referință, ca urmare a pompării în cele învecinate. Acest fapt duce la scăderea debitului forajelor comparativ cu cazul în care lucrează independent, pana la mărimea:

$$Q^1 = \beta_a = \beta \cdot S \cdot q_{sp} [m^3 / zi] \quad (7)$$

unde:

$\beta$  - este coeficientul de scadere a debitului forajului ca urmare a dependintei de celelalte foraje

Pentru forajele de apă din straturi subpresiune mărimea coeficientului  $\beta$  se stabilește după relația:

$$\beta = \frac{s}{s+\Delta s} \quad (8)$$

unde:

$\Delta s$  - reprezintă scăderea nivelului apei ca urmare a pompării în forajele învecinate (m).

Valoarea scăderii de nivel se determină prin pompării experimentale, cât și coeficientul  $\beta$ , se realizează pe rând la fiecare foraj unul fiind considerat experimental iar celelalte foraje de supraveghere.

Numărul forajelor necesare se determină în funcție de debitul de apă  $Q_a$  - calculat pentru sistemul de alimentare cu apă și respectiv debitul posibil al unui foraj  $Q_f$  determinat cu relația:

$$Q_f = S_{\text{posibil}} \cdot q_{sp} \quad (9)$$

$q_{sp}$  - se va stabili având în vedere micșorarea lui ca efect a interdependenței din foraje.

Mărimea scăderii posibile a nivelului static depinde de înălțimea coloanei de apă. Pentru o sonda dotată cu filtru, sunt orientativ valori:

$$H_a \geq 2\text{m și } S_{\text{posibil}} = (0.2 \div 0.3)H_a \text{ m} \quad (10)$$

La cele fără filtru sau la exploatarea structurilor fără presiune :  $S_{\text{posibil}} = (0.75 \div 1)H_a \text{ m} \quad (11)$ .

Numărul de foraje se stabilește prin relația :

$$N_{\text{lucru}} = \frac{Q_a}{Q_f} \quad (12), \text{ rezultatul obținut se rotunjește la valoare superioară întreagă.}$$

**Tabel 2.1.** Distanțele optime între foraje sunt în funcție de tipul solului.

Natura terenului acvifer	Capacitate foraj		
	până la 20	20-100	100-500
Sol nisipos:			
-granule mici	50	50-70	70-100
-granule mijloci	70-100	100-120	120-150
-granule mari	100-120	120-150	150-200
Sol cu pietriș în format	120-150	150-200	200-250

Pompele forajelor se aleg după debitul forajului  $Q_f$  și presiune -  $H_l$  - necesară și se calculează după relația:

$$H_l = H_{st} + S_p + \sum h \quad (13)$$

unde :

$H_{st}$  - este înălțimea geometrică a nivelului apei, calculată de la nivelul static ( $Z_{st}$ ) al apei din foraj, până la nivelul apei din rezervorul în care este introdusă ( $Z_r$ )



$$H_{st} = Z_r - Z_{st} \quad (14)$$

$S_p$  - denivelarea produsă în foraj la debitul de pompare  $Q_f$ , se determină:

$$S_p = \frac{Q_f}{q_{sp}} \quad (15)$$

$\sum h$  - suma pierderilor de sarcină pe linia apei, de la stratul acvifer, până la rezervor  
Calculul debitului de apă care este pompat din foraj se determină după relația:

$$Q_f = \frac{Q_{oramax}}{n_l} \quad [m^3/zi] \quad (16)$$

$n_l$  - numărul forajelor în funcție

$Q_{oramax}$  - debitul maxim orar necesar.

## 2.2. Reprezentarea cunoașterii curgerii apelor subterane

### 2.2.1. Prezentarea generală a sistemului acvifer. Abordare teoretică

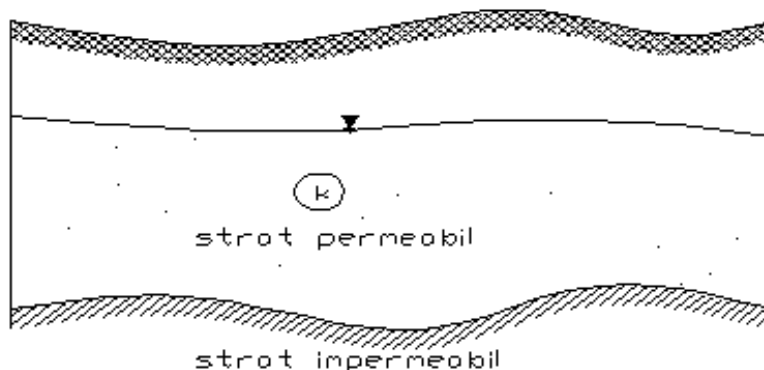
În general, prin mediu poros se înțelege un mediu fizic (material) constituit din mai multe faze: o fază solidă, care prezintă goluri numite pori, care alcătuiesc o rețea complexă de tuburi de diverse forme geometrice, dimensiuni, lungimi, trasee, rețea ce poate fi ocupată de o fază gazoasă (aer), respectiv de o fază lichidă (în principal apă).

Se numesc acvifere, straturile subterane cu o anumită stratificație ce permit transferul, înmagazinarea și cedarea apei acumulate.[23]

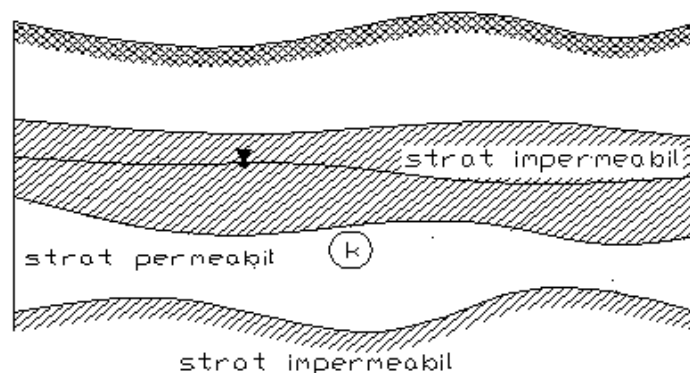
Există multiple clasificări ale acviferelor, cea mai elocventă fiind cea care are ca și criteriu de clasificare : presiunea apei subterane la nivelul superior.

În acest sens, există acvifere freatice sau cu nivel liber, care sunt primele straturi întâlnite de la suprafață pământului. Zonarea lor și reprezentarea grafică într-un plan orizontal, în funcție de adâncime se face cu ajutorul izofreatelor. [26][28]

Acviferele în care presiunea apei este superioară presiunii atmosferice se numesc acvifere sub presiune sau captive. În funcție de adâncimea la care se întâlnesc acviferele sub presiune pot fi de medie adâncime (15-120 m) sau de mare adâncime (> 120 m). Reprezentarea schematică a celor două tipuri de acvifere este arătată în figurile nr. 2.5. și nr. 2.6.



**Fig.2.5.** Exemplu acvifer cu nivel liber



**Fig.2.6.** Exemplu acvifer sub presiune

În cazul acviferelor, definite mai sus, considerate ca medii poroase, faza solidă este reprezentată de particule solide ce au o anumită textură (compoziție granulometrică) dispuse aleator: argilă, prafuri, marne, nisipuri, pietrișuri, bolovănișuri. Clasificarea acestora poate fi făcută în mod diferit din punctul de vedere al diferitelor discipline tehnice: mecanica rocilor, hidrologia și hidrogeologia, geotehnica respectiv pedologia.[66]

Mișcarea fazei lichide (a apei), în rețeaua de goluri, are loc sub acțiunea forței de gravitație. Caracteristicile mediului poros, din punctul de vedere al hidraulicii subterane sunt: porozitatea, porozitatea efectivă, permeabilitatea, respectiv tortuozitatea.

Totalitatea golurilor existente în mediul poros îi corespunde **porozitatea medie** absolută, iar a golurilor interconectate le corespunde **porozitatea efectivă**.

Adoptând spațiul euclidian tridimensional IR<sup>3</sup> ca model de reprezentare spațială pentru mediul poros, într-un volum spațial arbitrar V, porozitățile medii mai sus amintite se pot defini matematic astfel:

$$m = \frac{V_g}{V} \quad (17);$$

$$m_e = \frac{V_e}{V} \quad (18)$$

unde:

m, porozitatea medie absolută, adimensională  
me, porozitatea medie efectivă, adimensională  
Vg, volumul golurilor,  
Ve, volumul golurilor interconectate,  
V, volumul total ocupat de mediul poros,

Pentru un anumit tip de mediu poros, porozitatea este dependentă de o mulțime de factori, dintre care cel mai important este textura (compoziția granulometrică) și modul de așezare a elementelor ce alcătuiesc scheletul solid, ceea ce definește structura.

Valorile porozităților absolute și efective pentru diverse compoziții granulometrice se determină în laborator.

**Permeabilitatea** este proprietatea mediului poros de a permite mișcarea fluidelor prin rețeaua de goluri interconectate, sub acțiunea forței gravitaționale. Ea se evaluează prin coeficientul de permeabilitate. [25]

Permeabilitatea se determină prin **coeficientului de permeabilitate** (Kp):

$$K_p = Cd^2 \quad (19)$$

în care:

C coeficient în funcție de forma, adimensional  
d diametrul particulelor

Coeficientul de permeabilitate (Kp) se exprimă în cm<sup>2</sup>, m<sup>2</sup> sau în Darcy (1 darcy = 9,87x10<sup>-9</sup> cm<sup>2</sup>).

Permeabilitatea este o mărime fizică care în cazul curgerii apei în subteran este practic imposibil de determinat în întreg volumul unui acvifer. Astfel în cazul acviferelor se folosește parametrul determinat experimental numit (K) **coeficient de filtrație** și care pentru o coloană filtrantă este de forma:

$$k = \frac{V}{I} \quad (20)$$

unde:

k - coeficientul de filtrație  
V - viteza de filtrație  
I - gradientul hidraulic, adimensional

Viteza de filtrație definită la rândul ei prin relația:

$$V = \frac{Q}{A}, \quad (21)$$

unde:

Q- debitul ce curge prin coloana de fluid

A – aria totală

Aceste mărimi fizice caracteristice introduse inițial, pe bază experimentală, vor fi în continuare, în paragraful următor redefinite pentru un model de mediu continuu, al mediului poros.

### 2.2.2. Bazele matematice ale modelării mișcării fluidelor în medii poroase

În cazul studiului hidraulicii subterane din motive de imposibilitate de determinare a tuturor parametrilor fizici ce sunt necesari pentru a descrie fără echivoc mișcarea particulelor materiale s-au adoptat câteva ipoteze generalizatoare, verificate experimental, ce conduc la simplificarea ecuațiilor ce descriu mediul poros și fluidul de lucru astfel:

- fluidul ce se deplasează în mediul poros numit fluid liber se consideră incompresibil și doar în fază lichidă
- mediul poros se consideră rigid, nedeformabil și structurat astfel încât permite curgerea
- regimul de mișcare în pori este laminar, caracterizat prin numere Reynolds mici ( $Re=3-6$ ).

Pentru studiul curgerii apei în mediul subteran se renunță la legile generale ale hidrodinamicii și se adoptă modelul de **mediu continuu** care pe de o parte ține seama de structura reală a porozității dar care prin introducerea conceptului de **Volum-Elementar-Repzentativ**, face să nu mai fie necesară cunoașterea exactă a geometriei porozității considerate ca tuburi de curent. [49]

### 2.2.3. Ecuațiile fundamentale ale mișcării fluidelor prin mediul poros

Pe baza introducerii conceptului de mediu continuu, prezentat anterior, pentru modelarea mișcării fluidelor în mediul poros, se consideră ecuațiile fundamentale ce descriu mișcarea particulei. [46]

#### 2.2.3.1. Ecuația de continuitate

Din principiul conservării masei prin aplicarea formei a treia a transportului, se obține ecuația de continuitate în forma globală:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho m_e dV + \int_S \rho m_e \vec{n} \cdot \vec{v} dS = 0 \quad (22)$$

respectiv în forma locală, se obține prin aplicarea formei a doua, a aceluiași principiu:

$$\int_V \left[ \frac{\partial(\rho m_e)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho m_e \vec{u}) \right] dV = 0 \quad (23)$$

rezultă lema integralei nule :

$$\frac{\partial(\rho m_e)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \cdot m_e \cdot \vec{u}) = 0 \quad (24)$$

forma locală, pentru ecuația de continuitate.

### 2.2.3.2. Ecuația transferului impulsului

Ecuația transferului impulsului, forma globală, se obține pe baza principiului conservării impulsului, transformând primul termen cu ajutorul teoremei transportului și ținând cont de ecuațiile constitutive:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \cdot m_e \vec{v} dV = \int_V \rho m_e \vec{g} dV - \int_S p m_e \vec{n} dV - \int_S p \frac{\vec{v}}{m_e} \vec{n} \cdot \vec{v} dS - \int_V \rho \cdot m_e \cdot \lambda \cdot \vec{v} \cdot dV \quad (25)$$

Se obține, transformând integrala de suprafață, în integrală de volum, și prin aplicarea lemei integralei nule și cunoscând viteza de filtrație.

$$\text{Viteza de filtrație: } \vec{v} = m_e \vec{u} \quad (26)$$

- ecuația generală a mișcării fluidului prin medii poroase sub formă locală este:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \frac{1}{m_e} (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \nabla (\vec{g} z + \frac{p}{\rho}) + \lambda \vec{v} = 0 \quad (27)$$

### 2.2.3.3. Ecuația transferului energiei

Ca și în cazul ecuației de continuitate și aici pentru a obține forma globală a ecuației transferului energiei, se fac o serie de transformări matematice, folosind la bază, principiul conservării energiei. [28]

Astfel, pentru primul termen din principiul conservării energiei, prin aplicarea teoremei transportului, pentru derivata energiei cinetice și în baza ecuației de continuitate, se poate scrie:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho m_e \frac{u^2}{2} dV = \int_V p m_e \vec{u} \frac{d\vec{u}}{dt} dV \quad (28)$$

rezultând astfel:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho m_e \frac{u^2}{2} dV = \int_V \vec{v} \rho \vec{g} dV - \int_S \vec{n} \cdot \vec{v} p \vec{g} dS + \int_V \rho \vec{v} \vec{f}_r dV \quad (29)$$

ceea ce conduce la exprimarea derivatei energiei interne de forma:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho m_e e_i dv = 0 \quad (30)$$

În ecuația (13) transformând primul termen, pe baza teoremei transportului și pe baza ecuațiilor constitutive se obține forma globală a transferului energiei:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \frac{v^2}{2m_e} dV = - \int_S \rho \vec{n} \cdot \vec{v} \left[ \frac{v^2}{2} + gz + \frac{p}{\rho} \right] dS + \int_V \rho \vec{v} \cdot \vec{f}_r dV \quad (31)$$

#### 2.2.3.4. Legea lui Darcy

Rezultatele experimentale obținute de Darcy, au avut ca și caz particular curgerea fluidelor prin mediul poros mărginit de un tub de curent rigid. Pentru a utiliza legea lui Darcy, în domeniul de curgere de formă oarecare (cazul acviferelor), este necesară o formă diferențială (locală) a acestei legi. [79]

În baza observației că: pentru un tub de curent, viteza de filtrație este paralelă cu elementul de linie  $d\vec{l}$ , iar curgerea are loc în sensul descreșterii sarcinii, se poate scrie o primă formă diferențială:

$$v = -k \frac{dh}{dl} \quad (32)$$

Pentru un tub de curent, ce permite o mișcare tridimensională, având sistemul de referință ortogonal cu axa Oz orientată după verticala ascendentă, legea lui Darcy se poate generaliza în continuare sub forma:

$$\vec{v} = -k \nabla h \quad (33)$$

cu  $h$  reprezentând sarcina de poziție și de presiune:

$$h = \frac{p}{\rho g} + z \quad (34)$$

Mișcarea tridimensională presupune, existența a trei componente ale vitezei de filtrație de forma:

$$v_x = -k \frac{\partial h}{\partial x}; \quad v_y = -k \frac{\partial h}{\partial y}; \quad v_z = -k \frac{\partial h}{\partial z}; \quad (35)$$

### 2.3. Modelarea curgerii subterane prin intermediul instrumentelor hidroinformatic. Prezentare generală

Sistemul informațional reprezintă un ansamblu de resurse umane, echipamente hardware și software capabile să furnizeze informații active sistemului decizional.

Sistemul informatic este parte a sistemului informațional, care cuprinde colectarea respectiv prelucrarea și transmiterea datelor și informațiilor din sistemul informațional. Sistemul Informatic este un sistem în cadrul căruia se culeg, prelucrează, analizează și se înregistrează date și informații despre aria discretizată prin prisma elementelor disponibile, pe care le poate reda în mod automat, în format grafic sau sub forma de documente specifice sistemului informatic discretizat.

Aceste date și informații însă, trebuie referite spațial pentru ca toate studiile și analizele furnizate beneficiarilor să reflecte realitatea și să fie precis localizate.

### **2.3.1. Sistem Informatic**

Dezvoltarea accelerată a societății a condus la un volum de informații tot mai amplu astfel sistemele informatice sunt în scopul de a rezolva aspectele dintre creșterea volumului de informații și necesitatea de informații.

Sistemele informatice sunt folosite în contextul gestionării, organizării, stocării, accesului, manipulării și sintetizării în contextul aplicării cunoștințelor pentru soluționarea problemelor. Reprezintă un ansamblu de elemente interconectate relaționând în scopul realizării unui obiectiv. Ansamblul de elemente specifice sistemului informațional îl reprezintă informațiile, sursele, canalele de circulație și nivelele consumatoare respectiv procedurile.

### **2.3.2. Instrumente hidroinformatică avansate**

Curgerile de apă subterană în general sunt complexe. În scopul protejării surselor de apă subterană, este important să se dispună de informații cât mai detaliate precum modul de curgere fel în care se realizează drenajul în scopul anticipării potențialului de contaminare respectiv capacitatea de răspândirea a contaminanților. În scopul exploatarea durabile a resurselor de apă este necesar cunoașterea comportamentul stratului acvifer, a vitezei de curgere, precum și capacitatea de acumulare respectiv permeabilitatea acestuia. Astfel modelarea respectiv simularea curgerii apei subterane, poate reproduce fidel informații de interes.

Software-urile informatice avansate pentru modelare hidroinformatică au capacitatea de a ne permite să determinăm viteze de curgere a apei și probabilități de simulare a riscurilor de poluare, a corpurilor de apă.

Pe baza datelor colectate din teren, se pot crea modele numerice cu mai multe substraturi care pot reprezenta situația hidrogeologică sau după caz barierele sau sistemele de drenaj respectiv alimentare. Evaluând datele de intrare și informații precum precipitațiile, infiltrația apei, se poate realiza o reprezentare fidelă a scurgerii subterane.

Programele informatice avansate de modelare hidroinformatică sunt instrumente care ne permit să simulăm diferite scenarii de curgere a apei. Populând cu informații concrete referitoare la captări, drenaj, se poate anticipa migrare de contaminanți către acvifere și respectiv alte scenarii pentru evaluarea potențialelor riscuri.

Întrebunțările potențiale ale modelărilor sunt nelimitate. Informațiile generate de modelări își pot găsi utilitatea în stabilirea planurilor de protejare a acviferelor, respectiv sursă de informații în scopul proiectărilor pentru lucrări de extindere a sursei de apă sau respectiv exploatarea rațională din punct de vedere al durabilității.

Programele informatice avansate de modelare hidroinformatică care fac obiectul tezei de doctorat ale autorului sunt disponibilizate de către Universitatea Politehnica Timișoara și anume Mike 11[119] – modulul FeFlow[120] și respectiv PMWIN (Processing MODFLOW for Windows)[102].

### 2.3.2.1. Program informatic FEFLOW

**Program informatic FEFLOW**[120] este un pachet software profesionist pentru modelarea curgeri subterane și transportul elementelor dizolvate și / sau a proceselor de transport termic în subteran. Oferă funcționalitate pre și post procesare, un motor de simulare eficient, dezvoltând o interfață grafică prietenoasă care permite accesul facil la opțiunile avansate de modelare. Feflow este utilizat de institute de cercetare de vârf, universități, firme de consultanță și organizații guvernamentale din întreaga lume. Domeniul său de aplicare variază de la simulări simple la scară largă la complexe pe scară largă.

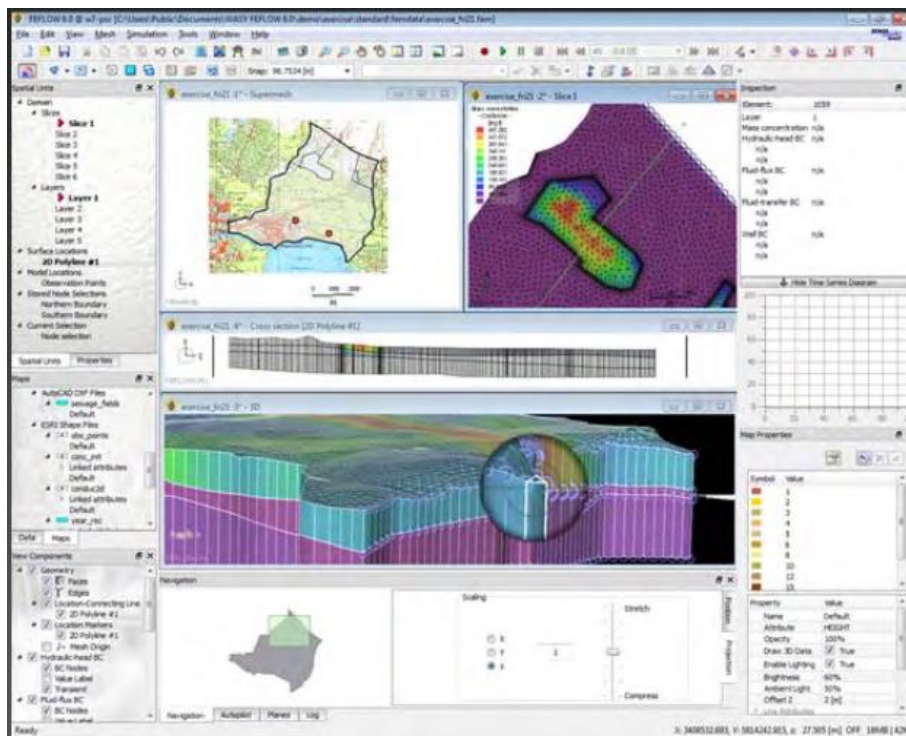


Fig.2.7 Exemplu model Feflow [120]



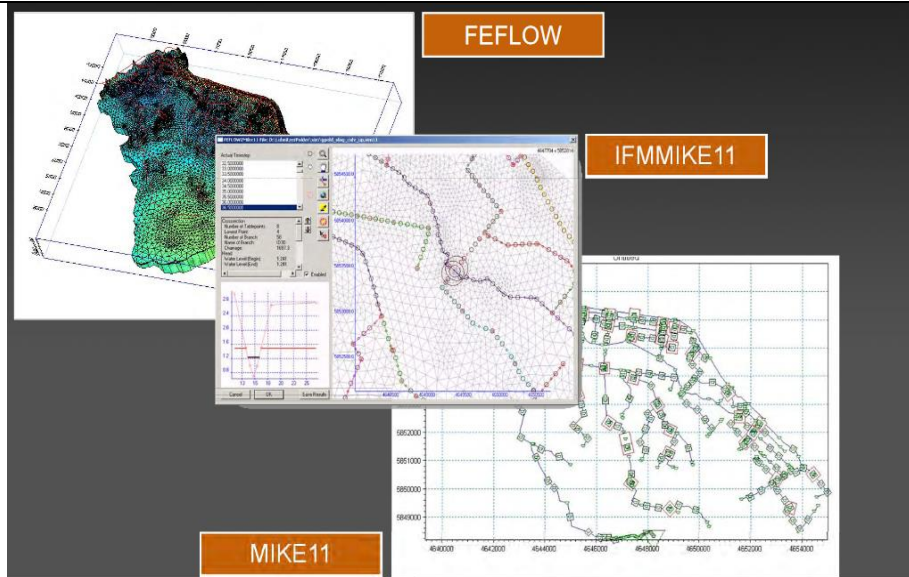


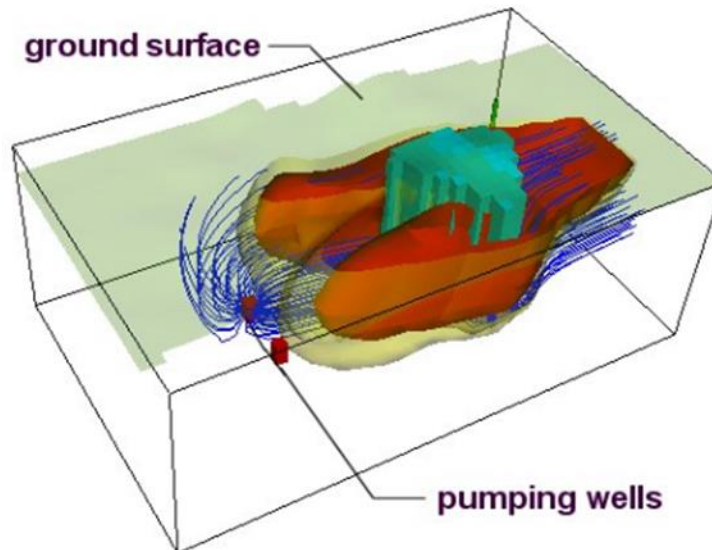
Fig.2.8 Exemple module Mike11 [119]

### 2.3.2.2. Program informatic 3D-Groundwater Modeling - PMWIN

PMWIN vine cu o interfață grafică profesională, modele și programe acceptate și câteva alte instrumente utile de modelare. Interfața grafică permite a crea și simula modele. Programul poate importa grafice DXF și raster și poate manipula modele cu până la 1.000 de perioade de stres, 80 de straturi și 250.000 de celule în fiecare strat de model. Instrumentele de modelare includ un instrument de prezentare, un extractor de rezultate, un interpolator de câmp, un generator de câmp, un calculator de buget de apă și un vizualizator de grafic.[102]

Result Extractor permite utilizatorului să extragă rezultatele simulării din orice perioadă într-o foaie de calcul. Rezultatele simulării includ capete hidraulice, extrageri, termeni de flux celulă-celulă, compacții, subsidențe, viteze Darcy, concentrații și termeni în masă. Interpolatorul de câmp ia datele de măsurare și interpolează datele la fiecare celulă de model. Modelul de rețea poate fi distanțat neregulat. Calculatorul bugetului de apă nu calculează doar bugetul zonelor specificate de utilizator, ci și schimbul de fluxuri între astfel de zone. Această facilitate este foarte utilă în multe cazuri practice. Acesta permite utilizatorului să determine debitul printr-o anumită limită.

Generatorul de câmp generează câmpuri cu valori de transmisie distribuite în mod eterogen sau cu valori de conductivitate hidraulică. Permite utilizatorului să simuleze statistice efecte și influențe ale heterogenităților necunoscute pe scară mică. Generatorul de câmp se bazează pe algoritmul lui Mejia (1974). Vizualizatorul de grafice afișează temporal curbe de dezvoltare a rezultatelor simulării, inclusiv capete hidraulice, tragerile, scăderea, compactarea și concentrațiile.



**Fig. 2.9** Exemplu 3D-Groundwater [102]

3D-Groundwater Exploratorul de apă subterană care prezintă zonele de concentrare și zona de captare a pompare din foraj (trasee albastre). Un bloc cu permeabilitate redusă este situat în centrul modelului.

PMWIN este un model complet bidimensional / tridimensional pentru curgerea și transportul poluanților în apele subterane. Prima versiune a programului a apărut în 1989, rulând sub sistemul de operare MS-DOS. Față de versiunea veche PM Windows vine cu îmbunătățiri semnificative, constând într-o :

- interfață grafică profesională;
- model de curgere în diferențe finite;
- calibrare automată;
- model de transport, folosind atât metoda drumului aleator cât;
- metoda diferențelor finite și nu în ultimul rând facilități de pre și postprocesare.

Rețeaua de discretizare spațială este mărită la un număr de 150x150 celule iar pentru regimul nepermanent de curgere se admit până la 1000 de intervale de timp.

Postprocesarea asigură salvarea rezultatelor rulărilor în formate grafice variate cum ar fi : SUFER , DXF , HPGL sau BMP . PMWIN este organizat pe module funcționale.[102] Ele sunt apelate automat de programul principal în funcție de faza de modelare. Acestea sunt următoarele:

- modulul PM SIM 1 rezolvă sistemul de ecuații liniare aferente curgerii folosind metoda gradientilor conjugați sau metoda iterativă Cholesky
- modulul PM OPTI realizează o procedură de calibrare a modelului în regimul permanent și uniform;

51 | 2.3. Modelarea curgeri subterane prin intermediul instrumentelor hidroinformatic.  
Prezentare generală

---

- modulul PM PATH oferă mai multe metode de interpolare urmate de integrarea Euler, pentru calculul direcțiilor de curgere și a timpilor de transport.

În modulul de curgere regim permanent și nepermanent sunt folosite deopotrivă variantele „înainte și înapoi” ale căror rezultate sunt preluate de modulul PMPATH pentru vizualizarea direcțiilor de curgere, liniilor de curent, linii de același potențial hidraulic și vectori viteză.

În cadrul facilităților de postprocesare se disting următoarele module:

- modulul de extragere a rezultatelor (Result Extractor) preia rezultatele în urma rulării modulelor de curgere și transport pentru vizualizare, salvare în format ASCII/SURFER ori export într-un program tip tabelă economică (Spreadsheet) . Rezultatele constau în înălțimi piezometrice, denivelări, viteze, schimb de volume de apă între zone de interes, și concentrații.
- modulul de calcul al bilanțului de apă (Water Budget Calculator) oferă rezultate ale bilanțului de apă între zone specificate de utilizator și ale modificării parametrilor hidraulici în cadrul schimbului,
- modulul de generare a rețelei (Field Generator) este un instrument puternic de preprocesare grafică a datelor de intrare, fiind util în modelări pe domenii neomogene;
- modulul de vizualizare grafică a rezultatelor (Graph Viewer) este un instrument de postprocesare a rezultatelor privind înălțimile piezometrice , de nivelări sau concentrații.

# **CAPITOLUL III.**

## **PREZENTAREA GENERALĂ A REGIUNI DE VEST TIMIȘ ȘI A MUNICIPIULUI TIMIȘOARA DIN PERSEPECTIVA REȚELEI ȘI POTENȚIALULUI HIDROGRAFIC**

### **3.1. Zona și amplasamentul Județului Timiș**

Amplasamentul județului Timiș dintre cele 42 de județe de pe teritoriul României, este cel mai vestic, pe o suprafața de 8.696 km<sup>2</sup>, iar circa o treime din granița de județ reprezintă frontieră națională a României, la nord învecinându-se cu Ungaria, și în partea de sud-vest cu Serbia. În interiorul granițelor țării se învecinează la nord și nord-est cu județul Arad și respectiv, la est cu Hunedoara și sud-est Caras Severin. [79] Capitala de județ este municipiul Timișoara, situată la 54° 47' N și 21° 17' E, la distanță egală la vest de Viena și la est de București. [115]

Relieful județului Timiș prezintă diferite forme morfologice: munți, dealuri, depresiuni și câmpii, succesonate altitudinal de la est la vest. [79]



**Fig.3.1.** Încadrarea în zona a municipiului Timișoara

Județul prezintă clima moderată, influențată de sistemele meteo climatice formate deasupra Marii Mediteraneene și respectiv a Oceanului Atlantic. [79] Temperaturile variază conform locației și altitudinii, și se mențin în general între  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  până la  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [115] Influența oceanică este semnificativă primăvara și respectiv vara, formând precipitații însemnate. Volumul precipitațiilor este ușor crescător de la vest spre est pe teritoriul județului. Nu prezintă o direcție clară determinată a vântului, deși s-a observat că mai frecvent vântul bate dinspre nord-vest și vest decât și din alte direcții. [79]

În județul Timiș cantitățile de precipitații căzute nu sunt uniform repartizate, media anuală a precipitațiilor fiind de  $655,78\text{ l/mp}$ . [91]

Preponderent relieful județului este plat, aproximativ 85% din suprafața totală, constând câmpii inundabile ale râurilor Timiș și Bega, iar față de acestea, zonele mai plate ale județului sunt traversate de numeroase pârâiri mici, canale de irigație și respectiv canale de desecare.

Județul Timiș este activ din punct de vedere seismic, deși rar au depășit cutremurele magnitudinea 6 pe scara Richter.

Județului Timiș este constituit din punct de vedere litologic în est din șisturi cristaline, mezometamorfe, fiind constituite din micașturi, roci quartice, șisturi amfibolice și calcare cristaline.

Panonianul este dezvoltat în zona piemontană și pe avile principalelor cursurilor de râuri, cu grosimi de 600-800 m, depășind 1000 m în partea de vest a județului Timiș. Cuaternarul alcătuiește geologia de suprafață, cu grosimi de 60 – 80 m, depășind 100 m spre vest. [91]

În cazul structurii hidrogeologice specifice județului Timiș se pot delimita două complexe acvifere: acvifer freatic și acvifer de adâncime. [79]

Complexul de acvifer freatic din structura hidrologica a județului este cantonat în depozitele permeabile cuaternare, parțial și respectiv în pliocenul superior. Apa de tip freatic este cantonată până la adâncimi de 40 - 50m.

### 3.2. Resurse potențiale de apă și tehnic utilizabile ale județului Timiș

Distributia apelor subterane în județ sunt de 62% în straturile freatice și 38% în straturile de adâncime.[85]

Resursele de apă potențiale și tehnic utilizabile pentru județul Timiș sunt prezentate în tabelul:

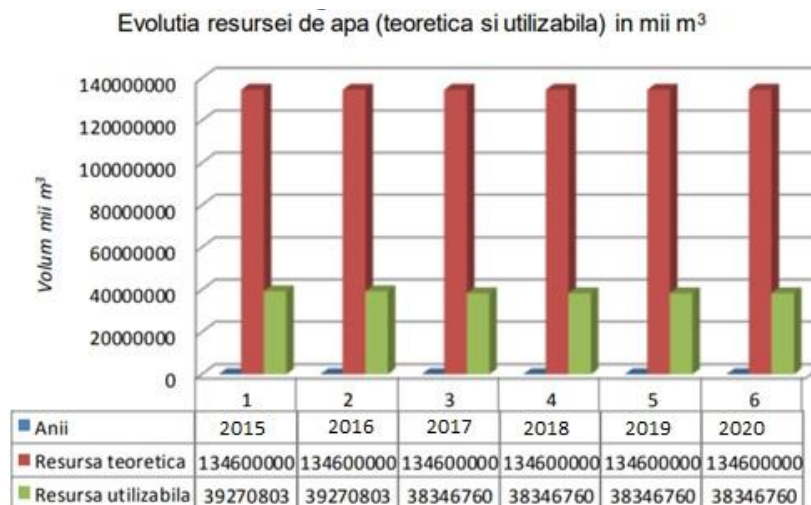
**Tabel 3.1.** Resurse de apă potențiale și tehnic utilizabile pentru județul Timiș

Județ	Resurse de suprafață		Resurse subterane	
	Teoretice	Utilizabile	Teoretice	Utilizabile
Timiș	215 mil. mc	400 mil. mc	375 mil. mc	500 mil. mc

În concluzie atât pe termen mediu respectiv lung, resurse existente sunt capabile să satisfacă cerința de apă prin realizarea de proiecte importante precum redistribuirea resurselor potențiale de apă în timp și spațiu, realizabile prin infrastructuri de baraje, sau lacuri de acumulare respectiv transferuri inter-bazinale. Evoluția resurselor de apă din punct de vedere teoretic și tehnic la nivel național se regăsește în tabelul 3.2. și figura 3.2.

**Tabel 3.2.** Evoluția resursele de apă teoretice și tehnic utilizabile la nivel național

An	Resurse teoretice	Resurse utilizabile
2015	134.600.000	39.270.803
2016	134.600.000	39.270.803
2017	134.600.000	38.346.760
2018	134.600.000	38.346.760
2019	134.600.000	38.346.760
2020	134.600.000	38.346.760

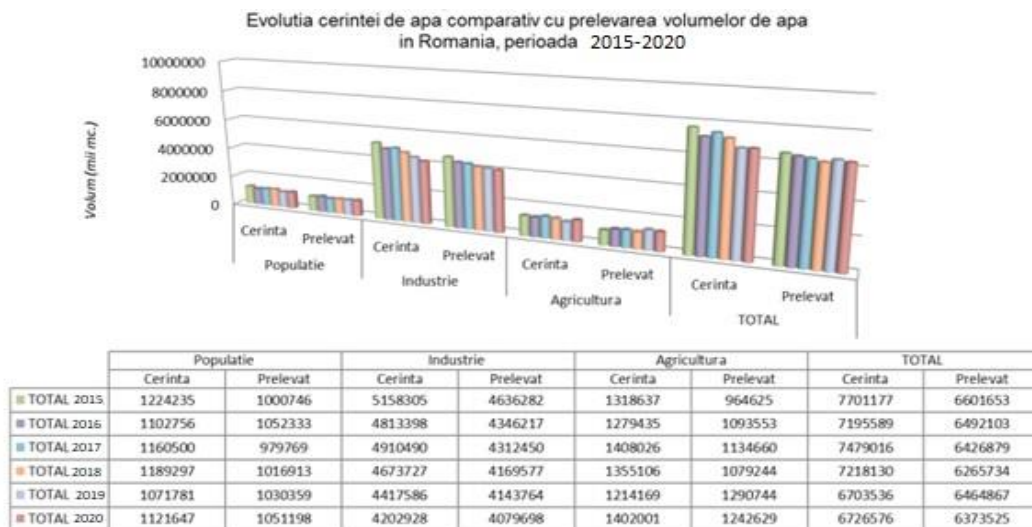


**Fig.3.2.** Evoluție resurse apă

### 3.2.1. Utilizarea resurselor de apă

Evaluarea principiilor de alocare a resurselor de apă pentru diferite folosințe are ca scop menținerea unui echilibru sustenabil și durabil între resurse și necesitățile socio-economice.[72] Monitorizarea utilizării eficiente a apei de către diferitele sectoare la nivel local, regional respectiv național este importantă pentru a asigura sustenabilitatea cantitativă a debitelor de captare pe termen lung.

Evoluția cerinței de apă raportată la captarea volumelor de apă în România, perioada 2015 - 2020, este prezentată în figura 3.3.



**Fig. 3.3** Evoluția cerinței/prelevarea volumelor de apă în România

### 3.3. Calitatea apei în Banat

#### 3.3.1. Calitatea apelor subterane

Directiva Cadru stabilește cerințe specifice de monitorizare pentru starea apelor de adâncime, fiind utile în:

- Evaluarea cantitativă a corpurilor de apă de adâncime;[84]
- Stabilirea estimativă a direcției și respectiv debitului din corpurile de apă de adâncime transfrontaliere;[84]
- Confirmarea unei proceduri privind evaluarea riscului;[84]
- Evaluarea pe termen lung a tendințelor diversilor parametri atât calitativi cât și cantitativi, ca urmare a schimbărilor condițiilor naturale și a impactului activității antropice;[84]
- Evaluarea și stabilirea stării chimice a corpurile de apă subterană la risc de a nu atinge starea bună;[84]
- Identificarea privind tendința de creștere a concentrațiilor de poluanți;[84]

Parametrii monitorizați, frecvențele și elementele de calitate, din SHB sunt reprezentate în tabelul 3.3.



**Tabel 3.3.** Parametrii respectiv frecvențe de monitorizare (Sursa datelor: Administrația Națională Apele Române)

Elemente	Parametri	Frecvență	
		Program de supraveghere	Program operațional
Elemente cantitative	H	2-120/an	2-120/an
	Q	2-12/an izvoare	2-12/an izvoare
	Oxigen	1/6 ani	2/an
	pH	1/6 ani	2/an
	Conductivitate	1/6 ani	2/an
	Azotați	1/6 ani	2/an
	Amoniu	1/6 ani	2/an
	Oxidabilitate(CCO-Mn)	1/6 ani	2/an
	Alcalinitate	1/6 ani	2/an
	Alți nutrienți	1/6 ani	2/an
	Substanțe prioritare periculoase	1/6 ani	2/an
	Poluanți specifici neprioritari	1/6 ani	2/an
	Alți poluanți și parametri	1/6 ani	2/an

Secțiunile/stațiile privind monitorizarea apelor de adâncime din SHB sunt reprezentate în figura 3.4.

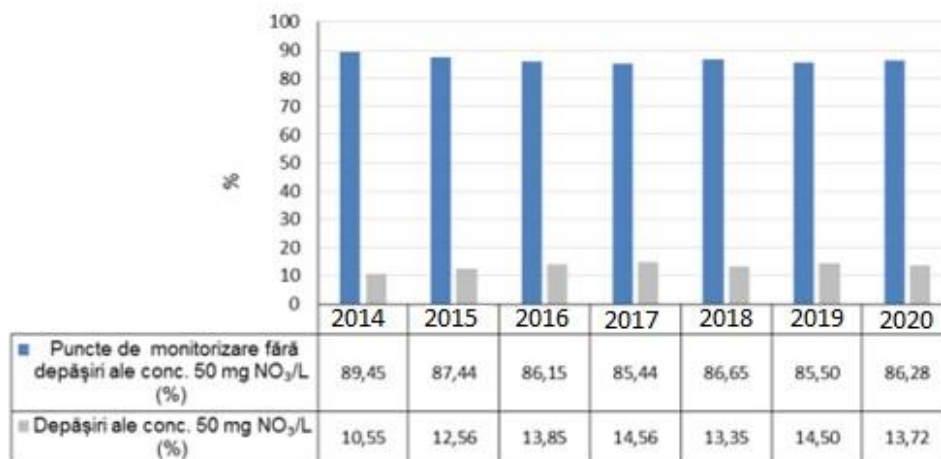


**Fig.3.4.** Spațiul Hidrografic Banat

În SHB conform Apelor Române sunt delimitate 20 de corpuri de apă de adâncime, iar 19 corpuri sunt de freatic respectiv un corp de adâncime.

Schimbările privind calitatea din stratul freatic sunt produse de diferiți factori precum: apele uzate sau parțial epurate, lipsa sistemului de canalizare în localități, depozitarea pe terenuri agricole a îngrășămintelor chimici, dejecții animale, gunoai menajere în locuri neamenajate

Evoluția monitorizării punctelor referitor la depășirea la conținutul de nitrați în perioada 2014 – 2020 (%) este reprezentată în figura 3.5. [93]



**Fig.3.5.** Evoluția monitorizării punctelor cu privire la depășirea concentrațiilor de nitrați în perioada 2014-2020 (%)

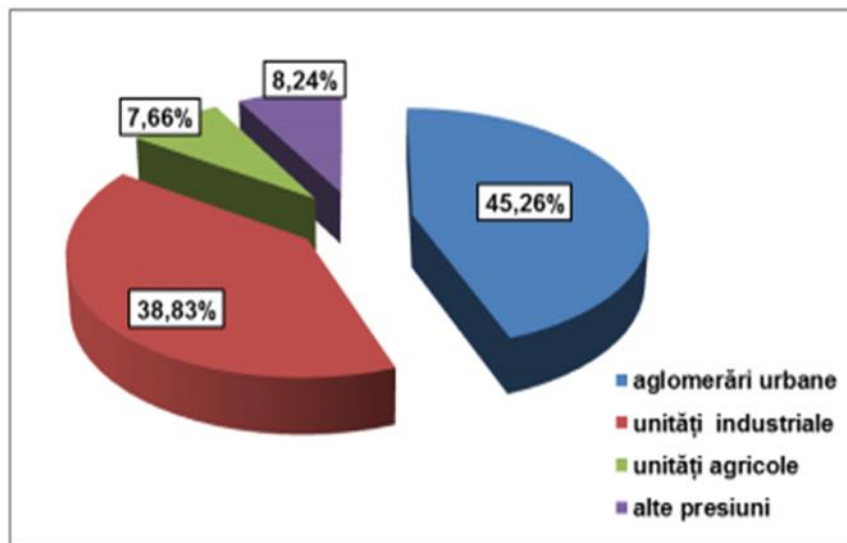
În tabelul 3.4 sunt reprezentate numărul punctelor privind monitorizarea pesticidelor din apele de adâncime din anul 2020: [78]

**Tabel 3.4.** Monitorizarea pesticidelor la nivel național în anul 2020 (Sursa datelor: Administrația Națională Apele Române)

Bazin hidrografic	2020			
	Nr. corpuri de apă monitorizate	Nr. total de puncte de monitorizare	Nr. de puncte în care se monitorizează pesticidele	Pesticide monitorizare
Someș-Tisa	14	132	1	2
Crișuri	9	132	10	13
Mureș	22	120	6	18
Banat	20	215	-	-
Jiu	8	95	95	14
Olt	14	145	51	14
Argeș-Vedea	13	170	162	20
Buzău-Ialomița	18	192	191	20
Siret	6	104	11	11
Prut-Bârlad	7	107	41	17
Dobrogea-Litoral	10	112	6	17
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>1523</b>	<b>574</b>	<b>20</b>

### 3.3.2. Factorii care afectează starea de calitate a apelor

Conform PMBH din România sunt identificați 2.970 de utilizatori care evacuează în apele de suprafață, iar 1.409 reprezintă surse cu potențial de presiuni semnificative asupra corpurilor de apă. [99]



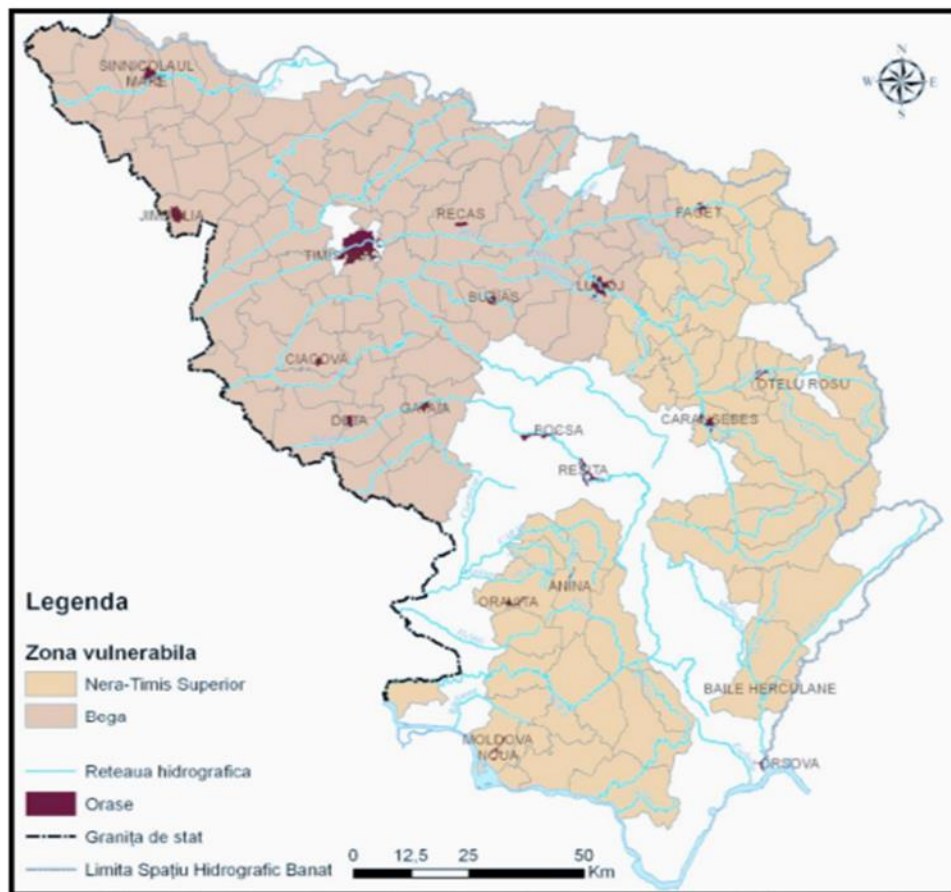
**Fig. 3.6.** Ponderi ale presiunilor semnificative [93]

După cum se poate observa cea mai mare pondere este cea a aglomerărilor umane, în special prin apele uzate evacuate.

Sursele de poluare difuze:

- aglomerări umane sau localități care nu dispun de sisteme de canalizare și stație de epurare sau sisteme nefuncționale, respectiv deșeuri depozitate neconforme;[78][71]
- fermele agro-zootehnice fără sisteme de epurare a dejecțiilor, utilizarea excesivă a produselor chimice precum pesticide și produse pe bază de nitriți;[78]
- depozitări diverse în condiții neconforme, cu risc de producere a poluării accidentale.[78]

În privința balanței de prelevări-reîncărcări, cantitativ, nu există riscuri astfel ca captările să fie inferioare ratei de refacere naturală.



**Fig.3.7.** Zone vulnerabile la nitrați din cadrul Spațiului Hidrografic Banat

În cazul sub bazinul Aranca ca surse de poluare se evidențiază: Aquatim prin sucursala Sânnicolau Mare și S.C. Zoppas Industries - care evacuează apele uzate în canalul Mureșan, afluent al Aranca și respectiv localitatea Lovrin ce aparține tot de Aquatim, care evacuează în Galațca.

### 3.3.3. Calitatea apei potabilă și influența asupra sănătății

Apele de suprafață din zonele de tip urban ale județului Timiș sunt: râul Bega care traversează orașul Făget și Timișoara prin canalul Bega, râul Timiș care traversează Lugojul, râul Bârzava care trece prin Gătaia, râul Aranca care traversează Sânnicolau Mare și râul Surani care este afluent al Timișului care trece prin orașul Buziaș. Pârâul Birdanca care este afluent al Bârzavei și trece prin Deta și pârâul Timișu Mort care este afluent al râului Timiș și trece prin Ciacova.

Sursele de apă folosite pentru alimentările cu apă de suprafață sunt râurile: Bega, Timiș și Aranca, precum și apele de adâncime.

**„În spațiul hidrografic Banat, 43,5% din totalul cerinței de apă pentru nevoile populației se asigură din foraje de medie și mare adâncime.” [78]**

În cea ce privește mediul urban în județului Timiș, 99,71% din populație are acces la apa potabilă.

„Conform NTPA 013/2002, apele de suprafață destinate potabilizării sunt clasificate, în funcție de valorile limită, în trei categorii: A1, A2 și A3, în funcție de caracteristicile fizice, chimice și microbiologice, astfel fiecărei categorii de apă corespunzându-i o tehnologie standard adecvată de tratare.” [78]

**Tabel 3.5.** Alimentare apă potabilă în județul Timiș(sursa: AQUATIM S.A)

Rețea de apă potabila	UM	2016	2017	2018	2019	2020
Comune cu instalații de distribuție a apei	nr.	80	90	90	83	83
Orașe cu instalații de distribuție a apei	nr.	10	10	10	10	10
Lungimea totală simplă a rețelei de distribuție a apei	km	2.925	2.955	3.046	3.065	3.192
din care: orașe	km	1.070	1.069	1.062	1.071	1.074
Apă distribuită	mii <sup>3</sup>	37.848	38.513	32.389	30.752	32.971
din care: uz casnic	mii <sup>3</sup>	27.656	27.368	23.161	21.788	23.440

Calitatea apei potabile monitorizată în rețeaua de distribuție, este reprezentată în tabelul 3.6.

**Tabel 3.6.** Calitatea apei potabile în rețeaua de distribuție - valori medii anuale (sursa: AQUATIM S.A)

Nr. crt.	Parametru	CMA	UM	Timișoara	Recaș	Buziaș	Deța	Ciacova	Gătaia	Făget	Jimbolia	Sânnicolau Mare
1	Aluminiu	200	μg/L	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Amoniu	0.5	mg/L	0.05	0.16	0.05	0.05	0.5	0.13	0.26	0.05	0.05
3	Clor liber rezidual	0.1-0.5	mg/L	0.4	0.1	0.2	0.3	-	0.3	0.4	0.1	0.3
4	Conductivitate	2500	μS/cm	426	1030	688	1097	726	633	417	647	607
5	Duritate totală	min.5	°G	9	21	17	25	10	12	9	5	15
6	Fier	200	μg/L	28	72	54	93	178	23	169	24	32
7	Mangan	50	μg/L	5	31	20	6	50	6	46	2	7
8	Oxidabilitate	5	mgO <sub>2</sub> /L	1	1	1	1	1	1	1	2	1
9	Nitriți	0.5	mg/L	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
10	Nitrați	50	mg/L	2	1	2	36	1	1	1	3	1

11	pH	6.5-9.5	unități de pH	7.4	7.5	7.5	7.6	7.8	7.4	7.9	8	7.9
12	Turbiditate	≤5	UNT	1	2	1	1	2	1	3	1	1
13	Bacteria coliforme	0	nr./100 m <sup>l</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Enterococi	0	nr./100 m <sup>l</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Escherichia coli	0	nr./100 m <sup>l</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Supravegherea calității apei potabile furnizate atât în mediul urban cât și rural se realizează de către DSPJ Timiș.

DSPJ Timiș este responsabilă cu supravegherea calității apei potabile din sistemele publice, atât cele centralizate cât și cele individuale, monitorizând 126 rețele de apă potabilă. Se monitorizează 17 parametri, microbiologici și anume bacterii coliforme, E. Coli și enterococi și parametri fizico-chimici. În cazul neconformităților, s-au realizat dezinfectii și spălări ale rețelelor în cauză, după care s-au reevaluat.

Scopul monitorizării de către DSPJ Timiș este de prevenire a bolilor transmise pe hidric. Rezultatele monitorizării calității apei potabile pentru anul 2020 sunt evidențiate prin lipsa apariției evenimentelor epidemiologice la nivel de județ privind bolile cu transmitere hidrică. [116]

### 3.4. Monitorizarea forajelor destinate alimentării cu apă din județul Timiș

Programele specifice privind monitorizarea forajelor au ca scop reprezentarea unei imagini generale, a stării apei în fiecare foraj din punct de vedere cantitativ și calitativ, pentru a detecta prezența tendințelor concentrațiilor de poluanți induși antropici și pentru a asigura conformarea cu obiectivele ariilor protejate. [101]

Programele specifice de monitorizare a apelor de adâncime presupun:

- program de monitorizare atât cantitativ cât și calitativ; [99]
- program de monitorizare calitativă de supraveghere și operațional. [99]

Monitoringul pentru starea apelor subterane necesar pentru:

- Evaluarea stării cantitative a corpurilor de apă de adâncime; [97]
- Alura direcției și a debitului din corpurilor de apă de adâncime; [97]
- Validarea procedurii de evaluare a riscului; [97]
- Evaluarea tendințelor parametrilor cantitativi și calitativi, ca urmare a modificării condițiilor naturale și activități antropice; [97]
- Evaluarea chimismului pentru toate corpurile de apă de adâncime la risc de a nu atinge starea bună; [97]
- Evaluarea și identificarea tendințelor concentrațiilor de poluanți; [97]
- Conceperea, pregătirea și evaluarea unui program de măsuri. [97]

În acest context operatorul regional Aquatim S.A a elaborat grupări specifice pentru sistemele centralizate de alimentare cu apă și respectiv sistemele de canalizare.

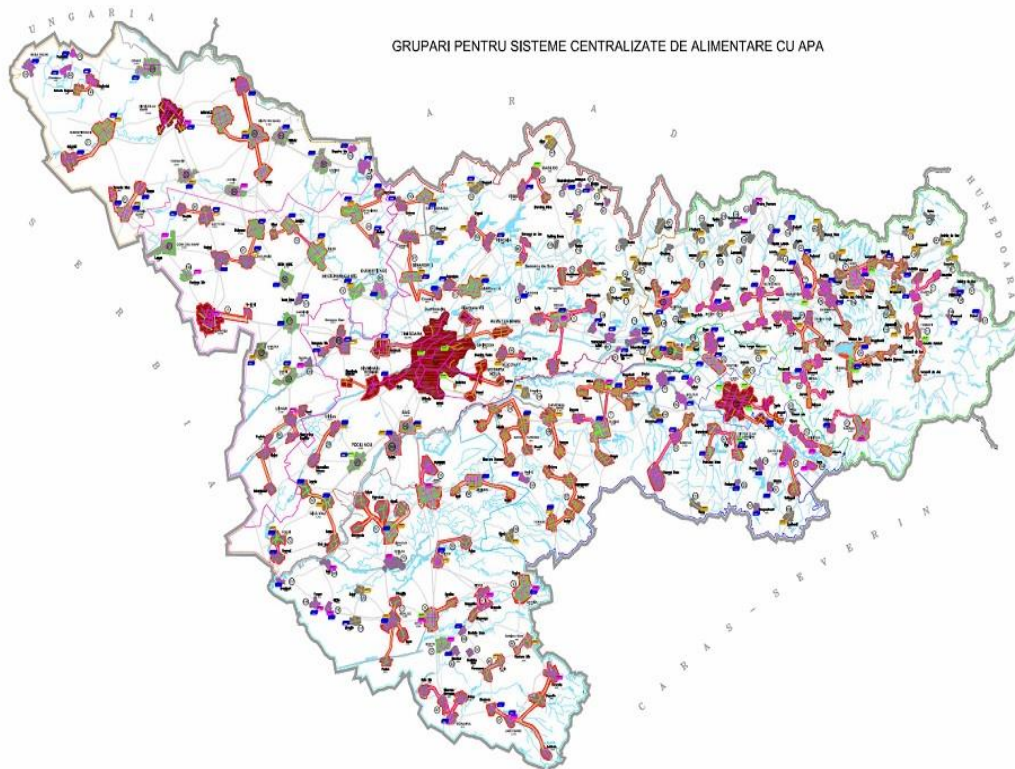
Ele au fost repartizate ca urmare a unor studii în: Clusterul Sistemelor de Alimentare cu Apă și Canalizare.

Scopul cluster-ului îl reprezintă promovarea regiunii Vest și a județului Timiș, pe termen lung, ca lider în sectoarele protejarea mediului înconjurător, folosirea judicioasă a surselor de apă în vederea potabilizării, eficientizarea sistemelor existente prin promovarea proceselor și tehnologiilor nepoluante.

**Obiectivele clusterului :**

- Participarea și promovarea politicilor, a managementului și competitivității integrate în domeniul sistemelor de alimentare cu apă și canalizare;
- Dezvoltarea competitivă și promovarea domeniilor precum strategie, cercetare, educație, inovare, producție, comercializare și utilizare eficientă a surselor de apă, apei potabile, a nămolului, biogazului și a noilor procese și tehnologii nepoluante sustenabile;
- captarea, tratarea judicioasă a surselor de apă în vederea potabilizării prin folosirea tehnologiilor inovative și sustenabile cu eficiență maximă din punct de vedere calitativ și cantitativ ;
- distribuția apei potabile prin promovarea întreținerii preventive a sistemelor de distribuție, prin promovarea metodelor, echipamentelor și materialelor inovative în vederea minimizării pierderilor de apă;
- transportul apelor uzate prin promovarea întreținerii preventive a sistemelor de canalizare, prin promovarea metodelor, echipamentelor și materialelor inovative în vederea valorificării energetice precum și reducerii exfiltrațiilor în vederea protecției mediului;
- epurarea apelor uzate prin folosirea tehnologiilor inovative și sustenabile;
- cercetarea-dezvoltarea și inovarea în domeniul de activitate al clusterului;
- promovarea proceselor și tehnologiilor inovative și sustenabile, a eficienței energetice, a materialelor, reactivilor de tratare și echipamentelor, managementul fluxului de materiale, valorificarea deșeurilor în domeniul de activitate al clusterului;
- dezvoltarea sectorului de afaceri din domeniul sistemului de alimentare cu apă și canalizare, prin sprijinirea sectorului de inovare, producție a materialelor, reactivilor, echipamentelor și tehnologiilor inovative, stimularea cererii pieței la toate categoriile de utilizatori;
- sprijinirea dezvoltării firmelor din domeniu, înființării noilor firme și atragerea de investiții noi în domeniul economic de interes.





**Fig.3.8.** Grupări pentru sisteme centralizate de alimentare cu apă

Județul Timiș preponderent ca sisteme de alimentare cu apă se află sub aria de acoperire Aquatim S.A operator regional. Aquatim S.A prestează servicii de alimentare cu apă și canalizare conform raportului din anul 2020 în 123 de localități dintre care 9 orașe, 45 de comune și 69 de sate.

Aquatim S.A deține în patrimoniul 23 de stații de tratare a apei și cca. 1800 km de rețea de distribuție.

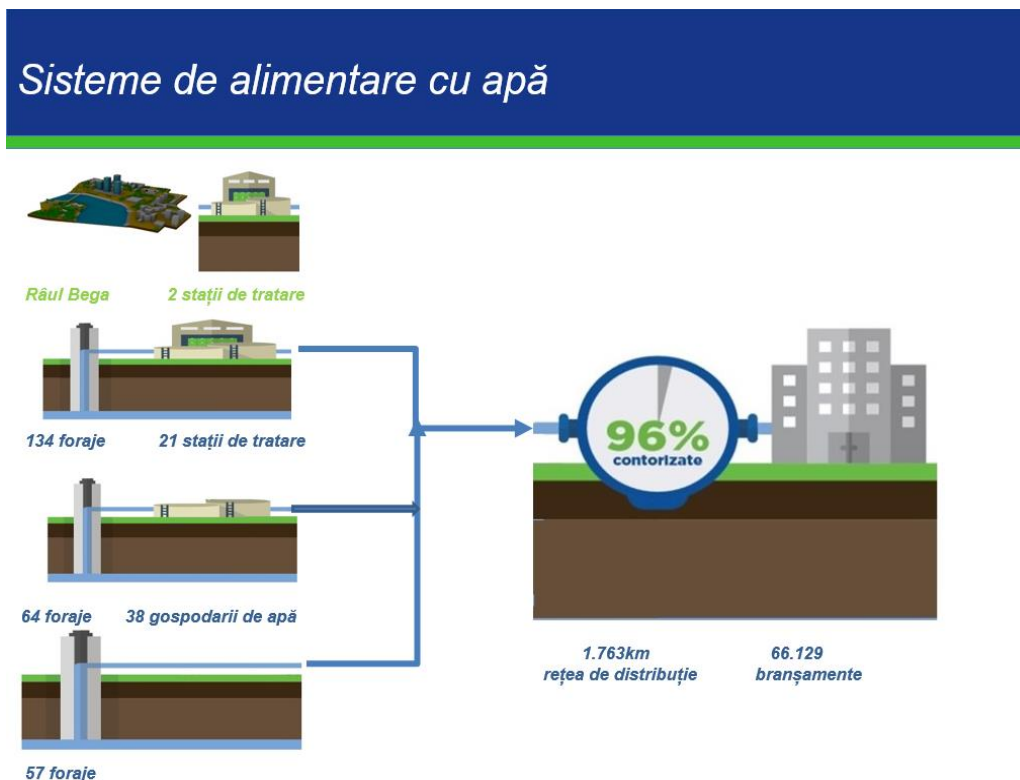
Sursa de apă preponderentă și anume în 21 dintre stațiile de tratare sunt alimentate din surse de apă de adâncime, celelalte 2 reprezentând că sursa de apă de suprafață a canalului Bega.[8]

Sistemele de alimentare cu apă din subteran sunt clasificate astfel:

1. Foraje care prin intermediul aducțiunilor pompează în stații de tratare cuantificând un număr de 134 de foraje și 21 de stații de tratare a apei

2. Foraje care prin intermediul aducțiunilor pompează apa în gospodăriile de apă echipate cu sisteme de dezinfecție înmagazinare și repompare cuantificând un număr de 64 de foraje și 38 de gospodării de apă

3. Foraje care pompează direct în sistemul de distribuție cuantificând un număr de 57 de foraje



**Fig.3.9.** Sisteme alimentare cu apă administrate de Aquatim S.A. [13]

### 3.5. Zona de studiu cu cea mai mare influență din regiunea de vest Municipiului Timișoara

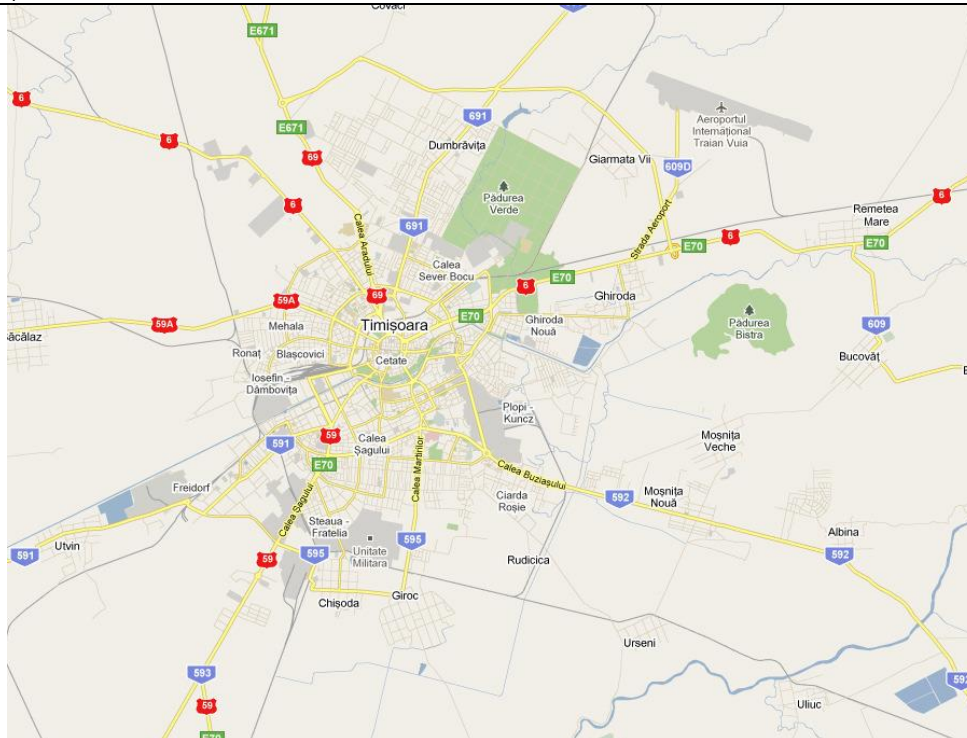
#### 3.5.1. Zona și amplasamentul

Municipiul Timișoara se află la intersecția paralelei 45° 47' latitudine nordică, cu meridianul 21° 17" longitudine estică, ca poziție topografică în emisfera nordică, în fusul orar al Europei Centrale, la o distanță de circa 550 km față de capitala României și anume București și respectiv 170 km și 300 km față de Belgrad și Budapesta, capitalele țărilor vecine Serbia-Muntenegru și Ungaria.[121]

Geomorfologic, Timișoara este parte din unitate fizico-geografică Câmpia Banato-Crișana, subunitatea Câmpia de interfluviu Timiș-Bega.[121]

Suprafața totală a municipiului Timișoara fiind de aproximativ 12.926 ha.

### 67 | 3.5. Zona de studiu cu cea mai mare influență din regiunea de vest Municipiului Timișoara



**Fig.3.10** Harta municipiului Timișoara

#### **3.5.2. Relieful**

Timișoara este poziționată în sud-estul câmpiei Panonice, relieful caracteristic este reprezentat din succesiunea de grinduri fluviale și arilor depresionare și anume fluvio-lacustre specifice deltei continentale.[121]

Relieful zonei Timișoara este relativ plan, netezimea suprafeței fiind întreruptă doar de albia râului Bega.

Cea mai înaltă porțiune de 95 m, se regăsește în partea de nord-est și anume cartierul Între vii, iar cel mai jos punct, de 84 m, în vestul cartierului Mehala, astfel că se înregistrează o diferență de nivel de 11 m pe o distanță de aproximativ 7 km est-vest. [121]

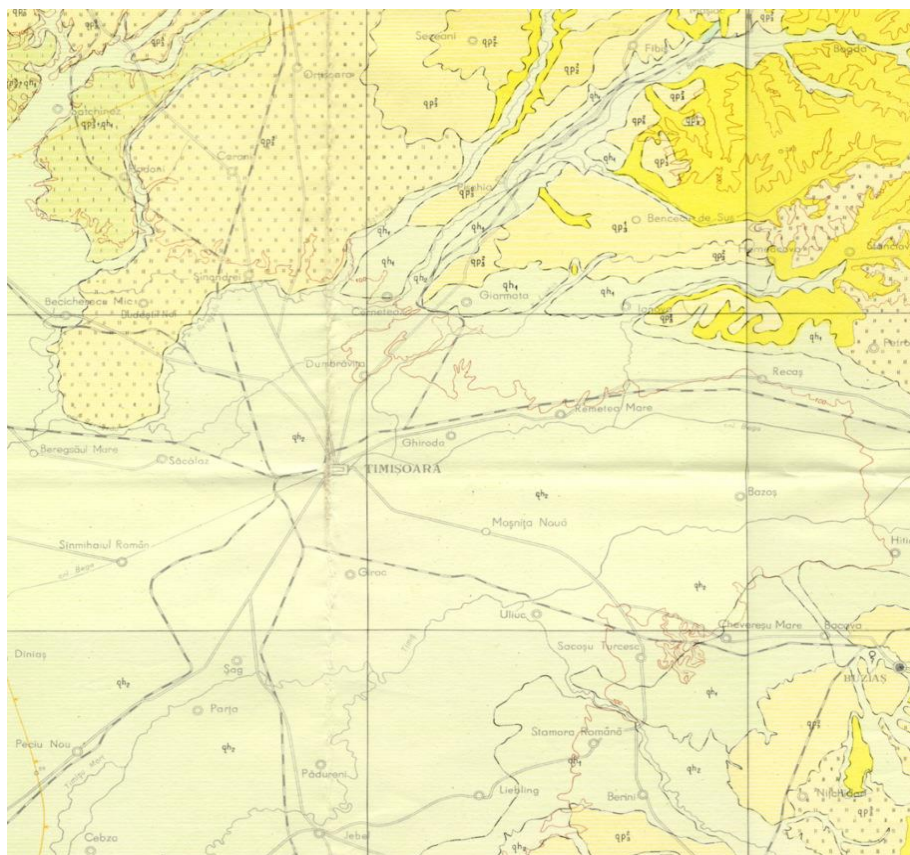
#### **3.5.3. Geologie**

Timișoara din punct de vedere geologic este caracterizată prin partea superioară a formațiunilor Cuaternare, de un complex alcătuit din argile, prafuri și nisipuri, cu extindere la peste 200 metri adâncime. La aproximativ 1400 – 1700 m

68 | 3.5. Zona de studiu cu cea mai mare influență din regiunea de vest Municipiului Timișoara

adâncime se regăsește fundamentul cristalin-granitic străbătut de o rețea densă de microfalii.

Adâncimea specifică de îngheț din Timișoara este de 0,70 m conform STAS 6054-77 „Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României”. [95]



**Fig.3.11** Harta geologica a zonei Municipiului Timișoara

### 3.5.4. Hidrologie și hidrogeologie

#### 3.5.4.1. Hidrologie

Timișoara și respectiv zona periurbană din punct de vedere hidrologic aparțin grupei sistemelor hidrologice sud-vestice a bazinul hidrografic Timiș – Bega, sistemul hidroameliorativ complex Șag – Topolovăț și dispune de o rețea hidrografică bogată, alcătuită din râuri, lacuri și canale.[121]

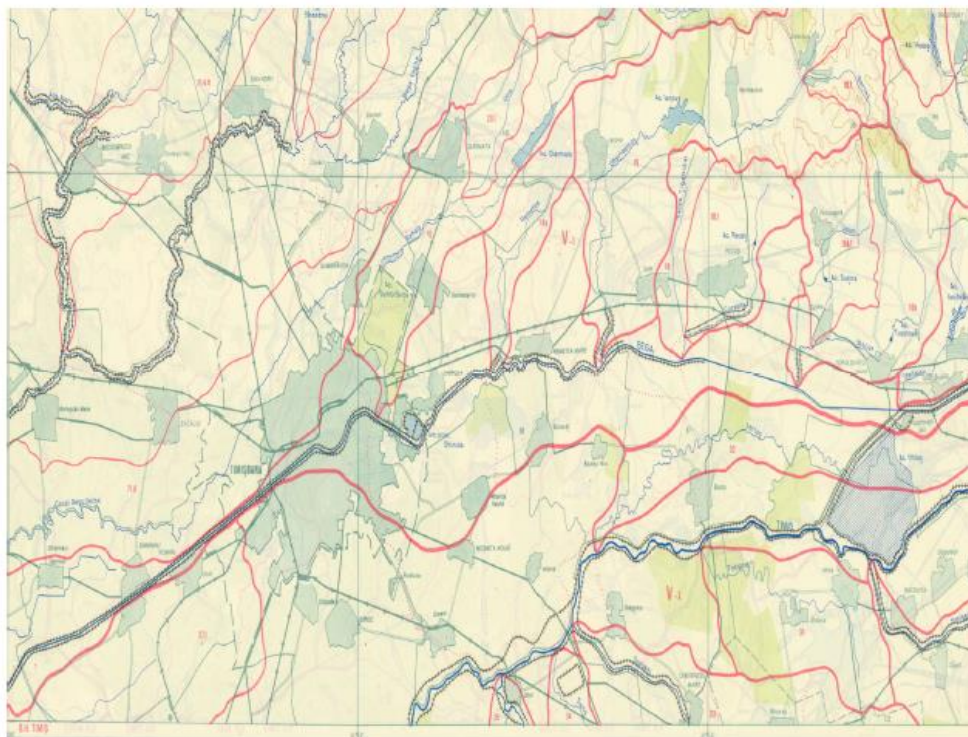
### 3.5.4.2. Ape curgătoare

Principala apă curgătoare o reprezintă Bega care este afluent al Tisei. Izvorăște din Munții Poiana Ruscăi, caracterizându-se printr-un regim variații foarte mari ale nivelelor și debitelor de apă. [121]

În acest context, atât pentru asigurarea necesarului de apă a canalului navigabil cât și protecția la inundații a Timișoara, Bega este conectată cu Timișul printr-un sistem format din două canale. Astfel nodul hidrotehnic de la Coștei a fost conceput pentru de asigurare în principal transferul apei din Timiș în Bega, în funcție de necesități și volumul de precipitații preluat în amonte de cele două râuri. Prin sistemul hidrotehnic de la Topolovățul Mic s-a redus riscul inundațiilor, atât de frecvente altădată, surplusul de apă din Bega fiind descărcat în râul Timiș. [91]

Bega își are originile și izvorăște din Munții Poiana Rusca de la o altitudine de 890 m sub Vârful Padeș, iar suprafața bazinului de recepție (4.470 km<sup>2</sup>) orientarea generală fiind est-vest cu o lungime de 170 km.[95]

Este afluent direct al Dunării, având confluența pe teritoriul Serbiei. Afluenți principali fiind Bistra având o lungime de 60 km, Bârzava, cu lungime de 154 km și Moravița cu o lungime de 47 km.



**Fig.3.12.** Harta hidrologică a municipiului Timișoara și zonele periurbane

### 3.5.4.3. Apele stagnante

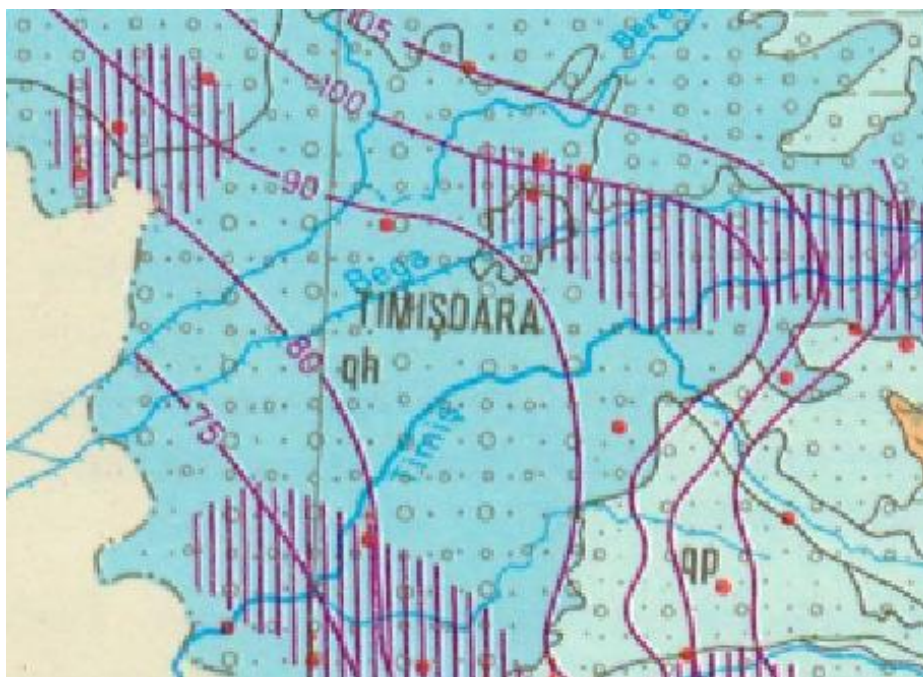
În amplasamentul Timișoarei se regăsesc lacuri: naturale, precum cele de lângă Kuntz, Giroc, Lacul Șerpilor din Pădurea Verde etc., și antropice cele din: Fratelia, Freidorf, Ciarda Roșie, Ștrandul Tineretului etc.[109]

### 3.5.4.4. Hidrogeologie

Pe amplasamentul Timișoarei se regăsește orizontul acvifer freatic și complexul acvifer de adâncime.

Orizontul freatic este cantonat pe intervalul poros-permeabil între 2 -15 m cu nivelul hidrostatic care variază între 0,5 - 4 m. Debitul exploatabil fiind de 1,5 - 2 l/s. Complexul acvifer de adâncime este întâlnit până la 110 - 120 m cuprinzând 4 - 8 straturi acvifere. Nivelul hidrostatic având variații mari, iar debitul de exploatare fiind de 2 - 5 l/s.[82]

În amplasamentul Timișoarei la mare adâncime se regăsesc hipotermale precum cele din Piața Unirii, dar și mezotermale precum cele din piața Bihor. Apele au caracteristici terapeutice, având utilitate balneară precum cele din cadrul Ștrandului Termal. [121]



**Fig.3.13.** Harta hidrogeologică a municipiului Timișoara și zonele periurbane



## 72 | 3.5. Zona de studiu cu cea mai mare influență din regiunea de vest Municipiului Timișoara

Se caracterizează prin diversitate și neregularitate a proceselor atmosferice. Dominantele masele de aer pe perioada primăverii și verii fiind cele temperate, de proveniență oceanică, cu precipitații semnificative. [118]

Timișoara dispune de o temperatură medie anuală de 10.6 °C, cel mai cald fiind în iulie 21.1 °C. Amplitudinea termică medie este de 22.7 °C care indică influența bună a maselor de aer de tip oceanic.

În comparație cu temperaturile măsurate la stațiile meteo aferente Timișoarei, temperaturile din interiorul mediului urban prezintă înregistrări cu valori mai ridicate.

Temperatura aerului extreme înregistrată în municipiul Timișoara:

- maxima absolută înregistrată: + 40 °C în data 16.08.1952;
- minima absolută înregistrată: -29°C în data 13.02.1935.

Data medie a semnalării primului îngheț (temperatura minimă <0°C) după stația meteorologică Timișoara este 29. X, iar a ultimului îngheț de primăvara 1.IV. Durata medie a zilelor fără îngheț este de 202 zile.

În privința regimului termic al solului în orizontul de sol de până la 10 cm, temperatura depășește în mod obișnuit pragul termic de 10°C în prima decadă a lunii aprilie, ca după aproximativ 205 zile, temperatura să coboare din nou sub 10°C. În funcție de alcătuirea granulometrică, de conținutul în humus și apa din sol, de gradul de acoperire și protejare a solului, aceste valori prezintă oscilații de 0,5-1,5°C.

### 3.5.7. Regimul precipitațiilor

Timișoara predominant este sub influența maselor de aer maritim dinspre nord-vest, cu o cantitate de precipitații mai ridicată în comparație cu orașele din Câmpia Română respectiv cele din Câmpia de Vest. Media multianuală de 600,4 mm, ca urmare în general a precipitațiilor căzute în lunile mai, iunie.[118]

### 3.5.8. Resursele naturale

#### 3.5.8.1. Apa

În municipiul Timișoara, sursele de apă sunt de apă de suprafață și anume râul Bega și respectiv apa de adâncime. Cantitatea de apă captată din adâncime medie anuală fiind de 13189900 mc/an.[79]

#### 3.5.8.2. Rețeaua de monitoring a forajelor destinate alimentării cu apă a municipiului Timișoara

Rețeaua de monitoring a forajelor destinate studiului tezei de doctorat fac parte din corpurile de apă de adâncime din zona câmpiei Banatului ROBA 18.[109]

În Stația de tartare a apei Urșeni ajunge apa provenită de la forajele situate pe fronturile de captare Timișoara Est, Timișoara Sud – Est și trei foraje aflate în incinta.



73 | 3.5. Zona de studiu cu cea mai mare influență din regiunea de vest Municipiului Timișoara

Frontul de captare nou aferent Stației Urseni este realizat din 40 de foraje situate în zona localităților: Moșnița Noua, Moșnița Veche, Bucovăț, Bazoșul Nou, Bazoșul Vechi și Recaș.

Corpul de apă subterană ROBA18 – Banat ca și caracterizare geologică/hidrogeologică este de tip poros sub presiune cu grosime strate acoperitoare mai mare de 30 m și are ca și scop deservire pentru utilizarea apei:

- **alimentarea cu apă a populației**
- **irigații**
- **industrii**
- **zootehnie**
- **piscicultura**

Se observă că preponderent cea mai mare cantitate de apă de adâncime are ca și utilitate alimentarea cu apă a populației.

Volumele captate pe tipuri de utilizări ale apei sunt prezentate în tabelul:

**Tabel 3.7** Volumele captate din corpurile de apă subterană în anul 2020

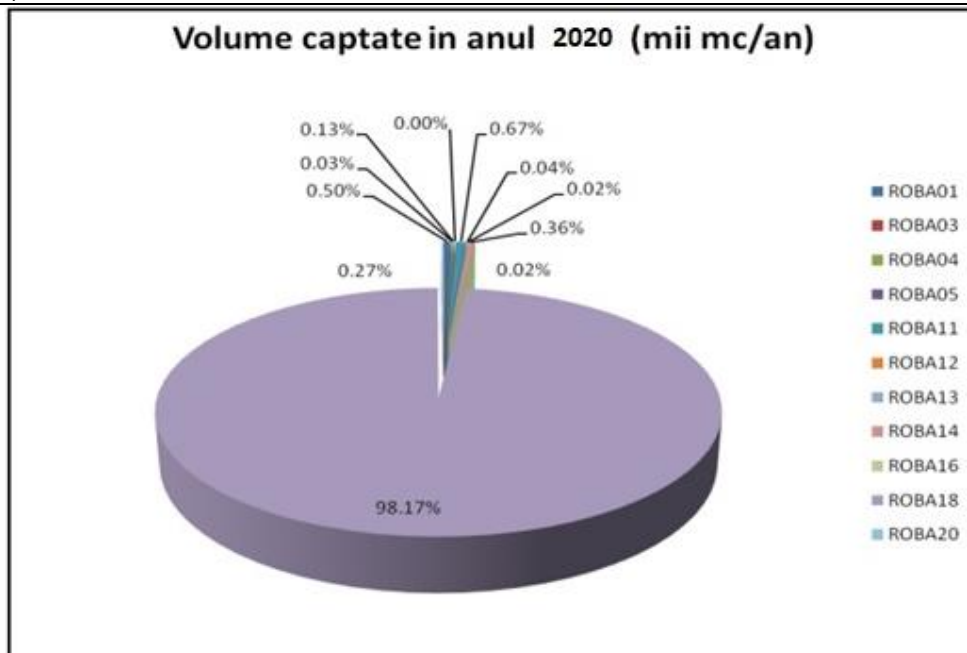
Corp de apă subterană	Alimentare populație (mii mc/an)	Industrie (mii mc/an)	Agricultură (mii mc/an)
ROBA01	0	0	960
ROBA03	0	53.69	0
ROBA04	93.63	116.48	40.72
ROBA05	0	5.81	0
ROBA11	645.39	625.14	20.26
ROBA12	15.77	15.77	43.52
ROBA13	24.02	24.02	0
ROBA14	11938.27	350.27	0
ROBA16	16	16	0
ROBA18	16424.69	20831.62	2967.67
ROBA20	60.63	60.63	0
<b>Total (mii mc/an)</b>	<b>29218.4</b>	<b>22099.43</b>	<b>4032.17</b>

Din totalul de captări, s-au identificate exploatări, respectiv captări cu debite mai mari sau egale cu 1.500 mii mc/an.

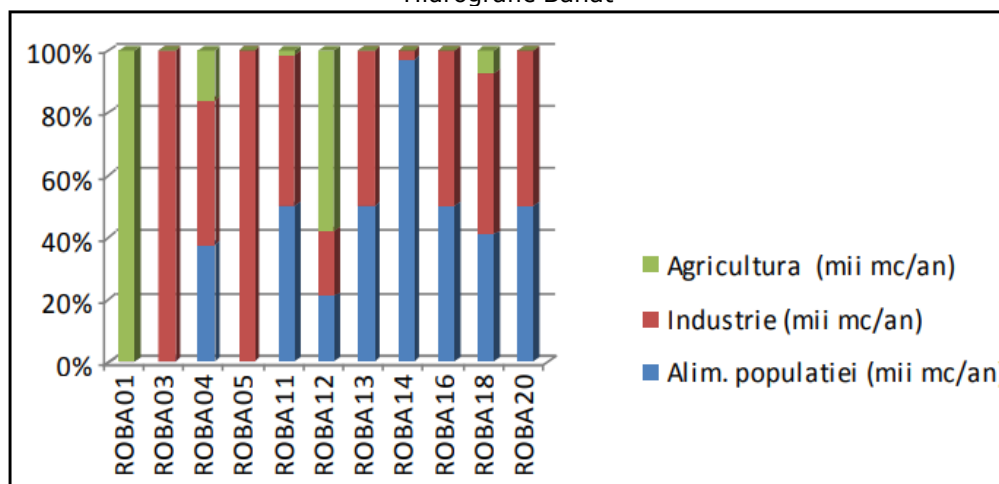
**Tabel 3.8.** Exploatări semnificative de apă subterană din corpurile atribuite ABA Banat

Denumire captare	Corp de apă	Nr. Foraje	Volum captat(mii mc/an)
R:A Apa Oltenia Sursa Izvarna	ROBA14	Izvoare	11588
SC Meridian 22 Lugoj (Uzina 1+3)	ROBA18	23	2065
Aquatim SA Timișoara (Uzina 1) front S-E	ROBA18	16	3312
Aquatim SA Timișoara (Uzina 1) front E	ROBA18	40	5888

Tendența de diminuare a volumelor de apă extrase din ultimii ani pot fi cauzate datorită reducerii activităților industriale și respectiv fenomenul de îmbătrânire sau exploatare neeficientă a unor foraje;



**Fig.3.15.** Reprezentarea grafică a captărilor de apă subterană la nivelul Spațiului Hidrografic Banat



**Fig.3.16.** Reprezentarea grafică a volumelor captate, pe tipuri de utilizări ale apei (Sursa: Administrația Națională Apele Române)

Reîncărcarea acviferelor din Spațiul Hidrografic Banat se realizează prin infiltrarea apelor de suprafață și meteorice.

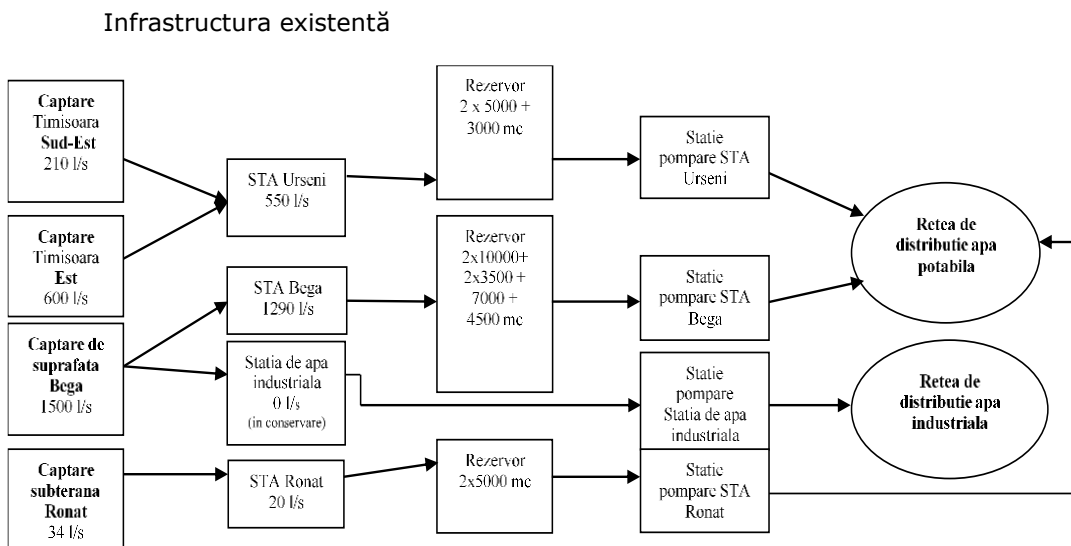
### **3.6. Situația alimentării cu apă a municipiului Timișoara**

Sistemul Zonal de Alimentare cu apă Timișoara va deservi următoarele UAT-uri:

[80]

- Municipiul Timișoara;
- Moșnița Nouă cu localitățile aparținătoare (Moșnița Veche și Urseni);
- Remetea Mare;
- Sânmihaiu Român cu localitatea Sânmihaiu German;
- Ghiroda cu localitatea Giarmata-Vii;
- Șag;
- Giarmata (cu localitatea aparținătoare Cerneteaz);
- Bucovăț cu localitatea aparținătoare Bazoșu Nou);
- Sânzandrei (cu localitățile aparținătoare Carani și Covaci).





**Fig.3.18.** Schema de funcționare a sistemului de alimentare cu apă Timișoara[80]

### Sursa de apă

Sursa de apă este constituită din apă de suprafață (râul Bega) și apă subterană, astfel:

- Captarea Timișoara Sud – Est (frontul vechi) cuprinde 19 foraje, grupate în 4 fântâni, alimentează STA Urseni, 3 foraje în incinta stației cu capacitate totală instalată - 210 l/s;
- Captarea Timișoara Est (frontul nou) cuprinde 40 foraje, alimentează STA Urseni: - capacitate totală instalată - 600 l/s;
- Captarea de suprafață râul Bega, alimentează STA Bega: captarea se face printr-o priză de mal cu două compartimente: -capacitate totală instalată - 1.364 l/s; capacitate exploatată - 891 l/s.
- Captarea subterană STA Ronaț, cuprinde 6 foraje, alimentează STA Ronaț - capacitate instalată de 34 l/s; capacitate exploatată - 20 l/s;

Conducte de aducțiune a frontului de captare Timișoara sud –est la STA Urseni, sunt în lungime totală de 14.5 km. Pentru STA Urseni, de la frontul de captare Timișoara est, apa din cele 40 de foraje ajunge în stația de tratare printr-o aducțiune telescopică, în lungime de 25 km. Pentru STA Bega aducțiunea care reprezintă legătura dintre priza de mal și respectiv camerele de amestec este realizată prin două conducte una din tuburi PREMIO DN 1000 și respectiv SENTAB DN 1200 (L=33m fiecare intercalate cu tronsoane din oțel în dreptul armăturilor). În STA Ronaț apa din cele 6 foraje ajunge în stația de tratare printr-o aducțiune de oțel cu o lungime de 2.32 km.

### Stații de tratare

STA Urseni - fluxul tehnologic, pe fiecare din cele două linii tehnologice, este dotat cu treaptă de aerare respectiv două trepte de filtrare (deferizare și demanganizare) și dezinfecție cu clor având capacitate instalată 550 l/s; capacitate exploatată fiind 301 l/s

STA Bega - stația de tratare cuprinde: gospodărie de reactivi, camerele de amestec urmate de camerele de reacție, treapta de decantare, stația de pompare treapta I, stații de filtrare, stație de distribuție capacitate instalată 1.364 l/s, capacitate exploatată 891 l/s;

STA Ronaț cuprinde ca și proces o treaptă de aerare, preclorare urmată de o treaptă de filtrare și respectiv postclorare având o capacitate instalată 20 l/s și o capacitate în exploatare 14 l/s

#### **Rezervoare de înmagazinare**

La STA Urseni stocarea este realizată în trei rezervoare, având capacitate de 13000 m<sup>3</sup>.

Volumul total de înmagazinare existent la STA Bega este de 38500 m<sup>3</sup>, iar 1/3 constituie rezerva intangibilă pentru incendiu.

La STA Ronaț capacitatea de stocare este de 13000 m<sup>3</sup>.

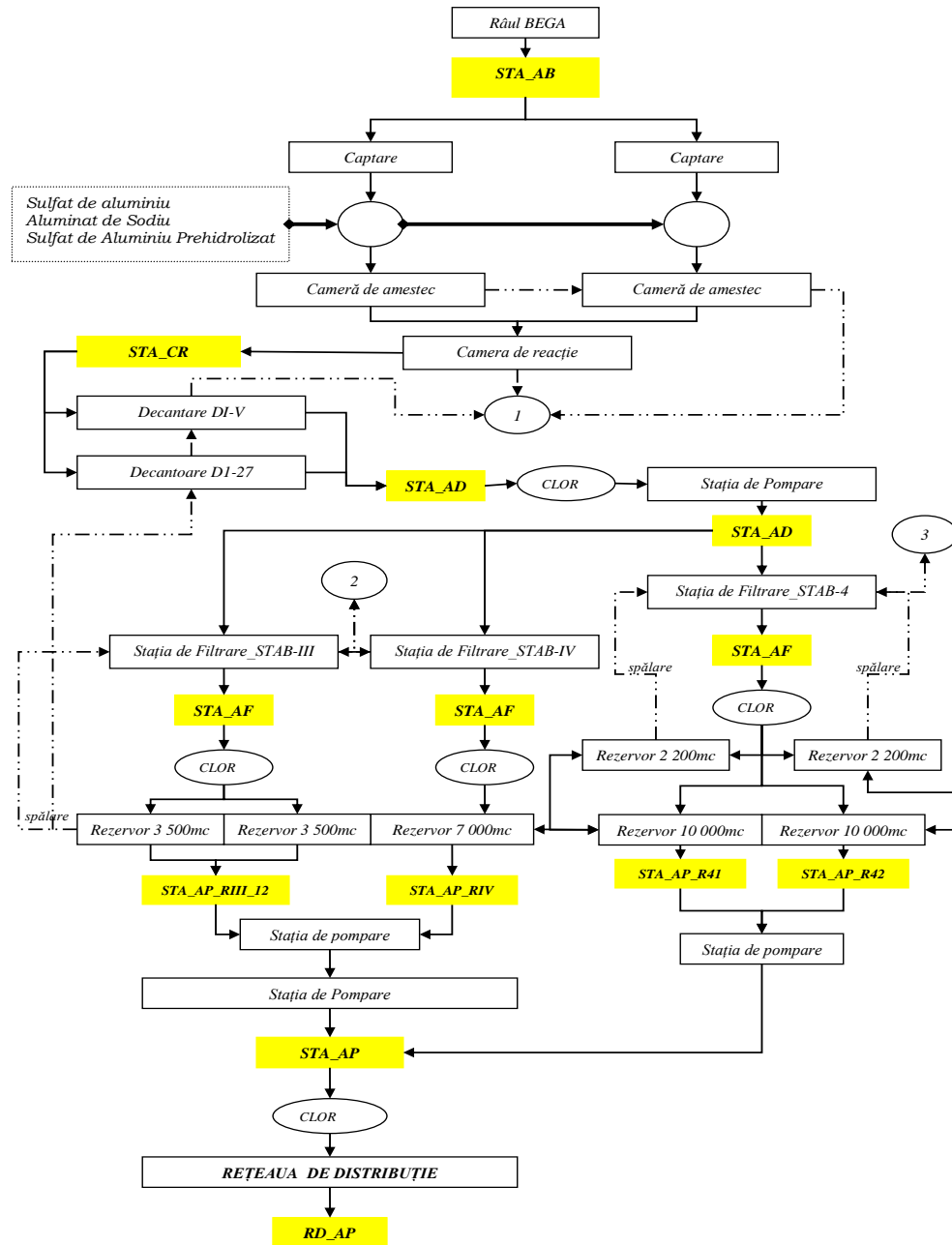
#### **Stație de pompare**

În STA Urseni stația de distribuție este echipată cu 4 pompe de distribuție.

În STA Bega exista 3 stații de pompare echipate cu opt pompe de distribuție.

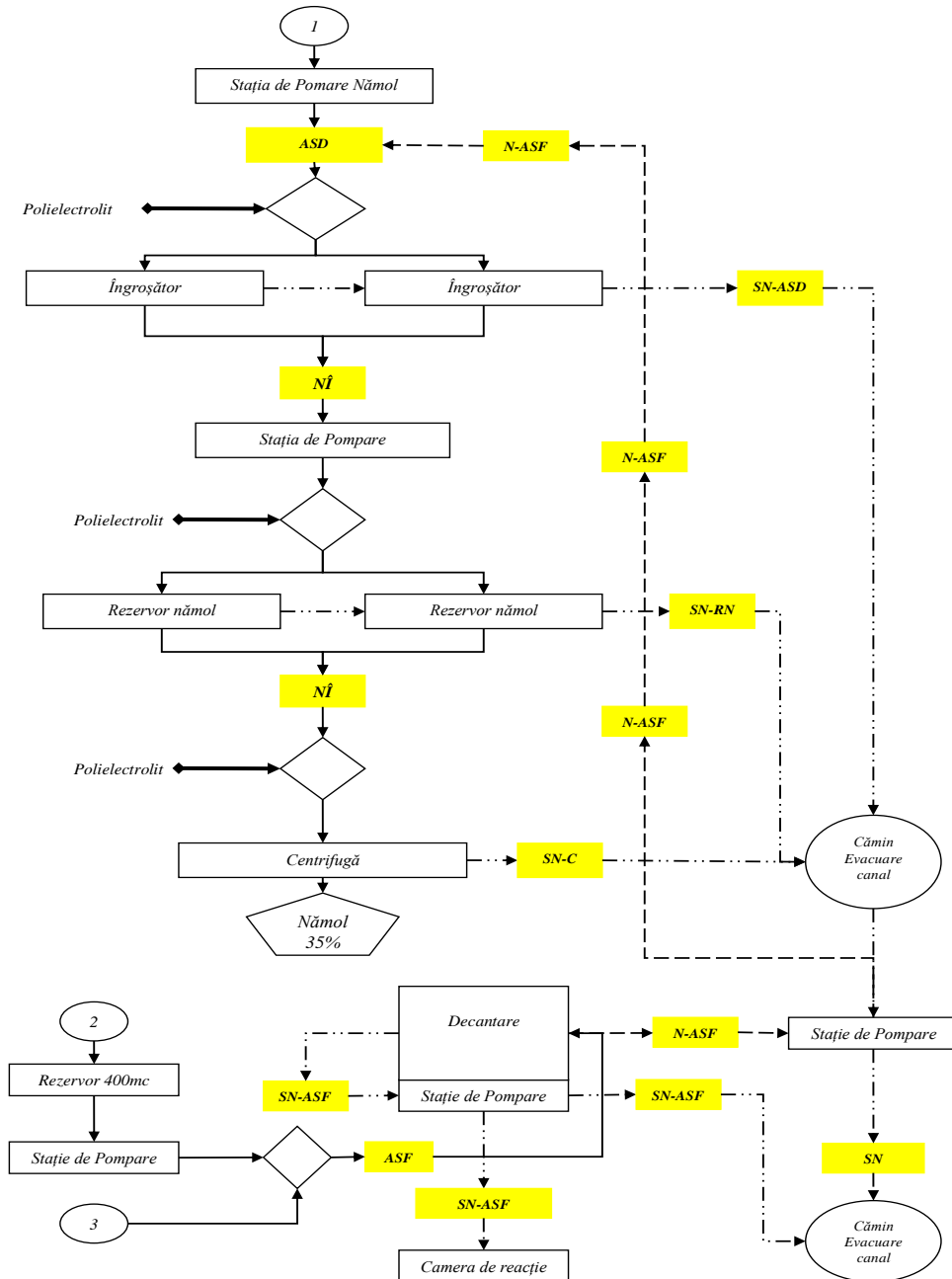
În STA Ronaț stația de pompe este echipata cu trei pompe de distribuție.

*Sistem de Alimentare cu Apă TIMIȘOARA –Stația de Tratare a apei BEGA*



**Fig.3.19.** Sistem de alimentare cu apă – Stația de tratare a apei Bega

*Tratarea Apelor de Spălare – Stația de Tratare a apei BEGA*



**Fig.3.20.** Tratarea apelor de spălare – Stația de Tratare a apei Bega



**Legenda:**

*STA\_AB – Apa Brută care intră în Stația de Tratare a apei*

*STA\_xy – Apa prelevată de pe fluxul tehnologic aferent Stației de Tratare a apei*

*STA\_AP\_Rx – Apa Potabilă care iese din Rezervorul aferent Stației de Tratare a*

*apei*

*STA\_AP – Apă Potabilă Distribuită, ieșire din Stația de Tratare a apei*

*RD\_AP – Apa Potabilă prelevată din Rețeaua de Distribuție*

*FC – Front Captare*

*STA – Stația de Tratare a apei*

*AB – Apă Brută*

*AP – Apă Potabilă*

*AA – Apă Aerată*

*ADG – Apă Degazeificată*

*ADD – Apă Dedurizată*

*AD – Apă Decantată*

*AF – Apă Filtrată*

*Rx – Rezervor de capacitate "x" în m<sup>3</sup>*

*Tx – Turn de apă de capacitate "x" în m<sup>3</sup>*

*N – nisip cuarțos/ nisip multistrat*

*CA – cărbune activ*

*RD – Rețeaua de Distribuție*

*ASD – Ape Spălare Decantoare*

*ASF – Ape Spălare Filtre*

*NÎ – Nămol îngroșat*

*N – Nămol*

*SN – Supernatant*

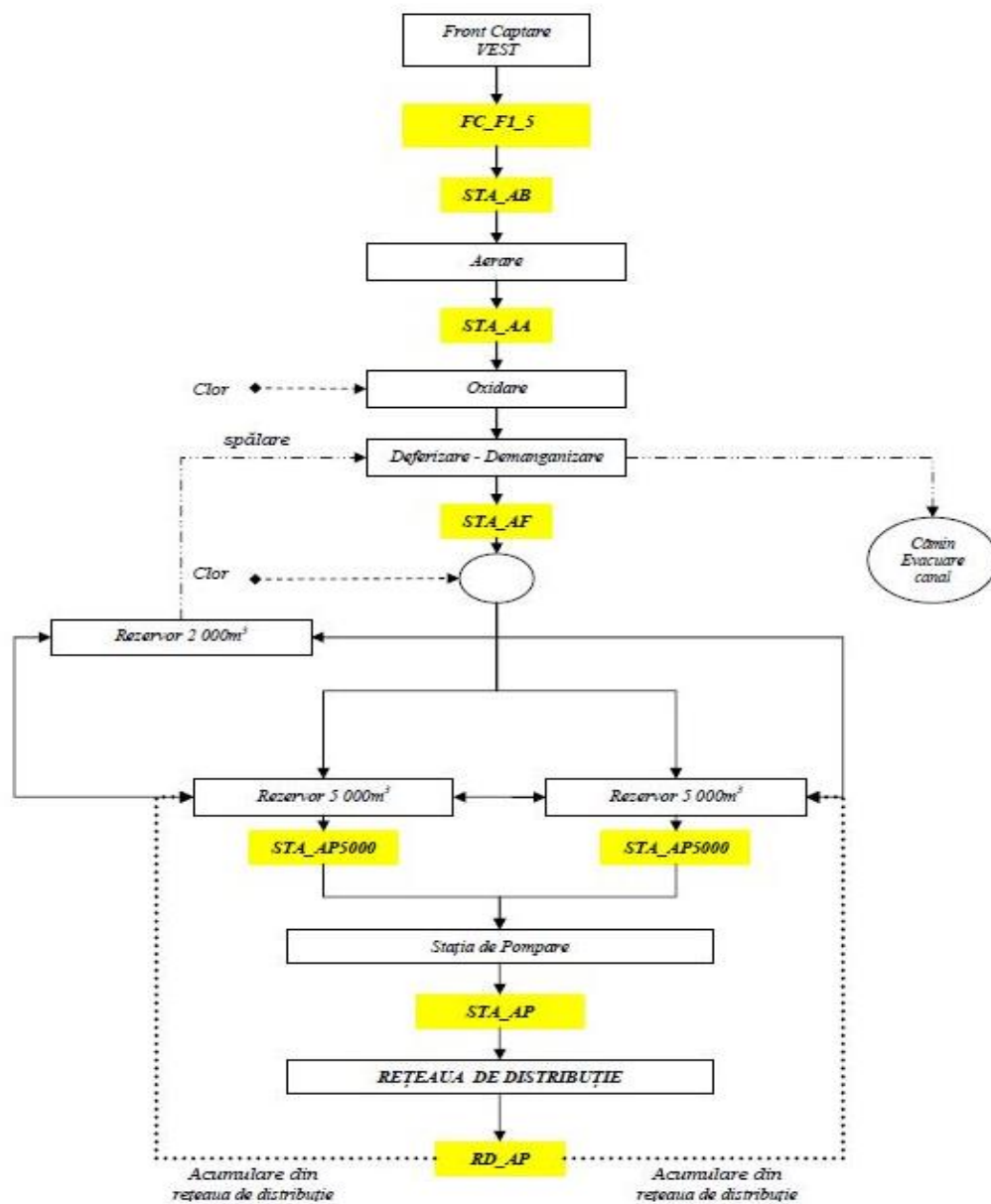
*C – Centrifugă*

*1 – ape de spălare rezultate de la spălarea camerelor de amestec, camerelor de reacție, decantoarelor*

*2 – ape de spălare rezultate de la spălarea filtrelor de la etapa a III-a și etapa a IV-a*

*3 – ape de spălare rezultate de la spălarea filtrelor de la STA-Bega 4*

*Sistem de Alimentare cu Apă  
TIMIȘOARA – Stația de Tratare a apei RONAI*



**Fig.3.21.** Sistem de alimentare cu apă – Stația de tratare a apei Ronai

**Legenda**

*FC\_F...x* – Front Captare Foraj

*STA\_AB* – Apa Brută care intră în Stația de Tratare a apei

*STA\_xy* – Apa prelevată de pe fluxul tehnologic aferent Stației de Tratare a apei

*STA\_AP\_Rx* – Apa Potabilă care iese din Rezervorul aferent Stației de Tratare a apei

*STA\_AP* – Apă Potabilă Distribuită, ieșire din Stația de Tratare a apei

*RD\_AP* – Apa Potabilă prelevată din Rețeaua de Distribuție

*FC* – Front Captare

*STA* – Stația de Tratare a apei

*AB* – Apă Brută

*AP* – Apă Potabilă

*AA* – Apă Aerată

*ADG* – Apă Degazeificată

*ADD* – Apă Dedurizată

*AD* – Apă Decantată

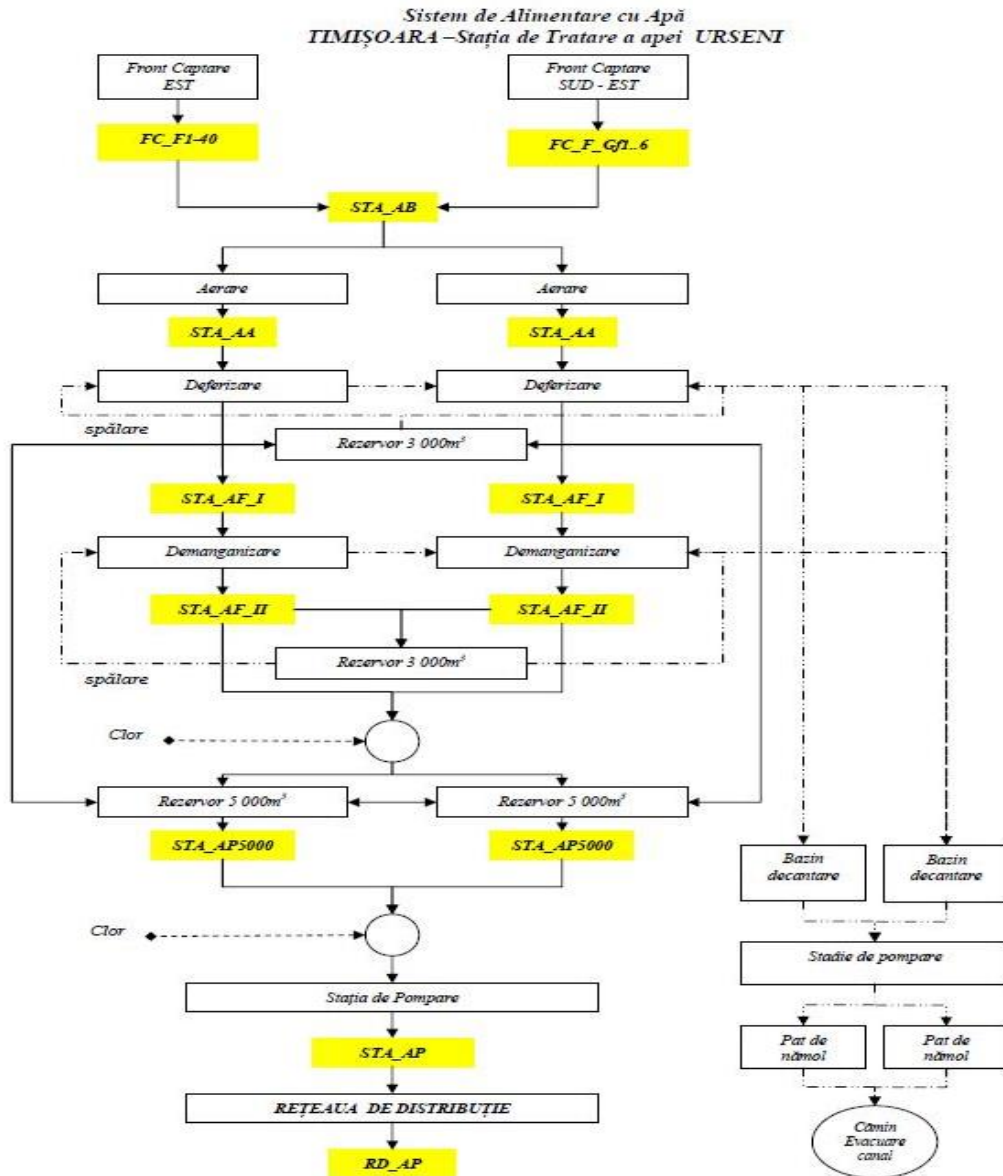
*AF* – Apă Filtrată

*Rx* – Rezervor de capacitate "x" în m<sup>3</sup>

*Tx* – Turn de apă de capacitate "x" în m<sup>3</sup>

*N* – nisip cuarțos/ nisip multistrat

*RD* – Rețeaua de Distribuție



**Fig.3.22.** Sistem de alimentare cu apă – Stația de tratare a apei Urseni

**Legenda**

*FC\_F...x – Front Captare Foraj...x*  
*STA\_AB – Apa Brută care intră în Stația de Tratare a apei*  
*STA\_xy – Apa prelevată de pe fluxul tehnologic aferent Stației de Tratare a apei*  
*STA\_AP\_Rx – Apa Potabilă care iese din Rezervorul aferent Stației de Tratare a apei*  
*STA\_AP – Apă Potabilă Distribuită, ieșire din Stația de Tratare a apei*  
*RD\_AP – Apa Potabilă prelevată din Rețeaua de Distribuție*  
*FC – Front Captare*  
*STA – Stația de Tratare a apei*  
*AB – Apă Brută*  
*AP – Apă Potabilă*  
*AA – Apă Aerată*  
*ADG – Apă Degazeificată*  
*ADD – Apă Dedurizată*  
*AD – Apă Decantată*  
*AF – Apă Filtrată*  
*Rx – Rezervor de capacitate "x" în m3*  
*Tx – Turn de apă de capacitate "x" în m3*  
*N – nisip cuarțos/ nisip multistrat*  
*CA – cărbune activ*  
*RD – Rețeaua de Distribuție*

### **3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității re tehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități**

#### **3.7.1. Descrierea situației actuale**

În Stația de tratare a apei Urseni ajunge apa provenită de la forajele situate pe fronturile de captare Timișoara est, Timișoara sud – est și trei foraje aflate în incinta.

Frontul nou de captare Timișoara est captează din 40 de foraje situate în zona localităților: Moșnița Noua, Moșnița Veche, Bucovăț, Bazoșul Nou, Bazoșul Vechi și Recaș.

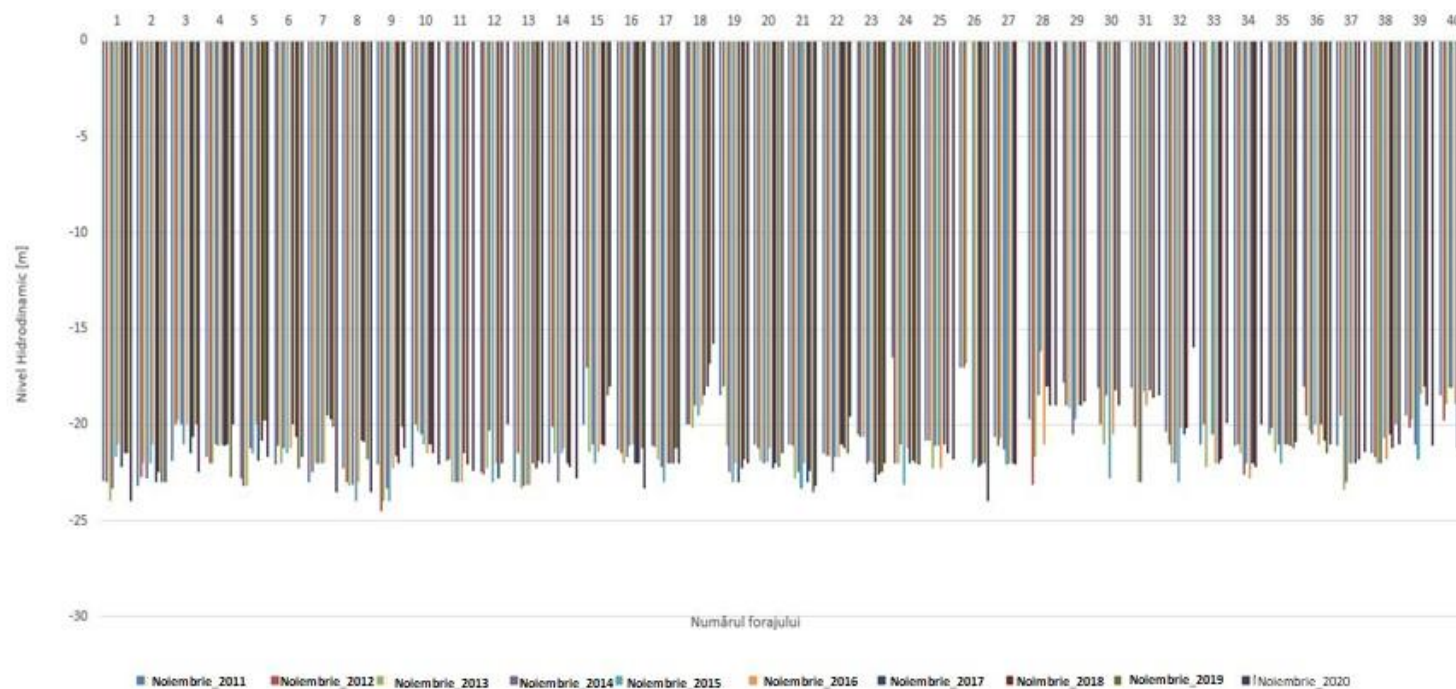
Frontul vechi de captare Timișoara sud – est, captează apa din 19 foraje, sistematizate în grupuri de fântâni: GF III cu 5 foraje (F3a, F3b, F3c, F3d, F3e), GF IV cu 5 foraje (F4a, F4b, F4c, F4d, F4e), GF V cu 4 foraje (F5a, F5b, F5c, F5d), GF VI cu 2 foraje (F6b, F6e), în STA Urseni 3 foraje (F1c, F1d, F1e).

**Pe frontal de captare Timișoara est**, 40 de foraje sunt conectate la conducta de aducțiune printr-o vana îngropată DN150. Conducta de legătură dintre aducțiune și lanțul de măsură este din PVC DN150 și are o lungime cuprinsă între 10 și 15 m. În interiorul cabinei forajului există un lanț de măsură alcătuit din vana, clapeta de sens, apometru, filtru pentru reținerea impurităților și conducta de refulare a pompei. Vanele de pe lanțul de măsură sunt vane de tip sertar, DN150. De asemenea clapeta de sens și filtru de reținere impurități sunt de DN150.



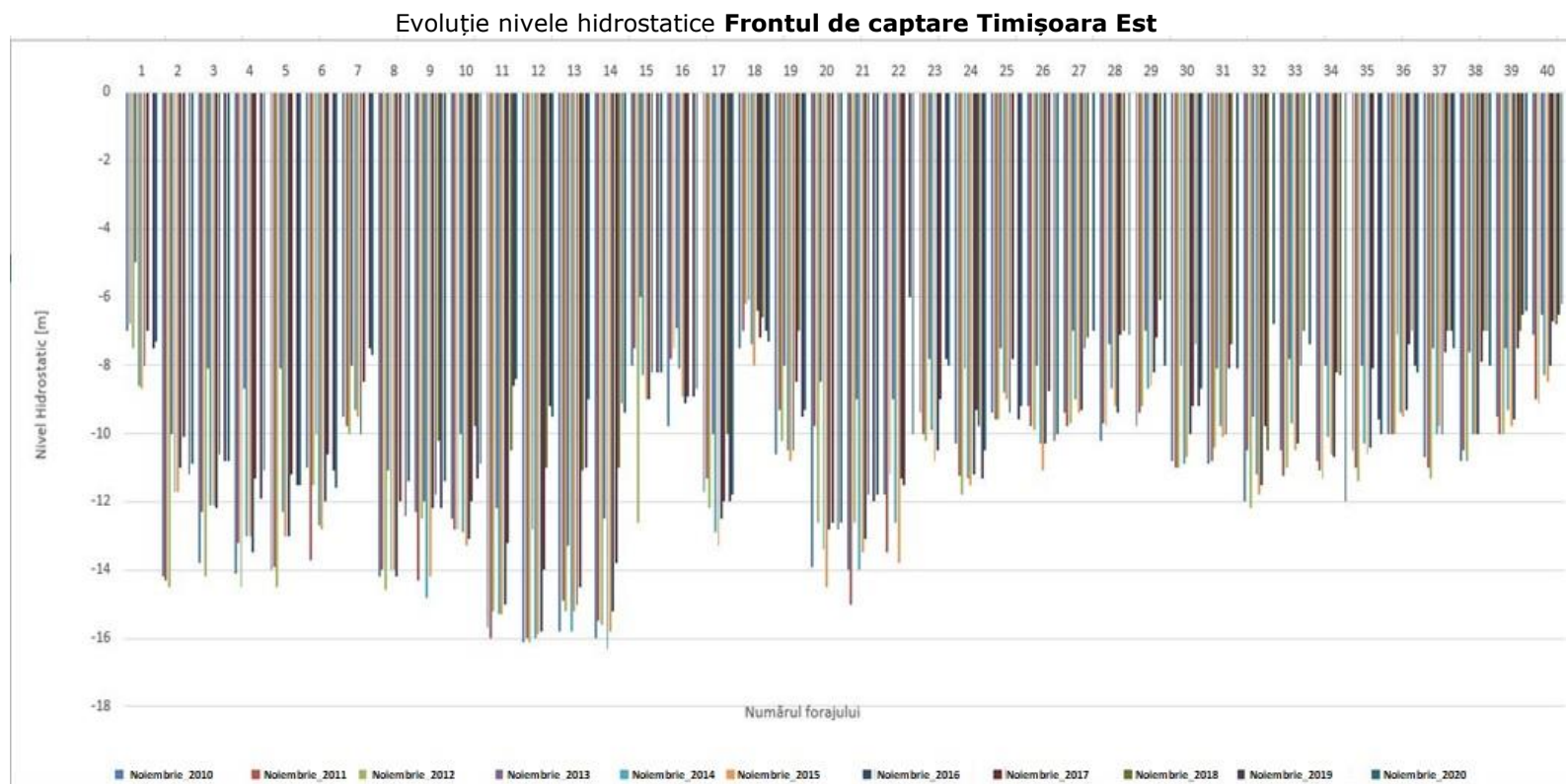
87 | 3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității re tehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități

**Monitorizarea forajelor Frontul de captare Timișoara Est**  
Evoluție nivele hidrodynamic Frontul de captare Timișoara Est



**Fig.3.24.** Evoluție nivele hidro dinamice

88 | 3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității re tehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități



**Fig.3.25.** Evoluție nivele hidrostatice



89 | 3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității rețehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități

Situația forajelor în 2020 prezentată în tabelul următor.

**Tabel 3.9.** Situația forajelor în 2020

<b>Nr. foraj</b>	<b>Nhd [m]</b>	<b>Nhs [m]</b>	<b>Q [l/s]</b>	<b>Pmot [kW]</b>	<b>Pompe Submersibile</b>
F1	22.00	6.50	4	5.5	Gr.Sp30x5
F2	21.50	12.50	4.2	5.5	Gr.Sp30x4
F3	21.90	10.80	4.1	5.5	Gr.Sp46x3
F4	23.00	10.60	4,1	5.5	Gr.Sp30x5
F5	oprit	11.60	-	5.5	Lowara
F6	oprit	12.40	-	5.5	Gr.Sp30x5
F7	23.40	8.80	4.4	7.5	Gr.Sp46x3
F8	oprit	13.00	-	4.0	LOWARA
F9	21.60	13.50	6	5.5	Gr.Sp30x6
F10	22.00	11.70	5.5	7.5	Gr.Sp46x4
F11	oprit	10.20	4.9	5.5	Gr.Sp30x4
F12	oprit	11.00	-	5.5	Gr.Sp46x3
F13	oprit	11.50	-	7.5	Gr.Sp30x6
F14	22.10	12.10	6	4.0	LOWARA
F15	15.50	7.00	16.8	9.0	Gr.Sp 60x5
F16	22.00	7.10	21	11.0	Gr.Sp77x3
F17	20.80	9.20	9.8	7.5	Gr.Sp60x3
F18	17.60	8.10	13.4	9.0	Gr.Sp60x5
F19	21.50	8.00	19	11.0	Gr. Sp75x4
F20	22.40	13.10	9.7	11.0	Gr.Sp77x3
F21	21.80		11.2	7.5	Gr.Sp46x4
F22	20.80	11.80	7.5	7.5	Gr.Sp46x4
F23	22.10	8.00	11	7.5	Gr.Sp46x4
F24	22.50	8.70	11	11.0	Gr.Sp46x4
F25	22.70	8.00	5	7.5	Gr.Sp30x5
F26	23.50	9.40	4.8	4.0	LOWARA
F27	21.00	7.80	7.2	5.5	Gr.Sp46x5
F28	19.80	6.80	6.5	7.5	Gr.Sp46x4
F29	21.00	7.50	7	4.0	LOWARA
F30	oprit	8.40	-	7.5	Gr.Sp46x4
F31	19.60	8.20	5.8	4.0	Gr.Sp.30x4
F32	16.50	6.40	4	4.0	Gr.Sp30x4
F33	21.00	7.10	7	4.0	LOWARA
F34	21.00	9.70	4.5	5.5	Gr. Sp30x6
F35	23.00	10.00	9.2	7.5	Gr.Sp46x5
F36	18.00	9.40	20.5	11.0	Gr.Sp77x3
F37	21.50	10.50	10	5.5	Gr.Sp46x4-C
F38	oprit	9.70	-	5.5	Gr.Sp46x4-C
F39	21.50	7.20	8.2	5.5	Gr.Sp46x4-C
F40	oprit	6.50	-	5.5	Gd.200L10x3

90 | 3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității rețehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități

Situația forajelor în 2020 din perspectivă dotări în tabelul următor

**Tabel 3.10.** Situația forajelor în 2020 din perspectivă dotării

FORAJ	COLOANA, mm, material	CONTOR, mm	DESCHIDERE VANĂ	OBSERVAȚII
1	DN150 OL	DN 80 - defect	3 TURE	
2	DN150 OL	DN 80- funcțional	2.5 TURE	vana defecta
3	DN150 OL	DN 80 - defect	2 TURE	
4	DN150 OL	DN 100 - defect	3 TURE	
5	DN150 OL	DN 100- funcțional	oprit	pompa defecta
6	DN150 OL	DN80- funcțional	oprit	pompa defecta
7	DN150 OL	DN80 - funcțional	3 TURE	
8	DN 90 PEHD	DN80 - funcțional	oprit	pompa defecta
9	DN90 OL	DN100 - defect	2 TURE	coloană refulare prezintă pierderi
10	DN150 OL	DN 100 - funcțional	4 TURE	
11	DN150 OL	DN80 - funcțional	3 TURE	
12	DN150 OL	DN100 - defect	4 TURE	
13	DN150 OL	DN100 - defect	3 TURE	
14	DN90 OL	DN150 - defect	4 TURE	
15	DN150 OL	DN150 - defect	5 TURE	
16	DN150 OL	DN150 - funcțional	5 TURE	
17	DN150 OL	DN100 - defect	3 TURE	
18	DN100 OL	DN100 - defect	MAX	coloană refulare prezintă pierderi
19	DN100 OL	DN150 - funcțional	4 TURE	
20	DN90 OL	DN150 - funcțional	4 TURE	coloană refulare prezintă pierderi
21	DN 110 PEHD	DN150 - defect		vana blocata
22	DN 63 PEHD	DN150 - defect	MAX	pierderi de apa la armaturi
23	DN 110 PEHD	DN 100 - funcțional	4 TURE	
24	DN150 OL	DN150 - defect	4 TURE	
25	DN63 PEHD	DN150 - defect	MAX	
26	DN150 OL	DN 100 - funcțional	-	
27	DN90 OL	DN100 - defect	3 TURE	ștuț de probe defect
28	DN100 OL	DN80 - funcțional	3 TURE	
29	DN90 OL	DN150 - defect	2 TURE	
30	DN100 OL	DN100 - defect	oprit	defect coloana
31	DN 110 PEHD	DN80 - funcțional	5 TURE	
32	DN150 OL	DN 100 - funcțional	2 TURE	coloană refulare prezintă pierderi
33	DN90 OL	DN 100 - funcțional	4 TURE	coloană refulare prezintă pierderi
34	DN90 OL	DN 150 - funcțional	MAX	coloană refulare prezintă pierderi
35	DN 90 PEHD	DN150 - defect	5 TURE	
36	DN90 OL	DN 150 - funcțional	3 TURE	necesita prelungire coloana
37	DN150 OL	DN 150 - funcțional	2 TURE	coloană refulare prezintă pierderi
38	DN100 OL	DN 150 - defect	oprit	pompa defecta
39	DN100 OL	DN 100 - funcțional	3 TURE	
40	DN150 OL	DN100 - defect	oprit	pompa defecta

91 | 3.7. Stadiul funcționalității și perspectiva necesității rețehnologizării alimentării cu apă din sursă subterană pentru municipiul Timișoara și periurbanități

**Situația funciara a forajelor în 2020**

**Tabel 3.11** Situația funciara a forajelor în 2020

Foraj	Situație CF foraj și zona de protective sanitara	Situație juridică a terenurilor traversate de conducta conform CF (lângă drum)	NR. CF
F6	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Moșnița Noua	CF 400967
F7	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Moșnița Noua	CF 401067
F8	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Moșnița Noua	CF 416471
F9	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Moșnița Noua	CF 416472
F15	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Remetea Mare	CF 402909
F17	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	IAS Recaș	CF 400211
F18	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	IAS Recaș	CF 4000085
F19	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	IAS Recaș	CF 400216
F20	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Remetea Mare	CF 400078
F21	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Remetea Mare	CF 400236
F22	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Remetea Mare	CF 400234
F23	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Remetea Mare	
F32	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410494
F33	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410610
F34	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410495
F35	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410496
F36	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410497
F38	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410499
F39	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410500
F40	Construcții – R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara Teren – Statul Roman, folosința R.A.A.C. „Aquatim” Timișoara	Primăria Recaș	CF 410501

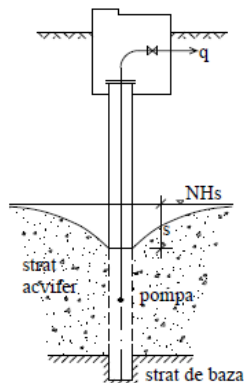
## CAPITOLUL IV.

### ELEMENTE CONSTRUCTIVE, TEHNOLOGII MODERNE ȘI RECOMANDĂRI DE ÎNTREȚINERE A FORAJELOR DE MARE ADÂNCIME PENTRU ALIMENTAREA CU APĂ POTABILĂ. CARACTERISTICI GENERALE ALE APELOR SUBTERANE DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ ȘI FILIERE DE TRATARE

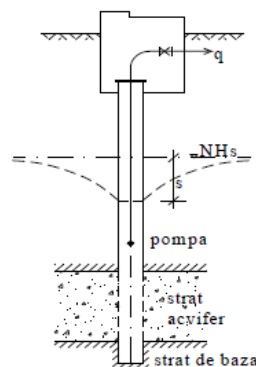
#### 4.1. Elemente constructive

##### 4.1.1. Forarea mecanică

Prin foraj se înțelege o săpătura verticală de dimensiuni variabile, executată în scoarța terestră prin diverse sisteme în diferite scopuri utilitare.[73]



**Fig.4.1.** Puț în strat freatic



**Fig.4.2.** Puț în strat de adâncime (ascendent)

Indiferent de caracterul forajului, orice execuție presupune în prealabil cercetarea și studierea în detaliu, atât studiul hidrogeologic preliminar sau definitiv și proiectul tehnic, respectiv a documentației economice. [31] Se studiază întreaga

documentația scrisă și desenată pentru a se stabili utilajul principal și cantitățile de materiale necesare execuției lucrării.

Se recomandă un grafic de execuție care evidențiază durata de execuție a unei lucrări și perioada sau perioadele la care se face aprovizionarea cu materiale care necesită unele operații cu utilaje speciale, în vederea programării acestora. [53]

Execuția forajelor de apă se realizează pe baza unui studiu hidrogeologic și respectiv a unui proiect de execuție. Se recomandă cunoașterea amplasamentului înainte de a aduce instalația pe teren. La amplasarea utilajelor trebuie să se aibă în vedere următoarele aspect principale: existența unui perimetru sanitar, posibilitatea de acces, posibilitatea de amplasare a instalației, posibilitatea aprovizionării cu apă și a evacuării acesteia în timpul pompărilor. [51]

La forajele în sistem hidraulic este necesară asigurarea sursei de alimentare cu apă.

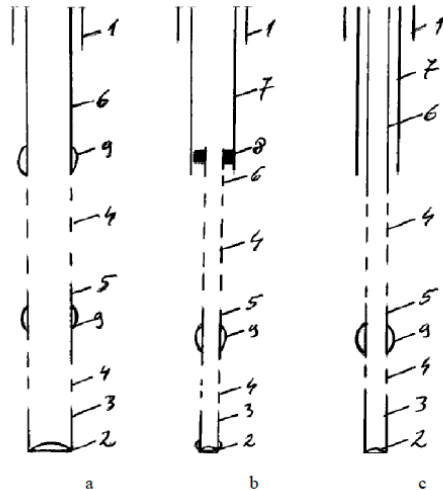
Pentru strate aflate la adâncime de peste 80m, deoarece costul forajului este mare, se forează puțul în regim de foraj de studiu iar dacă rezultatele sunt favorabile forajul se transformă în foraj de exploatare a stratului de apă. [58]

Forarea mecanică se execută prin intermediul unei instalații care se aduce la amplasamentul stabilit astfel se realizează un batal, pentru prepararea noroiului de foraj și eventual depozit de barită pentru mărirea densității noroiului. Se inițiază forajul și se vor preleva periodic probe, pentru a se observa stratificația terenului.[5] Datele rezultate se trec într-o fișă specială pentru stabilirea coloanei litologice a stratului. În cazul întâlnirii un strat de apă, se efectuează analiza chimică, se măsoară debitul și nivelul hidrostatic. Dacă stratul se captează, se va închide provizoriu print-o coloană de tubaj și se continuă forajul cu un diametru mai mic. Dacă nu se captează, se turbează definitiv, izolându-se de alte strate. După atingerea săpături puțului la adâncimea prevăzută în proiect, se va realiza carotajul electric pentru stabilirea poziției filtrelor. După stabilirea poziției filtrelor, se turbează gaura pentru a se evita prăbușirea și se definitivează puțul executându-se următoarele operații :

- introducerea coloanei de filtru și piesa de fund;
- adăugarea pietrișului mărgăritar între coloana de tubaj și cea a filtrului, operațiunea realizându-se simultan cu ridicarea progresivă a coloanei de tubaj pe măsură ce spațiul se umple;
- se va etanșa coloana de filtru față de coloana de prelungire;
- se vor extrage coloanele provizorii de tubaj;
- se realizează cabina forajului;
- se execută deznisiparea forajului ;
- se montează instalația hidraulică a forajului ;
- se pune în funcțiune.

#### **4.1.2. Tubarea forajelor și recomandări pentru reușita forajelor hidrogeologice**

Tubarea forajelor are scopul de protecție împotriva prăbușirii pereților forajului, protecția echipamentului de pompare, izolarea stratelor acvifere cu caracteristici hidrogeologice necorespunzătoare și asigurarea captării stratului sau stratelor acvifere în condiții optime, care să permită introducerea de pietriș mărgăritar și crearea unui filtru de pietriș.[35]



**Fig.4.3.** Coloanele de tubare și componente

Componentele coloanelor sunt puț cu coloană unică(a), puț cu coloană pierdută(b); puț cu coloană unică și coloană de izolare(c), coloană de ghidaj(1), piesa de fund(2), decantor(3), filtru(4), coloană intermediară(5), coloana de prelungire(6), coloană de izolare(7), piesă de etanșare(8), centrori (9).

Forajele pot fi turbate fie cu burlane din otel aliat, fie cu plastic (PVC). Tronson de coloană introdus primul în pământ are un rol primordial în direcționarea forajului și respectiv în închiderea stratelor contra infiltrației de apă superficială.

Oprirea coloanelor se realizează numai în strat de rocă impermeabilă sau în dopuri speciale de beton coloanele petrecându-se pe 2-3m.

#### **Recomandări privind operația de tubare**

După finalizarea forajului, înainte de introducerea coloanei filtrante, este necesar realizarea unor lucruri pregătitoare:

- se v-a verific turla, motorul, geamblacul și macaraua
- se v-a verifica pompa de noroi ;
- se v-a măsura lungimea prăjinilor de foraj la introducerea garniturii pentru spălarea puțului;
- se corectează gaura de foraj până la talpa, înainte de tubare, și se circula până la egalizarea greutateii noroiului care intra cu cel care iese;
- se vor pregăti echipamentele necesare ;
- burlanele se controlează cu șabloane, măsurând cu atenție lungimea lor utilă și etichetându-le în ordinea introducerii;
- filetul burlanelor se v-a spăla bine de regulă cu petrol.

Primele 3 burlane se recomandă a fi sudate, pentru evitarea deșurubării lor în timpul forajului, ca urmare a frecării garniturii de foraj. La mufa ultimului buran de tubaj se înșurubează capul de cimentare.[53]

După înșurubarea prăjinii de antrenare la capul de cimentare, coloana fiind sprijinită la gura puțului, se începe circulația cu fluidul de foraj, pentru spălare, în vederea cimentării.[58]

Circulația cu fluidul de foraj continuă până când presiunea de pompare scade și ajunge la o valoare normal constantă.

### Recomandări pentru reușita forajelor hidrogeologice

Pentru o reușită a execuției lucrărilor este necesar să se acorde o atenție deosebită anumitor operații din procesul tehnologic.[73] Alegerea filtrului reprezintă cea mai importantă operație de care depinde reușita unui foraj hidrogeologic.

#### 4.1.3. Tipuri de filtre și recomandări

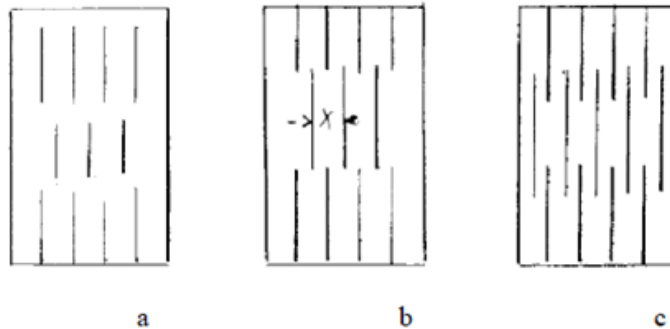
##### Filtre simple

Filtrele simple se confecționează de regulă în următoarele variante:

- filtre cu șlițuri realizate cu flacără oxiacetilenică, prin electroeroziune și prin frezare;
- filtre tip pod sau punte, realizate prin stanțare;
- filtre cu fantă continuă, realizate prin înfășurarea sârmei cu secțiune trapezoidală pe o carcasă metalică;
- filtre din bare tip carcasă recunoscute ca și filtrul Johnson - cu bare profilate și filtrul Gavrilko - din bare rotunde;

##### Filtre simple cu șlițuri sau fante executate cu flacără oxiacetilenică

Filtrele simple cu șlițuri se confecționează din burlane metalice în care sunt practicate orificii dreptunghiulare denumite șlițuri.[73] Lățimea șlițurilor depinde de diametrul granulelor de nisip din orizontul acvifer, sau de diametrul pietrișului mărgăritar, introdus în spatele filtrului.



**Fig.4.4.** Modul de amplasare a șlițurilor:

x - distanța între șlițuri ; a - amplasare tip coroață; b, c - amplasare tip șah.

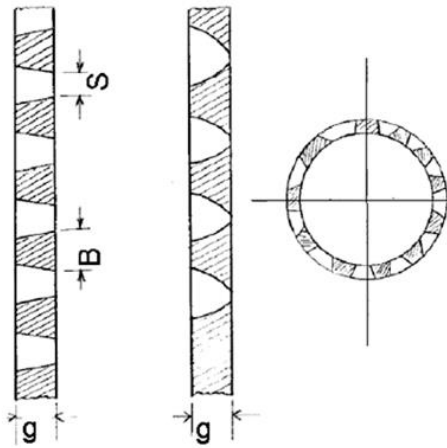
Gradul de deschidere sau suprafața de trecere relativă nu trebuie să depășească 30 % din suprafața laterală a burlanului pe intervalul slimuit, deoarece se micșorează rezistența burlanului la tracțiune cât și la turtire.[58]

În prezent, șlițurile executate prin metoda tăierii cu flacără oxiacetilenică se folosesc rar, utilizându-se filtrele cu fantă continuă și cele tip pod sau punte deoarece granulele de nisip care eventual ar intra în șliț să poată intra în put, evitând astuparea șlițurilor.

Filtrele cu șlițurile longitudinale se execută mai repede și rezistă mai bine la eforturile de tracțiune, iar cele cu șlițuri transversale rezistă mai bine la eforturile de turtire.

##### Filtre simple cu șlițuri sau fante, executate prin electroeroziune [58]

Șlițurile se execută prin electroeroziune, în burlane metalice. Lungirea burlanelor poate fi cuprinsă între 3 și 11 m.



**Fig.4.5.** Filtru cu fantă evazată tip Vrancea

**Filtre cu fante evazate[58]**

Filtrele tip Vrancea se confecționează din tablă de oțel cu grosime de 3,5,7 mm. Filtrele cu fante evazate tip Vrancea se pot utiliza ca:

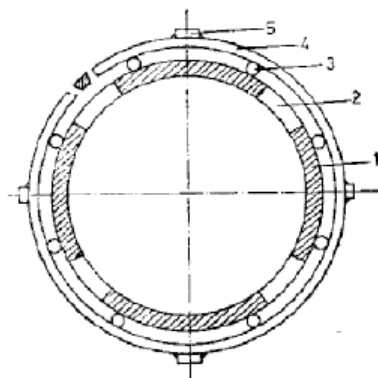
- filtre simple;
- filtre cu pietriș mărgăritar.

**Filtre simple tip pod sau punte[58]**

Aceste filtre pot fi în trei variante constructive:

- filtre fără îmbinare;
- filtre cu îmbinare prin filetare;
- filtre cu manșon;

**Filtre simple cu fantă continuă[58]**



- 1 - carcasa din burlan;
- 2 - ferestre practicate in burlanul carcasa;
- 3 - oțel beton cu diametrul de 8 mm;
- 4 - sarma cu secțiune trapezoidală;
- 5- platbanda cu secțiune dreptunghiulară

**Fig.4.6.** Filtru cu fantă continuă, cu secțiune circulară

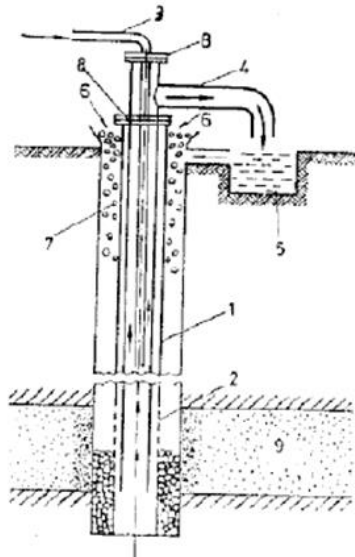
**Filtre cu pietriș mărgăritar [58]**

Aceste filtre se realizează fie la suprafață sau în foraj.

Introducerea pietrișului mărgăritar de regulă se realizează în circuit descendent, utilizându-se o pompa aerlift (Mamuth), se mai poate introduce în circuit

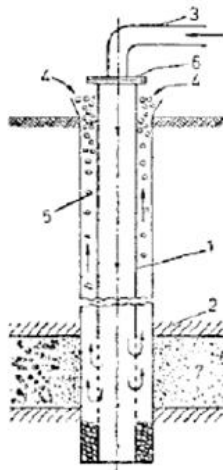


ascendent. În timp ce se introduce pietrișul mărgăritar, nivelul fluidului de foraj din batal crește, de asemenea și în spatele coloanei filtrante, iar lungimea liberă a filtrului se micșorează.



- 1 – coloana filtranta;
- 2 – filtru;
- 3 – conducta pentru introducerea aerului comprimat;
- 4 – conducta pentru refulare;
- 5 – batal;
- 6 – introducerea pietrișului mărgăritar;
- 7 – pietriș;
- 8 – flansa;
- 9 – nisip acvifer;

**Fig.4.7.** Introducerea pietrișului mărgăritar în circuit descendent



- 1 – coloana filtranta;
- 2 – filtru;
- 3 – conducta pentru introducerea pietrișului mărgăritar;
- 4 – introducerea pietrișului mărgăritar;
- 5 – pietriș;
- 6 – flansa;
- 7 – nisip acvifer;

**Fig.4.8.** Introducerea pietrișului mărgăritar în circuit ascendent

În cazul filtrelor cu pietriș, indiferent de modul de confecționare a filtrului, în sondă sau la suprafață, filtrul metalic este un filtru simplu.[58]

#### **Decantorul**

Decantorul reprezintă partea inferioară a coloanei filtrante cu rolul de a decanta nisipului ce intră din strat în foraj, în timpul exploatării sau pompărilor

experimentale astfel se evită astuparea sau inundarea filtrului cu nisip în esență micșorarea debitului de apă.

#### **4.1.4. Construirea cabinei puțului forat și montarea pompei și a instalațiilor hidraulice auxiliare**

Cabina puțului forat trebuie proiectată și construită de așa manieră încât să asigure accesul ușor al personalului de întreținere la foraj, etanșeitarea capului de puț și condiții igienice, exploatarea pompelor atât mecanic cât și electric și asigurarea spațiului necesar pentru lucrări de recondiționare.

Cabinele forajelor de regulă sunt cu secțiune circulară, pătrată sau dreptunghiulară, fiind subterane, semiîngropate sau supraterane. În cazul celor subterane sau semiîngropate necesită să fie bine izolate hidrofug, să nu se producă nici un fel de infiltrație.

Tipul de pompă stabilit de proiectant determină și dimensiunile constructive ale cabinei puțului.[73] Când se folosește o pompa submersibilă, cabina are dimensiunile dictate de montarea echipamentului pompei și de protecție mecanică și electrică.

La construcția cabinei trebuie să se acorde o atenție deosebită tuturor elementelor care ar putea provoca greutate în exploatare, cum ar fi : etanșarea radiatorului la coloană și montarea corectă a pieselor de trecere prin pereți.

Izolația cabinei forajului trebuie realizată astfel încât temperatura din interior să nu scadă sub 10 °C pentru a evita înghețarea conductei de refulare astfel se recomandă să se folosească o casă de puț, sau cabină îngropată sau semi îngropată.

Alegerea și detaliile de montare ale pompei se stabilesc de către proiectant.

În general, în puțurile forate se dispun pompe centrifuge, cu ax orizontal sau cu ax vertical.

Majoritate, puțurile forate de mare adâncime destinate alimentării cu apă sunt exploatate cu pompe submersibile, deoarece nivelele dinamice ale puțurilor forate sunt mai jos de 10-15 m.[65]

Elementele principale care determină caracteristicile unei pompei sunt:

- debitul extras din puț (Q);
- înălțimea la care trebuie ridicată apa sau presiunea la care trebuie furnizată apa (H).

După alegerea pompei trebuie asigurată și instalația hidraulică auxiliară. Conducta de aspirație în cazul pompelor cu ax orizontal. Legătura dintre conducta de aspirație și pompa se face cu ajutorul unei curbe cu flanșe. În situația exploatarea forajului cu pompa submersibilă, refularea trebuie realizată din tronsoane legate prin elemente de flanșă prevăzute cu degajare pentru cablul electric al pompei. Pompa necesită recomandabil să dispună de cablu de tracțiune, evitând scăparea în foraj. Se recomandă echiparea pe lanțul de măsură cu manometru pentru măsurarea presiunii la refulare, deasemenea se dotează cu vană cu sertar până și corp plat din fontă pentru presiuni până la 4 bari și respectiv sertar până și corp oval din fontă pentru presiuni până la 10 bari. Lanțul de măsură v-a avea în dotare apometru citirea volumului de apă, robinet de probe de apă și respectiv pompă de epuizament.

#### **4.1.5. Studii hidrogeologice**

Studiul hidrogeologic preliminar prevede examinarea generală informativă a surselor din arealul obiectivului și are rolul de rezolvare a necesarului de apă.[38]

În memoriu se vor enumera sursele de apă subterană considerabile și eventualele debite.

Studiul trebuie să cuprindă plan de situație cu încadrarea obiectivului la scara 1:25 000, mobilat cu lucrările hidrogeologice studiate, sursele de apă subterană și coloana stratigrafică.

Studiul v-a cuprinde și buletine de analize fizico-chimice și respectiv bacteriologice.

Studiul hidrogeologic definitiv reprezintă dezvoltarea studiului preliminar, cu datele și rezultatele.[38]

Studiul v-a avea la bază memoriul tehnic specific, piesele desenate respectiv tabele specifice și buletine de analiză.[42]

#### **4.1.6. Conținutul dosarului tehnic al unui foraj**

1. Studiul hidrogeologic și proiectul de execuție a forajului
2. Contractul de execuție
3. Procesul-verbal de amplasare a forajului
4. Profilul litologic al forajului
5. Diagrama carotajului electric pentru forajele executate hidraulic
6. Rezultatele analizelor granulometrice înscrise în curbele granulometrice ale stratelor de nisipuri și pietrișuri traversate
7. Coloanele de lucru folosite la execuția forajului uscat, adâncimea de tubare și diametrul și adâncimile folosite la forajul executat hidraulic
8. Procesul verbal cu schița de tubare a coloanei filtrante definitive
9. Procesul-verbal cu caracteristicile hidrologice ale stratului acvifer testat cu debitele corespunzătoare la 3 denivelări experimentale, turbiditate apei și numărului de ore pompate.
10. Analiza fizico-chimică a apei.
11. Analiza bacteriologică a apei.
12. Procesul-verbal de recepție preliminară.
13. Procesul-verbal de punere în funcție a pompei submersibile cu caracteristici precum adâncimea de montare, țeava de refulare și debitul la care a fost reglată
14. Procesul-verbal de deznisipare

Documentele din dosarul respectiv oferă specialistului posibilitatea de a stabili diagnosticul și măsurile necesare pentru ca sursa de apă să fie recondiționată. [73]

#### **4.2. Cauzele îmbătrânirii forajelor și metode de evitare și recondiționare a forajelor**

Colmatarea și înnisiparea sunt determinate de cauze fizice, de particulele fine din strat, care blochează căile de acces ale apei spre filtru.[41]

Colmatarea este favorizată prin extracția a apei cu viteze de afluire mari, fapt care conduce la antrenarea particulelor fine din stratul acvifer.

Înnisiparea unui put forat se datorează pătrunderii particulelor fine din strat în interiorul puțului, soldată cu blocarea filtrelor. Înnisiparea poate surveni când mărimea granulelor de pietriș introdus respectiv a fantelor a fost greșit aleasă. La

foraje poate surveni efectul de înnisipare dacă exploatarea este nerațională cu debite mari, determină o viteză de antrenare crescută.

Înnisiparea puțului se produce și atunci când de la sursa la consumator, coloana filtrantă s-a erodat, la evenimente de tip defecțiuni mecanice, respectiv în cazul în care deznisiparea nu s-a realizat corespunzător.[59]

Coroziune reprezintă acțiunile chimice asupra coloanei filtrante. Coroziunea are ca efect distrugerea parțială sau totală a coloanei filtrante, conducând la degradarea sau chiar pierderea forajului.

Încrustarea este un efect prin care substanțele dizolvate se depun pe și în filtru cât și în stratul acvifer, determinând o diminuare a debitului sau chiar secarea totală a forajului. Cauzele chimico-biologice care produc încrustarea sunt extrem de variate.

#### **4.2.1. Evitarea îmbătrânirii premature a forajelor**

Se recomandă pentru o durată lungă de funcționare ca alegerea coloanei filtrante să fie rezistentă la efectul coroziv, alegându-se un material conform determinărilor chimice, dimensiunea pietrișului mărgăritar și respectiv a mărimii fantelor să alec în conformitate cu analiza granulometrică a stratului captat. Este important să se acorde atenție deosebită introducerii pietrișului mărgăritar în vederea formării unei coroane continue. Deznisiparea periodică se recomandă. Exploatarea trebuie realizată în maniera în care debitele extrase să nu depășească viteza de antrenare a nisipului, astfel sunt evitate efectele de colmatare și înnisipare a forajului, iar montarea piesei de etanșare să se facă corect.

#### **4.2.2. Metode de recondiționare a forajelor**

Pentru recondiționare, se recomandă curățarea de nisip a coloanei filtrante, astfel cea mai recomandată metoda este prin intermediul pompei mamuth în cea ce privește curățirea filtrelor, metoda permite executarea curățirii forajului în timp scurt și nu produce avariarea filtrului. Prin intermediul aerliftului se evacuează atât particulele fine, cât și pietrișul.

Utilizarea lingurii de curățat (cu clapeta) lăsată în foraj cu prăjini sau cablu nu este recomandă, existând riscul de avariere a forajului.

Spălarea inversă presupune închiderea capacului sondei prin intermediul unei flanșe cu 2 orificii și anume un orificiu pentru trecerea prăjinilor sau țevilor și altul pentru legătura cu furtunul pompei. Pe măsura pompării, deznisipării filtrului și curățarea de nisip prăjinile se lasă treptat. Comparația între debitul specific și curbele de pompare și de revenire, înainte și după deznisipare, permite aprecierea rezultatelor curățirii efectuate.

Metode chimice precum acetizările au ca și scop refacerea productivității forajelor unde debitul a scăzut ca urmare a diferitelor cauze precum depunerea

Ridicarea debitului în foraje prin intermediul agenților chimici se realizează pe considerentul dizolvării depunerilor care închid orificiile filtrelor fără a deteriora tuburile.[1] Acetizările de altfel cu acid clorhidric pot pătrunde în afara filtrului și astfel dizolvând crustele, cimentate favorizând condiții necesare extragerii filtrului.

Afânarea rocii intermediul exploziilor se bazează pe utilizarea unei de soc provocată prin intermediul explozie, pentru curățarea filtrelor.

#### 4.2.3. Înlocuirea filtrelor

Cea mai sigură metoda pentru refacerea debitului unui foraj este înlocuirea filtrelor dacă forajul este prevăzut cu filtru lansat. Se recomandă înlocuirea și în cazul în care se observă deterioarea filtrului. [58]

#### 4.2.4. Colmatarea și decolmatarea forajelor

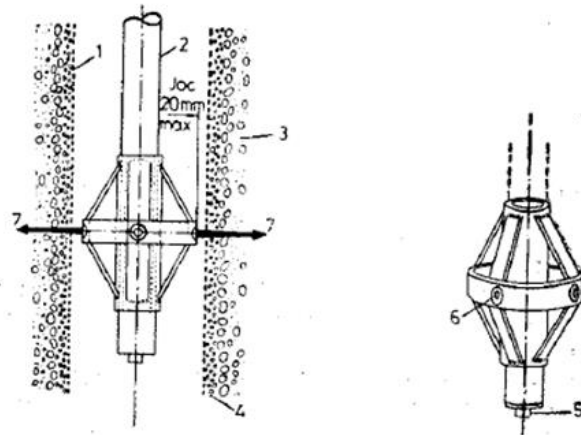
Colmatarea conduce la diminuarea permeabilității astfel reducându-se debitul.

Decolmatare constă în eliminarea agentului de colmatare prin procedee mecanice, chimice de dizolvare și fizico-chimice prin dispersare. [35]

Lăcărul reprezintă o operație care constă în extragerea apei din sondă cu ajutorul unei linguri, care se introduce cu cablu în coloana filtrantă.

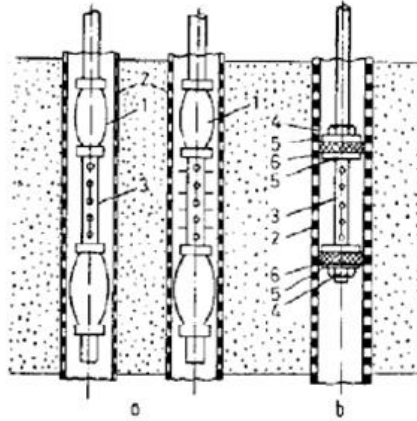
Pistonarea reprezintă o operație în care un piston este coborât în foraj și execută mișcări repetate sus - jos pentru a curăța filtrul. [35]

O altă operație de curățire a filtrului este spălarea prin intermediul unei țevi perforate, prin care se trimite apa sub presiune.



Spălător cu duze :  
1 – filtru; 2 - prajini de foraj ; 3 – nisip acvifer ;  
4 - pietris margaritar ; 5 - buson cu filet ; 6 - duze ; 7 - jet.

**Fig.4.9.** Spălător cu duze



Dispozitiv pentru spălarea filtrului :  
a - cu balon ; b - cu garnituri de cauciuc;  
1 - balon ; 2 - filtru; 3 - injector; 4 - piulita; 5 - saiba;  
6 - garnitura de cauciuc;

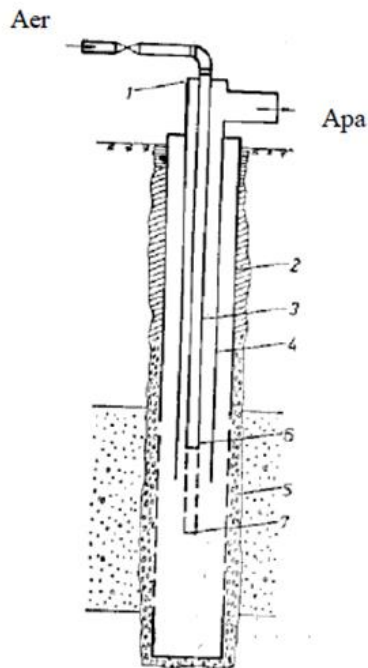
**Fig.4.10.** Dispozitiv pentru spălarea filtrului

#### 4.2.5. Deznisiparea forajelor. Procedee de deznisipare

Deznisiparea forajelor de apă se realizează de regulă printr-o instalație aerlift, asigurată de compresorul și pompa de aer comprimat.[59]

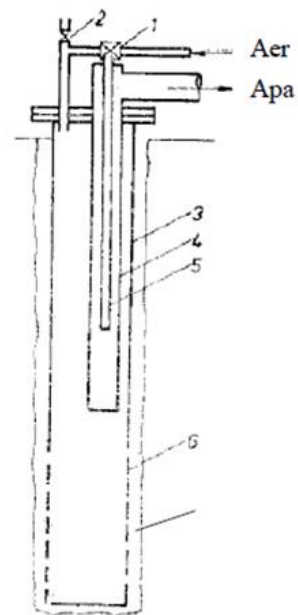
Pompă simplă cu pompa mamuth este cea mai frecventă metodă deși nu prezintă eficiență mare operația constând în pompare până la limpezirea repunerea forajul în exploatare la un debit redus față de cel obținut la pompare.[53]

Deznisiparea prin pompare alternativă este similară cu cea precedentă prin forajul ce se pune în exploatare prin pompare, provocându-se la intervale de timp opriri bruște ale pompei, creeând variații de presiune care pot conduce la deznisiparea forajului. Ca procedee de deznisipare a forajelor sunt mai sunt și pomparea cu pompa mamuth pe tronsoane și deznisipare prin barbotaj în dreptul stratului fie prin metoda cu gura forajului liberă prin alternarea barbotajului cu pomparea de apă fie prin metoda cu gura forajului etanșă.



**Fig.4.11** Schema deznisipării cu gura puțului liberă

- 1- presetupă;
- 2 - coloana definitivă;
- 3 - țeava de aer;
- 4 - țeava de refulare;
- 5 - filtru;
- 6 - poziția țevii de aer în timpul pompării;
- 7 - poziția țevii de filtru



**Fig.4.12** Schema deznisipării cu gura puțului etanșă

- 1- robinet cu trei căi;
- 2 - descărcare
- 3 - coloana definitivă
- 4 - țeava de aer;
- 5 - țeava de refulare;
- 6 - coloana de prelungire;
- 7 - aer la barbotaj

### 4.3. Tehnologiile moderne de întreținere a forajelor. Inspectia CCTV și campanii de colectare și verificări in-situ

La forajele de alimentare cu apă corect executate și exploatate este recomandat minim verificarea anuală a forajului.[35]

Inspectia convențională constă în măsurarea nivelului static al forajului și respectiv măsurarea nivelului dinamic al forajului. Se compară rezultatele cu cele precedente și se prelevează a două probe de apă pentru efectuarea analizelor bacteriologice și fizico - chimice. Dacă nu prezintă schimbări, forajul este în parametri și rămâne în exploatare.

În cazul în care nivelul static este crescut este probabil să existe o breșă în inelul de cimentare al forajului și să producă o comunicare cu stratele de suprafață. În acest caz se recomandă a se monitoriza analiza apei pentru observa dacă forajul a

fost pus în comunicație cu strate contaminate. Există posibilitatea ca debitul forajului să crească, observându-se creșterea nivelului dinamic.

În cazul nivelului static scăzut există posibilitatea depunerii unui strat de nisip pe o parte din filtre și închiderea unui strat acvifer. În cazul în care se observa o scădere a nivelului dinamic, necesită contactarea unui specialist pentru a face măsurători corespunzătoare.

Dacă nivelul static este constant, iar cel dinamic crescut de regulă reprezintă o uzură a pompei, forajul nu este afectat.

Dacă nivelul static este constant dar dinamicul a scăzut se recomandă intervenții, de altfel există posibilitatea să se disipeze complet forajul, și să defecteze pompa fiind astfel necesară realizarea unui alt foraj.

Modificările în analizele fizico – chimice sau bacteriologice prezintă o situație dificilă în acest caz, soluțiile fiind puține, cauzele multiple.

Astfel se constată că întreținerea preventivă e mult mai puțin costisitoare decât cea în caz de avarie corectivă.

#### 4.3.1. Lucrări de mentenanță foraje apă

La lucrările de alimentare cu apă, în afara posibilității extinderii frontului de captare existent prin execuția unor noi foraje, se poate efectua o succesiune de operații ce au ca scop **reabilitarea forajelor**, dar și întreținerea și monitorizarea acestora în scopul evitării înnisipării și/sau compromiterii acestor lucrări:

- investigare camera video;
- lucrări deznisipare – decolmatare;
- perierea coloanei de exploatare;
- pistonare pe intervalul de filtre;
- curățare filtre prin utilizarea spălătorului cu duze;
- tratamente chimice și soc;
- dublare coloană de exploatare existentă, dacă este cazul;
- teste de pompare experimentală pentru determinarea parametrilor hidrogeologici ai forajului, inclusiv a debitului admisibil și a celui de exploatare.

Operațiile enumerate anterior se vor stabili după o examinare atentă a condițiilor în care se află coloana tehnică și cea de exploatare a forajului precum și în funcție de materialul din care sunt confecționate.[35]

După finalizarea acestor etape necesare refacerii forajelor, calculul debitelor de exploatare și a razelor de influență, necesită asigurarea mentenanței, monitorizarea și verificarea periodică (lunara) a forajelor, asigurând în acest fel o exploatare corectă, rațională și în condiții optime.

În cazul extinderii frontului de captare prin execuția unor noi foraje de alimentare cu apă, după efectuarea lucrărilor propriu-zise de foraj se va asigura, la fel, mentenanță, monitorizare și verificarea periodică a forajelor.

Lucrările de mentenanță vor include, fără a se limita la, următoarele operațiuni: inspecție periodică, încercări, măsurători, reglări, reparații, întrețineri, detectări defecțiuni, înlocuiri componente, curățenie.

Lucrările de mentenanță se împart în intervenții programate și intervenții accidentale.

##### 4.3.1.1. Intervenții programate



#### 105 | 4.3. Tehnologii moderne de întreținere a forajelor. Inspectia CCTV și campanii de colectare și verificări in-situ

Periodic se vor efectua operațiile de curățare a perimetrului de 10 mp din jurul fiecărui foraj prin măturare, spălare, îndepărtarea zăpezii dacă situația din teren o cere, gunoaiile rezultate în cursul acestor operațiuni fiind transportate săptămânal în locurile destinate acestui scop. Trimestrial vor fi efectuate analize de potabilitate (din punct de vedere chimic și bacteriologic) pentru fiecare foraj prin preluare recipient, recoltare apă, transport probe la laborator. Periodic se vor igieniza căminele de vizitare și instalațiile aferente acestora. Se vor efectua lucrările de verificare și întreținere a sistemului electric iar deficiențele constatate în cursul acestor verificări vor fi remediate imediat:

- verificarea protecției pompei și a prizei de pământ incluzând conductori, relee termice, sonda de nivel, revers faza, lipsă fază, supracurent;
- verificarea tabloului electric de comandă, protecție, control și a reglajelor aferente;
- măsurare a parametrilor electrici, mai ales a curentului absorbit precum și măsuri de corectare la parametrii normali
- măsurarea la cablul de alimentare a rezistenței între două faze;

Se vor verifica/înlocui/asigura sistemele de închidere – blocare a sistemelor hidraulice și electrice existente la căminele forajelor prin lacăte sau alte mecanisme care să nu permită accesul persoanelor neautorizate. Toate operațiile de întreținere/reparare a forajelor și instalațiile aferente acestora vor fi înscrise în cartea tehnică a obiectivului.

#### 4.3.1.2. Intervenții accidentale

La sesizarea unui defect la un foraj, se va interveni în decurs de 24 ore de la sesizarea defecțiunii pentru remedierea ei. Prin chestionarea persoanei care a anunțat defecțiunea în legătură cu simptomele constatate, se va încerca diagnosticarea defectului, astfel încât echipa de intervenție care se va deplasa la forajul cu probleme să fie pregătită pentru remedierea lor în cel mai scurt timp.

Lucrările de reparații se vor executa doar după întocmirea și avizarea de către reprezentanții beneficiarului a procesului verbal de constatare ce va cuprinde lucrările ce vor fi efectuate și termenul de punere în funcțiune. [56]

Echipa de intervenție va păstra permanent pe stoc întreaga gama de piese de schimb și accesorii ale sistemelor de pompare care au probabilitatea cea mai mare de defectare astfel încât dacă sistemul de pompare se va defecta să poată fi repus în funcțiune în cel mai scurt timp.

#### 4.3.2. Inspectia (investigația) video în foraje de apă

Abilitatea de a vedea într-un foraj a fost o aspirație pentru foratorii de puțuri, proprietarii de puțuri și geologi de sute de ani. Indiferent dacă se inspectează un foraj pentru a identifica o problemă, să se prezinte rezultatele unui tratament de curățare a puțului sau se confirmă adâncimea unui foraj nou forat, necesitatea unei inspecții vizuale este crucială. [33]

Acest lucru este valabil mai ales pe piața actuală, unde serviciile cu valoare adăugată și controlul calității devin din ce în ce mai importante.

Inspectia video a unui foraj de apă poate furniza informații importante pentru:

- verificarea execuției unui foraj sau identificarea abaterilor fata de proiect;

- verificarea poziției filtrelor forajelor care nu dețin documentație;
- analiza forajelor care prezintă limitări ale productivității sau care produc defectări frecvente ale pompei;
- analiza lucrărilor de deznisipare, prin compararea rezultatelor investigațiilor video efectuate înainte și după deznisipare.

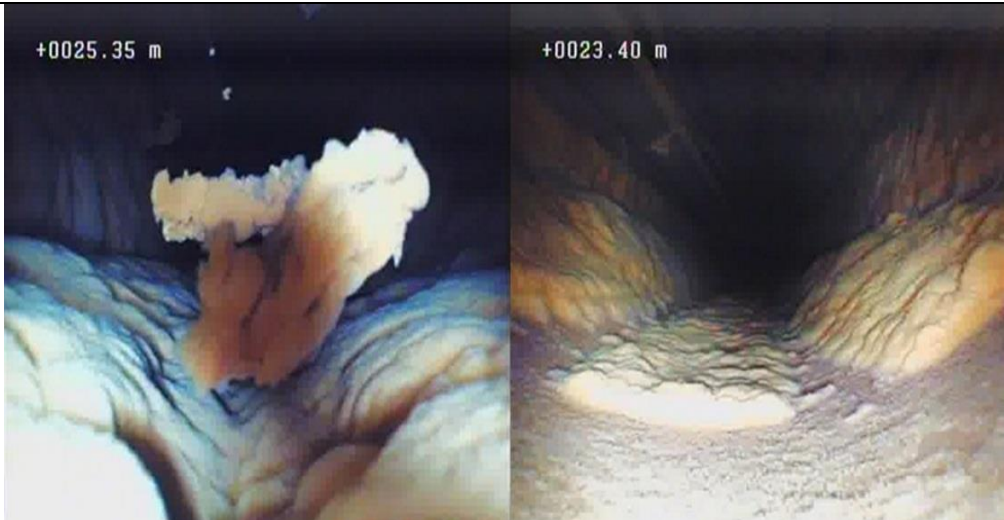
Inspecțiile video și camerele de foraj sunt un atu important pentru foratori și inginerii de întreținere a forajelor. Sistemele de inspecție oferă dovezi vitale în determinarea stării unui foraj, precum și a naturii și amplitudinii diferitelor probleme. Sondajele CCTV pre și post-tratare sunt o componentă cheie a oricărui program de întreținere, deoarece permit operatorilor să înțeleagă zonele specifice dintre- un foraj care ar putea necesita atenție și să confirme eficacitatea tratamentului efectuat. Sondajele oferă, de asemenea, un etalon suplimentar în istoria forajului și reabilitarea acestuia.

Datorită necesității au apărut pe piața echipamente de investigație auto purtat, iar pentru inspecții ale forajelor greu accesibile (teren accidentat, subsoluri de clădiri, spații înguste), echipament portabil.

Echipamentele permit investigația pentru obținerea de imagini în vedere axială și în vedere radială, spre peretele interior al coloanei de echipare.



**Fig.4.13.** Exemplu vedere a unui foraj, reprezentare starea filtrului și calitatea apei



**Fig.4.14.** Exemple fotografii dintr-o înregistrare video în adâncime, reprezentare starea unui foraj înainte și după tratament pentru îndepărtarea feros-bacteriilor



**Fig.4.15.** Echipament de inspecție CCTV



**Fig.4.16.** Exemple echipament autopurtat

## **4.4. Caracteristicile apei potabile și metodele convenționale de eliminare**

### **4.4.1. Mirosul**

În cazul apelor subterane se datorează fie cauzelor naturale: săruri, hidrogen sulfurat, dioxid de carbon sau datorită influențelor străine: infiltrarea apei de suprafață contaminată, a combustibililor lichizi etc. [14].

În apele de suprafață, cauza poate fi cauzată de microorganisme vii: alge, protozoare; sau datorită descompunerii organismelor vegetale și animale; sau substanțe datorate de origine industrială: fenol, crezoli, cupru, zinc, aluminiu [72].

Evidențiază câteva mirosuri specifice: mirosul ouălor putrede: indică prezența hidrogenului sulfurat, mirosul puternic al peștilor: indică prezența diatomeelor, miros de mușchi de pământ: este dat de alge galben-albastre, mirosul de iarbă : este dat de alge verzi și albastre etc. [10].

***În practică, se adoptă metode convenționale pentru eliminarea mirosului, precum: aerare; oxidare; coagulare - floclare, decantare, filtrare; adsorbția cărbunelui activ [10].***

#### **4.4.2. Gust**

În apele subterane, cauza se datorează fie cauzelor naturale: săruri dizolvante: CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaHCO<sub>3</sub>, MgHCO<sub>3</sub>, fie prezenței unor metale specifice Fe, Cu, Mn, Zn sau influențelor străine datorate: infiltrarea apelor de suprafață, combustibili lichizi contaminați. În cazul apei de suprafață datorate creșterii algelor și a altor plante, fie pentru că produsele rezultate din procesele de eutrofizare și / sau pătrunderea deșeurilor solide sau lichide [7].

Evidențiază câteva tipuri diferite de gust: gust sărat - indică prezența clorurii de sodiu, gustul amar - indică prezența sulfatului și clorurii de magneziu, gust blând sau dulce - este dat de sulfatul de calciu, gustul acru - este dat de clorura ferică, gustul acid - este dat de dioxidul de carbon, gustul metalic - apele cu un pH de 3,0-5,5 [12].

***În practică, metodele convenționale sunt adoptate pentru eliminarea gustului, cum ar fi: aerare, oxidare; coagulare - floclare, decantare, filtrare; adsorbția cărbunelui activ; schimb ionic, osmoza inversă [14].***

#### **4.4.3. Culoare**

Cauza colorării surselor de apă se datorează substanțelor minerale dizolvate, cum ar fi compușii de fier - roșu de cărmidă sau compușii de mangan - negru și cafeniu, fie datorită substanțelor dizolvate de natură organică, cum ar fi clorofila din frunze proaspete - verde gălbui; Xantofila frunzelor ofilite - galben; acizi humici - ape reziduale de culoare brună-roșiatică sau industriale deversate .

***În cazul culorii aparente datorită prezenței materiilor în suspensie se recomandă ca metodă de eliminare: filtrarea apei, iar în cazul culorilor adevărate datorită prezenței substanțelor dizolvate sau coloidale se recomandă ca metodă de eliminare: coagulare - floclare , decantare, filtrare [14].***

#### **4.4.4. Turbiditate**

Se caracterizează prin lipsa de transparență a apelor care conțin: materiale suspendate și coloidale de origine minerală: nisip, nămol, argilă sau coloizi solizi în suspensie și origine organică: descompunerea organismelor vegetale și animale, acizi humici, bacterii, alge.

***În practică, se adoptă metode convenționale pentru îndepărtarea coagulării turbidității - floclare, decantare, filtrare [60].***

#### **4.4.5. Conductivitatea electrică**

Conductivitatea electrică a apelor naturale depinde de cantitatea de substanțe dizolvate, de natura ionilor, de concentrația totală și de temperatura la care se

efectuează măsurarea. Este folosit pentru a controla constanța calității chimice a apei. Conductivitatea electrică a apelor naturale este între  $166\mu\text{s} / \text{cm}$  -  $1666\mu\text{s} / \text{cm}$  [21].

#### 4.4.6. Reacția apei sau pH-ul apei

Reprezentați concentrația ionilor de hidrogen prezenți într-un litru de apă. În mare parte determinat: procese biologice și chimice:  $6,5 < \text{pH} < 8,5$  procese biologice au loc în condiții normale,  $6,5 > \text{pH} > 8,5$  este complet distrus ciclul biologic, tratarea apei: oxidare, aerare, coagulare, caracterul coroziv al apei, acidul pH-ul  $\text{pH} < 6,5$  are o acțiune corozivă asupra materialelor cu care vin în contact, pH-ul de bază,  $\text{pH} > 8,5$  produce o spumare intensă [16].

**Metode convenționale de ajustare a pH-ului din teoria specializată: tratamentul cu spălare cu var, tratamentul cu hidroxid de sodiu; tratamentul cu acid sulfuric sau cu un acid mineral [7].**

#### 4.4.7. Duritatea apei

Este dat de toate sărurile solubile de calciu și magneziu și se disting duritatea temporară:  $\text{CaHCO}_3$ ,  $\text{MgHCO}_3$  și duritatea permanentă:  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ .

Apele naturale pot fi: apă moale: 0-120 G, pot avea efecte adverse asupra sistemului cardiovascular; apa dură 12 - 300G, nu este periculoasă din punct de vedere al apei fiziologice oferă un gust plăcut; apele foarte aspre:  $> 300\text{G}$  împiedică absorbția unor elemente pentru corp (iod), digerarea alimentelor grele îmbunătățește căldura în fierbere formând cruste care formează săpunuri insolubile [70].

**Metode convenționale pentru controlul durității: ajustarea echilibrului soluție var-acid carbonic sau schimb ionic bazic.**

#### 4.4.8. Oxidabilitate chimică

Reprezentați conținutul de materie organică din apele naturale care provin din: descompunerea organismelor vii în apă, bazin de spălare a solului - substanțe humice, evacuarea apelor uzate menajere și industriale.

Substanțele organice conțin următoarele elemente: carbon, oxigen, azot, fosfor, sulf. [15]

Substanțele organice din apă determină gradul de contaminare a apei prin următorii indicatori globali:

Cererea de oxigen biochimic,  $\text{CBO}_5$ , permite evaluarea materiei organice biodegradabile. Gradul de biodegradabilitate =  $\text{CCO} / \text{CBO}$

Cerere chimică de oxigen,  $\text{CCO}$ , oxidabilitate determinată substanțe organice oxidante  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CCO-Cr}$  sau  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{CCO-Mn}$ . Gradul de oxidare =  $\text{CCO-Mn} / \text{CCO-Cr}$ .

Carbonul organic total,  $\text{TOC}$ , apreciază gradul de contaminare organică și exprimat în  $\text{mgC} / \text{L}$ .

Substanțele organice prezente în apă imprimă gustul și mirosul neplăcut, oferă suport nutrițional microorganismelor din sistemul de distribuție, îngreunează procesele de tratare a apei potabile, sunt toxice, sunt cancerigene.

**Metode convenționale de îndepărtare a oxidării substanțelor organice; coagulare-floculare; adsorbția cu cărbune activ [44].**

#### 4.4.9. Amoniu, $\text{NH}_4^+$

Conținut în apele naturale, de origine minerală, concentrația  $< 1 \text{ mg / dm}^3$  sau în ploaie sau zăpadă, concentrația poate fi cuprinsă între  $0,1 - 2,0 \text{ mg / dm}^3$ .

Amoniacul,  $\text{N-NH}_4^+$ , în apele subterane a provenit din reducerea nitriților de către bacteriile autotrofe, reducerea nisipurilor de nitrați conținând ioni feroși, degradarea proteinelor și substanța organică azot din deșeurile și plantele animale din sol, deversările de gunoi de grajd uman și / sau animal, deversări industriale.

Amoniacul din apele de suprafață provine din ploaie și zăpadă, reducând nitriții sau nitrații din deșeurile animale sau vegetale conținute în sol materie organică descompunerea azotului în alge, plante sau legume de pat din fundul râurilor, deversări de gunoi de grajd uman și / sau animal, deversări industriale.

**Metoda convențională pentru îndepărtarea amoniacului din apele naturale este oxidarea clorului la punctul de rupere urmată de filtrarea cu cărbune activ. [17]**

#### 4.4.10. Nitriți, $\text{NO}_2^-$

Sunt compuși instabili care prin oxidare completă se transformă în nitrați care sunt compuși stabili. Nitriții indică poluarea cu amoniac sau compuși amoniacali, care rezultă din oxidarea bacteriană a amoniacului sau a nitraților datorită reducerii.

Excesul de nitrați din apa potabilă poate provoca hipotensiune în cazul adulților și în cazul copiilor nou-născuți methemoglobinomie nou-născut, gastricancer.

**Metodele convenționale pentru îndepărtarea nitriților din apele naturale sunt: oxidarea chimică; schimbătoare de ioni anionici; osmoza inversă; electroodializă [63].**

#### 4.4.11. Nitrat, $\text{NO}_3^-$

În apele naturale provin din precipitații de oxizi de azot în atmosferă produși de fulgere și oxizi de azot din arderea combustibililor fosili, din spălarea rocilor și a cenușii de vegetație arse, nitrificarea bacteriană a amoniacului prin microorganisme nitrosomonas și nitrosococul nitrificării nitritului de către nitrobacteria, formează izvoare, după dizolvarea conținutului de nitrați în roci la adâncimea mării, eroziunea solului conținând azotat în deversările de ape uzate care conțin nitrați, îngrășăminte agricole, chimice și naturale (gunoi de grajd).

**Metodele convenționale pentru îndepărtarea nitraților din apele naturale sunt: schimbătoare de ioni anionici; osmoza inversă; electroodializă; amestecarea cu o sursă de apă care nu conține nitrați [75].**

#### 4.4.12. Fier și mangan

Metalele dintre care compușii se găsesc în apele naturale sunt calciu, magneziu, sodiu, potasiu, fier, mangan, cupru, aluminiu, plumb, zinc.

Fierul și manganul se găsesc în apele naturale sau sub formă de săruri solubile, săruri insolubile sau sub formă complexată cu substanțe organice coloidale.

Fierul din apă favorizează dezvoltarea ferobacteriilor. În concentrații peste  $0,3\text{mgFe}^{2+} / \text{dm}^3$ , imprimă apei un gust metalic, dulce și acru, este galben tulbure, dar în contact cu aerul bicomuri roșu. Apele feruginoase nu sunt dăunătoare pentru corpul uman, ele sunt recomandate persoanelor care suferă de anemie, constituind un tonic pentru organism.[62]

Concentrațiile de mangan peste  $0,2\text{mgMn}^{2+} / \text{dm}^3$  în prezența oxigenului precipită pentru a forma depuneri maro închis

Depozitele de mangan depunerea materiei organice, producând supraîncărcare. Manganul nu este toxic, este esențial pentru viață, ființa umană avea nevoie de  $1,5\text{-}5\text{mg} / \text{zi}$  [14].

**Metodele convenționale pentru îndepărtarea fierului și manganului din apele naturale sunt: aerare, oxidare chimică, filtrare, alcalinizare, coagulare; schimbător de cationi; osmoza inversă, ultrafiltrare, electrodieliză.** [69]

#### 4.4.13. Gazele conținute în apă

Gazele conținute în apă: azot gazos,  $\text{N}_2$ , oxigen,  $\text{O}_2$ , dioxid de carbon,  $\text{CO}_2$  este prezent în toată apa și este în contact cu aerul ambiant.

Amoniac,  $\text{NH}_3$ , metan,  $\text{CH}_4$  rezultat din descompunerea biologică anaerobă a materiei organice [14].

#### 4.4.14. Bacterii

Bacteriile banale, se exprimă prin numărul total de germeni. Nu au nicio influență asupra corpului uman și acțiunea lor dăunătoare se datorează unei cantități mari de toxine obținute dintr-un număr mare de bacterii obișnuite, astfel încât apa potabilă să limiteze numărul de bacterii obișnuite.

Bacterii coliforme: E. coli, Escherichia coli, Streptococcus faecalis, perfringens Clostridium este un indicator de poluare fecală, care trăiește în intestinale umane și animale.

Saprofitele și bacteriile patogene cea mai mare sursă de poluare bacteriologică a apei sunt deșeurile de fecale umane și animale care pot conține germeni Agenți patogeni [14].

### 4.5. Filiere uzuale de tratare

Este necesar să se trateze apa de fiecare dată când un parametru calitativ este superior normelor în vigoare.

În funcție de calitatea apei destinate consumului uman, stațiile de tratare vor fi construite dintr-un ansamblu de module mai mult sau mai puțin complexe, secvența putând merge de la o singură etapă de dezinfecție pentru o apă subterană de bună calitate, la un ansamblu care cuprinde vreo zece etape pentru o apă de suprafață de o calitate slabă (categoria A3).

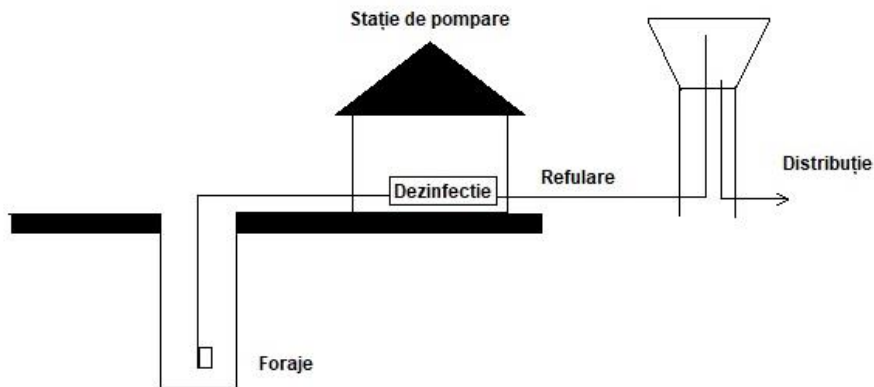
În funcție de calitatea apei brute sunt asociate tratamente de tip T1, T2, T3:



- T1 : tratare fizica simplă cu dezinfecție
- T2 : tratare normală, cu etapa de tratare chimică și dezinfecție
- T3 : tratare complexă fizică, chimică avansată, afinare și dezinfecție

#### 4.5.1. Dezinfecția simplă

Marea majoritate a apelor subterane de bună calitate, sunt distribuite după o simpla dezinfecție. [74]



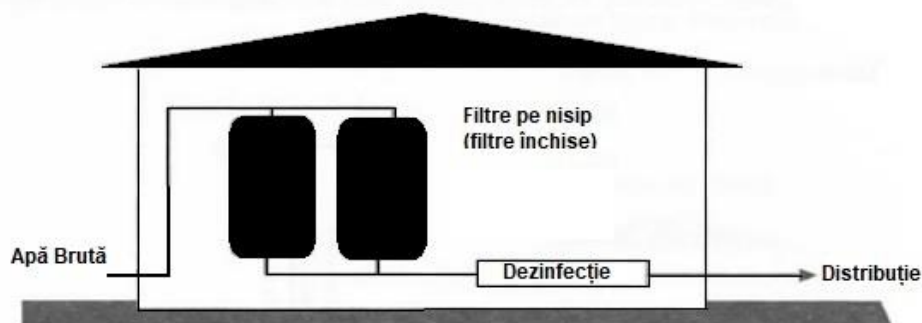
**Fig.4.17.** Dezinfecție simplă

#### 4.5.2. Tratare tip T1

Acesta tratare este cu precădere pentru apele de suprafață de bună calitate fără variații bruște de turbiditate; de asemenea valabilă pentru toate apele subterane, în principal apele carstice cu turbidități reduse.[19]

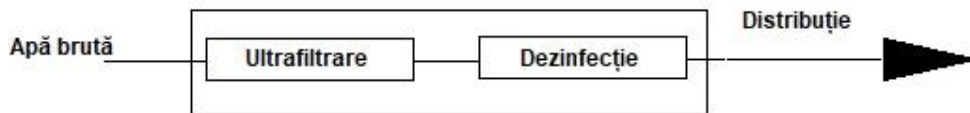
Aceste ape au caracteristici apropiate de cele din clasa anterioară, dar au concentrații în materia în suspensie care necesită o tratare fizică prealabilă. Coagularea se face înaintea filtrului (coagulare în filtru)

În general sunt utilizate filtre de tip filtre închise care au dimensiuni reduse și care permit viteze de filtrare importante.



**Fig.4.18.** Tratare tip T1- convențional

Actualmente, o bună alternativă a acestei tratări este utilizarea de membrane de ultrafiltrare, urmată de dezinfecție. Această filieră permite tratarea apelor care au turbidități de până la 250 NTU. În plus, admite ape mai slabe din punct de vedere bacteriologic deoarece acest procedeu constituie o barieră eficientă în calea germeilor.



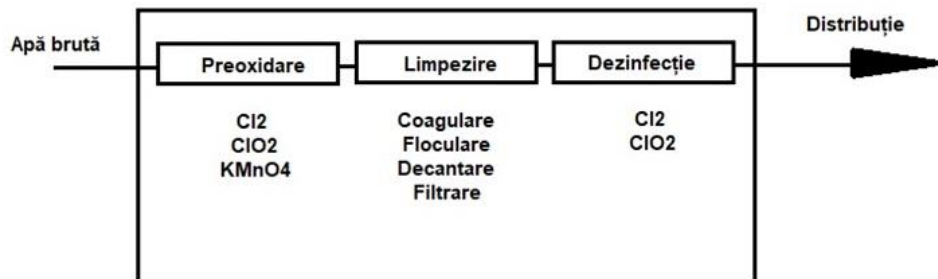
**Fig.4.19.** Tratare tip T1 alternativă

#### 4.5.3. Tratare de tip T2

Apele pentru care se recurge la această tratare sunt apele de suprafață, bogate în materii în suspensie și organice și al căror conținut de micro poluanți depășește normele de potabilizare

Această tratare se poate aplica și apelor bogate în fier și mangan.

Filiera tip este următoarea:



**Fig.4.20.** Tratare tip T2

Preoxidarea are rolul de oxidare a azotului amoniacal (daca oxidantul este clorul), fierului și manganului dizolvate, cu formare ulterioara de precipitate, eliminarea algelor și protejarea decantoarelor și ameliorarea coagularii-flocularii care urmează.

Limpezire prin coagulare-floculare cu săruri de fier sau aluminiu, decantarea flocoanelor formate în etapa precedentă, deci eliminarea suspensiilor și a turbidității și filtrarea prin filtru de nisip(mono strat), sau nisip + cărbune (dublu strat).

Dezinfecția care are rolul de eliminare a germeilor patogeni.

Unele instalații utilizează ozonul ca dezinfectant final. Această variantă tinde să dispară deoarece acțiunea ozonului asupra materiei organice reziduale generează compuși biodegradabili, favorizând reviviscența bacteriana în rețea.

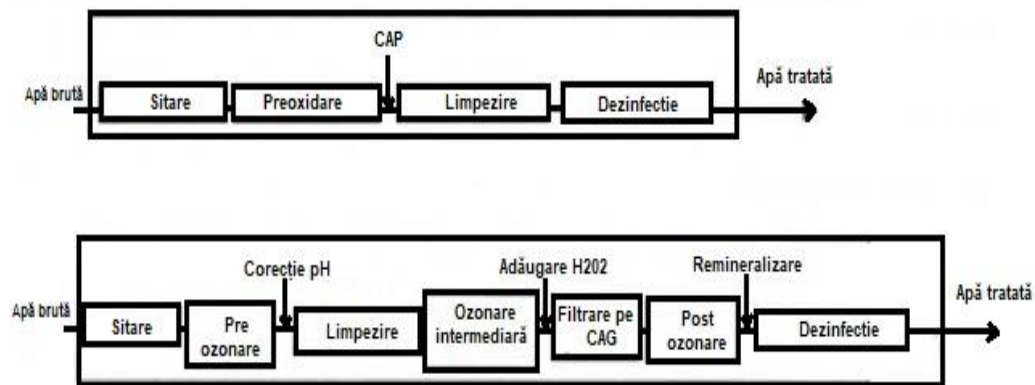
#### 4.5.4. Tratarea de tip T3

Această tratare este cea mai completă, aplicabilă apelor de suprafață, bogate în materie organică, culoare, micropoluanți.

Filierele instalațiilor vor fi mai mult sau mai puțin complexe în funcție de tipul apei și de parametri ce trebuie corecți. Ele vor completa etapele prezentate în cazul precedent, dar vor fi completate cu o etapă de afinare.

Această etapă de afinare va cuprinde următoarele:

- absorbție pe carbon activ granular CAG sau pulbere CAP (acest caz este rezervat instalațiilor care includ o treaptă de limpezire)
- oxidare cu ozon (sau ozon/preoxid de hidrogen dacă apa este bogată în pesticide) urmată de o absorbție de cărbune activ granular
- refacere a echilibrului calco-carbonic care poate să se rezume la o simplă aerare sau o corecție de pH, dar poate să se facă apel la tehnici mai complexe



**Fig.4.21.** Tratare tip T3

Integrarea tehnologiilor cu membrane într-o filieră completă de tratare a apei de suprafață tinde să se dezvolte. Utilizarea în tratarea a afinării, ultrafiltrarea, sau chiar nanofiltrarea sunt dezvoltate pentru unele aplicații, cu bune rezultate.

#### 4.5.5. Exemple de filiere

##### Ape subterane

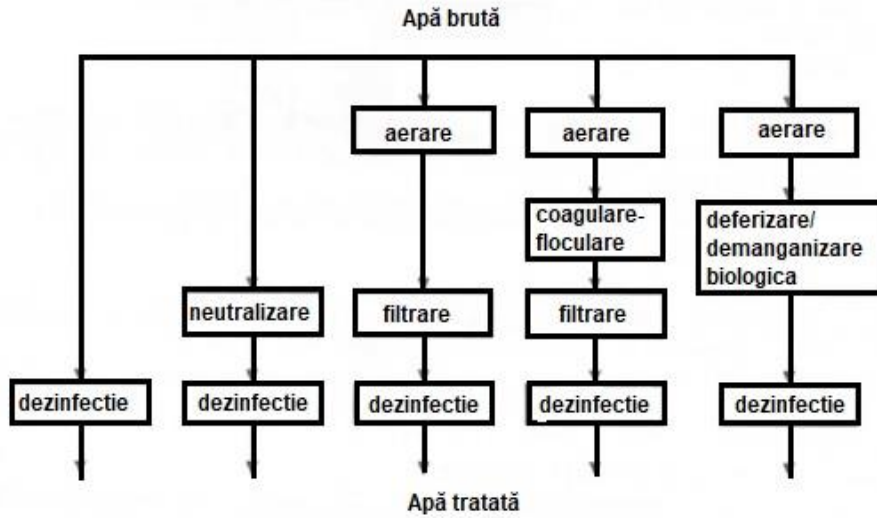


Fig.4.22. Filiera de tratare ape subterane

**Ape de suprafață**

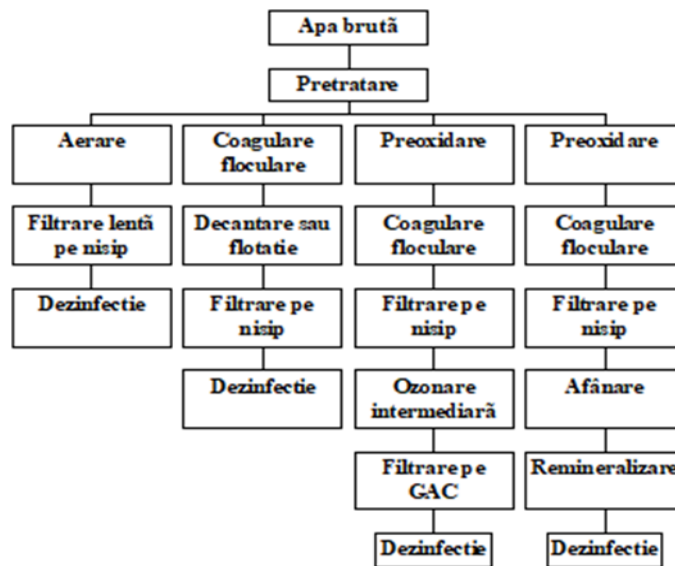


Fig.4.23. Filiera de tartare ape de suprafață

## **CAPITOLUL V.**

### **SOLUȚII DE SMART MANAGEMENT A RESURSELOR APELOR DE ADÂNCIME DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ**

În procesul de dezvoltare a unei soluții de smart management a unui domeniu precum alimentarea cu apă, o atenție deosebită trebuie acordată modelării infrastructurii, care constă în definirea tipurilor de topicuri, tipurilor de asocieri, tipurilor de ocurențe, tipurilor de roluri, tipurilor domeniilor de valabilitate, etc.

Se poate observa că, în scopul abordării corecte, această etapă necesită, în general, un consum de resursă umană specializată, atât în domeniul care urmează a fi reprezentat, cât și în ceea ce privește alegerea tehnologiilor utilizate pentru a crea o infrastructură sigură. Conceptul de securitate a apei este un complex care interconectează și evidențiază resursele de ape pentru obținerea efectului de securitate, durabilitate, dezvoltare și bunăstarea umană, de la nivel local și internațional.[50] Mulți factori contribuie la securitatea apei de la elemente biofizice la infrastructură, factori instituționali, politici, sociali și financiari – majoritatea aflându-se în afara sferei resurselor de apă. Abordarea securității apei necesită interdisciplinaritate colaborare între sectoare, comunități și politici transfrontaliere pentru a gestiona potențialul de concurență sau conflicte. Tehnologiile smart vor fi esențiale în realizare obiectivul de dezvoltare durabilă privind gestionarea durabilă a resurselor de apă.

Una dintre cele mai importante infrastructuri critice ale unui oraș este sistemul de alimentare cu apă. Odată cu creșterea populației din orașe, este inevitabil ca și consumul de apă să crească. Termenul apă inteligentă indică infrastructura de apă și apă uzată care asigură această resursă, energia folosită pentru transport prin gestionare eficientă. Un sistem inteligent de gestionare a resurselor de apă necesită proiectat astfel încât să fie capabil pentru a aduna date semnificative și acționabile de pe flux, presiunea și distribuția apei unui oraș. Mai mult, este critic ca consumul și prognozarea de utilizare a apei să fie corectă. Managementul resursei de apă și a distribuției a unui oraș necesită să fie viabil pe termen lung pentru a fi întreținut și ar trebui să fie echipat cu capacitatea de a fi monitorizate și conectate în rețea cu alte sisteme critice pentru a obține informații mai complexe despre cum se performează și se afectează reciproc. Eficiențe suplimentare se obțin atunci când departamentele sunt capabile pentru a partaja informații relevante, care pot fi acționate.

Astfel se constată ca soluțiile smart ar trebui să fie definite pentru a aduce durabilitatea în diferite utilizări ale apei, să asigure protecția mediului natural și să atenuează pe cât posibil pericole naturale legate de apă.

#### **5.1. Securitatea apei**

Securitatea apei poate fi definită ca „capacitatea unei populații de a proteja accesul durabil la cantități adecvate și calitate acceptabilă de apă pentru susținerea vieții, a bunăstării umane și a dezvoltării socio-economice, pentru asigurarea protecției

împotriva poluării și a apei, de hazarde și pentru conservarea ecosistemelor într-un climat de pace și stabilitate politică "[96]. Pentru a realiza și menține securitatea apei, este necesar să se asigure accesul la apă potabilă sigură și suficientă la un cost accesibil pentru a satisface nevoile de bază, inclusiv salubritatea și igiena, și pentru a proteja sănătatea și bunăstarea. De altfel este, de asemenea, necesar conservarea și protecția ecosistemelor astfel încât gestionarea apei să se realizeze pentru a-și menține capacitatea de a furniza și susține funcționarea ecosistemului esențial.[111]

Potrivit Forumului economic mondial, „criza apei”[112] sunt considerate a fi printre cele mai probabile și cele mai impactante riscuri globale din următoarele câteva decenii. În mod similar, evaluarea comunității de informații americane privind securitatea globală a apei consideră că problemele legate de apă vor contribui la destabilizarea statelor cheie și, „atunci când sunt combinate cu sărăcia, tensiunile sociale, degradarea mediului, conducerea ineficientă și instituțiile politice slabe, vor contribui la perturbări sociale care pot avea ca rezultat în eșec de stat ”[126](WEF, 2016).

Criza globală a apei nu se limitează doar la secetă, ci includ și inundații, acces inadecvat la apă potabilă și canalizare, boli transmisibile de apă și alte provocări. Mai mult, frecvența și severitatea crescândă a evenimentelor meteorologice extreme continuă să exercite o presiune suplimentară asupra alimentării cu apă la nivel mondial.

Problemele legate de gestionarea resurselor de apă și de guvernare a apei variază foarte mult, însă rămân, de departe una dintre cele mai frecvente provocări cu care se confruntă majoritatea țărilor. Acest lucru necesită gestionarea colaborativă a gestionării transfrontaliere a resurselor de apă în și între țări pentru a promova sustenabilitatea apei dulci și cooperarea și evaluarea aprovizionării cu apă pentru dezvoltarea socio-economică și alte activități, cum ar fi energia, transportul, industria, turismul.

Este esențial să se dezvolte capacitatea de a face față incertitudinilor și riscurilor de pericole legate de apă, cum ar fi inundațiile, seceta și poluarea și riscurile asociate securității apei pentru a proteja infrastructurile construite și naturale respectiv rentabilitatea pe care le oferă.

Apa dulce este o condiție prealabilă pentru toată viața pe planeta noastră, o posibilitate sau o limitare, un factor pentru orice dezvoltare socială și tehnologică, o posibilă sursă de bunăstare sau mizerie, cooperare sau conflict. În ultimele decenii, resursa de apă sa confruntat cu numeroase presiuni antropice, care provin dintr-o creștere rapidă a populației și urbanizare, o schimbare a modelelor de consum pe măsură ce condițiile de viață se îmbunătățesc, schimbările climatice și modelele de poluare.

Securitatea apei a apărut ca un cadru teoretic major în guvernarea mediului și gestionarea resurselor. Aprovizionare nesigură cu apă și accesul limitat la apă și canalizare crește pericolul perturbării economice, sociale, tensiunea și chiar conflictele legate de resursele de apă atât la nivel intern, cât și internațional. Aceste pericole sunt cele mai mari acolo unde apa este limitată, iar guvernarea (la nivel local, național sau internațional) este slabă.

Lipsa apei, îmbătrânirea sau infrastructura inadecvată, creșterea populației, poluarea, furtuni mai intense și mai frecvente, secete și inundații - toate aceste presiuni converg pentru a da urgență nevoii de creștere a investițiilor globale în infrastructuri de apă și să dezvolte soluții inteligente de conservare și gestionare a apei.

Securitatea apei este un concept cu mai multe aspecte și dimensiuni. Într-un studiu recent (Varis și colab., 2017), securitatea apei este definită în patru dimensiuni,

fiecare constând din două aspecte complementare: direct-indirect, macro-micro, tehnico-politic și conflict-pace.

Adecvarea viitoare a resurselor de apă la nivel global, este dificil de evaluat, datorită unui complex rapid de schimbarea geografica a alimentarii cu apă, a cererii și a utilizării.

Lipsa apei devine cea mai acută atunci când se ia în considerare cererea și oferta în contextul viitorului socio-economic și schimbări naturale care pot apărea. Socio-economicul factorul cu cel mai mare impact potențialul de creștere a populația; factorul natural cel mai preocupat schimbările climatice.

În timp ce schimbările climatice prezintă provocări formidabile pentru sisteme globale de apă, problemele legate de apă sunt în primul rând rezultatul a eșecului instituțiilor a societăților de a gestiona resursele de apă care să răspundă nevoilor rezidenților actuali, economiei și mediul înconjurător și respectiv generațiile viitoare.

Gestionarea riscului și incertitudinii climatice necesită o mai bună guvernare și resursa de apă mai integrată și mai durabilă privind abordarea managementului resurselor. Informații mai bune, politici, reglementari, alocarea și cooperarea vor deschide calea pentru o adaptare mai proactivă și reziliență.

Apa este o problemă politică crucială și extrem de sensibilă. Exploatarea excesivă a resurselor de apă subterană și deteriorarea calității apei cauzată de poluare, precum și deficiențele a infrastructurii existente necesită o atenție imediată.

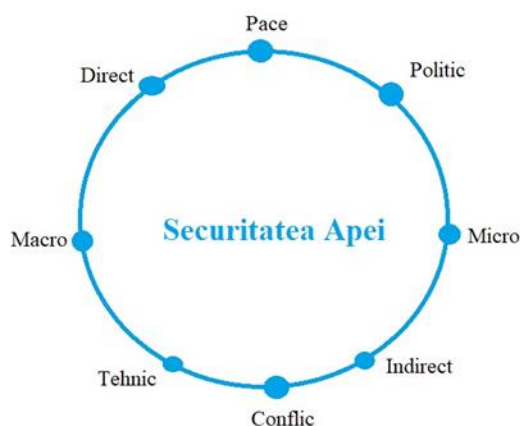
Resursele de apă devin vulnerabile la patru principale surse de poluanți: ape uzate menajere, levigate de deșeuri solide, efluenți industriali și scurgeri din activitățile agricole.

Acest lucru evidențiază rolul piețelor, planificării urbane, asigurărilor, politica, tehnologia, guvernanta, atitudinile culturale și valori, instituții, cadre juridice și luarea deciziilor strategii în atenuarea stresului apei.

Securitatea apei nu este doar o chestiune de lipsă fizică de apă; este adânc înrădăcinat în putere, sărăcie și inegalitate.

Prin urmare, există o diferență majoră între aceste două concepte. Pe de o parte, trebuie luat în considerare realitatea, lipsa fizică a apei și, pe de altă parte, o lipsă larg răspândită accesului la apă cauzat de economie, politici, sociale și factori de mediu. Dincolo de provocările legate de gestionarea deficitului de resurse, există hidro-politici și considerații transfrontaliere. Ciclul apei exercită un control important asupra schimbărilor climatice ca urmare a acesteia feedback-uri complexe și interacțiuni cu alte componente a sistemului climatic.

Cererea de apă și decalajul care rezultă între apă și cererea de alimentare cu apă crește din cauza creșterii populației, standarde de viață mai ridicate, schimbări climatice și necesita să extindă sistemele de irigații în agricultura și activitățile industriale, ducând la o scădere a disponibilității apei dulci.



**Fig.5.1.** Securitatea apei

Sustenabilitatea apei dulci se remarcă ca fiind cea mai importantă provocare a dezvoltării durabile, deoarece se ocupă de cea mai prețioasă și finită resursă de pe planeta noastră.[113] Când apă resursele dintr-o comunitate devin rare sau amenințate, riscurile economice, sociale și de mediu cresc.

Astfel, este necesară o abordare proactivă de management integrat pentru a echilibra nevoile concurente pentru această resursă limitată. Sustenabilitatea apei este o colaborare, bazată pe comunitate inițiativă, care necesită participarea activă a tuturor actorilor din comunitate. Se caută să se stabilească noi și creative strategii de gestionare a apei bazate pe valoare adăugată și securitate pentru toate părțile interesate.

Modul în care o comunitate alege să-și folosească resursele pentru a realiza obiectivele sale economice, sociale și de mediu implică elaborarea unei viziuni unificate, tehnologie, leadership și obiective specifice și măsurabile.[114]

Un sector privat dispus și angajat ar trebui să conducă acest lucru schimbare în cadrul comunității.

Din fericire, există strategii inovatoare care vă pot ajuta comunitățile să conserve apa și să își modernizează infrastructură într-un mod pragmatic sau alternativ, noi infrastructuri acolo unde nu există și implementarea unui management inteligent.

## 5.2. Soluții smart de securitate a apei și conceptul de infrastructură critică

Conceptul de securitate a apei este un complex care interconectează și evidențiază resursele de ape pentru obținerea unui efectului de securitate, durabilitate, dezvoltare și bunăstarea umană, de la nivel local la internațional. Mulți factori contribuie la securitatea apei de la elemente biofizice la infrastructură, factori instituționali, politică, sociali și financiari – majoritatea aflându-se în afara sferei resurselor de apă. Abordarea securității apei necesită interdisciplinaritate colaborare între sectoare, comunități și politici transfrontaliere pentru a gestiona potențialul de concurență sau conflicte.



Evident, în următorii ani noile tehnologii din sectorul IT va influența ciclul apei și gestionarea serviciilor de apă. Această evoluție va contribui semnificativ la susținerea conceptului de securitate a apei. Tehnologiile smart vor fi esențiale în realizarea obiectivului de dezvoltare durabilă privind gestionarea durabilă a resurselor de apă. Dacă conceptele smart de securitate a apei sunt mai multe și mai des menționate în publicații și planuri de acțiuni, sunt necesare definiții clare pentru a asigura o implementare eficientă. Perimetrul fiecărui concept trebuie să fie identificate precum și soluțiile tehnice relevante capabile pentru a oferi plus valoare. Soluțiile inteligente ar trebui să fie definite pentru a aduce durabilitatea în diferite utilizări ale apei, asigură protecția mediului natural și atenuează ca pe cât posibil pericolele naturale legate de apă. Această abordare solicită o metodologie clară și robustă care ar putea fi desfășurate pe scară largă.

Termenul „orașe inteligente” [39] este o tendință nouă pentru guverne, planificatori urbanistici și inclusiv sectorul privat care să răspundă cerințelor de proiectare ale orașelor din viitor. Realizarea de orașe inteligente reprezintă un factor de concentrare pentru guverne și sectorul privat deopotrivă pentru sprijini creșterea economică. Astfel în orașe din întreaga lume vor realiza investiții mari în infrastructura smart, cum ar fi contoare inteligente, rețele edilitare, clădiri eficiente energetic și analize de date. Orașele inteligente cuprind șase sectoare importante care necesită să coopereze pentru realizarea obiectivului comun a unui oraș viabil, durabil și eficient. Aceste sectoare sunt energie smart, integrare smart, servicii publice smart, mobilitate smart, clădiri inteligente și servicii de apă inteligente. Retehnologizarea sistemelor de peste o sută de ani precum distribuția apei sau rețeaua electrică, sistemele software și capacitățile de rețea sunt de regulă subdimensionate în scopul de a produce impactul dorit. Orașele care vor reuși să treacă la operațiuni inteligente sunt cele care își îmbunătățesc sistemele și infrastructura critică fundamentală, precum și integrarea sistemelor prin tehnologie avansată. În cele din urmă, orașele inteligente se vor utiliza monitorizare și analiză avansată pentru măsurarea continuă și creșterea performanței.

Una dintre cele mai importante infrastructuri critice ale unui oraș este sistemul său de apă. Odată cu creșterea populației din orașe, este inevitabil ca și consumul de apă să crească. Termenul „apă inteligentă” [34] indică infrastructura de apă respectiv apă uzată care asigură această resursă, energia folosită pentru transport prin gestionare eficientă. Un sistem inteligent de gestionare a resurselor de apă necesită proiectat astfel încât să fie capabil pentru a aduna date semnificative și acționabile de pe flux, presiunea și distribuția apei unui oraș. Mai mult, este critic ca consumul și prognozarea de utilizare a apei să fie corectă. Managementul resursei de apă și a distribuției a unui oraș necesită să fie viabil pe termen lung pentru a fi întreținut și ar trebui să fie echipat cu capacitatea de a fi monitorizate și conectate în rețea cu alte sisteme critice pentru a obține informații mai complexe despre cum se performează și se afectează reciproc. Eficiențe suplimentare se obțin atunci când departamentele sunt capabile pentru a partaja informații relevante, care pot fi acționate. Un exemplu este acela echipa de gestionare a bazinelor hidrografice poate partaja automat informații de modelare a apelor pluviale care indică probabile zonele și orele de inundații bazate pe precipitații predictive. Departamentul de transport poate apoi redirecționa traficul în consecință și alertează preventiv populația folosind notificarea în masă.

Adesea sistemele de alimentare cu apă sunt nu sunt considerate infrastructura critică, dar sunt la fel de critice ca și componentele managementului de energie în orașele inteligente, de obicei cuprinzând 30-50% din energia totală a unui oraș cheltuit. Energia este cel mai mare cost controlabil în operațiunile de apă / apă

uzată; optimizarea stațiilor de tratare/epurare și a rețelilor de distribuție au fost adesea trecut cu vederea. Odată ce facilitățile sunt optimizate și concepute pentru a aduna date semnificative și acționabile, liderii municipali pot lua decizii mai bune și mai rapide în operațiunile lor, ceea ce poate duce la până la o reducere 30% a energiei și reducere cu până la 15% a pierderilor de apă. Managementul pierderilor de apă devine din ce în ce mai important deoarece alimentarea cu apă prezintă factori de stres datorita creșterii sau de lipsa resurselor de apă. Multe regiuni se confruntă cu secete care epuizează acviferele mai repede decât sunt refăcute. Încorporarea tehnologiilor inteligente de apă permite furnizorilor de servicii să minimizeze apa non-venit (NRW) prin găsirea de defecte rapid și chiar predicativ folosind SCADA în timp real, date și compararea acestora cu modelarea simulărilor din rețea. Reducerea NRW permite, de asemenea, municipalităților să recupereze costurile din stațiile de tratare și pompare - acest lucru poate fi semnificativ.[107] Evident, reducerea NRW contribuie la îmbunătățirea securității apei dintr-o comunitate. Reducerea NRW este o prioritate pentru orașe atât în cele dezvoltate, cât și în cele în curs de dezvoltare pentru a asigura un serviciu eficient populației și utilizarea durabilă a resurselor de apă. Unul dintre cele mai mari obstacole în calea oricărui proiect capital de dezvoltare este accesul la finanțare.

Subiectul domeniului apei, întrucât se referă la părțile interesate, variază foarte mult și acoperă un număr mare de medii de afaceri, mai ales dacă sunt luate în considerare toate domeniile și activitățile relevante. Această situație este un proces de cartografiere și prioritizarea lacunelor care trebuie remediate. Zonele majore sunt direct legate de utilizarea apei urbane, unde atât așteptările, cât și posibilitățile sunt cele mai ridicate. ICS (sistemele de control industrial) sunt prezente în procesele industriale, cum ar fi apa și apele uzate, energia electrică, petrol și gaze naturale, chimice, farmaceutice, alimentare și de fabricație.[9] Sistemul de control industrial (ICS) este, în general, alcătuit din mai multe tipuri de sisteme de control precum sistemele SCADA, sistemele de control distribuit prescurtat DCS utilizate în sectoarele industriale și infrastructurile critice.

ICS constă din combinații de componente de control (de exemplu, electrice, mecanice, hidraulice, pneumatice) care acționează împreună pentru a atinge un obiectiv industrial (de exemplu, fabricarea, transportul materiei sau energiei).[29] Partea sistemului care se referă în primul rând la producerea rezultatului este denumită proces. Partea de control a sistemului include specificația rezultatului sau performanței dorite. Controlul poate fi complet automatizat sau poate include un o resursă umană în buclă. Sistemele pot fi configurate pentru a funcționa în modul deschis, în buclă închisă și manual. În sistemele de control cu buclă deschisă, ieșirea este controlată de setările stabilite. În sistemele de control cu buclă închisă, ieșirea are un efect asupra intrării în așa fel încât să mențină obiectivul dorit. În modul manual, sistemul este controlat complet de resursa umană. Partea sistemului care se referă în principal la menținerea conformității cu specificațiile este denumită controler.

Un ICS tipic poate conține numeroase bucle de control, interfețe umane mașină (HMI) și instrumente de diagnosticare și întreținere de la distanță construite utilizând o serie de protocoale de rețea.[52] ICS sunt esențiale pentru funcționarea infrastructurilor critice care sunt adesea sisteme extrem de interconectate și dependente reciproc.

### 5.2.1. Evoluția sistemelor industriale de control

ICS de astăzi a evoluat de la inserarea capacităților IT (Tehnologia informației) în sistemele fizice existente, înlocuind sau completând adesea mecanismele de control fizic. De exemplu, comenzile digitale încorporate au înlocuit comenzile mecanice analogice la mașinile și motoarele rotative. Îmbunătățirile în ceea ce privește costurile și performanța au încurajat această evoluție, rezultând multe dintre tehnologiile „inteligente” actuale. Acest lucru crește conectivitatea și criticitatea acestor sisteme, creează și necesități de adaptabilitate, rezistență, siguranță și securitate. Ingineria ICS continuă să evolueze pentru a oferi noi capacități, menținând în același timp ciclurile de viață tipice lungi ale acestor sisteme.

Capacitățile IT din sistemele fizice prezintă un comportament emergent care are implicații de securitate.[67] Modelele și analizele ingineresti evoluează pentru a aborda aceste proprietăți emergente, inclusiv siguranța, securitatea, confidențialitatea și interdependențele de impact asupra mediului. ICS sunt utilizate pentru controlul activelor dispersate geografic, adesea împrăștiate pe mii de kilometri pătrați, inclusiv sisteme de distribuție, cum ar fi sisteme de distribuție a apei și de colectare a apelor uzate, sisteme de irigații agricole, conducte de petrol și gaze naturale, rețele electrice și sisteme de transport feroviar.

Stațiile de tratare a apei sunt situate de obicei într-o zonă de tip uzina limitrof sau grupate în mai multe zone în funcție de mărimea și cerința de apă dar punctuale, în comparație cu distribuția geografică a apei sau a apelor uzate. Comunicațiile în stațiile de tratare a apei se efectuează de obicei folosind tehnologii de rețea locală (LAN), care sunt de obicei mai fiabile și de mare viteză în comparație cu rețelele de comunicații pe distanțe mari (WAN) și tehnologiile wireless / RF (frecvență radio) utilizate de obicei de sistemele de distribuție.[108] ICS-urile utilizate în industriile de distribuție sunt concepute pentru a face față provocărilor de comunicare la distanță, cum ar fi întârzierile și pierderea de date reprezentate de diferitele medii de comunicare utilizate. Masurile de securitate pot diferi între tipurile de rețea.

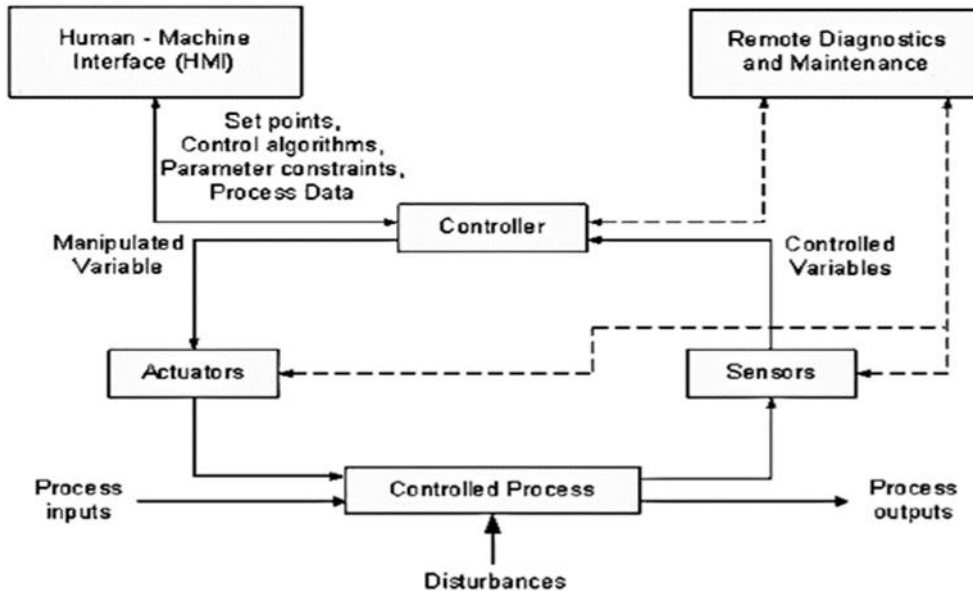
Infrastructurile critice sunt extrem de interconectate și depind reciproc în moduri complexe, atât din punct de vedere fizic, cât și printr-o serie de tehnologii ale informației și comunicațiilor. Un incident într-o infrastructură poate afecta în mod direct și indirect alte infrastructuri prin eșecuri în cascadă și escaladare.

Sistemele SCADA monitorizează și controlează distribuția prin colectarea datelor și emiterea de comenzi către stațiile de control pe teren geografic la distanță dintr-o locație centralizată. Sistemele SCADA sunt utilizate pentru a monitoriza și controla distribuția apei, inclusiv conductele, precum și sistemele de colectare a apelor uzate.

Sistemele SCADA și DCS sunt adesea conectate în rețea. Lipsa capacităților de monitorizare și control ar putea face ca o unitate generatoare mare să fie luată offline, eveniment care ar duce la pierderea de energie la o stație de transmisie. Această pierdere ar putea provoca un dezechilibru major, declanșând un eșec în cascadă în întreaga rețea. Acest lucru ar putea avea ca rezultat întreruperea suprafeței mari care ar putea afecta, sistemele de tratare a apei, sistemele de colectare a apelor uzate și sistemele de transport prin conducte care se bazează pe rețea pentru energia electrică.

Funcționarea de bază a unui ICS este prezentată în Figura 5.2, procesele critice pot include, de asemenea, sisteme de siguranță. ICS tipic conține numeroase bucle de control, interfețe umane și instrumente de diagnosticare și întreținere de la distanță construite folosind o serie de protocoale de rețea pe arhitecturi de rețea stratificate. O buclă de control utilizează senzori, debitmetre și controlere (de

exemplu, PLC-uri) pentru a manipula un proces controlat. Un senzor este un dispozitiv care produce o măsurare a unor proprietăți fizice și apoi trimite aceste informații ca variabile controlate către controler. Controlerul interpretează semnalele și generează variabile manipulate corespunzătoare, pe baza unui algoritm de control și a punctelor setate țintă, pe care le transmite actuatorilor.



**Fig.5.2.** Model ICS, Sursă: NIST 800-82

Supapele de comandă, întrerupătoarele și motoarele sunt utilizate pentru a manipula direct procesul controlat pe baza comenzilor de la controler.

Operatorii și inginerii folosesc interfețe umane pentru a monitoriza și configura punctele de setare, pentru a controla algoritmi și pentru a regla și stabili parametrii în controler. Interfața umană afișează, de asemenea, informații despre starea procesului și informații istorice. Utilitățile de diagnosticare și întreținere sunt utilizate pentru a preveni, identifica și recupera din funcționarea anormală sau eșecuri. Uneori, aceste bucle de control sunt împerecheate și / sau în cascadă - prin care punctul de setare pentru o buclă se bazează pe variabila de proces determinată de o altă buclă. Buclele de nivel de supraveghere și buclele de nivel inferior funcționează continuu pe durata unui proces cu timpi de ciclu variind de la ordinea milisecundelor la minute.

Proiectarea unui ICS, inclusiv a unei topologii bazate pe SCADA, DCS sau PLC sunt utilizate depinde de mulți factori. Proiectarea ICS conduce la deciziile de proiectare cu privire la proprietățile de control, comunicare, fiabilitate și redundanță ale ICS. Deoarece acești factori influențează puternic proiectarea ICS, aceștia vor contribui, de asemenea, la determinarea nevoilor de securitate ale sistemului. Procesele ICS au o gamă largă de cerințe legate de timp, inclusiv viteză foarte mare, consistență, regularitate și sincronizare. Este posibil ca oamenii să nu poată îndeplini în mod fiabil și consecvent aceste cerințe; pot fi necesare controlere automate. Unele sisteme pot necesita procesare să fie cât mai eficient aproape de senzorii pentru a reduce latența comunicării și a efectua acțiunile de control necesare la timp.

Sistemele au diferite grade de distribuție, variind de la un sistem mic (de exemplu, proces local controlat prin PLC) la sisteme mari, distribuite (de exemplu, conducte de apă). O distribuție mai mare implică, de obicei, o nevoie de comunicații mobile și de spații largi. Controlul de supraveghere este utilizat pentru a oferi o locație centrală care poate agrega date de la mai multe locații pentru a sprijini deciziile de control pe baza stării actuale a sistemului. Adesea, un control ierarhic / centralizat este utilizat pentru a oferi operatorilor umani o vedere cuprinzătoare asupra întregului sistem. Adesea funcțiile de control pot fi realizate de controlere simple și algoritmi presetați. Sistemele complexe necesită ca operatorii umani să se asigure că toate acțiunile de control sunt adecvate pentru a îndeplini obiectivele mai mari ale sistemului. Cerințele sistemului de disponibilitate sunt, de asemenea, un factor important în proiectare. Sistemele cu cerințe puternice de disponibilitate / timp de funcționare pot necesita redundanță mai mare sau implementări alternative în toate comunicațiile și controlul. [7] Eșecul unei funcții de control ar putea avea efecte semnificativ diferite între domenii. Sistemele cu impact mai mare necesită adesea capacitatea de a continua operațiunile prin controale redundante sau capacitatea de a opera într-o stare degradată. Proiectarea trebuie să răspundă acestor cerințe. Zona cerințelor de siguranță a sistemului este, de asemenea, un factor important în proiectare. Sistemele trebuie să fie capabile să detecteze condiții nesigure și să declanșeze acțiuni pentru a reduce condițiile nesigure la altele sigure. În majoritatea operațiunilor critice pentru siguranță, supravegherea și controlul uman al unui proces potențial periculos este o parte esențială a sistemului de siguranță.

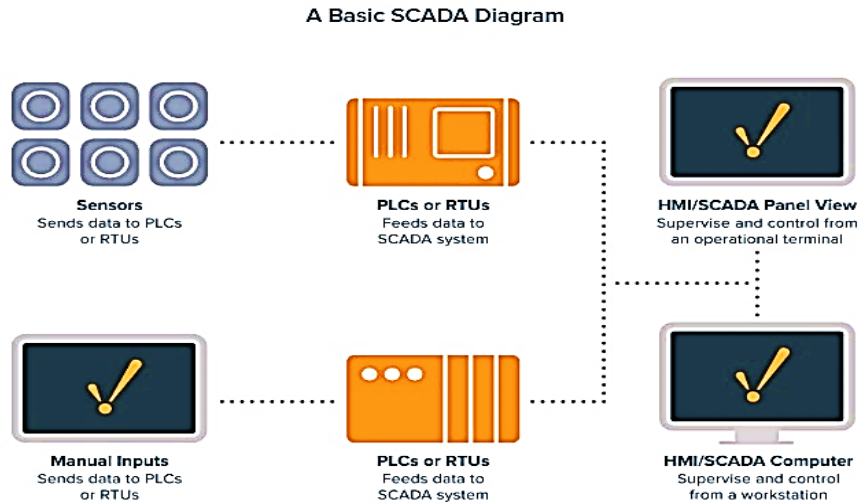
### 5.2.2. Sisteme SCADA în sectorul de apă

Sistemele SCADA în scopul controlului de active dispersate fiind utilizate în distribuția apei și sistemele de colectare a apelor uzate având rolul de a oferi un sistem centralizat de monitorizare și control a proceselor.[11]

Sistemele SCADA sunt de obicei proiectate să fie sisteme tolerante la defecțiuni cu redundanță semnificativă încorporată în sistem.[61] Redundanța poate să nu fie o măsură suficientă în fața unui atac rău intenționat. Centrul de control găzduiește un server de control și routerele de comunicații. Alte componente ale centrului de control includ HMI, stații de lucru inginerești și istoricul datelor, care sunt toate conectate printr-o rețea LAN. Centrul de control colectează și înregistrează informațiile colectate de site-urile de pe teren, afișează informații către HMI și poate genera acțiuni pe baza evenimentelor detectate. Centrul de control este, de asemenea, responsabil pentru alarmele centralizate, analize de tendință și raportare.

Amplasamentul efectuează controlul local al actuatorilor și al monitoarelor. Site-urile de teren sunt adesea echipate cu o capacitate de acces la distanță pentru a permite operatorilor să efectueze diagnostice și reparații la distanță, de obicei, printr-un modem separat sau o conexiune WAN. Protocoalele de comunicații standard și proprietare care rulează prin comunicații seriale și de rețea sunt utilizate pentru a transporta informații între centrul de control și site-urile de teren folosind tehnici de telemetrie, cum ar fi linia telefonică, cablul, fibra și frecvența radio, cu microunde și satelitar. Topologiile de comunicare SCADA variază între implementări. Diferitele topologii utilizate, inclusiv punct-la-punct, serie, stea-serie și multi-drop. Tipologia punct-la-punct este cel mai simplu tip; cu toate acestea, este scump din cauza canalelor individuale necesare pentru fiecare conexiune. Într-o configurație de serie, numărul de canale utilizate este redus; cu toate acestea, partajarea canalelor are un impact asupra eficienței și complexității operațiunilor SCADA. În mod similar,

configurațiile stea-serie și multi-drop folosesc un canal pe dispozitiv, ducând la o eficiență scăzută și la o complexitate crescută a sistemului. [7]



**Fig. 5.3.** Diagrama generala SCADA, Sursă: (<https://inductiveautomation.com>)

### 5.2.3. Sisteme de control distribuite

Sistemele de control distribuite DCS sunt utilizate pentru a controla sistemele de producție din aceeași locație geografică pentru industrii precum tratarea apei și a apelor uzate, instalații de producere a energiei electrice, fabrici de producție chimică, producție auto și instalații de prelucrare farmaceutică. Aceste sisteme sunt, de obicei, sisteme de control al proceselor sau sisteme discrete de control al pieselor. [27]

DCS sunt integrate ca o arhitectură de control care conține un nivel de supraveghere a controlului care supraveghează mai multe subsisteme integrate, care sunt responsabile pentru controlul detaliilor unui proces localizat. DCS utilizează o buclă de control de supraveghere centralizată pentru a media un grup de controlere localizate care împărtășesc sarcinile generale de desfășurare a unui întreg proces de producție. Controlul produsului și al procesului se realizează de obicei prin desfășurarea de bucle de control de feedback sau feedforward prin care condițiile cheie ale produsului și / sau procesului sunt menținute automat în jurul unui punct de setare dorit. Pentru a realiza toleranța produsului și / sau a procesului dorit în jurul unui punct de referință specificat, sunt utilizate pe teren controlere de proces specifice sau PLC-uri mai capabile și sunt reglate pentru a oferi toleranța dorită, precum și rata de autocorecție în timpul deranjării procesului. Prin modularizarea sistemului de producție, un DCS reduce impactul unei singure defecțiuni asupra sistemului general. În multe sisteme moderne, DCS este interfațat cu rețeaua, pentru a oferi operațiunilor comerciale o perspectivă asupra producției. DCS cuprinde o întreagă instalație, de la procesele de producție de nivel inferior până la nivelul corporativ sau de întreprindere. Un controlor de supraveghere (server de control) comunică subordonaților săi printr-o rețea de control. Supervizorul trimite puncte set și solicită date de la controlorii de teren distribuiți. Controlerele distribuite își controlează actuatorii de proces pe baza comenzilor serverului de control și a feedback-ului senzorilor de la senzorii de proces.

Rețelele de tip fieldbus elimină necesitatea cablării punct-la-punct între un controler și senzori și echipamente individuale de teren. În plus, un rețeaua fieldbus de câmp permite o funcționalitate mai mare dincolo de control, inclusiv diagnosticarea dispozitivului de câmp, și poate realiza algoritmi de control în cadrul rețelei de tip fieldbus de câmp, evitând astfel direcționarea semnalului înapoi către PLC pentru fiecare operație de control. Protocoalele de comunicații industriale standard proiectate de grupuri industriale, cum ar fi Modbus și Fieldbus, sunt adesea utilizate pe rețelele de control și pe rețelele de fieldbus. Pe lângă buclele de control la nivel de supraveghere și la nivel de teren, pot exista și niveluri intermediare de control. De exemplu, în cazul unui DCS care controlează o instalație de fabricație a pieselor discrete, ar putea exista un supraveghetor de nivel intermediar pentru fiecare celulă din instalație. Acest supraveghetor ar cuprinde o celulă de fabricație care conține un controler de mașină care procesează o piesă și un controler care gestionează stocul brut și produsele finale. Ar putea exista mai multe dintre aceste celule care gestionează controlere la nivel de câmp sub principala buclă de control DCS de supraveghere.

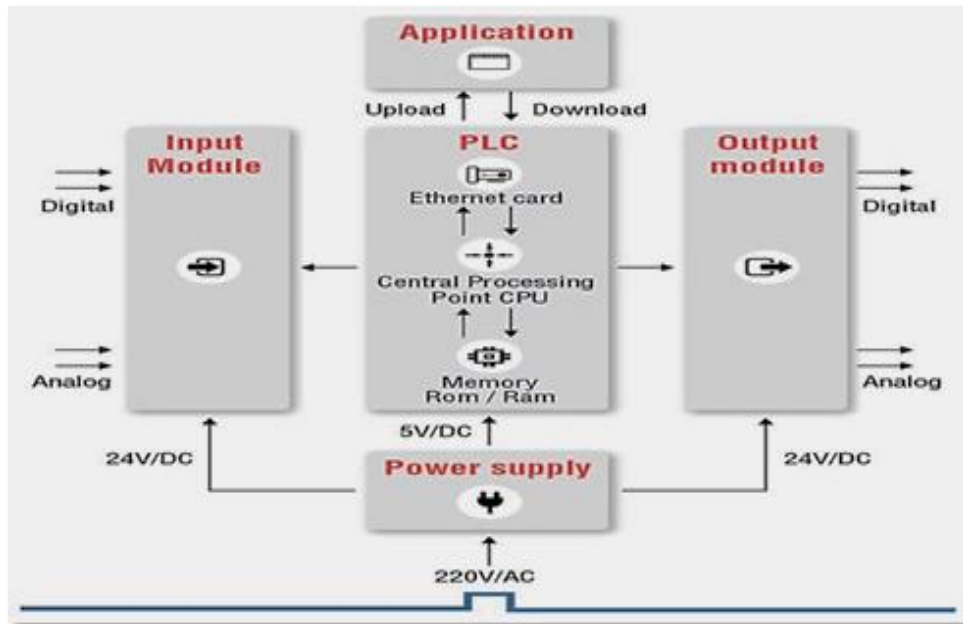
### 5.2.3.1. Controler logic programabil

Controlerul logic programabil, prezentat în Figura 5.4, PLC-urile bazate pe topologii sunt utilizate atât în sistemele SCADA, cât și în sistemele DCS ca și componente de control ale unui sistem ierarhic general pentru a asigura gestionarea locală a proceselor prin controlul feedback-ului.[30]

În cazul sistemelor SCADA, acestea pot oferi aceeași funcționalitate ca RTU-urile. Atunci când sunt utilizate în DCS, PLC-urile sunt implementate ca controlere locale în cadrul unei scheme de control de supraveghere. În plus față de utilizarea PLC în SCADA și DCS, PLC-urile sunt, de asemenea, implementate ca controler primar al sistemului de control pentru asigurarea controlului operațional al proceselor discrete, cum ar fi liniile de asamblare ale automobilelor sau comenzi industriale precum suflantei de funingine ale centralelor electrice.

Aceste topologii sunt diferite de SCADA și DCS prin faptul că de regulă nu dispun de un server de control central și respectiv HMI și, prin urmare, oferind în principiu un control în buclă închisă fără implicare umană directă. PLC-urile au o memorie programabilă de utilizator pentru stocarea instrucțiunilor în scopul implementării funcțiilor specifice, cum ar fi controlul I / O, logica, sincronizarea, numărarea, controlul PID (three-proportional-integral-derivative), comunicarea, aritmetica și datele și prelucrarea fișierelor.

Prin intermediul de controlere se pot automatiza procese specific, respectiv un întreg proces. PLC-ul primește informații de la senzori conectați sau diferite dispozitive de intrare, date pe care le procesează și comandă ieșiri pe baza parametrilor pre-programați.



**Fig. 5.4.** Controlerului logic programabil – Diagrama bloc, Sursă: <https://www.unitronicsplc.com> [124]

Utilizarea controlerului logic programabil în sistemele de alimentare cu apă este utilizată pentru a asigura funcționarea automată, implementând bucle de control pentru a asigura protecția la depășirea debitului maxim admis, scăderea nivelului de apă sau depășirea presiunilor. Controlerile logice programabile (PLC) bazate pe software prezintă numeroase avantaje față de produsele hardware tradiționale. La fel ca în multe aplicații din sectorul industrial de astăzi, adăugarea de sisteme software permite o productivitate mai mare, raportare detaliată pentru optimizare și flexibilitate generală a sistemului. [4]

Avantajele controlerului logic programabil:

- Îmbunătățirea eficienței consumului comparativ cu panoul de automatizare convențional;
- Implementarea modificărilor și corectarea erorilor
- Posibilitatea de testare astfel că programul poate fi evaluat înainte de a putea fi instalat pentru a efectua gestionarea dispozitivului.
- Viteza de funcționare depinde de timpul de scanare a intrărilor intervalul de milisecunde;
- Securitate sporită

### 5.2.3.2. Convertizoare de frecvență

Convertizorul de frecvență prezentat în Figura 5.5 este o componentă electronică care reglează viteza și puterea unui motor electric prin variația frecvenței curentului și a tensiunii sale. Folosirea convertoarele de frecvență în diferite aplicații pot genera eficiențări energetice de 10 până la 50% din energia consumată de motor.[3] Convertorul de frecvență reglează și controlează frecvența curentului de



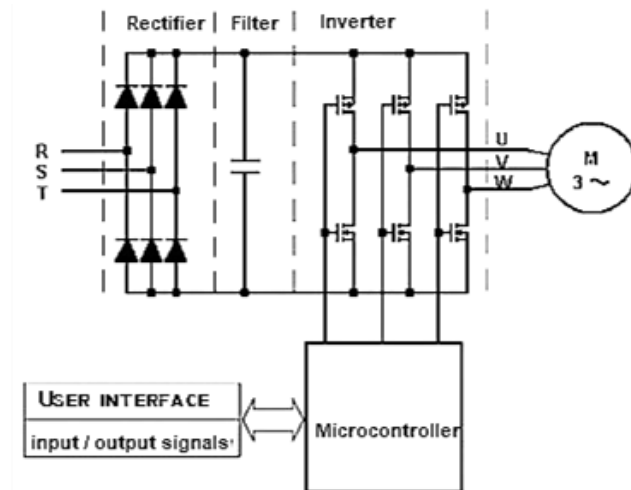
alimentare a motorului. Frecvența curentului de alimentare fiind direct proporțională cu viteza de rotație a motorului, așa cum se arată în Figura 5.6. Un convertor de frecvență poate fi utilizat pentru a controla frecvența și tensiunea curentului de alimentare pentru a controla și pentru a regla turația motorului și după cum este necesar de către o aplicație specifică. Odată cu modificarea turației sau puterii cerute de motor, parametrii convertorului de frecvență sunt reglați, astfel încât motorul să funcționeze conform specificațiilor cerute pentru aplicație.

Convertizoarele de frecvență își găsesc aplicabilitatea în diferitele echipamente și care acționează motorul electric precum al pompelor de distribuție a apei sau pompelor submersibile din foraje. Unul din cel mai important avantaj îl constituie faptul că poate fi adaptat atât la echipamentele noi, cât și la cele vechi, reducând semnificativ consumul de energie.[83] Acestea operează aplicații precum captarea apelor subterane, irigații, canalizare, ventilații, sisteme de transport, etc. Se cunoaște că 65% din energia electrică necesară consumatorilor industriali este disipată de către motoarele electrice și doar 10% din aceste motoare din aplicațiile industriale sunt echipate cu convertizoare de frecvență.

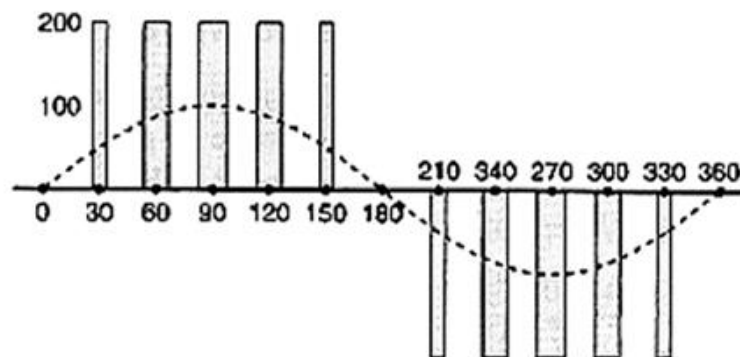
Conform estimărilor din domeniu dacă motoarele electrice ar fi echipate cu convertizoare de frecvență ar conduce la economii de energie de aproximativ 120 de milioane de megawați pe oră, care reprezintă echivalentul a 15 reactoare nucleare. În ultimii ani, avansul tehnologic al echipamentelor electronice a dus la reducerea semnificativă a dimensiunilor convertoarelor de frecvență. De asemenea, convertoarele moderne folosesc semiconductori de înaltă performanță, și tehnologii avansate atât hardware cât și software, ceea ce a dus la o îmbunătățire a performanței convertoarelor de frecvență curente și la gama extinsă de beneficii obținute din utilizarea lor.

Beneficiul esențial al utilizării convertorului de frecvență este reducerea consumului de energie și a costurilor energetice.

Echipamentele din instalațiile echipate cu convertizoare de frecvență vor dispune de o durată de viață extinsă, precum și timpi de întreținere morți.[22] Prin optimizarea funcționării și controlului motoarelor de către convertoarele de frecvență, acesta reduce timpul motoarelor la suprasarcină, încălzire excesivă și protecție la suprasarcină. De asemenea, un convertor de frecvență va acționa și ca tampon la începutul încărcării unui motor, lucrând ca o protecție pentru instalație, referitor la curentul mare de pornire a motorului, reglând, sarcina, prin creșterea treptată a turației motorului și a puterii până la valorile nominale.



**Fig. 5.5.** Diagrama bloc convertizor de frecvență



**Fig. 5.6.** Tensiunea de ieșire și curentul convertizoarelor de frecvență în modul de modulare a lățimii de impuls

Avantajele oferite de convertizoarelor de frecvență

- Reduceți consumul de energie electrică, implicând costul energiei electrice.
- Sunt cele mai eficiente mijloace de control al puterii și rotației motorului.
- Utilizarea unui curent mic de pornire pentru toate tipurile de porniri.
- Reducerea supraîncărcării și supraîncălzirii motoarelor și a curelelor de acțiune.
- Sunt instalate prin simpla conexiune la rețeaua curentă.
- Este utilizabil atât la motoare mici, cât și la grupuri de motoare industriale, cu putere mare.
- Are factor de putere ridicat
- Reducerea curentului de pornire, protejând instalația electrică și alte echipamente conectate.

Pompele submersibile utilizate pentru alimentarea cu apă nu au o viteză de rotație constantă. Vitezele de rotație și presiunea apei trebuie să fie menținute

constante, astfel încât sistemul de alimentare să nu fie destabilizat. Pentru a lua în considerare păstrarea liniarității valorilor presiunii, precum și a vitezelor de rotație a pompei, se utilizează variatoarele de turație pentru pompele. Acest variator va avea reglare automată, fără a fi nevoie de intervenția umană la acest nivel. Convertizoarele de frecvență pentru pompele submersibile au un mare avantaj al amplasării ușoare, în sensul că sunt montate pe conducta de refulare a pompei, dar dimensiunea și forma redusă a acestora le permit să fie așezate astfel încât să avem acces ușor la ele. Montarea orizontală și verticală facilitează foarte mult întreținerea ocazională, precum și urmărirea variațiilor, acolo unde este necesar. Invertorul protejează sistemul chiar și în absența apei, oprindu-se automat, astfel încât funcționarea să nu fie afectată de acest aspect. Proiectele de alimentare cu apă necesită siguranță în exploatare și eficiență energetică, astfel încât aceste cerințe pot fi realizate prin dotarea motoarelor cu convertoare de frecvență. [14]

#### **5.2.4. Noțiuni și recomandări managementul activelor**

Problema majoră pentru îmbunătățirea securității apei sunt echipamentele specifice de măsurare și control care sunt utilizate în sistemele de alimentare cu apă: debitmetre electromagnetice, traductoare de nivel hidrostatic, traductor de presiune [6]. De asemenea, managementul calității în timp real, precum dezinfecția, turbiditatea, pH-ul, temperatura, conductivitatea, și instalarea echipamentelor de detectare a pierderilor din rețea. Funcționarea optimizată a rețelei a intervențiilor, reparații și programe de investiții se poate optimiza print-un management proactiv al activelor aferente.

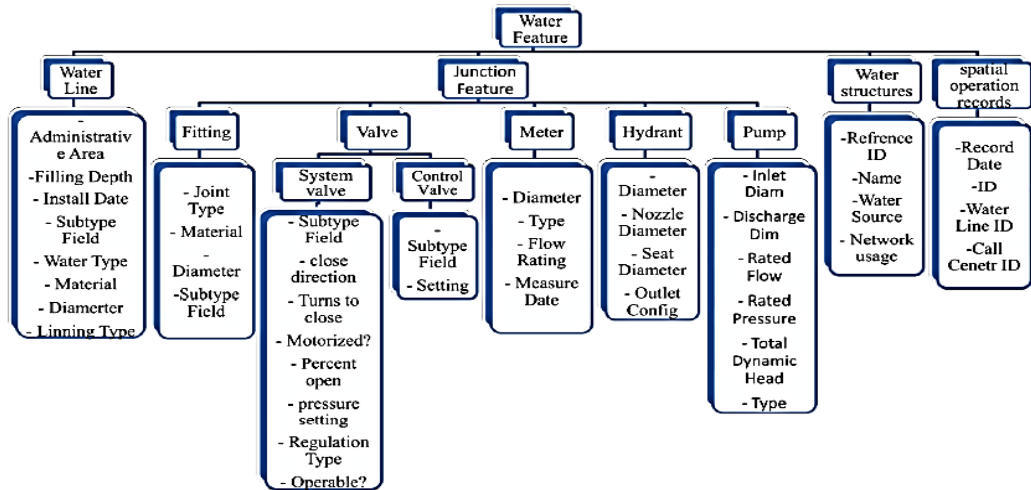
Planul strategic de management al activelor (PSMA) este un plan strategic detaliat pentru managementul activelor din toată zona de furnizarea serviciilor de alimentare cu apă.[45] PSMA descrie condițiile și principiile comune PMA, precum și colectează informațiile esențiale din PMA, prezentând astfel o imagine de ansamblu pentru alimentarea cu apă la nivel strategic. Informația din PMA care este consolidată în PSMA poate fi, de exemplu, rezerva totală de active cu condițiile și riscurile asociate, precum și activitățile aferente inclusiv economia asociată.

Planurile de management al activelor (PMA) sunt planuri de acțiune specific pentru fiecare grup de active.[46] Activele totale aferente zonei de apă potabile sunt împărțite în grupuri de active diferite. Un PMA conține informații privind nivelul tactic/operational și ar trebui să fie posibil să fie citit ca un document izolat fără a se baza pe alte documente pentru a crea un context rezonabil. Dacă există rapoarte și note mai detaliate în nivelul inferior PMA, este recomandat să fie făcute trimiteri la aceste rapoarte decât să fie copiate în PMA.

##### **5.2.4.1. Elemente de GIS**

Aplicațiile de tip GIS (sistem de informații geografice) includ, dezvoltarea de modele hidraulice, crearea hărților, ale rezultatelor de ieșire ale modelului, simplificarea rețelei pentru modelarea hidraulică, estimarea creșterilor de apă în nodurilor, estimarea cotelor nodurilor, izolarea principalelor armături de rețea care trebuie închise pentru repararea sau înlocuirea activ defect și delimitarea zonelor de presiune. [68]

Aplicațiile GIS sunt utilizate pentru a organiza datele pentru utilizare în proiectarea și analiza rețelelor de distribuție a apei.



**Fig. 5.7.** Reprezentarea detaliată a datelor modelului de distribuție a apei GIS [80]

Aplicațiile de tip GIS sunt utilizate ca instrument pentru aplicații destinate pentru gestionarea activelor rețelei, cum ar fi armaturile de rețea care necesită închidere în cazul defectelor de conductă, zona de serviciu pentru stațiile de tratare și epurare respectiv rețeaua aferentă.[37] GIS este utilizat pentru a furniza afișarea grafică a rezultatelor obținute atât din simularea hidraulică, cât și din modelele de optimizare; legarea datelor tabelare cu locațiile geografice și desenul grafic. Aplicația GIS este utilizată pentru a crea un model integrat pentru rețelele de distribuție a apei. Crearea de hărți vectoriale digitale; urmată de crearea de geodatabase pentru stocarea datelor de rețea. Apoi, construirea rețelelor geometrice este necesară pentru a asigura desenarea corectă a rețelei, urmată de crearea regulilor topologice pentru a asigura relații spațiale exacte. În cele din urmă, clasele de relații sunt aplicate pentru a lega datele modelului extern cu baza de date GIS, așa cum se arată în Figura 5.7 [80]

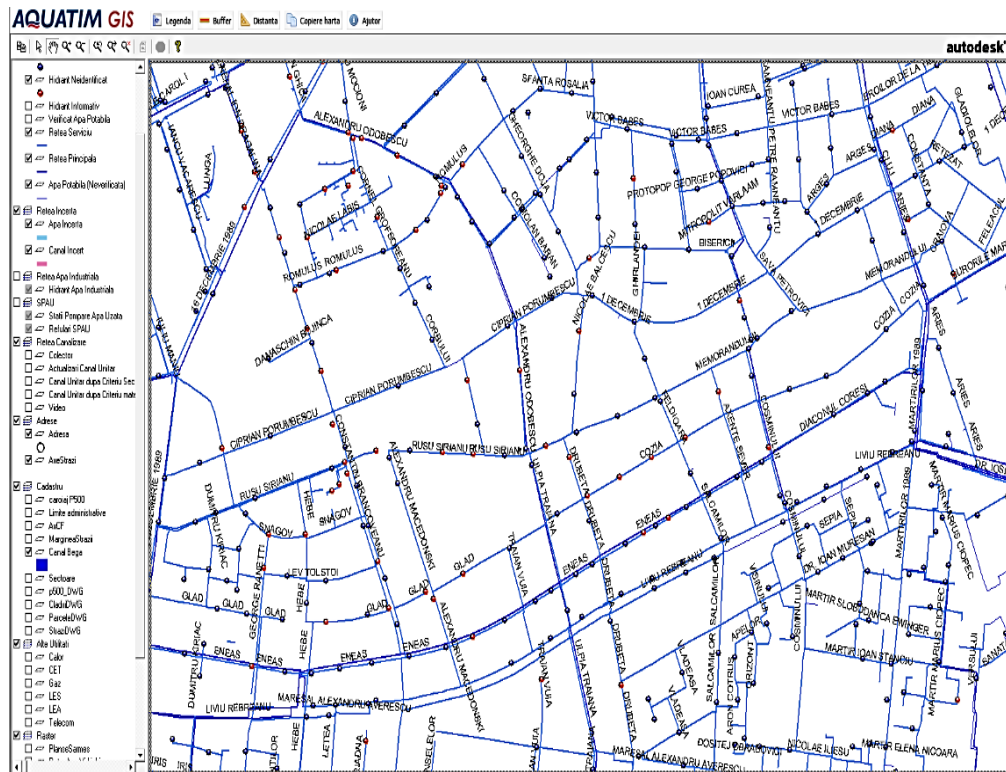


Fig. 5.8. Platforma GIS dezvoltată în ArcView GIS, Sursă: Aquatim S.A

În această platformă GIS, sunt modelate rețelele de apă și canalizare din Timișoara și localitățile periurbane, așa cum este prezentat în Figura 5.8. Aproape 1200 km de rețea de apă și 950 km de rețele de canalizare. [80] Portalul web care este integrat cu GIS este un instrument puternic folosit pentru colectarea, stocarea și reprezentarea rețelelor de distribuție și optimizarea lucrărilor de întreținere a rețelei și oferă un cadru pentru îmbunătățirea continuă reprezentat în Figura 5.8. O metodologie pentru utilizarea GIS în apă rețele de distribuție pentru a reduce timpul necesar colectării și stocării datelor în rețelele de distribuție. Transferul de date între sistemul GIS și modelele de analiză hidraulică a contribuit la optimizarea proiectării și analizelor tehnice. Rezultatele analizelor hidraulice (de ex. Presiune, debit .. etc.) și cele ale modelului de optimizare (de exemplu, diametrul țevii) pot fi afișate în GIS și, în combinație cu alte straturi, cum ar fi stratul topografic al orașului, ajută foarte mult la înțelegerea comportamentului rețelei și identificarea zonelor critice din rețea. Utilizarea GIS a permis o acțiune promptă pentru identificarea problemelor (de exemplu, în cazul defectelor de conductă, a zonelor de service) din sistem, urmate de soluții rapide pentru optimizarea lucrărilor de întreținere a rețelei și furnizarea unui cadru pentru îmbunătățirea continuă. [80]

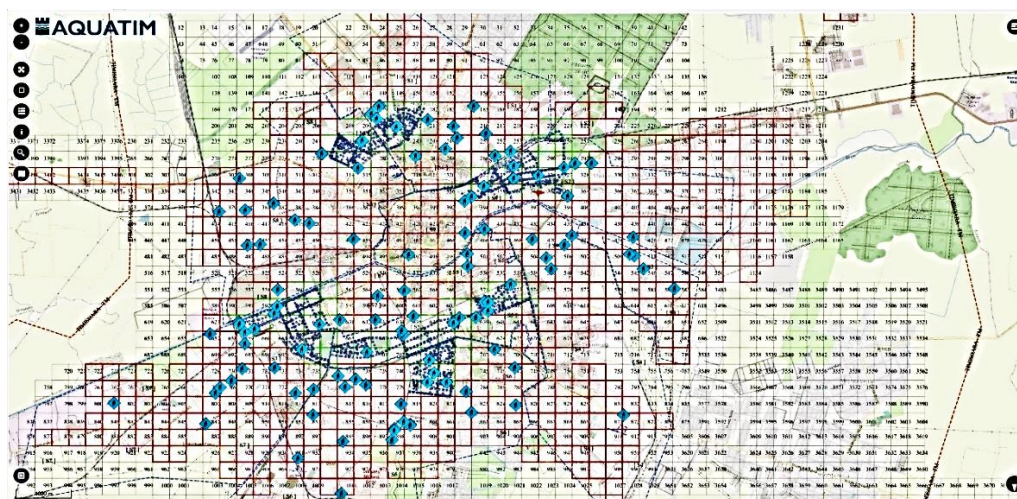


Fig. 5.9. Platforma de tip Web portal bazata pe GIS, Sursă: Aquatim S.A.

#### 5.2.4.2. Planificarea resurselor ERP Software

Software-ul ERP este folosit pentru a gestiona activitatea cotidiană a unei companii, benefic pentru a gestiona lucruri precum contabilitate, resurse umane (HR), achiziții, relații cu clienții, lanțul de aprovizionare, producție, inginerie, întreținere, proiecte, servicii și multe altele.[32] O soluție ERP integrează funcțiile de mai sus într-o singură piesă centrală de software, asigurându-se că afacerea funcționează cât mai eficient posibil și oferă organizației o singură sursă de adevăr pentru o mai bună luare a deciziilor. Pe scurt, software-ul ERP este o suită de aplicații care cuprinde fluxul valoric al unei organizații într-un singur mediu.

Beneficiile pe care le poate aduce un sistem ERP depind de mulți factori, inclusiv industria și modelul de afaceri. Inițial, sistemele MRP au fost proiectate pentru a accelera producția, reducând în același timp inventarul. În rândul companiilor producătoare, limitarea numerarului legat în inventar în timp ce accelerarea timpului până la livrare și creșterea ratelor de completare a comenzilor sunt frecvent beneficii ale ERP raportate. Inventarul este doar o resursă care atinge produsele ERP. Întrucât semnalele de cerere pentru capitalul uman se deplasează și de la prognoza vânzărilor până la afacerea rezervată, echipele de resurse umane pot angaja și se asigură că sunt disponibili suficienți oameni și instruiți sau certificați corespunzător pentru a efectua lucrările necesare. Mulți dintre managerii de servicii de apă din prezent se confruntă cu provocarea de a reduce nivelurile lor de pierderi ridicate de apă. Toate acestea conduc la scăderea veniturilor, a banilor pentru investiții, productivitate și furnizarea de servicii, de asemenea, costul apei livrate.

Gestionarea activelor implică realizarea celui mai mic cost și cel mai mic risc al deținerii și exploatării activelor pe parcursul ciclului lor de viață, respectând în același timp standardele de servicii pentru clienți.

În consecință, managerii de utilități trebuie să pună în aplicare politici, planuri și strategii. De asemenea, trebuie să dezvolte și să pună în aplicare o serie de procese care acoperă achiziționarea, operarea, întreținerea, revizuirea și eliminarea activelor.

Gestionarea activelor înseamnă, de asemenea, aplicarea de instrumente care ajută la eficientizarea acestor procese, cum ar fi stabilirea nivelurilor de servicii,

calcularea costurilor activelor din ciclul de viață, menținerea unui registru al activelor, monitorizarea stării și performanței activelor și efectuarea analizei riscurilor pentru eventualele defecțiuni ale activelor.

Gestionarea activelor pentru utilitățile de apă este mai complexă decât pentru majoritatea celorlalte sectoare din cauza numărului, varietății, vârstei, stării și locației activelor; amplasarea investiției în active; și dificultatea de a inspecta și întreține bunurile îngropate.

Această complexitate este adesea agravată de lipsa de finanțare, informații și abilități care pot împiedica achiziționarea, punerea în funcțiune, întreținerea, revizuirea și înlocuirea activelor la momentul optim.

Gestionarea activelor este un angajament pe termen lung. Utilitățile de vârf care stabilesc etaloane pentru alții recunosc că gestionarea activelor este crucială pentru rezultatele lor. În consecință, au investit în îmbunătățiri ale sistemelor și practicilor de-a lungul mai multor ani și au încurajat o atitudine de gestionare a activelor în forța lor de muncă.

Gestionarea activelor este pentru toți. Utilitățile de toate dimensiunile vor avea o anumită formă de gestionare a activelor. Mulți manageri de utilități vor fi, de asemenea, conștienți de deficiențele din sistemele lor. Cu toate acestea, este posibil să nu fie conștienți de sfera și influența unei bune gestionări a activelor și cum să își îmbunătățească politicile, sistemele, practicile și atitudinile actuale.

gestionarea activelor își va atinge obiectivul dacă managerii de utilități încep să îmbunătățească gestionarea activelor prin verificarea stării practicilor actuale. Managerii de utilități ar trebui apoi să dezvolte și să implementeze un plan de remediere care să recunoască faptul că unele soluții și rezultate vizate pot dura ani de zile pentru a fi realizate, în timp ce altele pot fi puse în aplicare în mult mai puțin timp. Managerii de utilități pot solicita ajutor pentru îmbunătățirea gestionării activelor de la furnizorii de sistem, consultanți, utilități de conducere, asociații de utilități. Beneficiarii finali ai unei mai bune gestionări a activelor sunt clienții utilităților. Livrarea la timp și disponibilitatea unor servicii de calitate a apei și a apelor uzate le permite clienților să se bucure de o calitate mai bună a vieții și de trai. [107]

### **5.2.5. Elemente hidrofomatice de discretizare a corpurilor de apă**

Un corp de apă reprezintă o anumită parte distinctă a apelor de suprafață, cum ar fi un lac, un pârâu, un râu sau o parte dintr-un pârâu sau râu. Un corp de apă de adâncime este un anumit volum de apă sub suprafață, o parte a așa-numitului acvifer. Corpul de apă este o entitate importantă în Directiva-cadru privind apa (DCA) și ne permite să punem în legătură protecția apei cu unitățile hidrologice naturale.[84]

Apele subterane sunt o resursa naturală, care este esențială pentru viață și societate. De aceea este necesar să se utilizeze rațional, precum și să se protejeze. Cunoașterea evoluției a încărcării piezometrice a acviferelor în legătură cu schimbarea condițiilor de alimentare prin infiltrare, precum și variația indicatorilor chimici ai apei captate din bazinele hidrografice, este necesar a se stabili un regim de utilizare eficient pentru a menține o bună calitate a apelor subterane.

Un sistem informațional inteligent este un set de persoane, echipamente, software, procese și date concepute pentru a furniza informații active sistemului de luare a deciziilor. Sistemul informatic face parte din sistemul informațional, care include colectarea, prelucrarea și transmiterea automată a datelor și informațiilor în cadrul sistemului informațional. Sistemul informatic este un sistem în care datele și informațiile despre zona discretizată prin prisma elementelor disponibile, pot fi

reproduse automat, în format grafic sau sub formă de documente specifice sistemului informatic discretizat. Cu toate acestea, aceste date și informații trebuie să fie menționate spațial, astfel încât toate studiile și analizele furnizate părților interesate să reflecte realitatea și localizarea precisă, la cererea părții interesate, în cunoștință de cauză. [14]

Software-urile avansate de hidro-modelare ne permite să realizăm diferite simulări a apei. Modelele hidroinformatică avansate pentru modelarea sunt modulul Mike 11 – FeFlow [120] și PMWIN [102] (Processing MODFLOW pentru Windows). [122]



## **CAPITOLUL VI.**

# **CONTRIBUȚII PRIVIND OPTIMIZAREA FORAJELOR DESTINATE ALIMENTĂRII CU APĂ. MODEL PILOT DEZVOLTAT ÎN SCADA ȘI PROPUNERI DE INTERCONECTARE CU APLICAȚII HIDROINFORMATICE- SMART SCADA**

### **6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime**

În acest subcapitol sunt prezentate aspecte referitoare la cercetările întreprinse în domeniul reprezentării și managementului cunoașterii, o atenție deosebită fiind acordată metodelor de reabilitare/optimizare și provocărilor întâmpinate de cercetătorii în domeniul, în procesul de proiectare și dezvoltare al sistemelor de alimentare cu apa din surse de adâncime. Totodată sunt reliefate și acțiunile corespunzătoare diverselor faze de cercetare și proiectare întreprinse în scopul implementării și validării teoriilor enunțate în cadrul cercetării.

Motivația pentru demersul descris în continuare a fost dată de necesitatea optimizării destinate sistemelor de alimentare cu apă din surse subterane prin intermediul unui model de optimizare cu cele mai bune practici ingineresti destinat acestor sisteme. Acțiunile autorului au vizat elaborarea unei metode de optimizare atât a elementelor structurale cat și a celor funcționale. În cadrul optimizării, prima parte este destinată optimizării din punct de vedere hidraulic, mecanic, electric și civil a forajelor relevante sistemelor de alimentare cu apă din surse subterane aferente Timișoarei, iar cea de a doua parte este orientată către integrarea elementelor de monitorizare a datelor, informațiilor și cunoașterii care provin din surse distincte într-un concept de tip SCADA. Partea a treia cuprinde o discretizare prin modelare hidraulica a frontului de foraje destinate alimentari cu apa din surse subterane aferent municipiului Timișoara. Concluzionând într-un concept de smart SCADA capabil sa confere securitate, managementul informațional de monitorizare și decizie respectiv interconectarea cu modele hidroinformatice pentru predicție și simulări.

Acceptând faptul că domeniul tehnic este unul foarte vast și aflat într-o continuă schimbare, este de așteptat ca implementarea sistemelor informatice să devină prioritate pentru orice organizație implicată în efectuarea serviciilor de alimentare cu apa. În acest context, se poate spune că sistemele de tip ICS se găsesc în avangarda acestor acțiuni de orientare a tehnici către sistemele automatizate de

138 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime

monitorizare și decizie, scopul acestora fiind acela de a oferi informația corectă, în formatul optim, în mod oportun și pe canalul corect, operatorilor de servicii. Astfel, sistemele ICS pot să detecteze potențiale erori, să sugereze strategii optime, să organizeze detaliile unui plan de exploatare, să prezinte datele necesare executării acestui plan și să asigure cele mai bune decizii și recomandări.

### **6.1.1. Propunere de optimizare a forajelor prin lucrări de tip hidraulic**

În ultimii ani, datorita vechimii lanțului de măsură cat și a conductei de refulare, au apărut mai multe defecte. Spărturile survenite au dus la inundarea cabinei forajului, la recircularea apei în foraj, creșterea consumului de energie, apariția oxidului de fier, colmatarea filtrului și a apometrului.



**Fig.6.1.** Foraj 40 aferent frontului de captare STA Urseni



**Fig.6.2.** Foraj 40 aferent frontului de captare STA Urseni

Abordarea urmărește optimizarea forajelor prin concepte tehnice actuale, evaluarea lor și generarea unor concluzii (lucrări ingineresti de specialitate recomandate) în format conceptual de optimizare. Scopul urmărit fiind implementarea unor lucrări specifice ingineresti și respectiv descoperirea celor mai relevante concepte și asocieri dintre acestea care vor sta la baza lucrărilor de specialitate menite să transpună sistemele de alimentare cu apă din foraje conform prevederilor legislației actuale și dezvoltarea cu rol de a asigura sursa de apă atât cantitativ cât și calitativ.

Având o perspectivă de ansamblu asupra nevoilor de optimizarea a forajelor, din punct de vedere al lucrărilor edilitare se propun să se realizeze următoarele lucrări:

- Montarea unor piese de etanșare la trecerea conductelor prin pereți;
- Înlocuirea apometrelor cu debitmetre electromagnetice capabile să transmită prin protocoale specific în scopul **smart meteringului**.
- Înlocuirea tuturor echipamentelor hidraulice (conducte, armături, accesorii și sistemelor de îmbinare existente)
- Montarea cutiilor de protecție pentru vanele de concesiune
- Înlocuirea pompelor de la foraje
- Inspecția forajelor presupune executarea unor lucrări în vederea stabilirii necesității deznisipării/ reabilitării acestora.

Pentru o exploatare optimă a captării, este necesar ca forajele existente să fie reabilitate prin testare hidrogeologică, în vederea stabilirii caracteristicilor hidrogeologice actuale ale sistemului acvifer-foraj și a parametrilor optimi de exploatare.

Pentru inspecția forajelor se recomandă teste de debit inițiale (cu pompa existentă în foraj) după care se recomandă demontarea pompei existente în foraj și se va face inspecția video inițială. Pe baza inspecției video se va întocmi un raport inițial în baza căruia se va stabili dacă este necesară deznisiparea forajului. După realizarea deznisipării, acolo unde este cazul, se vor realiza teste de pompă, inspecție video finală și dezinfectarea forajului. După remontarea pompei în foraj se vor preleva probe de apă pentru analize. La final se întocmește un raport de inspecție.

140 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime

---

În urma testării se vor stabili parametrii optimi de exploatare a fiecărui foraj (debit, denivelare de exploatare).

După stabilirea parametrilor optimi de exploatare, în baza raportului preliminar de testare și raportului final (care trebuie să conțină date de testare despre întreg frontul de captare), forajele vor fi echipate cu pompe corespunzătoare în conformitate cu raportul final al testărilor.

Zona de protecție sanitară se va asigura prin amplasarea forajelor în incintă împrejmuită.[42] Fiecare foraj se va echipa cu o electropompă submersibilă complet inundabilă. Conducta de refulare a pompelor, se va realiza din țeavă de polietilenă cu o lungime de aproximativ 25 m.

La refularea pompei din foraj pe conductă se montează orizontal o linie complexă de contorizare.

Linia de măsură va cuprinde:

- vana de închidere cu sertar până cauciucat;
- filtru de impurități;
- debitmetru electromagnetic;
- clapetă de reținere;
- robinet pentru prelevat probe;
- presostat;
- traductor de presiune;
- compensator de montaj.

În foraj se va monta un traductor hidrostatic de nivel.

După montaj se efectuează proba de presiune hidrolică.

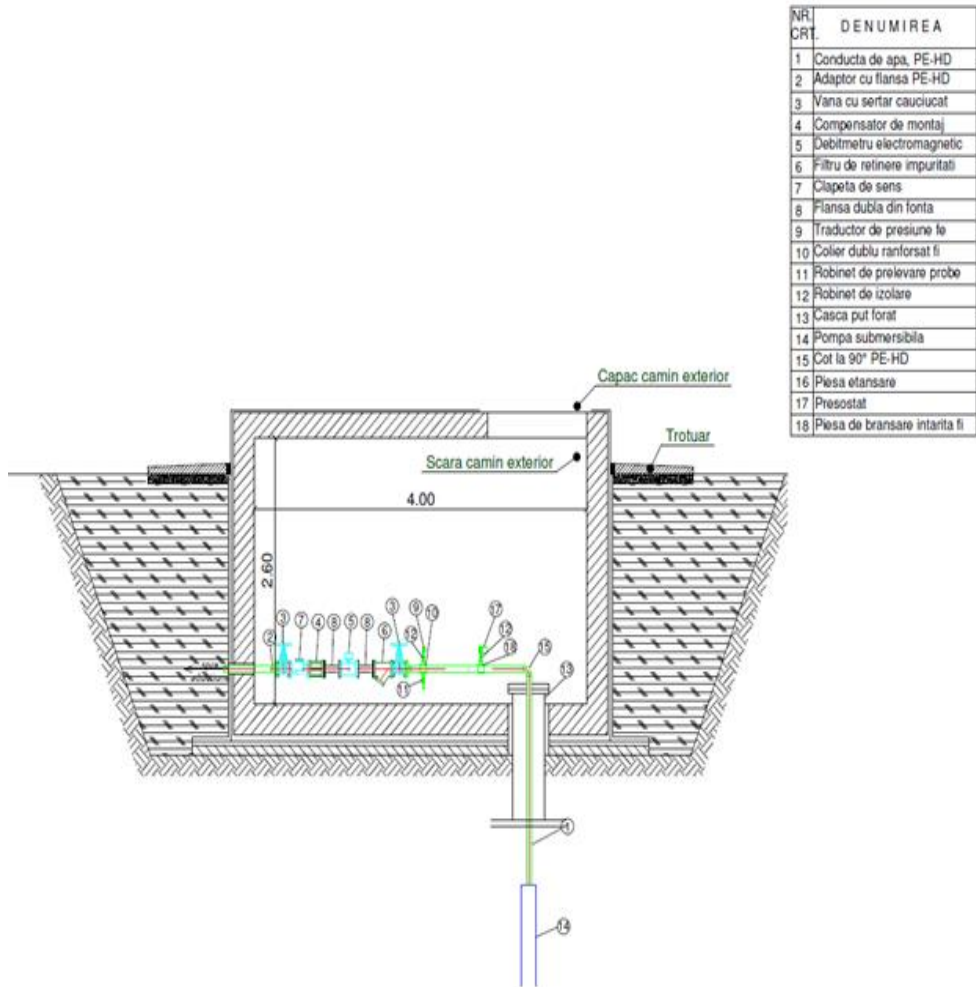
Caracteristicile dimensionale ale lanțului de măsură a forajelor vor fi stabilite în urma testărilor preliminare, toate datele obținute prezentându-se sub forma unui raport preliminar.

Pentru a se evita infiltrațiile, care pot apărea datorită neetanșeității la trecerea conductelor prin pereții căminelor, se vor prevedea piese de etanșare.

La forajele individuale F1-F40 se prevăd vane de concesiune, amplasate lângă căminul forajului pentru o mai bună exploatare. Pentru vanele de concesiune se prevăd cutii de protecție care protejează și permit accesul la tija de manevră.

Pentru a nu întrerupe funcționarea forajelor, în situațiile în care debitmetrele trebuie duse la calibrat sau alte reparații, se prevăd moseare.

La grupurile de fântâni conductele de refulare de la foraje se vor uni într-o conductă comună care se va descarcă în conducta de aducțiune existentă. Aceasta conducta va fi pozată îngropat pe un pat de nisip. Lucrările de săpătură se vor realiza numai când se creează condiții de montare conductă și efectuarea probei de presiune. Nu este permis ca săpăturile să rămână deschise mai multe zile. Lucrările de săpătură se vor realiza respectându-se toate distanțele prescrise față de restul rețelelor subterane existente. Pozarea conductelor se va face la o adâncime care va respecta adâncimea de îngheț.[95] Proba de presiune se va face înainte de astuparea tranșeelelor.



**Fig.6.3.** Foraj secțiune A-A DN 50mm

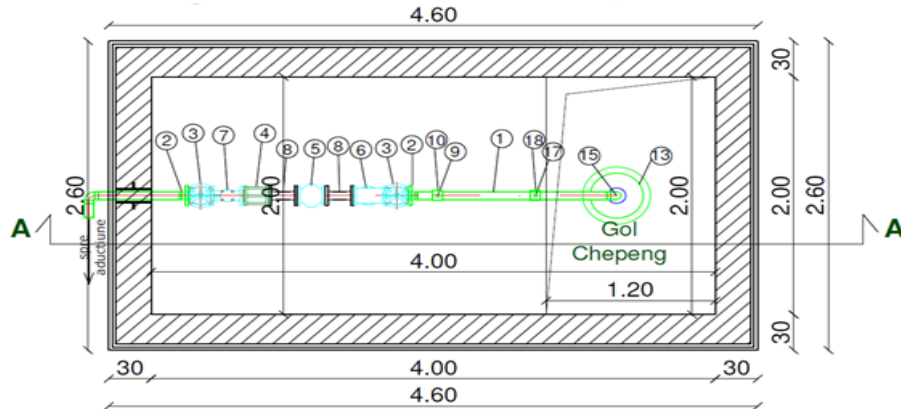


Fig.6.4. Foraj vedere în plan DN 50mm

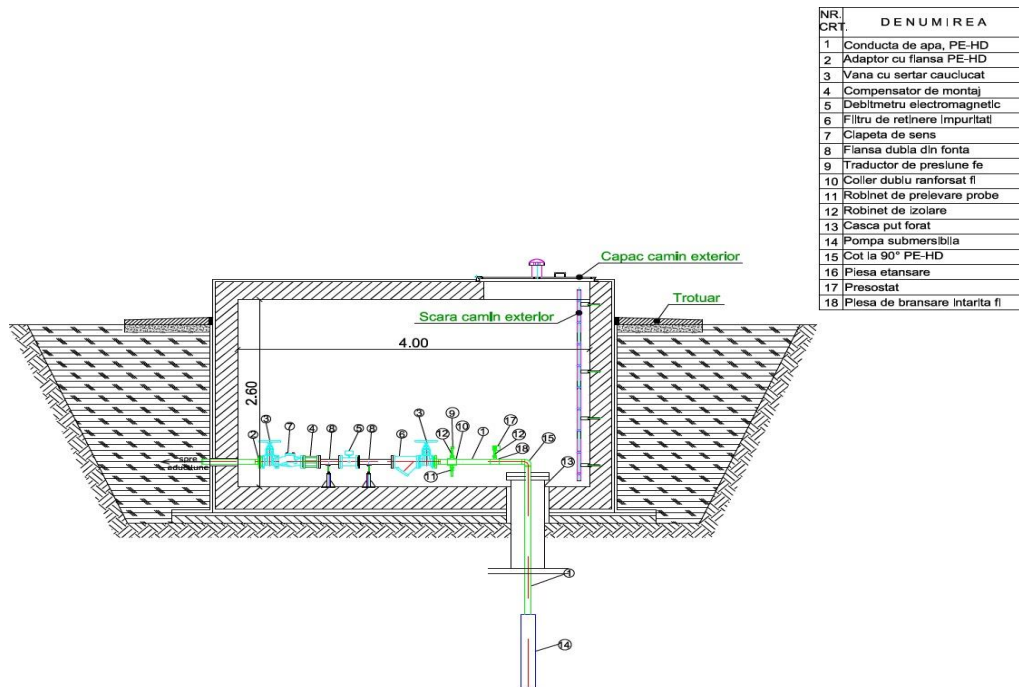


Fig.6.5. Foraj secțiune A-A DN 65 -125 mm

NR. CRT.	DENUMIREA
1	Conducta de apa, PE-HD
2	Adaptor cu flanșa PE-HD
3	Vana cu sertar cauciucat
4	Compensator de montaj
5	Debitmetru electromagnetic
6	Filtru de reținere impuritat
7	Clapeta de sens
8	Flanșa dubla din fontă
9	Traductor de presiune fe
10	Colier dublu ranforsat fi
11	Robinet de prelevare probe
12	Robinet de izolare
13	Casca put forat
14	Pompa submersibila
15	Cot la 90° PE-HD
16	Piesa etansare
17	Presostat
18	Piesa de bransare intarita fi

Se poate observa că noul model de optimizare mărește nevoile relevante pentru situația actuală și, în plus, asigură integritatea structurală de tip hidraulic, iar pe baza acestor construcții specifice se facilitează noi structuri conforme.

### **6.1.2. Propunere de optimizare a forajelor prin lucrări de tip arhitectura și civile**

Având o perspectivă de ansamblu asupra nevoilor de optimizarea a forajelor, din punct de vedere al lucrărilor arhitecturale și civile soluția propusă este demolarea structurilor existente și realizarea unor cămine noi. Forajele aflate în incinta STA Urseni se afla într-o condiție bună și necesita doar lucrări minime de tencuire/zugrăvire.

Amplasarea căminelor se va face în așa fel încât forajele să fie amplasate în zona chepengurilor, pentru a facilita accesul direct asupra forajelor.

Căminele propuse vor fi de două tipuri și vor avea dimensiunile:

- Tipul 1 - 2.00 x 4.00 m
- Tipul 2 - 2.00 x 4.50 m.

Din punct de vedere al structurii de rezistență, căminele se vor executa din beton armat.

În conformitate cu prevederile normativului P100/1-2013, clădirile se încadrează în clasa de importanță III, iar conform Regulamentului M.L.P.A.T., aprobat cu H.G.R. 766/97, categoria de importanță a construcției este "C"[94].

Amplasamentul clădirilor se situează în zona seismică caracterizată de perioada de colț  $T_c = 0.7$  sec și  $a_g = 0.20$  g.[20]

Radierul din beton armat C25/30 va avea grosimea de 30. Adâncimea de fundare va fi de -2.75 față de cota terenului sistematizat (CTN). Sub radier se va realiza strat de beton de egalizare din beton simplu C8/10 cu grosimea de 10 cm.

Pereții tip diafragma sunt dispuși pe direcțiile principale ale căminului vor fi din beton armat. Pereții căminului au grosimea de 25 cm.

La executarea lucrărilor de hidroizolare a elementelor de construcții contra apelor se vor respecta prevederile STAS 2355 / 2 - 87 și normativ C 112 - 86. Radierul se va hidroizola la partea inferioară, respectând următoarele etape: se va aplica pe betonul de egalizare o amorsa bituminoasă care va respecta specificațiile producătorului referitoare la temperatura de aplicare, timp de uscare (min. 3 ore), număr de straturi. Apoi se va aplica membrana bituminoasă (min. 4kg/mp) prin lipire cu flacăra și cu o suprapunere de minim 10 cm. Îmbinarea se va face cu ajutorul unei mistrii cu vârful rotunjit, încălzind în același timp atât mistria cât și îmbinarea. Se vor executa 2 straturi. Ulterior se va turna o sapa din mortar de ciment M100 de minim 5 cm pentru protecția hidroizolației.

Privind pereții căminului, aceștia se vor hidroizola la partea exterioară executând etapele prezentate pentru radier. Hidroizolația verticală se va proteja cu folii polimerice semirigide amprentate.

La partea superioară, peste hidroizolație se va realiza o protecție din mortar cu panta de 2% pentru îndepărtarea apelor pluviale, iar apoi se va aplica o tencuială de finisare rezistentă la condițiile atmosferice.

Lucrările de demolare se vor efectua respectând normele în vigoare. Se vor avea în vedere toate dispozițiile privitor la siguranța muncii în demolare, prevăzute în normele de protecția muncii (Legea nr. 5-C56/86). Se vor respecta prevederile HGR nr. 51/05.02.92 și ale normativului P118 (B.C. 5-6/83) privind asigurarea incintei, lucrărilor și măsuri de stingerea incendiilor specifice.

Conform studiului geotehnic adâncimea de fundare se va face depășindu-se adâncimea de îngheț.

Adâncimea de fundare este de -2.75m față de CTN.[94]

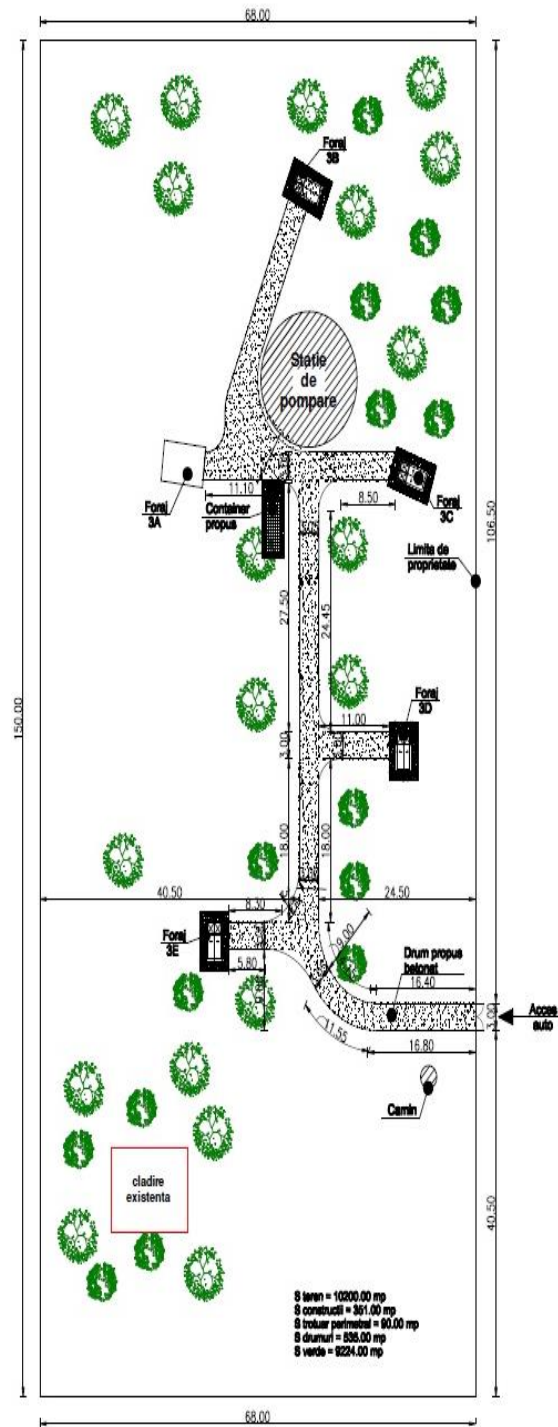
Apa subterană a fost interceptată între -2.70 și -4.20m.







146 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime



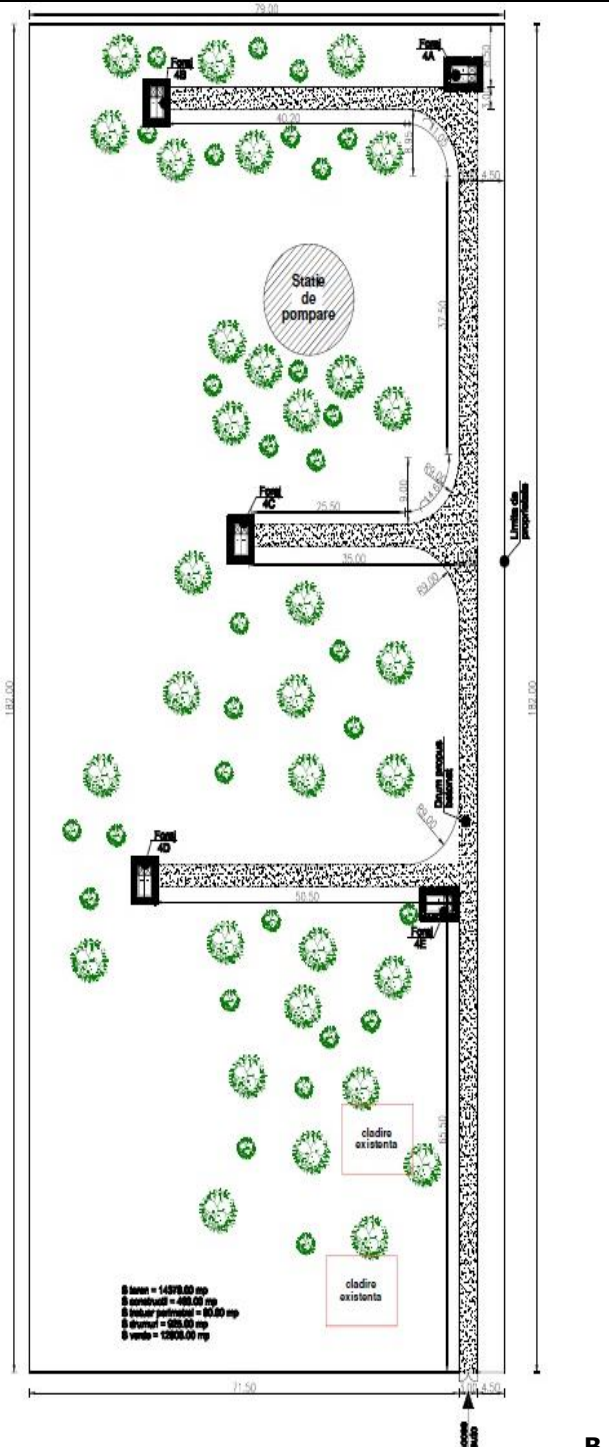


Fig.6.10. A,B. Propunere plan grup fântâna 3,4

148 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime

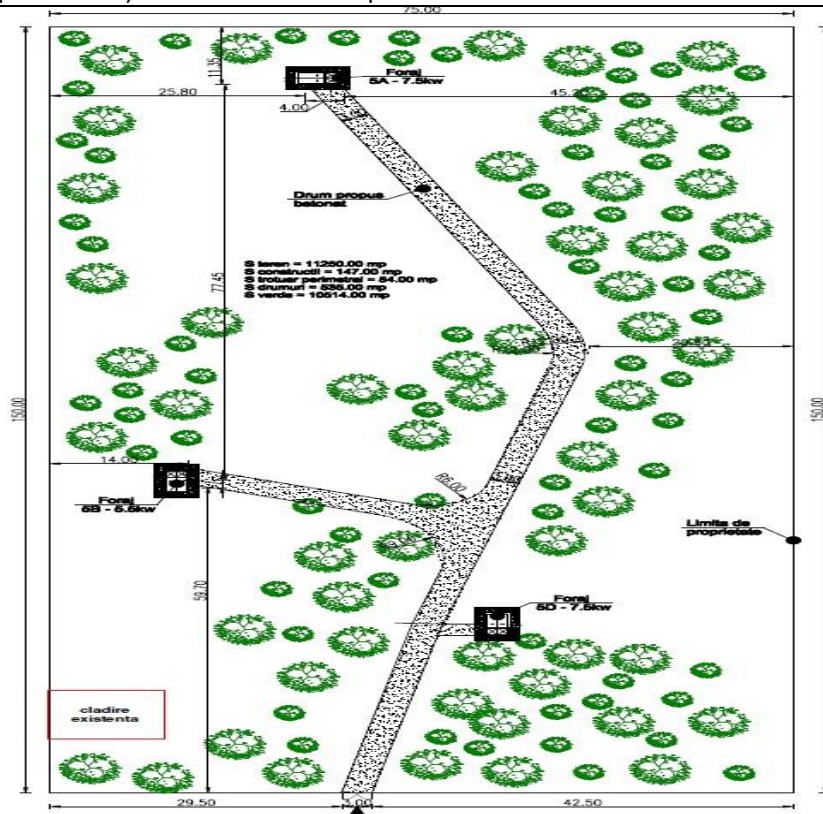


Fig.6.11. Propunere plan grup fântâna 5

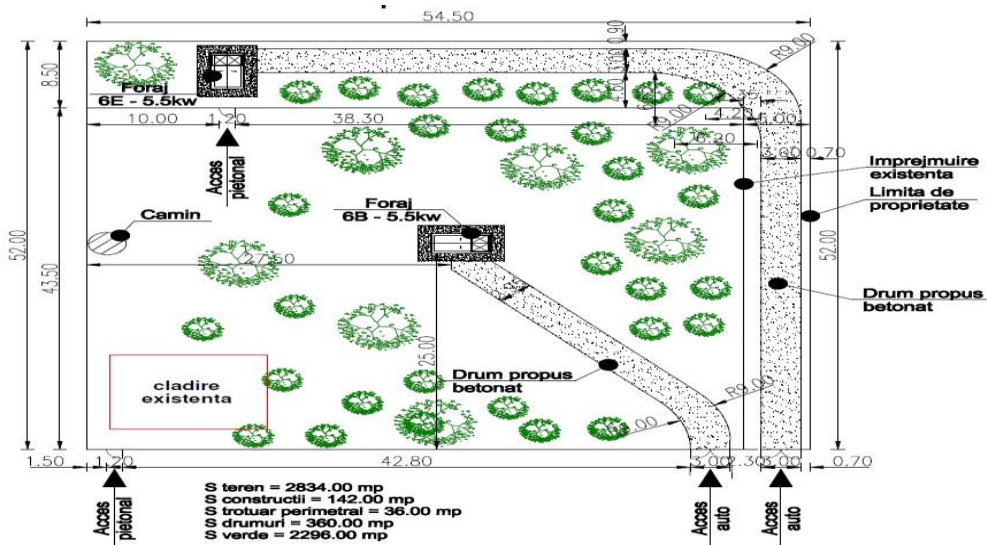


Fig.6.12. Propunere plan grup fântâna 6

Din punct de vedere al lucrărilor de amenajarea a terenului se propune realizarea unui drum de acces de la drumul principal la foraje, aproximativ 25-30m lungime din piatră spartă compactata (în funcție de distanța de la drumul principal ). Realizarea unui trotuar de acces între obiectivele din incinta zonei de protecție din beton, se va prevedea în dreptul acceselor în obiective o platformă betonată cu lățime de 1m sau trepte din beton armat unde sunt diferențe mari de nivel.[87]

Amenajarea spațiului verde din incintă și din jurul zonei de protecție, maxim un metru în jurul perimetrului, prin lucrări de nivelare/completare pământ, însămânțare.

Se propune reabilitarea gardului de protecție, se vor monta stâlpi metalici pe care se va prinde plasă de gard. La grupurile de fântâni datorită faptului că incinta în care se găsesc fântânile este foarte mare și întreținerea spațiului verde este destul de dificilă se propune împrejmuirea zonei de protecție sanitară pentru fiecare fântâna în parte și amenajarea spațiului verde aferent acesteia.

**Pentru a crea o structură conformă în faza de analiză s-a urmărit deoalarea aspectelor implicate, prin identificarea problemelor structurale existente. Dat fiind contextul actual și necesitatea optimizării, scopul urmărit fiind o optimizare eficientă și durabilă. Acțiunea a avut ca rezultat urmarea a unei analize amănunțite demolarea structurilor existente și realizarea unor noi structuri capabile să satisfacă nevoile actuale.**

### **6.1.3. Propunere de optimizare a forajelor prin lucrări de tip mecanice**

Având în vedere optimizarea a forajelor, din punct de vedere al lucrărilor mecanice se prevăd următoarele componente mecanice aferente căminelor exterioare : capac cămin exterior, scara cămin exterior, suportți conducte.

Capacele au prevăzute rame metalice executate din oțel S235JR sunt fixate pe deschiderile prevăzute în placa de beton a căminului exterior, cu ajutorul ancorelor chimice, șaibelor și piulițelor zincate. Ramele sunt prevăzute cu garnituri, astfel ca la închiderea capacelor sa fie realizată o bună etanșare. Capacele sunt executate din oțel S235JR și au prevăzute nervuri de rigidizare și balamale. Au câte doua mânere pentru manevrarea lor. Unul dintre capace are prevăzut un aerisitor, pentru a împiedica formarea condensului.

Capacele și ramele pot fi și din material compozit, în funcție de cerințe.

Scările din cămine sunt în construcție sudată din oțel S235JR și sunt prinse pe peretele de beton al căminelor cu ajutorul ancorelor chimice cu șaibe și piulițe zincate la cald. Având o înălțime mai mare de 2 m este obligatorie folosirea centurii de siguranță la utilizare, centură în dotarea operatorului. Scările se pot executa și din aliaj de aluminiu.

Suportții de conducte sunt în construcție sudată din oțel S235JR (S235JRH) și sunt prinse în placa de bază a căminelor ajutorul ancorelor chimice cu șaibe și piulițe zincate la cald. Sunt prevăzute cu un suport reglabil cu tijă filetată și piulițele aferente, de strângere și blocare.

Toate ansamblele sudate executate din oțel S235JR (S235JRH) sunt protejate împotriva coroziunii prin zincare la cald.

150 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime

**Optimizarea forajelor din punct de vedere al lucrărilor mecanice în faza de analiză pentru situația actuală are ca scop alegerea elementelor și punerea în operă astfel încât să asigure integritatea structurală facilitând structuri conforme.**

#### **6.1.4. Propunere de optimizare a forajelor prin lucrări de tip electric**

##### **6.1.4.1. Instalații electrice de forță și automatizare**

Caracteristicile energetice totale la nivelul tabloului de foraj sunt următoarele:

$$P_i = 1.5 \dots 15 \text{ kW}, K_s = 1, P_s = 1.5 \dots 15 \text{ kW}, U = 400 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}$$

Distribuția energiei electrice se realizează în sistem **TN-C-S**

##### **Descrierea situației existente**

În prezent forajele sunt alimentate dintr-un BMPT amplasat la baza stâlpului pe care se regăsește amplasat transformatorul electric de putere, BMPT care are o protecție magne-to-termică de 100A/4P. În acest BMPT se va face delimitarea de gestiune între furnizorul de energie și beneficiarul forajului. De la BMPT se realizează alimentarea tabloului electric al forajului prin intermediul unui cablu de aluminiu care nu are aceeași secțiune pentru toate forajele, iar la unele foraje este realizată o mufare în pământ sau în BMPT cu un alt cablu.

Priza de pământ este existentă și realizată din platbanda 40x4 mm sau 25x4 mm prezentând stare de rugină la marea parte a forajelor.

Forajele în prezent nu au prevăzut un sistem de iluminat, sau sistemul de iluminat este nefuncțional în cabina unde este amplasat tabloul electric de comandă și lanțul de măsură împreună cu vana aferentă.

##### **Descrierea soluției propuse**

Pentru realizarea instalațiilor electrice pentru foraje se propun o serie de intervenții. Referitor la prizele de pământ se propune verificarea rezistenței de dispersie a prizei de pământ, iar în cazul în care nu este în parametri realizarea unei prize de pământ nouă, ce se va interconecta cu priza existentă pentru a avea valoarea rezistenței de dispersie conform normativelor. Realizarea unei centuri noi de echipotentializare realizată din platbanda OL Zn 40x4 mm, OLZn 25x4 mm. Refacerea integrală a instalației de iluminat normal și siguranță în cabina forajului în care este amplasat tabloul electric și lanțul de măsură conform normativelor în vigoare, iluminatul se va realiza prin becuri de tip LED pentru o eficiență energetică sporită. Se va realiza echiparea cu lampa portabilă la 24 V cu baterie pentru intervenția rapidă la foraj. Se propune înlocuirea cablului de bransament de la firida operatorului de energie de lângă stâlpul cu transformator până la noul tablou electric. Se vor reface integral toate cabluri electrice prin înlocuire de la tabloul electric la echipamente. Se vor executa lucrări de dezafectare a instalațiilor electrice nefuncționale. Se vor poza și echipa pe peretele cabinei foraj prize de 400V/16A, 230V/16A, 24V. Se vor realiza de tablouri electrice de forță și comanda noi compacte și robuste.

##### **6.1.4.2. Tablouri electrice**

Tablourile electrice vor fi o combinație a unor aparate de comutație de comandă, măsură și reglare, complet asamblate, având toate legăturile electrice și mecanice în interior. În general instalația din interiorul tablourilor electrice va fi montată pe sine DIN standardizate, desemnate pentru acest scop. [54]

Tablourile electrice se vor executa în construcție închisă (protejată) în funcție de condițiile de influențe externe și grad de protecție, astfel

- tablouri electrice interioare, grad de protecție minim: IP 54
- domeniul de temperatură de funcționare: -15 °C – 35 °C

În cazul în care nu poate fi respectată prevederea privind domeniul de temperaturi de funcționare de mai sus, pentru a se asigura funcționarea corectă a acestor aparate și echipamente, este necesar să se ia una sau mai multe măsuri:

- realizarea încălzirii locale în tabloul sau spațial în care sunt amplasate
- ventilație naturală sau forțată
- să se asigure climatizarea încăperi

Pentru prevenirea apariției condensului în tablourile electrice se vor implementa după caz următoarele măsuri, fără a afecta gradul de protecție IP al tabloului electric:

- ventilație naturală prin montarea unor grile de aerisire sau ventilație forțată, comandată prin termostat
- izolare termică cât mai bună a tabloului electric
- încălzire interioară comandată prin termostat

Sistemele de încălzire, ventilație forțată aferente tablourilor electrice și sistemele de climatizare aferente spațiilor, vor fi sisteme cu funcționare automată.

La confecționarea tablourilor electrice se vor folosi materiale incombustibile, nehidroscopice și cu întârziere la propagarea flăcării. Tablourile electrice vor fi construite din oțel vopsit în câmp electrostatic. Tablourile electrice vor fi dotate cu separatoare de sarcină pentru asigurarea separării vizibile în caz de mentenanță.

Instrumentele de măsură și control vor fi încastrate în panoul frontal al tabloului electric. Lămpile de semnalizare nu vor avea un diametru mai mic de 20mm și vor fi montate astfel încât să fie vizibile atât din față cât și din lateralul tabloului electric. Gradul de protecție IP al lămpilor de semnalizare va fi identic sau mai bun decât gradul de protecție al tabloului electric în care se instalează. Culoarele lămpilor vor fi conform reglementărilor tehnice în vigoare. Pe fiecare tablou electric prevăzut cu lămpi de semnalizare se va monta un buton de testare al lămpilor.

În șirurile de cleme, într-o clemă se va lega un singur conductor. Presetupele vor fi de tip hexagonal, prevăzute cu inele de etanșare din cauciuc. Presetupele vor fi construite din material nemagnetic sau din material electroizolant.

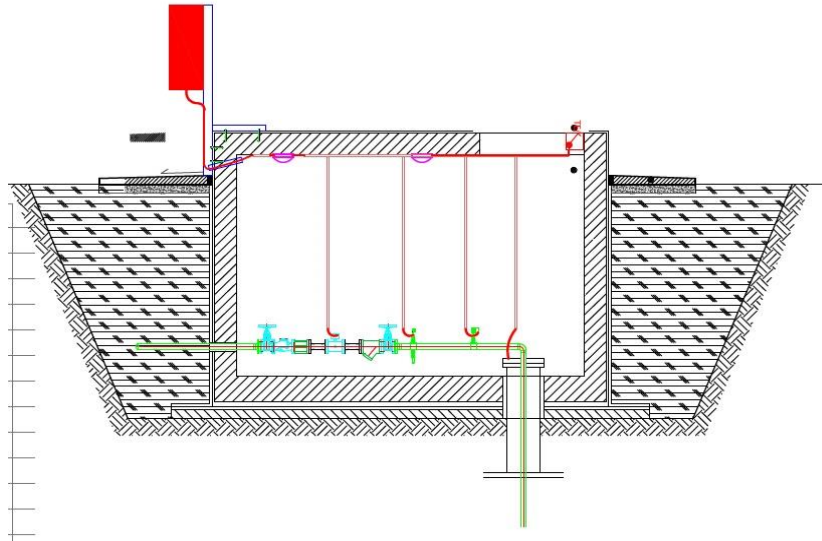
Acționarea manuală a întrerupătoarelor/separatoarelor principale se va face din exteriorul tabloului. Tabloul trebuie să permită comanda locală și la distanță a motoarelor. Se va monta selector de regim de funcționare : manual – automat.

Se va prevedea iluminat interior, acționat la deschiderea ușii.

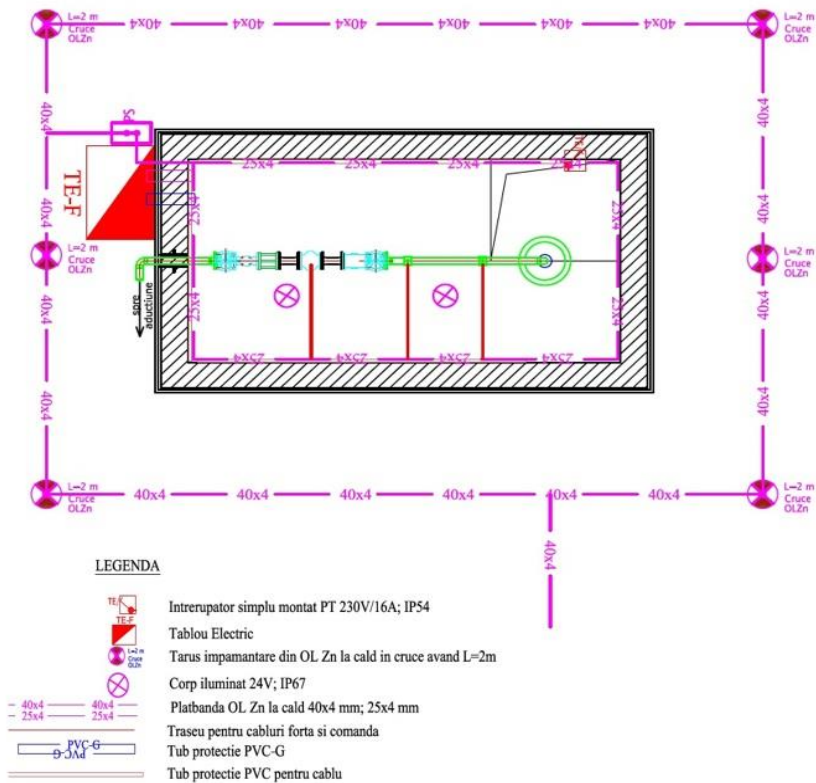
Se va prevedea cu 3 prize de serviciu de tip ANTIGRON pentru mentenanța astfel: 1 priză monofazată 230 V, o priză trifazată și 1 priză monofazată 24 V instalate pe tablou.

Tabloul electric să indice local prezenta tensiunii de alimentare.

Comanda manuală a utilajelor/ echipamentelor nu se va realiza prin PLC.



**Fig.6.13.** Propunere tehnică electric



**Fig.6.14.** Detaliu electric



153 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime

**Pentru a crea o structură conformă în faza de analiză s-a urmărit asigurarea unui nivel de siguranță ridicat astfel ca materialele și echipamentele electrice sunt în conformitate cu cerințele de siguranță prevăzute în standardele relevante, asigurând un mediu adecvat pentru inspecțiile periodice respectiv accidentale.**

#### **6.1.4.3. Automate programabile (PLC)**

Automatele programabile, denumite în continuare PLC (Programmable Logical Controller), vor respecta cerințele standardului SR EN 61131. Conformitatea cu acest standard va fi certificate.[4]

Circuitele de alimentare pentru automat programabile vor dispune de o sursă de alimentare de rezervă, constând într-o sursă de alimentare neîntreruptibilă (UPS), pentru garantarea autonomiei de operare de cel puțin 2 ore în cazul întreruperii alimentării cu energie electrică. UPS-ul va dispune de funcții de protecție la scurtcircuit, supraîncălzire și funcții de deconectare a sarcini pentru limitarea gradului de descărcare maximă din capacitate, în cazul indisponibilității sursei de energie primare.

La reluarea alimentării cu energie electrică, PLC -ul va asigura repornirea controlată a procesului tehnologic aflat în comandă automată în momentul întreruperii alimentării. Acesta va include pornirea secvențială a pompelor și a altor echipamente pentru evitarea unor situații anormale de funcționare la variațiile bruște de tensiune.

PLC-urile vor avea facilitate de protecție tip „watchdog” . Operarea protecției de tip „watchdog” va inhiba toate comenzile de la PLC și va semnaliza o alarmă. PLC-urile vor fi dotate cu ceas în timp real. PLC-urile vor fi completate cu module intrări/ieșiri, module de comunicare, module de secvențiere, alimentare curent, etc., pentru îndeplinirea cerințelor de funcționare. Indicarea stărilor intrărilor/ieșirilor va fi asigurată prin LED-uri de pe fața modului. va fi prevăzută o rezervă de 20 % pentru intrări/ieșiri digitale și analogice.

PLC-urile vor suporta protocol de tip Ethernet integrat

#### **6.1.4.4. Convertizoare de frecvență**

Convertizoarele de frecvență sau variatoarele de frecvență vor fi tip invertor AC, bazate pe principiul de operare modulația în lățime a impulsurilor, capabile să controleze viteza, cuplul și curentul motoarelor de curent alternativ trifazat cu rotorul în scurtcircuit.[2]

Convertizoarele de frecvență vor fi astfel proiectate și instalate încât să se elimine sau să se limiteze producerea armonicilor prin utilizarea de filtre EMI. Totodată se impune minimizarea cât mai mult posibil a numărului de convertizoare sau alte echipamente montate împreună cu filtru EMI pe același dispozitiv de punere la pământ.

Vor fi conectate la sistemul SCADA/PLC prin interfața Profibus/Modbus/RJ45. Va fi posibilă pornirea/oprirea motoarelor cu turații fixe și programabile. Alimentare cu energie electrică va fi asigurată prin siguranțe ultrarapide. Vor semnaliza local și la distanță starea echipamentului(stare ok sau avarie). Va fi posibilă monitorizarea la distanță a tuturor parametrilor funcționali, alarme și respectiv coduri de erori asociate alarmelor . Vor putea fi configurate local și la distanță prin interfața SCADA. Vor fi echipate cu ceas în timp real. Vor fi echipate cu afișaj local.

Afișajul local va furniza cel puțin următoarele:

- viteza motorului antrenat
- tensiune de alimentare a motorului
- curentul absorbit de motor
- puterea absorbită de motor
- temperatura măsurată sau estimată a înfășurătorilor motorului antrenat
- orele de funcționare a motorului
- temperatura interioară a convertizorului
- ultimele 10 alarme de defecțiuni
- coduri de eroare

#### **6.1.4.5. Panou de operare (HMI)**

Pe ușa echipamentului va fi montat un panou operator cu afișaj de tip touchscreen, cu diagonal de minim 12".

Pe ecranul panoului operator va fi afișată reprezentarea sinoptica a sistemului de pompare, fiind afișate cel puțin:

- starea de funcționare a pompei
- turația pompei
- curentul absorbit de motorul pompei
- presiunea de refulare
- debitul pompat
- eventuale avarii
- număr de ore de funcționare
- locația de comanda/regimul de lucru
- starea presiunii de lucru
- setarea limitelor de debit/nivel foraj

Panoul operator va comunica cu PLC-ul prin intermediul unei magistrale Modbus/Profibus sau Ethernet.

În încăperea forajului sau într-un container exterior, special construit, se va monta un tablou de automatizare cu următoarele caracteristici, capabilități și funcționalități:

- va fi capabil să controleze numărul necesar de pompe, în funcție de varianta construită
- comanda funcționarea cu turație variabilă a pompelor submersibile, fiind echipat cu convertizor de frecvență pentru fiecare pompa în parte.
- monitorizează nivelul apei în foraje
- monitorizează presiunea de refulare
- monitorizează semnalul furnizat de un presostat mecanic
- monitorizează debitul pompat și volumul total pompat prin intermediul unui debitmetru electromagnetic echipat cu interfața Modbus sau Profibus
- este echipat cu un automat programabil (PLC) programat pentru asigurarea funcționării în regim automat, implementând bucle de control cu asigurarea protecției la depășirea debitului maxim admisibil al forajului, la scăderea nivelului apei în foraj sau la depășirea presiunii de refulare.
- implementează regimuri Manual – Local, Automat – Local, și Automat – Distanță

155 | 6.1. Contribuții privind optimizarea forajelor aferente alimentării cu apă a municipiului Timișoara din surse de apă de adâncime

---

- este echipat cu aparatura de comunicație prin GSM/GPRS, ce transmite periodic informațiile către un sistem SCADA. Prin același sistem este posibilă transmiterea de comenzi dinspre sistemul SCADA către echipamentul de automatizare al forajului.
- este echipat cu aparataj de protecție la dezechilibru de faze, tensiune de alimentare  $U_{min}$  și  $U_{max}$ , lipsa faza/sucesiune faze, scurtcircuit, supraîncălzire motoare, umiditate în cutia de borne a motoarelor, supratensiune
- este echipat cu analizor de mărimi electrice (curenți, tensiuni, puteri, energie active și reactivă). Analizorul va fi interferat cu PLC-ul printr-o magistrală de comunicație Modbus sau Profibus sau ethernet
- este implementat un contor de ore de funcționare
- asigură protecția spațiului printr-un senzor de efracție.

**Regimul de funcționare Manual – Local**

Prin setarea locală, de pe panoul operator al convertizorului de frecvență, va putea fi modificată frecvența de alimentare a motorului pompei submersibile. Utilizarea acestui regim este în principal pentru mentenanța.

**Regimul de funcționare Automat – Local**

În acest regim, va fi implementată o buclă de control a presiunii de pompare. Setarea presiunii de referință și comanda pornire/oprire se vor realiza prin intermediul panoului operator (HMI).

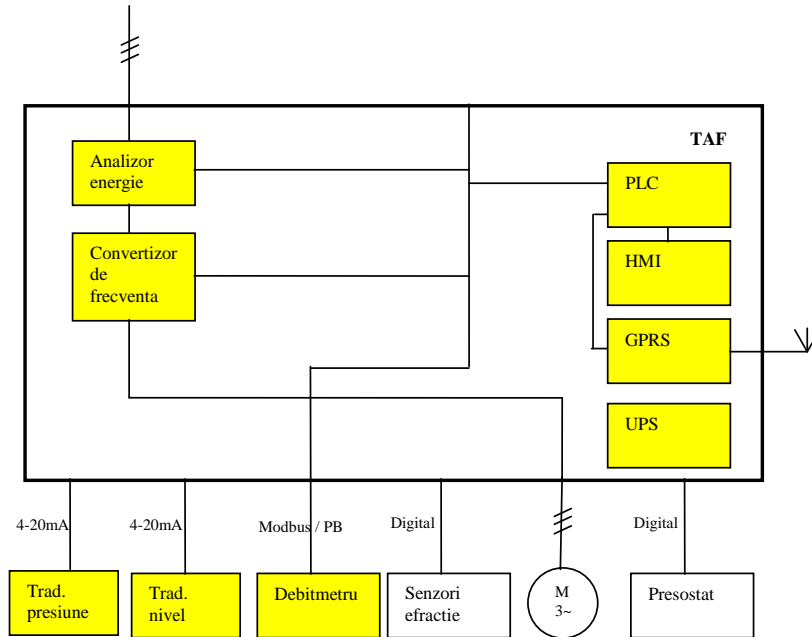
**Regimul de funcționare Automat – Distanță**

În acest regim, va fi implementată o buclă de control a presiunii de pompare. Starea presiunii de referință și comanda de pornire/oprire se vor realiza prin intermediul comunicației GSM/GPRS, prin sistemul SCADA ierarhic superior.

Pentru comunicația cu sistemul SCADA va fi furnizată o aplicație de tip OPC – server. La întreruperea comunicației cu sistemul SCADA, echipamentul de automatizare a forajului va funcționa cu ultimul set de parametri valid. Către sistemul SCADA vor fi trimiși parametrii hidraulici și electrice.

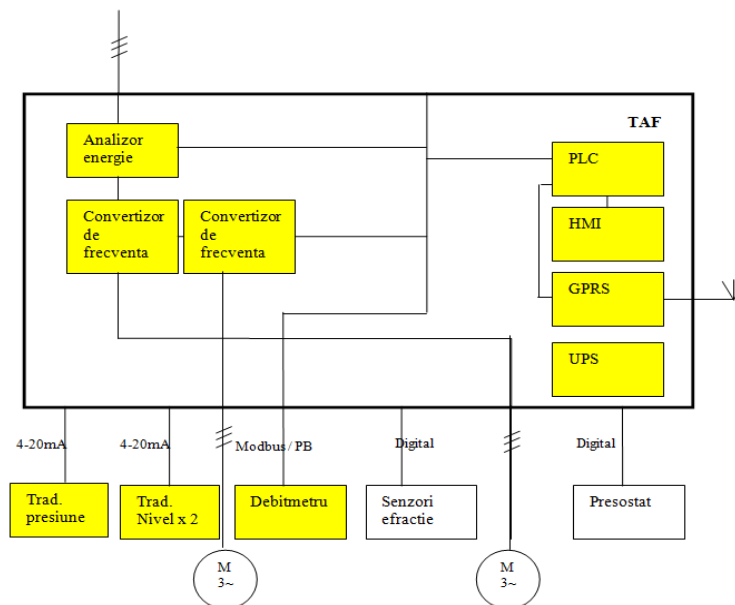
**Scheme bloc propuse**

**Variantă constructivă cu o pompă**



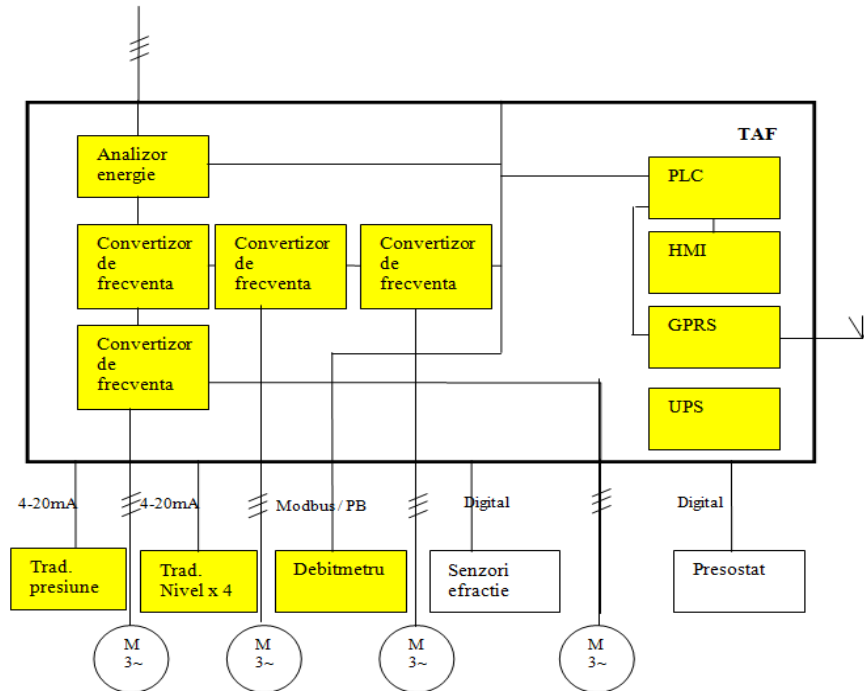
**Fig.6.15.** Propunere variantă constructivă cu o pompă

**Variantă constructivă cu două pompe**



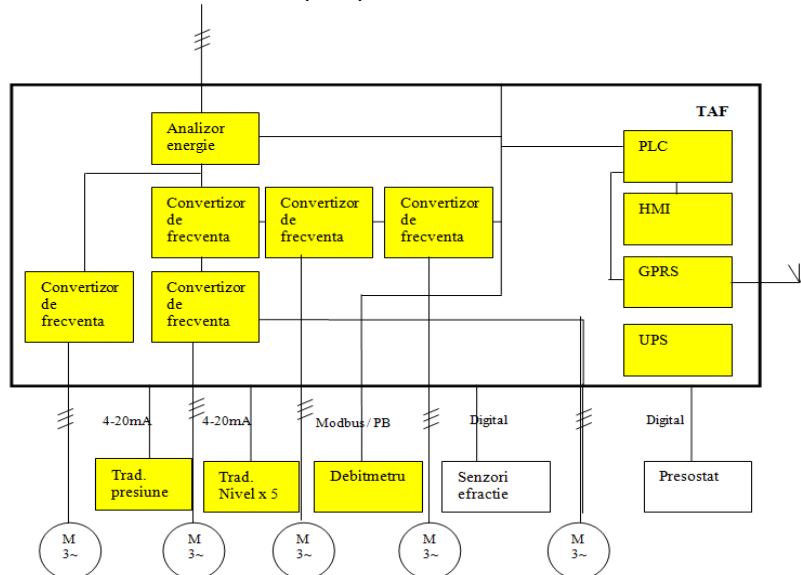
**Fig.6.16.** Propunere variantă constructivă cu două pompe

**Variantă constructivă cu 4 pompe**



**Fig.6.17.** Propunere variantă constructivă cu 4 pompe

Variantă constructivă cu 5 pompe



**Fig.6.18.** Propunere variantă constructivă cu 5 pompe

## 6.2. Proiectarea sistemelor de tip informatic SCADA în infrastructura de apă

În prezenta lucrare, obiectivul principal este realizarea unei platforme automate adaptate serviciului de alimentare cu apă capabilă să furnizeze resurse de prelucrare pentru accesarea și rularea algoritmilor de control avansat în scopul optimizării proceselor tehnologice specifice sectorului de apă.

**Contribuția** acestei părți o reprezintă descrierea unei strategii proprii, care se bazează pe nevoile specifice sistemelor publice de alimentare cu apă, tratate într-un sistem centralizat de tip informatic SCADA, punctând principalele caracteristici ale acestora, precum și cerințele de eficiență pentru un potențial model dezvoltat. Scopul final este de eficientizare a proceselor tehnologice prin implementarea unui astfel de model care s-a descris în cele ce urmează, de definire a caietelor de sarcină pentru implementarea dezvoltărilor și respectiv de identificare pe piață a potențialilor dezvoltatori pentru implementarea soluțiilor propuse.

Se recomandă ca toate echipamentele alese să îndeplinească cerințele de a fi echipamente dovedite ca standard industrial, cu ciclul de viață demonstrat de termen lung.

Sistemul SCADA se recomandă a fi un sistem de tip deschis și transparent, care să permită extinderea ulterioară și respectiv dezvoltarea fără restricții sau limitări din partea dezvoltatorului de sistem.[61]

Sistemele vor fi scalabile atât la nivel de aplicație cât și la nivel de variabile.

Arhitectura sistemului SCADA trebuie să formeze un sistem multi-user conform principiului client-server. Stațiile server vor rula pe un sistem de operare. Funcțiile principale ale stațiilor server vor fi cel puțin următoarele:

- implementarea sistemului de comunicații cu stațiile de automatizare locală
- achiziționarea tuturor datelor din câmp
- procesare datelor în real-time
- managementul bazelor de date
- managementul mesajelor de proces
- managementul sistemului de alarmă
- backup/arhivare și reimport date
- asigurarea redundanței la nivelul funcțiilor server

Sistemul trebuie să fie capabil pentru eficientizare la conectarea la aceeași stație a unui număr mare sau nelimitat de clienți de tip normal și respectiv a unui număr mare sau nelimitat de clienți WEB. Comunicația între stațiile server și stațiile client se va realiza pe cât posibil prin protocol TCP/IP într-o rețea LAN de tip Ethernet sau GPS/GPRS 4G LTE.

Toate datele de configurare precum și datele din proces trebuie să fie stocate într-un director proiect pe drive-ul stațiilor server. Modificările proiectului trebuie să fie arhivate online, fără a întrerupe controlul procesului. Stațiile server trebuie să permită funcționarea a 24 ore din 24, 7 zile pe săptămână, 365 zile pe an. Vor fi în configurație de tip redundanță cel puțin la nivelul de stocare al datelor se recomandă și la nivelul sursei de alimentare. Stațiile server se recomandă a fi instalate într-un dulap de tip rack dimensionat și configurat corespunzător aplicației. Stațiile server se vor alimenta prin intermediul unei surse neîntreruptibilă (UPS), care să asigure imunitatea stațiilor server față de perturbațiile din rețeaua de alimentare. Se

recomanda ca sursele UPS sa dispună de o autonomie de 2 ore în cazul căderii a tensiunii de alimentare.

Pentru fiecare stație server se vor prevedea cel puțin următoarele licențe:

- licență sistem de operare
- licență software SCADA de dezvoltare și rulare
- licență software SCADA server
- licență redundant server
- licență client WEB nelimitat

Stațiile de operare client au rolul de a facilita accesul personalului de operare la sistemul SCADA și anume selectarea și afișarea ecranelor de reprezentare a procesului controlat, operarea procesului și operarea tuturor funcțiilor de informare și raportare. Stațiile de operare de tip client necesita sa dispună de cel puțin următoarele licențe: licența sistem de operare, licența de tip Office, licența SCADA client.

Concentratorul de date al sistemului SCADA se recomanda a fi format din mai multe echipamente instalate într-un dulap de tip rack sau mai multe în funcție de aplicație. Toate obiectele vor transmite datele tehnologice către camera de comanda și control a sistemului localizata în locația dedicata. Aceste informații vor fi prelucrate și stocate pentru utilizare ulterioară

Se recomanda o rețea de comunicații de backup, de capacitate mare pentru transmisia de date, între sala serverelor și dispecerate, care sa funcționeze doar în cazul întreruperii FO utilizate curent. Rețeaua VPN se recomanda a fi independenta de rețeaua interna și de internet.

### 6.2.1. Simbolistica utilizată pentru prezentarea informațiilor

Informațiile puse la dispoziție operatorului pentru controlul și operarea stațiilor vor utiliza trei categorii de afișare.

**Câmpuri de date numerice**, în care sunt indicate fie valorile parametrilor de proces (valori măsurate de către senzori sau calculate de către automatul programabil, cum ar fi numărul de ore de funcționare sau numărul de porniri ale unui echipament; acestea sunt câmpuri de ieșire, operatorul nu poate modifica valoarea afișată) fie parametri stabiliți de către operator (valorile de control ale buclelor de reglaj sau limitele de avertizare/alarmă pentru parametrii tehnologici; acestea sunt câmpuri de intrare, valoarea introdusă de către operator este trimisă către automatele programabile și utilizată în program)

**Simboluri grafice**, care indică tipul de echipament și starea curentă a acestuia.

**Butoane de comandă**, care își schimbă culoarea de fond dacă funcția asociată lor este activată

În general, atât câmpurile de date numerice cat și simbolurile grafice au asociate funcții suplimentare, care se activează cu ajutorul mouse-lui. Apelarea unei funcții suplimentare va determina afișarea unei ferestre de detaliu, în ecranul curent, în care pot fi efectuate operațiile permise de tipul de echipament sau senzor asociat; titlul ferestrei este codul utilajului/senzorului asociat.

#### 6.2.1.1. Simbolul de motor

Starea echipamentului motorizat va fi indicată de culoarea de fond; se vor avea în vedere cinci stări asociate unui motor:

- culoare gri: echipamentul are starea oprit și disponibil;
- culoare alternantă gri/verde: echipamentul este în starea de pornire sau în oprire;
- culoare alternantă gri/roșie: echipamentul este în starea de avarie neluată la cunoștință;
- culoare roșie: echipamentul este în starea de avarie luată la cunoștință;
- culoare galbenă: echipamentul nu poate fi pornit, existând cel puțin o condiție activă de interblocare cu alt element tehnologic (echipament sau parametru de proces).

Modul de operare este semnalizat prin literele A (automat) sau M (manual) afișate lângă simbolul grafic.

Din punctul de vedere al modului de control al motorului distingem două variante: motor cu turație fixă (cu pornire directă, stea-triunghi sau cu softstarter) și motor cu turație variabilă (controlat prin convertizor de frecvență). Fiecare din aceste tipuri are asociată o fereastră specifică de detalii, după cum urmează:

#### **a) Motorul cu turație fixă**

La efectuarea unui click stânga cu mouse-ul pe simbolul grafic, va fi afișată o fereastră.

Informațiile afișate și operațiunile permise în aceasta fereastră sunt următoarele:

- modul de lucru: AUTO / MANUAL (în mod text)
- starea motorului: oprit / în pornire (/oprire) / avarie / interblocare activă (în mod grafic)
- butoane START și STOP care vor fi active dacă modul de lucru este manual prin PLC și permit pornirea și oprirea echipamentului
- butoanele AUTO și MANUAL permit comutarea între modurile automat și manual prin PLC;
- butonul RESET permite luarea la cunoștință a avariei și ștergerea (resetarea) acesteia
- orele de lucru de funcționare
- numărul de porniri
- timpii de monitorizare la pornire și oprire și butoanele de activare/dezactivare a monitorizării (opțiunea activă apare cu text gri)
- butoanele de activare și dezactivare a generării semnalului de avarie (opțiunea activă apare cu text gri)

#### **b) Motorul cu turație variabilă**

Există două posibilități de generare a turației de lucru: în mod manual, în care operatorul stabilește o valoare fixă și în mod automat, în care valoarea necesară a turației este generată de către o buclă de reglaj automat.

La efectuarea unui click stânga cu mouse-ul pe simbolul grafic, va fi afișată o fereastră în care vor fi afișate și permise următoarele informații:

- modul de lucru: AUTO / MANUAL (în mod text)
- starea motorului: oprit / în pornire (/oprire) / avarie / interblocare activă (în mod grafic)
- butoane START și STOP care vor fi active dacă modul de lucru este manual prin PLC și permit pornirea și oprirea echipamentului
- butoanele AUTO și MANUAL permit comutarea între modurile automat și manual prin PLC;



- butonul RESET permite luarea la cunoștință a avariei și ștergerea (resetarea) acesteia
- orele de lucru de funcționare
- numărul de porniri
- timpii de monitorizare la pornire și oprire și butoanele de activare/dezactivare a monitorizării (opțiunea activă apare cu text gri)
- butoanele de activare și dezactivare a generării semnalului de avarie (opțiunea activă apare cu text gri)
- valoarea stabilită a turației motorului în procente din turația maximă (100 % = 50 Hz); dacă modul de lucru este MANUAL, valoarea poate fi modificată de către operator, în caz contrar este generată automat de către bucla de reglaj
- turația curentă: valoarea în procente a turației reale a motorului și este preluată din convertizorul de frecvență
- frecvență; este fie valoarea introdusă de operator (în mod MANUAL) fie cea generată de bucla de reglaj (în mod AUTO)
- valoarea curentului absorbit de motor. Atenție, aceasta nu este aceeași cu cea absorbită din rețea deoarece niciodată curentul la ieșirea din convertizor nu este același cu cel absorbit din rețea.

#### 6.2.1.2. Simbolul de vană electrică

Starea mecanismului de acționare este indicată de culoarea de fond a simbolului de motor; se vor avea în vedere patru stări asociate mecanismului de acționare:

- culoare gri: echipamentul este disponibil;
- culoare alternantă gri/roșie: echipamentul este în avarie neluată la cunoștință;
- culoare roșie: echipamentul este în avarie luată la cunoștință;
- culoare galbenă: echipamentul nu poate fi pornit, existând cel puțin o condiție activă de interblocare cu alt element tehnologic (echipament sau parametru de proces).

Modul de operare este semnalizat prin literele A (automat) sau M (manual) afișate lângă simbolul grafic. Poziția curentă este indicată numeric (în partea de sus a simbolului) iar atingerea limitatoarelor de capăt de cursă este indicată de simbolul de vană:

- alb complet: vană închisă
- verde/alb: vană în poziție intermediară
- verde complet: vană deschisă

La efectuarea unui click stânga cu mouse-ul pe simbolul grafic, va fi afișată o fereastră. Informațiile afișate și operațiunile permise în aceasta fereastră sunt următoarele:

- modul de lucru: AUTO / MANUAL (în mod text)
- starea motorului: oprit / în pornire / avarie / interblocare activă (în mod grafic)
- valoarea stabilită a poziției vanei în procente din deschiderea maximă (100 % = complet deschisă); dacă modul de lucru este MANUAL, valoarea poate fi modificată de către operator, în caz contrar este generată automat de către bucla de reglaj dacă aceasta există.

- butoanele AUTO și MANUAL permit comutarea între modurile automat și manual prin PLC;
- butonul RESET permite luarea la cunoștință a avariei și ștergerea (resetarea) acesteia
- poziția curentă: valoarea în procente a poziției reale a vanei și este preluată din electronica de control din mecanismul de acționare
- poziția necesară: valoarea în procente poziției ce trebuie menținută de către vană; este fie valoarea introdusă de operator (în mod MANUAL) fie cea generată de bucla de reglaj (în mod AUTO)

### 6.2.1.3. Simbolul de traductor digital

Prin traductor digital se înțelege un element de control care semnalizează starea unui semnal monitorizat prin închiderea/deschiderea unui contact. În cadrul sistemului de monitorizat pot fi întâlnite patru categorii principale de traductoare digitale:

- senzori de nivel cu plutitor
- senzori de nivel cu sonde
- senzori inductivi de proximitate și rotație
- presostate de protecție

Stările semnalelor monitorizate sunt semnalizate prin schimbarea culorii simbolului.

Senzor de nivel cu plutitor în condiție normală: culoare verde (nivelul în cheson este peste minimul de protecție), iar în condiție de avarie: culoare roșie (nivelul în cheson este sub minimul de protecție).

Senzor de nivel cu sonde, de protecție în condiție normală: culoare verde (nivelul în bazin este peste minimul de protecție sau sub maximul de avarie), iar în condiție de avarie: culoare roșie (nivelul în bazin este sub minimul de protecție sau peste maximul de avarie)

Senzor de nivel cu sonde, de control în condiție normală: culoare verde (nivelul controlat este între minimul și maximul de lucru, comanda electroventilului de umplere este inactivă), în condiție de avertizare: culoare galbenă (nivelul controlat este sub minimul de lucru, electroventilul de umplere este activat)

Senzori inductivi de proximitate în condiție normală: culoare verde, iar condiție anormală: culoare galbenă.

Senzori inductivi de rotație în condiție de echipament oprit: culoare gri, în condiție de echipament pornit: culoare verde, iar condiție de eroare: culoare roșie (echipamentul are activă comanda de start dar nu a apărut, în timpul de monitorizare, confirmarea de funcționare de la senzorul de rotație)

La efectuarea unui click stânga cu mouse-ul pe simbolul grafic, este afișată o fereastră. În fereastra informațiile afișate și operațiunile permise sunt următoarele:

- timpul de eliminare este intervalul de timp în secunde cu care este întârziată generarea stării de avarie din momentul apariției condiției de avarie
- starea semnalului de intrare în subrutina de evaluare a semnalului digital recepționat de la traductor (1 – activ, 0 – inactiv)
- existența condiției de alarmă (DA – alarmă activă, NU – lipsă alarmă)
- butonul de luare la cunoștință și resetare a alarmei („CONF.”)

### 6.2.1.4. Simbolul de traductor de măsură analogic

Traductorul analogic este un dispozitiv electronic de măsură care transmite în mod continuu variația parametrului măsurat. În cadrul diferitelor obiective (obiecte ale proiectului) pot exista următoarele tipuri de traductoare analogice:

- debitmetre electromagnetice (ultrasonice), pentru măsurarea debitului
- nivelmetre ultrasonice, pentru măsurarea nivelelor (apă în chesoane)
- pH metre, pentru măsurarea valorii pH-ului
- turbidimetru, pentru măsurarea cantității de suspensii solide în apă
- termometru, pentru măsurarea temperaturii apei
- oxigen metru, pentru măsurarea concentrației de oxigen

Informațiile oferite vor fi următoarele:

- codul traductorului
- valoarea parametrului de proces măsurat
- unitatea de măsură
- încadrarea valorii parametrului în limitele stabilite ( L pe fond roșu – alarmă minim, L pe fond galben – avertizare minim, H pe fond galben – avertizare maxim, H pe fond roșu – alarmă maxim)

La efectuarea unui clic stânga cu mouse-ul pe simbolul grafic de traductor de măsură analogic va fi afișată o fereastră în care informațiile afișate și operațiunile permise sunt următoarele:

- valoarea măsurată a parametrului de proces
- reprezentarea grafică a valorii măsurate și a pragurilor de avertizare și alarmă în raport cu limitele minimă și maximă a parametrului tehnologic
- pragul de alarmă maxim (HH)
- pragul de avertizare maxim (H)
- pragul de avertizare minim (L)
- pragul de alarmă minim (LL)
- timpul de eliminare a avertizării/alarmei
- toleranța (diferența dintre valoarea măsurată și cele ale pragurilor de avertizare/alarmă care nu generează condiție de alarmă la depășirea pragului și elimină condiția de alarmă la revenirea valorii între praguri)
- câmpurile de dezactivare a avertizărilor/alarmelor
- butonul de luare la cunoștință a avertizării/alarmei și resetare

Pragurile de control pentru funcționarea pompelor (utilajelor). În cazul anumitor situații (exemplu: pompe în cheson cu nivel monitorizat continuu și senzor de nivel minim cu plutitor, pragul de alarmă minim (LL) determină oprirea tuturor pompelor care funcționează în regim automat stabilirea valorii pragului LL se va tine cont de senzorul de nivel cu plutitor, astfel încât alarma de minim să fie generată înainte de apariția condiției de avarie generată de senzorul cu plutitor

### 6.2.1.5. Ferestrele de control ale buclelor de reglaj

Pentru menținerea parametrilor tehnologici în limitele impuse de proces, o parte din elementele tehnologice sunt controlate printr-o serie de bucle de reglaj, care acționează direct asupra echipamentelor (modificarea poziției vanelor, a turației pompelor cu viteză variabilă etc.).

Ferestrele se afișează fie prin click dreapta cu mouse-ul pe simbolurile grafice ale echipamentelor care sunt controlate în acest mod, fie pe butoanele corespunzătoare care au această funcție. În fereastra se vor afișa și permite următoarele informații :

- doua câmpuri de date numerice pentru introducerea următoarelor setpointuri:
- „SP MAN” : valoarea corespunzătoare poate fi modificată de către operator;
- „SP AUTO” : -valoarea corespunzătoare este calculată de către automatul programabil în funcție de alți parametri de proces, valoarea introdusă de către operator va fi suprascrisă imediat.
- valorile celor două seturi de setpoint-uri (valoarea de proces pe care bucla de reglaj trebuie să o mențină; oricare din cele două valori poate fi modificată de către operator)
- butoanele de selecție a celor două setpoint-uri; setul selectat este semnalizat de culoarea verde a butonului de selecție iar valoarea este utilizată în bucla de reglaj
- toleranța este un parametru al buclei de reglaj care reprezintă abaterea permisă între setpoint și valoarea măsurată din proces pentru care valoarea de ieșire din bucla de reglaj nu se modifică
- KP și KI reprezintă factorul proporțional și cel integrativ cu care bucla de reglaj controlează viteza de variație a valorii de ieșire în funcție de variația parametrului de proces și a setpoint-ului (creșterea parametrului KP determină o viteză de variație mai rapidă, creșterea parametrului KI determină o viteză de variație mai mică la variații rapide a parametrului de proces controlat)
- valoarea setată: este valoarea setpoint-ului activ
- valoarea de proces: este valoarea parametrului de proces care se reglează
- butonul de reset al buclei de reglaj (așa numitul „bloc PID”), utilizat pentru reinițializarea buclei în cazul unei modificări a parametrilor Toleranță / KP / KI.

#### **6.2.1.6. Mărimea textului**

Se recomandă să se utilizeze două mărimi de text standard. Se recomandă ca textul utilizat pentru titlurile afișajelor sinoptice să fie mai mare, toate celelalte texte identice. Textul nu va fi scalat (mărit/micșorat dinamic în funcție de valorile din câmp) în afișajele sinoptice sau simboluri.

#### **6.2.1.7. Bordura simbolului**

Se recomandă ca simbolurile să aibă o bordură dintr-o linie neagră la cea mai mică grosime.

### **6.2.2. Baza de date SCADA**

Baza de date a aplicației SCADA se recomandă să fie definită, populată și accesată prin intermediul unor programe special dedicate în acest scop. În baza de

date a aplicației SCADA vor fi memorate toate evenimentele și alarmele care vor apărea în timpul funcționării instalației, datele de proces (mărimi achiziționate, atât cele analogice cât și cele digitale).

Baza de date va fi concepută astfel încât toate mărimile de proces, alarme, evenimente să fie memorate pe perioada de minim 1 an pentru analiza lor ulterioară. Afișarea datelor stocate din baza de date se va realiza prin intermediul interfețelor grafice și a celor de tip rapoarte de activitate.

Aplicația SCADA și baza de date vor fi astfel concepute încât să permită exportarea sub forma de fișiere a datelor care se vor considera necesare. Fișierele vor putea fi deschise cu aplicații de tip Excel.

Structura articolelor (tag-urilor) este esențială pentru implementarea SCADA. Articolele folosite de reprezentă deopotrivă valori reale, de ex: nivel hidrostatic al forajelor sau valori calculate interne sau simulate. Articolele de proces sau tag-uri externe vor fi localizate în sistemul de management a articolelor împreună cu PLC-ul corespunzător, de ex: 4-20 mA valoarea nivelului măsurat cu traductorul în foraj. Aceasta valoare va fi trecută într-un aranjament corespunzător PLC-ului cu care sistemul SCADA comunica.

Articolele interne vor fi localizate în sistemul de management a articolelor – aceasta având aceeași funcționalitate ca și a tagurilor de proces, dar care pot fi calculate și modificate de aplicația SCADA. Articolele interne vor fi așezate sub forma ierarhizată în structura de management a articolelor din cadrul aplicației SCADA. Articolele vor fi organizate în grupuri de articole împreună cu PLC-ul corespunzător din care provine, complexitatea structurii de grup a articolelor depinde de mărimea instalației. Fiecare componentă independentă a instalației precum vane, motoare, instrumentație, etc dispune de un nume unic de grup al articolelor. Numele grupului de articole al stației va fi generat de stația de referință. Este esențial ca structura să fie unitară în vederea utilizării simbolurilor standard.

Procesarea datelor, sistemul SCADA va fi capabil să proceseze datele colectate de la toate sursele de date instalate. Acesta va include cel puțin următoarele:

- scalarea valorilor analogice în unități ingineresti
- scalarea contorizărilor totale în unități ingineresti
- verificarea pragurilor de alarma pentru măsurile analogice
- marcarea momentului (datei) oricărei modificări de stare
- totalizarea orelor de funcționare

Baza de date a aplicației SCADA va fi realizată prin intermediul unor programe speciale dedicate în acest scop (MySQL, etc). Afișarea datelor stocate în baza de date se va face prin intermediul paginilor de grafice și a celor de rapoarte de activitate. Aplicația SCADA și baza de date vor fi astfel concepute încât să permită exportarea sub forma de fișiere a oricăror date care se vor considera necesare. Fișierele exportate vor putea fi deschise cu Microsoft Excel.

Variabilele (tag-urile) interne sunt localizate în managementul variabilelor împreună cu pachetul software având aceeași funcționalitate ca și un PLC și pot fi calculate și modificate într-o logică dorită în cadrul aplicației SCADA. Variabilele (tag-urile) interne vor fi așezate sub forma ierarhizată în structura de management a variabilelor (tag-urilor) din cadrul aplicației SCADA. Variabilele (tag-urile) vor fi organizate în grupe de variabile împreună cu PLC-ul corespunzător și Dispeceratul SCADA din care provine, complexitatea structurii de grup a variabilelor va depinde de mărimea instalației.

### 6.2.3. Controlul supervizat

Sistemul SCADA trebuie să permită transmiterea comenzii singulare sau seturi de comenzi la echipamentele de control de pe teren.[11]

Controlul supervizat va fi susținut de comanda de control care necesită să cuprindă o succesiune de verificări și anume verificare înainte de aplicare, să fie prevăzută cu funcția de renunțare pentru a permite utilizatorului să renunțe la operațiune selectată, înainte de a executa comanda, de echipamentele care au un timp de răspuns mai lung trebuie tratate în mod corespunzător de către sistem (ex: între transmiterea unei comenzi și până la primirea confirmării din partea entității vizate, trebuie semnalizat operațiunea în derulare). Orice comandă transmisă de către utilizator va fi înregistrată și tratată ca un eveniment. Fiecare acțiune trebuie să fie identificată cu data și ora de apariție, nume stație, ID utilizator și tipul de operațiune efectuată. Iar comenzile eșuate trebuie tratate ca și alarme

În cazul în care SCADA nu funcționează din diferite motive, procesul va continua să opereze automat prin control PLC.

În cazul tratării alarmelor și evenimentelor, desfășurarea procesului tehnologic, parametrii de proces pot varia în afara limitelor normale, echipamentele pot prezenta disfuncționalități sau condițiile de funcționare pot să nu fie îndeplinite, de aceea sunt necesare proceduri de evaluare a stărilor, de avertizare a operatorului și de luare automată a deciziilor de operare, fără intervenție umană, pentru evitarea deteriorării echipamentelor. Sistemul trebuie să fie capabil să genereze și așa numitele mesaje de operare sau evenimente, astfel încât operatorul să poată urmări permanent stările echipamentelor și ale parametrilor - porniri, opriri, atingerea diverselor praguri ce condiționează echipamentele.

Orice alarmă generată în sistem va fi gestionată după următoarele reguli:

- toate alarmele, evenimentele generate în sistem vor fi înregistrate
- alarmele noi vor fi afișate întotdeauna la începutul listei cu alarme și evenimente
- operatorul va putea confirma alarma, imediat după care și avertizarea vizuală intermitentă va înceta și dispozitivul de avertizare sonoră se va opri
- dacă este necesar, dispozitivul de avertizare sonoră va putea și dezactivat în mod separat, înainte de confirmarea alarmei
- se va asigura posibilitatea de a confirma alarme atât individual cât și global
- fiecare alarmă sau eveniment va avea patru stări: A – condiție de proces activ și mesaj neluat la cunoștință, C- mesaj luat la cunoștință, D – condiție de proces inactivă cu mesaj luat la cunoștință, AD – condiție de proces inactivă cu mesaj neluat la cunoștință
- lista centralizatoarelor de alarme va fi o listă cronologică a tuturor elementelor aflate în stare de alarmă cu precizarea momentului de apariție, a momentului acceptării ei și a stației curente
- vor fi implementate mecanisme de filtrare, selectare și căutare a alarmelor și evenimentelor
- se va asigura posibilitatea de a lista automat pe imprimantă orice modificare din lista alarmelor și evenimentelor
- va fi implementată posibilitatea ca alarmele considerate prioritate maximă să fie trimise automat și prin mesaje SMS către numere de telefon a operatorilor desemnați

Starea activă a alarmei nu va fi modificată până când aceasta nu este acceptată, chiar dacă starea de avarie a încetat și sistemul a revenit la situația normală de funcționare. Linia dedicată de alarme de pe ecranul monitorului va afișa cea mai veche alarmă neacceptată. Atunci când nu există alarme neacceptate linia va fi utilizată pentru afișarea celor mai recent acceptate alarme

Este necesar să se facă o deosebire între evaluarea condițiilor, care se face în automate programabile prin logica de program și generarea mesajelor pentru operator, care este realizată în software-ul SCADA, pe baza evenimentelor făcute de PLC-uri. Aceasta deosebire apare în modul de luare la cunoștință și de resetare (ștergere) a mesajelor/alarmelor/avariilor în condițiile în care:

- luarea la cunoștință a mesajelor/alarmelor/avariilor din ecranele de alarme nu afectează decât afișarea acestora, care se face relativ la starea acestora în raport cu operatorul
- luarea la cunoștință a alarmelor/avariilor și resetarea lor din ferestrele de control ale echipamentelor și traductoarelor nu afectează afișarea în listele de alarme, operațiile au rezultate doar în PLC-uri și sunt obligatorii pentru reluarea funcționării/eliminarea stării de alarme/avarie

Pentru simplificarea explicării, se recomandă a se utiliza termenii alarmă și avarie atât cu referire la condiția anormală de proces, cât și referitor la mesajele pentru operator generate de software-ul SCADA.

În cazul ecranelor cu liste de mesaje, în funcție de starea mesajului (neluat/luat la cunoștință), clasa, starea condiției de proces (eveniment activ / inactiv) și semnificația operației, listele de mesaje vor putea fi prezentate în ferestre corespunzătoare. Alarmele noi prezintă mesajele neluate la cunoștință, iar coloanele ferestrei vor avea următoarele semnificații:

- Data: data generării mesajului, în format zi.luna.an
- Timp: ora generării mesajului, în format ora:minute:secunde
- Prioritate: importanța mesajului (0- prioritate minimă, 5 prioritate maximă)
- Sursa: PLC-ul în care a fost generată condiția mesajului
- Stare: corelarea condiției de proces cu starea mesajului (A- condiție de proces activă și mesaj neluat la cunoștință, AD – condiție de proces inactivă și mesaj neluat la cunoștință)
- Zona: grupul funcțional unde a fost generat mesajul
- Operare: echipamentul care a generat mesajul
- Eveniment: evenimentul care a generat mesajul

În fereastra se vor amplasa butoane cu următoarele funcții pentru acest tip de lista de alarme:

- luarea la cunoștință mesaj curent selectat
- luarea la cunoștință toate mesajele vizibile în fereastra
- activarea barelor de derulare
- deschiderea dialogului de configurare a ferestrei de mesaje, din care se pot controla informațiile afișate în fereastra
- butoane de navigare în lista de mesaje; sunt active doar dacă barele de derulare sunt active
- butonul de afișare ecranul tehnologic în care s-a produs evenimentul corespunzător mesajului selectat
- butonul de deschiderea a ferestre de dialog pentru definirea modului de sortare a mesajelor în fereastra.

### 6.2.3.1. Lista de alarme luate la cunoștință

Prezintă mesajele luate la cunoștință, cu condiția din proces încă activa. Coloanele ferestrei vor avea următoarele semnificații:

- Data: data luării la cunoștință a mesajului, în format zi.luna.an
- Timp: ora luării la cunoștință a mesajului, în format oră:minut:secundă
- Prioritate: importanța mesajului (0- prioritate minima, 5 prioritate maxima)
- Sursa: PLC-ul în care a fost generate condiția mesajului
- Zona: grupul funcțional unde a fost generat mesajul
- Operare: echipamentul care a generat mesajul
- Eveniment: evenimentul care a generat mesajul
- Utilizator: utilizatorul care a luat la cunoștință mesajul

În fereastra vor exista butoane cu semnificația de deschidere a dialogului de configurare a ferestrei de mesaje, din care se pot controla informațiile afișate în fereastra (de exemplu, afișarea mesajelor generate doar într-un anumit interval de timp sau doar cele dintr-o anumită clasă). Butoanele de navigare în lista de mesaje vor fi active doar dacă barele de derulare sunt active. Butonul de afișare ecran tehnologic în care s-a produs evenimentul corespunzător mesajului selectat și butonul de deschidere a ferestrei de dialog pentru definirea modului de sortare a mesajelor în fereastră.

### 6.2.3.2. Lista de alarme dispărute

Prezintă mesajele neluate la cunoștință, cu condiția din proces inactivă. Coloanele ferestrei vor avea următoarele semnificații:

- Data: data inactivării condiției de proces, format zi.luna.an
- Timp: ora inactivării condiției de proces, în format oră:minut:secundă
- Prioritate: importanța mesajului (0- prioritate minima, 5 prioritate maxima)
- Sursa: PLC-ul în care a fost generate condiția mesajului
- Zona: grupul funcțional unde a fost generat mesajul
- Operare: echipamentul care a generat mesajul
- Eveniment: evenimentul care a generat mesajul
- Utilizator: utilizatorul care a luat la cunoștință mesajul

Fereastra va fi prevăzută cu butoane pentru a activa luarea la cunoștință a mesajului curent selectat, luarea la cunoștință a tuturor mesajelor vizibile în fereastra. Deschiderea dialogului de configurare a ferestrei de mesaje, din care se pot controla informațiile afișate în fereastra (de exemplu, afișarea mesajelor generate doar într-un anumit interval de timp sau doar cele dintr-o anumită clasă). Butoane de navigare în lista de mesaje (primul mesaj/mesajul anterior/mesajul următor/ultimul mesaj) și buton de afișare ecranul tehnologic în care s-a produs evenimentul corespunzător mesajului selectat.

### 6.2.3.3. Lista jurnal

Prezintă stările mesajelor, este o listă de tip istoric, nu se actualizează în timp real. Coloanele ferestrei au următoarele semnificații:

- Data: data generării mesajului, format zi.luna.an
- Timp: ora generării mesajului, în format oră:minut:secundă



- Prioritate: importanta mesajului (0- prioritate minima, 5 prioritate maxima)
- Sursa: PLC-ul în care a fost generate condiția mesajului
- Zona: grupul funcțional unde a fost generat mesajul
- Operare: echipamentul care a generat mesajul
- Eveniment: evenimentul care a generat mesajul
- Utilizator: utilizatorul care a luat la cunoștință mesajul

Fereastra va fi prevăzută cu butoane pentru a putea activa funcții precum deschiderea dialogului de configurare a ferestrei de mesaje, din care se pot controla informațiile afișate în fereastra(de exemplu, afișarea mesajelor generate doar într-un anumit interval de timp sau doar cele dintr-o anumita clasa), buton de navigare în lista de mesaje, buton de reactualizare a listei și butonul de deschidere a ferestrei de dialog pentru definirea modului de stocare a mesajelor în fereastra

#### 6.2.3.4. Arhiva de alarme

Arhiva de alarme prezinta istoricul mesajelor din clasele întreținere preventiva, avertizare, mesaj control PLC, alarma. Spre deosebire de celelalte liste de tip istoric, care prezinta un algoritm de tip primul intrat – primul ieșit în momentul în care numărul mesajelor depășește 1000, acesta lista lucrează cu mesaje stocate, putând fi afișate orice mesaje mai noi de momentul activării funcției de arhivare a alarmelor.

Coloanele ferestrei au următoarele semnificații:

- Data: data generării mesajului, format zi.luna.an
- Timp: ora generării mesajului, în format oră:minut:secundă
- Prioritate: importanta mesajului (0- prioritate minima, 5 prioritate maxima)
- Sursa: PLC-ul în care a fost generate condiția mesajului
- Zona: grupul funcțional unde a fost generat mesajul
- Operare: clasa mesajului și stația de operare de pe care s-a făcut luarea la cunoștință
- Eveniment: clasa mesajului și stația de operare de pe care s-a făcut luarea la cunoștință
- Utilizator: utilizatorul care a luat la cunoștință mesajul

Fereastra va fi prevăzută cu butoane pentru a activa funcții precum butonul de selecție a tipului de arhiva de mesaje(selecția nu se poate modifica și este făcută pe arhiva pe termen lung). Deschiderea dialogului de configurare a ferestrei de mesaje, din care se pot controla informațiile afișate în fereastra(de exemplu, afișarea mesajelor generate doar într-un anumit interval de timp sau doar cele dintr-o anumita clasa) este utilizat pentru afișarea mesajelor dintr-un anumit interval de timp și butoane de navigare în lista de mesaje.

#### 6.2.3.5. Afișarea trendurilor

Pentru urmărirea în timp a variației diversilor parametri tehnologici, software-ul SCADA va pune la dispoziție un mecanism de arhivare periodica și afișare grafica a valorilor pe axa timpului în așa numitele ferestre de trenduri.

Ferestrele de trenduri vor permite afișarea simultană a minim 6 taguri din lista de taguri. Perioada de baza va fi de 12 ore.

Ferestrele pentru tendințe vor cuprinde:

- titlul ferestrei indica zona tehnologică pentru care sunt afișate datele
- zona de afișare prezintă în mod grafic variația în timp a valorilor asociate ferestrei de trenduri
- zona de afișare a valorilor la momentul de timp selectat prin poziția cursorului (cu numele trendului, parametrul de proces, valoare și timpul pentru care este prezentată valoarea)
- set de butoane pentru a permite controlul informațiilor afișate cum ar fi navigare înainte și înapoi pe axa timpului, mari, micșora intervalul de timp, respectiv revenirea la reprezentarea inițială a domeniilor de vizualizare
- set de butoane pentru efectuarea unor calcule statistice pentru tagurile selectate pe intervalele de timp selectate

Calculul statistic va reda valori minime, maxime, medii, respectiv cantitatea cumulată a semnalelor analogice selectate pe intervalul ales. Funcția de selectare a intervalului de timp trebuie realizată astfel încât să necesite un efort minim din partea utilizatorului. Scalarea axelor se va face automat astfel încât reprezentarea grafică să redea fără pierderi variația semnalelor afișate pe intervalul selectat. Va exista și posibilitatea scalării manuale a axelor.

Trendurile afișate vor fi etichetate corespunzător și prevăzute cu legenda pentru identificare ușoară. Va exista posibilitatea ca graficele selectate să poată fi listate în format grafic pe imprimante, respectiv salvate într-un fișier grafic în format standardizat uzual. Selectând rezoluția dorită va exista posibilitatea listării valorilor numerice a tagurilor reprezentate grafic, respectiv salvarea într-un format text și format compatibil Microsoft Excel.

Generarea rapoartelor se va realiza mod automat sau la cererea operatorului.

Rapoartele vor defini următoarele:

- format (ex configurație, context, titluri și culori)
- definirea datelor
- definirea calculelor
- periodicitatea rapoartelor (la cerere, ora din zi, ziua/ora din luna)
- format/suport pentru prezentarea rezultatelor
- rezoluție de timp

Toate rapoartele vor fi configurate pentru printare sau exportarea acestora în mod automat sau la cerere. Va fi posibilă crearea de rapoarte care să se adapteze la diferite caractere și dimensiuni ale hârtiei. Rapoartele vor fi ajustate automat pentru a se putea adapta la schimbările de orar vara/iarna. Într-o zi lungă, toate cele 25 de ore vor fi luate în calcul. Rapoartele programate pentru printare periodică vor fi tipărite la ora corectă, și după schimbarea orei sistemului.

### 6.2.3.6. Arhivarea datelor

Sistemul SCADA va fi prevăzut cu facilitatea de arhivare a datelor în timp real pentru analize ulterioare. Datele arhivate vor include toate alarmele și schimbările de stare, toate datele achiziționate și toate operațiile făcute de operator.

Datele arhivate vor fi înregistrate pe un mediu de stocare capabil să stocheze date pe o perioadă de cel puțin un an de zile. Datele achiziționate trebuie să fie arhivate periodic pe benzi magnetice. Definirea intervalului de timp pentru arhivare va fi stabilită de către operator. Momentul la care trebuie arhivate datele trebuie să fie semnalizat și înregistrat ca alarma. Va fi posibilă și arhivarea manuală a datelor de către administratorul de sistem. În vederea regăsirii ușoare a datelor, numele fișierelor arhivate trebuie să indice intervalul de timp a acestora.

Administrarea arhivelor trebuie să facă posibilă regăsirea acestora atât pe unitate de stocare primară de tip HDD cât și pe benzile magnetice în vederea vizualizării trendurilor și a generării rapoartelor. Datele de arhivare trebuie să aibă însușiri similare cu datele curente: afișare, procesare, imprimare.

### 6.2.3.7. Interfața utilizator. Afișaje sinoptice

Toate elementele de tip sinoptice vor avea o înfățișare și operabilitate comună, ele fiind de trei tipuri generale.

- Afișaje sinoptice generale

Ca ecran principal, o schemă sinoptică având ca bază o hartă pentru fiecare dintre obiectiv, va prezenta rețeaua punctelor de comunicație, sub forma unor entități separate. Aceste entități trebuie așezate pe hartă în așa fel încât poziția lor să reflecte locația lor pe hartă. Simbolurile folosite pentru entități trebuie să fie diferite pentru diferitele tipuri ale acestora (ex. geometrie diferită; pătrat – pct. de măsură, triunghi – stație pompare, cerc – hidrofor, etc.). Simbolurile vor fi denumite, pentru o identificare unică. Prin folosirea culorilor simbolurile trebuie să reflecte starea entităților, adică funcționare în limite normale, avarie, indisponibilitate etc..

Simbolurile vor fi elemente active. Prin ele se vor putea accesa ecrane separate (afișaje sinoptice de detaliu) pentru fiecare entitate a rețelei. În aceste ecrane se vor afișa toți parametri aparținând respectivei entități, și anume: mărimi măsurate, mărimi calculate, stări, alarme etc.. Se va asigura interacțiunea între utilizator și ecranul respectiv, pentru executarea interacțiunilor asociate (ex. interogare pct. de măsură, setare punct).

- Afișaje sinoptice de detaliu

În cazul entităților complexe (stații pompare, hidrofor, stații de tratare etc), ecranele vor conține diagramele tehnologice ale sistemelor. Se vor afișa toți parametri aparținând respectivei entități, atât cele tehnologice, cât și cele electrice, și anume: mărimi măsurate, mărimi calculate, stările sistemului și ale componentelor, alarme etc. De asemenea se va asigura interacțiunea între utilizator și ecranul de control, pentru executarea tuturor interacțiunilor asociate (comandă și control). Se vor folosi elemente dinamice, culori și animații pentru reprezentarea regimurilor de funcționare și starea componentelor din sistem. În caz de necesitate se vor crea ecrane secundare.

- Afișaje sinoptice instantanee (ferestre de tip pop-up, etc.)

Afișajele sinoptice instantanee vizualizate parțial în pagină în zona dedicată afișajelor sinoptice de detaliu. Ele vor fi în mod normal asociate cu elementele stației, și vor putea fi vizualizate prin click (stânga/dreapta) pe elementele simbol ale obiectivului (motoare, vane etc.)

Interfața cu utilizatorul (imaginea ce apare pe monitor) va fi organizată în trei zone funcționale:

Zona 1- Cuprinde linia de afișare a mesajelor/alarmelor de proces (A), meniul de navigare între ecrane (B), ora curentă și utilizatorul curent (C). În linia de afișare

a mesajelor/alarmelor de proces va fi afișat cel mai nou mesaj de proces sau cea mai veche alarmă neluată la cunoștință, decizia de afișare este automată, în funcție de prioritate (mesajele de operare au prioritatea cea mai mică iar avariile cea mai mare, de aceea totdeauna o avarie neluată la cunoștință va fi afișată indiferent dacă există sau nu mesaje de operare ulterioare).

Meniul de navigare între ecrane permite selecția directă a ecranului tehnologic care se dorește a fi afișat. Informațiile din stație sunt organizate pe ecrane principale, o parte din acestea având asociate între unul și 24 de ecrane secundare (în care apar informații de detaliu referitoare la zona selectată sau este prezentată doar o secțiune a zonei), într-o structură arborescentă. Fiecare ecran principal va avea asociat un set de 7 butoane cu următoarele semnificații:

- 1- selectează ecranul principal corespunzător zonei din textul butonului
- 2, 3, 4, 5, 6, 7- deschide fereastra suplimentară pentru selectarea unui ecran secundar, dacă există;

Zona 2 - Este partea de imagine în care sunt afișate informațiile din stație, sub formă grafică și numerică: ecranele principale și secundare (ca urmare a selecție făcute cu ajutorul meniului de navigare), ecranele de liste de alarme, ferestrele de comandă-control.

Zona 3 Va conține butoane pentru funcții auxiliare

- schimbare utilizator curent
- trecere în ecranul de alarme
- afișare lista de selecție a rapoartelor din proiect
- afișare ecran după nume
- meniu de navigație ecran principal-ecrane secundare (4 butoane)
- afișare ecran anterior
- afișare ecran ulterior
- afișare manual de utilizare software SCADA
- afișare fereastră de stabilire drepturi utilizator
- dezactivare aplicație
- revenire la ecranul de operare anterior
- afișare listă mesaje/alarme neluate la cunoștință
- afișare listă mesaje/alarme luate la cunoștință
- afișare listă mesaje/alarme dispărute și neluate la cunoștință
- afișare listă de alarme de proces (stări de echipamente)
- afișare lista de operații (data și ora când s-au luat la cunoștință mesajele/alarmele)
- afișare lista jurnal (lista cu apariția/luarea la cunoștință/dispariția mesajelor/alarmelor)
- afișare arhiva alarme (lista completă cu apariției alarmelor, pe perioadă lungă de timp)

#### 6.2.4. Securitatea sistemului SCADA

Sistemul de operare va fi configurat pentru minim doua conturi de utilizatori, și anume administratorul de sistem și respectiv operatorul de sistem. Administratorul de sistem va dispune de acces total la sistemul de fișiere, la toate componentele administrative și de securitate, ale sistemului de operare. Contul administratorului de sistem este pentru efectuarea schimbărilor de sistem. Odată configurat, sistemul va

fi operat doar din contul operatorului de sistem. Sistemul va memora și va tipări toate accesările.

Accesul la sistemul SCADA se recomandă a fi realizat prin proceduri de autorizare bazate pe nume identificare utilizator, parola, respectiv nivele de acces și drepturi de acces atribuite fiecărui utilizator. Autorizarea utilizatorilor se va face prin introducerea numelui de identificare și a parolei valide. După ce utilizatorul a fost acceptat să intre în sistem accesul acestuia va fi restricționat la una sau mai multe zone predefinite de jurisdicție. Fiecare accesare și ieșire din aplicație se va memora ca și eveniment, adică va conține date și ora, respectiv numele utilizatorului.

Se va asigura administratorului posibilitatea de a crea utilizatori noi, de a atribui parole, nivele de acces, respectiv de a face modificări asupra setărilor utilizatorilor existenți. Se va asigura posibilitatea ca fiecare utilizator să-și poată schimba parola. Operațiunile unor utilizatori nu trebuie să influențeze operațiunile celorlalți utilizatori.

Funcțiile disponibile pentru fiecare dintre nivelurile de acces vor fi configurabile în cadrul sistemului. În general, cerințele pentru fiecare dintre nivelurile de acces vor fi :

- nivel operator: acces permis la toate funcțiile de operare normal ca afișarea parametrilor de funcționare, acceptarea alarmelor, inițierea actualizării stărilor, evidenta tuturor rapoartelor realizate.
- nivel administrator: acces permis la toate funcțiile normale plus posibilitatea de modificare a pragurilor de alarma, de modificare a setărilor punctelor și de editare a formatelor de afișare și tipărire
- nivel inginer: acces permis la toate funcțiile de operare plus posibilitatea de reconfigurare globală a sistemului.

**Se recomandă un server cu software de cyber security, acest server va fi ultima linie de apărare împotriva atacurilor din internet. Ca atare, serverul va avea ca principal rol emularea unei aplicații SCADA cu date reale din procese, cu generare de comenzi către sistem, de grafice de trenduri fictive, încercând să atragă un eventual atacator în această zonă și în afara programului principal.**

#### 6.2.4.1. Autodiagnosticarea sistemului

Sistemul SCADA va fi prevăzut cu facilități de aducere la cunoștință a avariilor de sistem. Sistemul va monitoriza starea legăturilor de comunicații cu echipamentele externe și va fi capabil să furnizeze operatorului starea curentă a tuturor liniilor de comunicații\capacitatea de a face distincția între un echipament din teren care este deconectat și o defecțiune pe canalul de comunicații

Sistemul va dispune de o facilitate de resetare și de reîncărcare a configurației inițiale în caz de necesitate. De asemenea, va fi disponibilă și facilitatea de a realiza copii de rezerva a configurației sistemului după ce s-au efectuat modificări de sistem.

#### 6.2.4.2. Tipuri de clienți

Operarea sistemului se face pe principiul client-server. În acest sens se vor defini mai multe tipuri de clienți și anume:

- clienți din cadrul Dispeceratului a căror activitate vor avea posibilitatea și de a da comenzi în zona de activitate
- clienți cu dispozitive mobile (tablete grafice, telefoane inteligente, etc)

Stațiile client vor rula pe o platforma OS dedicată și vor utiliza serviciile serverului. Pentru comunicații între stațiile de operare se va folosi protocolul de rețea PC LAN. Computerul server nu va fi folosit ca stație de operare, iar aplicația software trebuie să poată rula ca serviciu dedicat. În consecință nu e necesar ca nici un User să fie logat la server, nefiind necesară nici o interacțiune cu serverul. Toate datele de configurare precum și datele din proces trebuie să fie amplasate într-un folder proiect pe drive-ul serverului astfel încât în principiu să fie posibile accesările și schimbările (configurarea online) de la nivelul celor 2 stații de lucru din camera serverelor. Modificările proiectului trebuie să poată fi activate online, fără a întrerupe controlul procesului.

### 6.2.4.3. Redundanța

Serverele de proces vor fi implementate într-o structură redundantă. Pachetul software dedicat permite funcționarea în paralel a două sisteme de calcul. Integritatea datelor trebuie să fie asigurată printr-un mecanism de sincronizare automată a arhivelor. În același mod trebuie sincronizate online acțiunile operatorilor. Astfel se asigură faptul că dacă de ex. un mesaj este confirmat sau dacă se adaugă un comentariu într-un sistem redundant partenerul redundant se va sincroniza automat. Mai mult, mecanismul de redundanță la nivelul serverului va proteja controlul procesului și operarea, întrucât clienții vor comuta automat pe serverul activ (în cazul în care celălalt devine nefuncțional). Licențe software, pentru fiecare din cele două servere în arhitectura redundantă se vor prevedea:

- Licență sistem de operare
- Licență software SCADA Enterprise cu număr nelimitat de clienți și înregistrări
- Licență antivirus pentru servere și clienți (dacă este cazul)
- Licențe programe cyber security

### 6.2.4.4. Software Hystorian

Obiective pentru implementarea Hystorian server:

- Centralizarea datelor adunate de la toate serverele din sistem pe un singur computer.
- Managementul centralizat a tuturor datelor din proces și mesajelor de alarma
- Integrarea unui mecanism de backup automat pentru arhivele de date
- Accesul transparent la date pentru toate stațiile de operare clienți

Hystorian server – trebuie să aibă integrate mecanismele pentru transferul datelor cu serverele de proces. Aceste mecanisme trebuie să gestioneze inclusiv situațiile în care rețeaua de comunicație este temporar întreruptă (mecanisme de tipul store&forward). Accesul la date trebuie să fie transparent pentru afișare și analiză inclusiv la nivelul clienților SCADA.

Datele stocate la nivelul serverului Hystorian trebuie să fie disponibile spre accesare folosind interfețe standardizate (OPC DA, OPC A&E, OPC HDA and Ole-DB). Astfel trebuie să fie prevăzută posibilitatea de a transfera datele relevante spre analiză în sistemele de calcul amplasate pe un nivel ierarhic superior.

### **6.2.5. Interfețele de comunicație locale**

Sistemul SCADA trebuie să permită comunicația echipamentului master cu toate punctele de comunicație de pe teren (PLC sau RTU), sau Dispeceratele utilizând GSM 4G LTE securizat.

Rata de interogare va fi setabilă pentru fiecare punct de comunicație în parte. Toate avariile apărute vor fi transmise în mod automat de echipamentele de pe teren către echipamentul master (conform desen), în momentul apariției acestora.

#### **6.2.5.1. Interfețele externe**

Sistemul SCADA trebuie să permită accesul de la un sistem extern, respectiv, trebuie să aibă capacitatea de a se conecta la un sistem extern. Conexiunea cu sistemul SCADA trebuie asigurate pentru următoarele variante:

- Conexiune de tip LAN-to-LAN folosind interfețe de rețea Industrial Ethernet și protocol TCP/IP pentru interiorul Dispeceratelor. Aceste interfețe trebuie să fie utilizate pentru a accesa de la distanță sistemul SCADA și să aibă posibilitatea de a schimba date cu alte subsisteme informaționale al beneficiarului (de exemplu, alte sisteme SCADA, GIS, etc) .
- Conexiune de tip VPN securizat folosind rețea Internet și protocol TCP / IP ce asigura administratorului de sistem posibilitatea de a accesa de la distanță toate resursele sistemului SCADA.
- Conexiune prin terminale GSM/GSM 4G LTE.

Aceste interfețe trebuie să susțină și trimiterea de alarme, sub formă de SMS la numere de telefon predefinite de administratorul sistemului.

#### **6.2.5.2. Interfețe PLC**

Reprezintă metoda prin care SCADA se va interconecta cu PLC-uri în orice instalație. Împreună cu SCADA se va livra și un număr de canale de comunicare PLC configurabile. Fiecare din aceste canale va fi folosit fizic pentru o rețea de comunicare PLC diferita. Aceste rețele pot fi MPI, Profibus, Ethernet TCP/IP etc. Pentru comunicația între PLC-uri și sistemul SCADA se va folosi cablu Ethernet sau sistemul GSM 4G LTE securizat (VPN). Pentru comunicația între PLC-uri aflate în aceeași locație se vor folosi rețele Profibus/Modbus/Ethernet/Fibra optica. Toate protocoalele de comunicație vor fi standardizate și bazate pe licențe.

Se vor programa automatele programabile astfel încât să îndeplinească cerințele instalației. Toate automatele programabile furnizate se recomandă să provină de la același furnizor și să fie echipate cu procesoare din aceeași familie. Pentru automatele programabile se recomandă o sursă de alimentare cu energie electrică dedicată (separată).

Transferul datelor dintre SCADA și PLC se va face, ținând cont de integritatea datelor. Datele care vor fi achiziționate vor fi grupate în funcție de tipul lor. Semnalele analogice preluate de la echipamentele de măsură (debitmetre, senzori de nivel etc.) vor fi preluate cu cel puțin două zecimale, pentru o analiză eficientă a funcționării echipamentelor.

Toate datele colectate de la PLC-uri respectiv subsisteme SCADA de către Sistemul SCADA

centralizat, vor fi grupate funcție de tipul lor și de viteza de reacție.

Actualizarea datelor în sistemul SCADA va ține cont de tipul semnalului, analog sau digital și de importanța acestuia. Acestea vor fi împărțite în alarme, evenimente, valori de proces critice care trebuie actualizate cât mai des și semnale cu actualizare mai lentă.

Sistemul SCADA va fi astfel realizat încât în cazul în care indiferent de motiv, sistemul SCADA va înceta să funcționeze, procesul de control automat al stației va fi realizat de către PLC-uri. În cazul în care indiferent din ce motiv controlul automat al stației, nu va putea fi realizat de către PLC-uri, controlul stației se va realiza manual.

Datele transmise din SCADA către PLC sunt în general de două tipuri și anume **date analogice** – acestea vor fi valori ale parametrilor prescriși, care vor trebui urmăriți de către program (turație pompe, presiuni, debite, etc.) și respectiv **date digitale** – acestea vor fi semnale de comanda pentru porniri/opriri pompe, electroventile, vane, etc.

Atât comenzile pentru date digitale cât și pentru cele analogice vor putea fi efectuate doar de persoanele cărora li se va da drept de acces în acest sens. Pentru această aplicația SCADA va fi realizată pe nivele de acces pe baza de parole, astfel încât doar personalul abilitat să poată interveni și modifica parametrii de funcționare ai sistemului.

Datele înmagazinate în PLC și transmise sistemului SCADA vor putea fi configurate și anume alarmele vor fi generate prin PLC, acestea vor include alarmele digitale (avarii pompe, neconfirmarea unei acțiuni) și cele analogice (la depășirea unor praguri de funcționare) și toate scalările parametrilor analogici, vor fi efectuate de către PLC-uri (pentru a permite controlul stației prin intermediul PLC-urilor în cazul în care sistemul SCADA nu funcționează).

Nu se recomandă scalări ale valorilor transmise de contoarele de debit (acestea vor trebui transmise exact cum sunt afișate pe echipamentele de măsură a debitului instalate în stație prin intermediul comunicației seriale).

### 6.2.6. Funcționarea instalației

Instalația va putea fi exploatată în modul de funcționare manual și respectiv automat.

## 6.3. Dezvoltarea și simularea unui model pilot SCADA cu soluții software existente

Pentru a monitoriza și a asigura eficient procesele specifice alimentării cu apă este necesar un sistem SCADA. Alegerea sistemului SCADA depinde de cerințele beneficiarului și respectiv condițiile în care va fi folosit.

După cum se cunoaște, tehnologia se dezvoltă mai rapid decât orice altă industrie. De fapt, tehnologia nu numai că evoluează rapid, ci evoluează exponențial mai repede. Procesorul computerelor dublează cantitatea de tranzistori în fiecare an, făcându-le exponențial mai rapide.

Nu numai că tehnologia devine mai rapidă, dar și noi tehnologii apar tot timpul, astfel tehnologiile de comunicare utilizate în urmă cu 5 ani sunt astăzi



considerate lente și adesea învechite în comparație cu standardele de comunicare pe care le avem astăzi.

Sistemul SCADA este realizat cu multe tehnologii diferite pentru orice, de la înregistrarea și salvarea datelor până la protocoalele de comunicare și standardele pentru accesarea datelor.

Se recomandă atât ca programator SCADA, cât și atunci când alegeți o soluție SCADA, important este să se cunoască aceste tehnologii. De menționat în mod special este că noul nu este întotdeauna mai bun, de exemplu dacă alegeți un computer nou, tehnologia nouă și actualizată este întotdeauna mai bună, dar acest lucru nu este similar în cazul sistemelor SCADA. Un sistem SCADA este adesea un sistem extins cu multe componente care trebuie să lucreze împreună. În același timp, sistemul trebuie să fie sigur. Din aceste două motive, cea mai bună soluție nu este întotdeauna soluția cu cea mai recentă tehnologie, ci mai degrabă soluția cu cea mai stabilă și sigură tehnologie. Nu toate componentele, în special la nivelul inferior (PLC-uri și RTU-uri) sunt capabile să utilizeze cea mai recentă tehnologie pentru comunicare.

RFI sau Solicitare de informații este un termen de afaceri folosit pentru a descrie capacitățile vânzătorilor și furnizorilor. Este important deoarece este foarte relevant în ceea ce privește alegerea software-ului SCADA.

Durata de viață a sistemului SCADA în domeniul alimentarărilor cu apă este de așteptat să fie de 10 ani și este esențial ca pe această perioadă să se poată obține asistență, actualizări, posibilitatea de a te extinde, deoarece reprezintă o investiție grea.

Astfel de regulă alegerea unui sistem SCADA de la un furnizor utilizat pe scară largă este adesea cea mai bună soluție, deoarece acestea au adesea un suport mult mai bun, mulți dezvoltatori disponibili și sunt adesea cei mai stabili.

Cele mai populare sisteme SCADA folosite în domeniul alimentarărilor cu apă sunt Simatic WinCC, dezvoltat de Siemens, Iconics Genesis, AVEVA Edge și Inductive Automation Ignition.

În România în domeniul alimentarărilor cu apă cel mai folosit este Simatic WinCC dezvoltat de Siemens. Astfel pentru simulare proiectului propus s-au ales softurile Simatic WinCC și Inductive Automation Ignition, deținând prin intermediul angajatorului licențe de dezvoltare.

Simatic WinCC sistemul SCADA există de mulți ani pe piață. Siemens este de fapt unul dintre cei mai mari de pe piața PLC și SCADA și multe companii folosesc platforma Siemens.[80] Siemens este o companie mare care s-a dezvoltat continuu, iar produsele lor sunt foarte stabile și acesta este un factor critic pentru multe companii.

WinCC este un sistem SCADA care este perfect integrat în TIA Portal, reprezentând un concept de inginerie integrat, care oferă un mediu uniform pentru programare și configurarea soluțiilor de control, vizualizare și comanda. WinCC include instrumente pentru configurarea end-to-end a HMI Simatic.[123]

Deși majoritatea produselor Siemens sunt puțin costisitoare, în diferite cazuri se obține un raport bun calitate-preț.

Inductive Automation Ignition, este software-ul cu cea mai rapidă creștere în domeniul de software industrial datorată Ignition SCADA. Ignition combină un model de licențiere nerestricționată, implementare în timp real pe web și un set de instrumente pentru monitorizare și achiziție de date, toate pe o platformă comună deschisă și scalabilă.[106]

Ignition este noul SCADA, deoarece fiind fără restricții adică număr nelimitat de tag-uri, useri permite proiectelor de tip SCADA cu o singură licență să dezvolte și să analizeze infrastructuri mari de date.

Ignition IIoT este o soluție end-to-end industrială a internet of things (IIoT) care combină eficiența uimitoare a protocolului de transmisie a datelor MQTT cu capacitățile nelimitate de colectare și dezvoltare a datelor ale platformei de aplicații industriale Ignition. Folosind Ignition, se permite conectarea cu ușurință la dispozitivele din aria de operare din spectrul rețelei și se poate transmite date de la mii de dispozitive în aplicații industriale și comerciale din mai multe locații printr-o infrastructură centrală MQTT.

Ignition este platforma ideală pentru MES (Manufacturing Execution System) deoarece poate conecta, monitoriza și controla datele de fabricație pentru a crea sisteme care asigură executarea eficientă a operațiunilor și îmbunătățirea producției. IA cooperează cu partenerul strategic Sepsoft pentru a oferi o serie de soluții MES puternice pentru platforma Ignition. Modulul Sepasoft MES pentru Ignition poate controla, urmări și înregistra procesul de transformare a materiilor prime în produse finite în timp real.

Ignition HMI este o soluție software puternică pentru dezvoltarea rapidă a interfeței om-mașină (HMI) de înaltă performanță, concepută pentru a optimiza eficiența operatorului. Ignition simplifică utilizarea HMI-ului. Poate fi instalat pe aproape toate dispozitivele în câteva minute și este rapid și ușor de actualizat. Folosind instrumentul de proiectare Ignition, se poate construi cu ușurință un HMI securizat prin tendințe istorice, alarme și alte funcții.

Comparativ ambele soluții software prezentate sunt soluții robuste și stabile care răspund bine dezvoltării infrastructurilor de alimentare cu apă. S-a observat în schimb o serie de avantaje în cazul abordării unei soluții SCADA Ignition și anume o integrare foarte bună cu SQL, ușor de configurat în comparație cu WinCC, suportă Python ca limbaj de programare care este foarte flexibil. Marele avantaj îl reprezintă prețul licențierii dar care poate de altfel fi și un dezavantaj, se recomandă în infrastructuri mari cu tag-uri multe și utilizatori mulți deoarece licența are număr nelimitat de tag-uri și utilizatori comparativ cu WinCC, însă într-o dezvoltare de sistem restrâns prețul este mare.

Platforma Ignition comparativ cu WinCC care suportă doar operarea pe sisteme Microsoft poate fi dezvoltată și operată pe sisteme Linux și Mac. Ignition poate acționa cu ușurință ca un hub de date, există drivere încorporate pentru o varietate de dispozitive comune, cum ar fi Allen-Bradley, Siemens, Omron și altele. Poate acționa ca un server OPC UA și ca un client OPC UA. Ignition are adoptat aceste standarde deschise, pentru a realiza conectarea la aproape orice dispozitiv, poate înregistra istoricul într-o bază de date, partaja date cu alte sisteme și afișa pe tablouri de bord, HMI-uri și multe altele.

Astfel având la dispoziție prin intermediul companiei licențe am dezvoltat și simulat în WinCC/Ignition un sistem de tip pilot cu un flux tehnologic specific sistemelor de alimentare cu apă în care s-au evidențiat forajele de alimentare cu apă. După cum urmează în schemele sinoptice următoare sunt prezentate elementele integratoare ale sistemului. În prima fază sa elaborat schema sinoptică a unui fluxului tehnologic general, unde sunt discretizate toate elementele specifice sistemului de alimentare cu apă.

179 | 6.3. Dezvoltarea și simularea unui model pilot SCADA cu soluții software existente

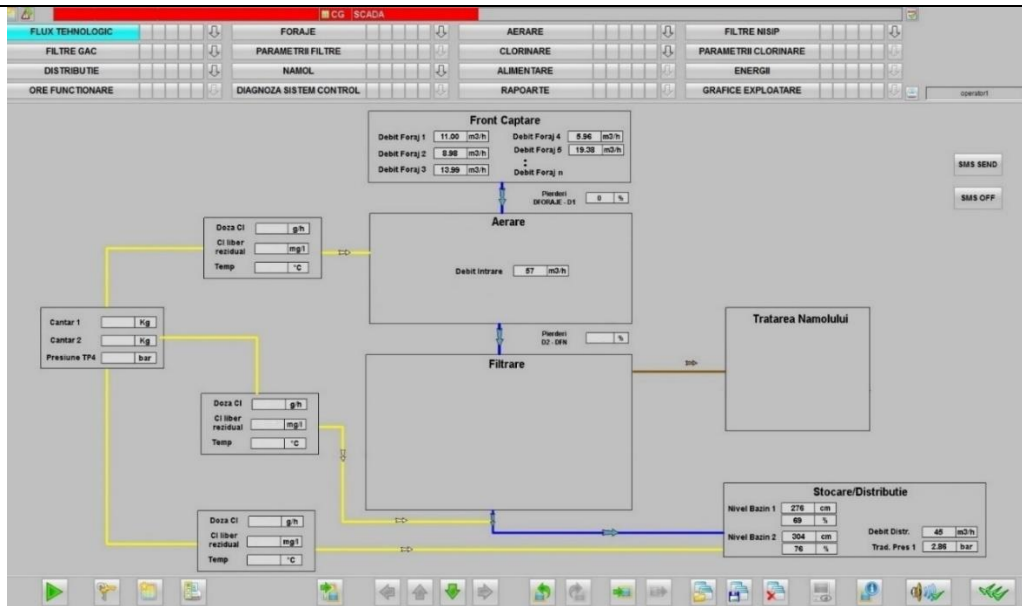


Fig.6.19. Model schemă sinoptică WinCC – Flux tehnologic

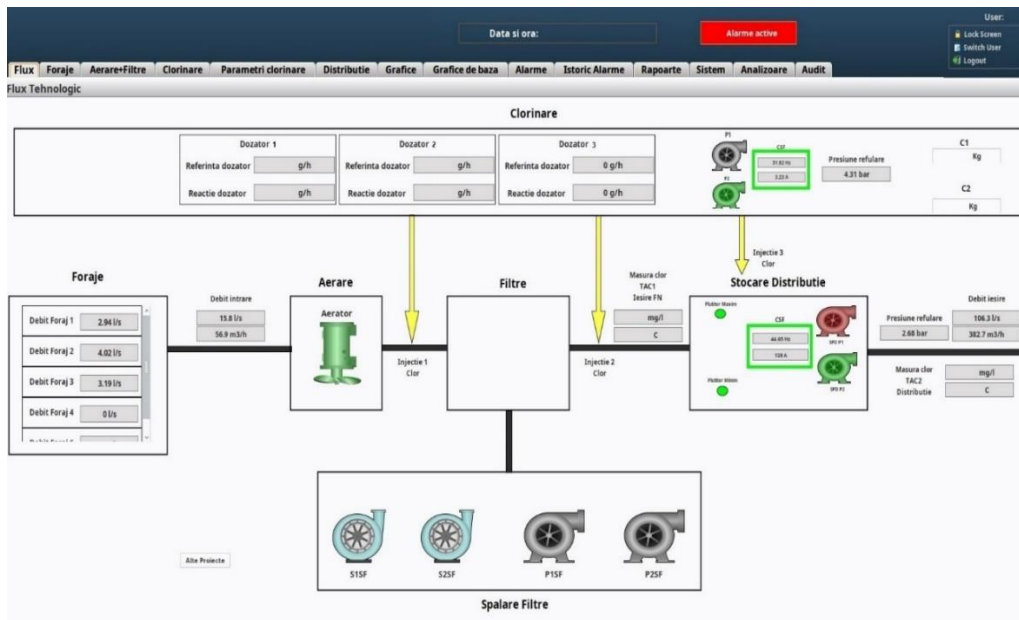


Fig.6.20. Model schemă sinoptică Ignition – Flux tehnologic

Următoarea schemă sinoptică reprezintă forajele de alimentare cu apă. Se propune după cum este reprezentat în schema monitorizarea debitului captat pe fiecare foraj în parte cu capacitate de a impune o referință de debit după nevoie sau respectiv pentru a menține un nivel hidrodinamic optim.

180 | 6.3. Dezvoltarea și simularea unui model pilot SCADA cu soluții software existente

Este reprezentată echiparea fiecărui foraj cu traductor de nivel pentru determinare în mod on-line a nivelului hidrostatic. Coloana de apă este echipată cu traductor de presiune cu praguri de minim și respectiv maxim pentru protejarea agregatelor de pompare.

Sunt simbolizate agregatele prin numărul de porniri și respectiv frecvența de lucru a convertizorului care acționează pompa forajului în funcție de debitul prestabilit de operator/sau în funcție de traductorul de nivel.

Coloana de apă colectoare a forajelor care este prevăzută cu debitmetru electromagnetic cu rolul de a verifica nivelul de pierdere între foraje și respectiv și tronsonul de conductă de colector.

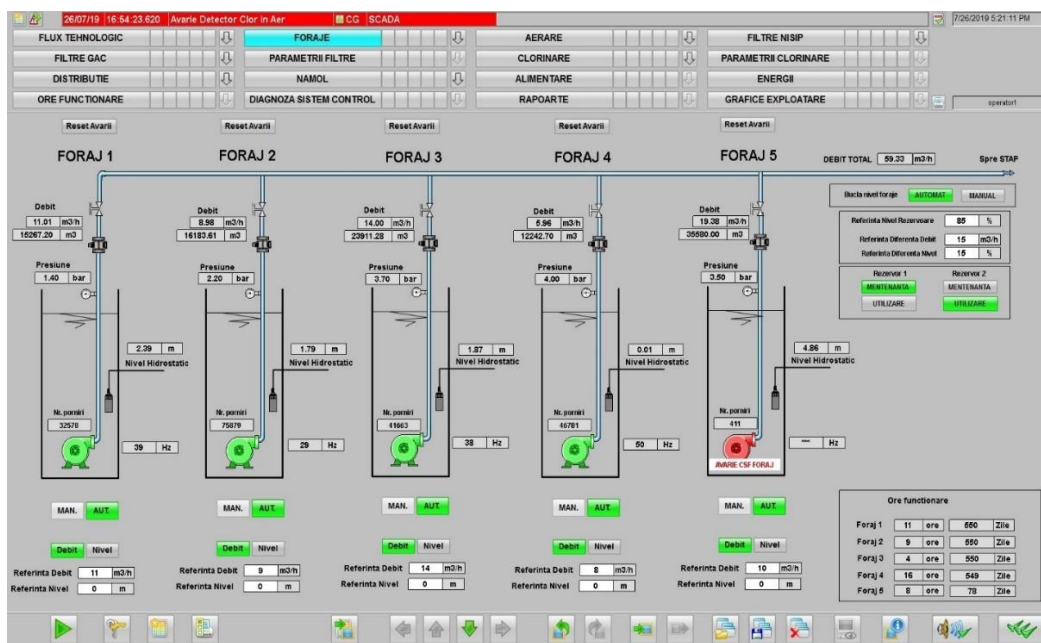


Fig.6.21. Model schemă sinoptică WinCC –Foraje

181 | 6.3. Dezvoltarea și simularea unui model pilot SCADA cu soluții software existente

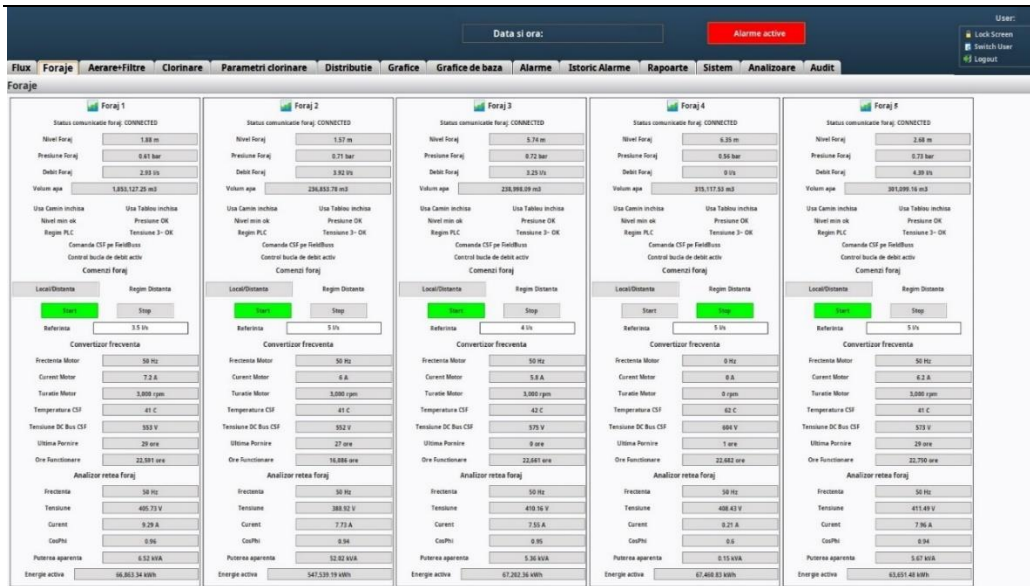


Fig.6.22. Model schemă sinoptică Ignition – Foraje

Toate plc-urile care guvernează procesele sunt în sistem redundant astfel asigurându-se backupul sistemului de automatizare.

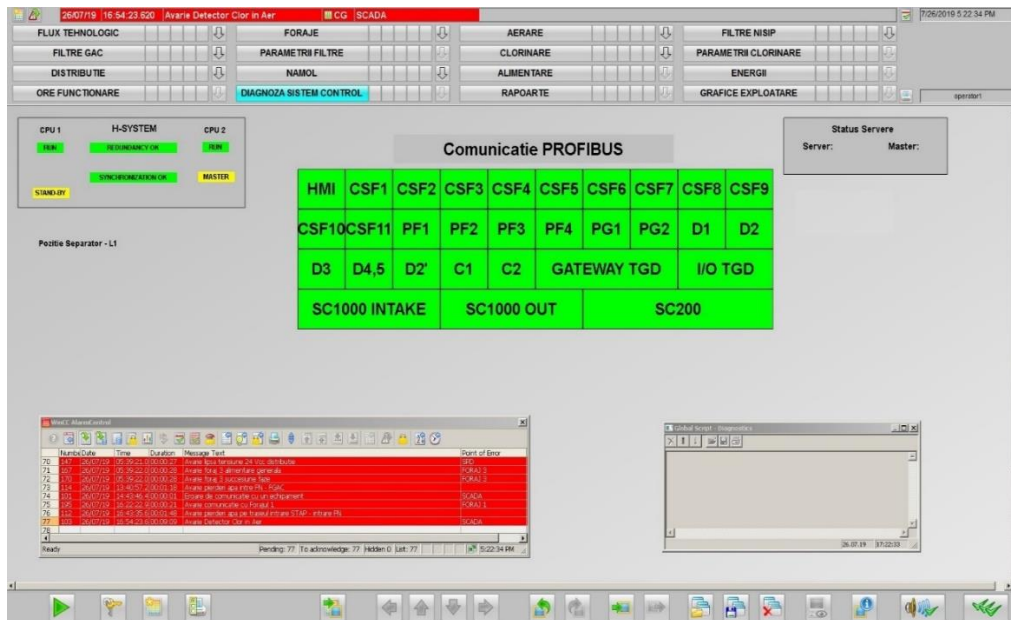
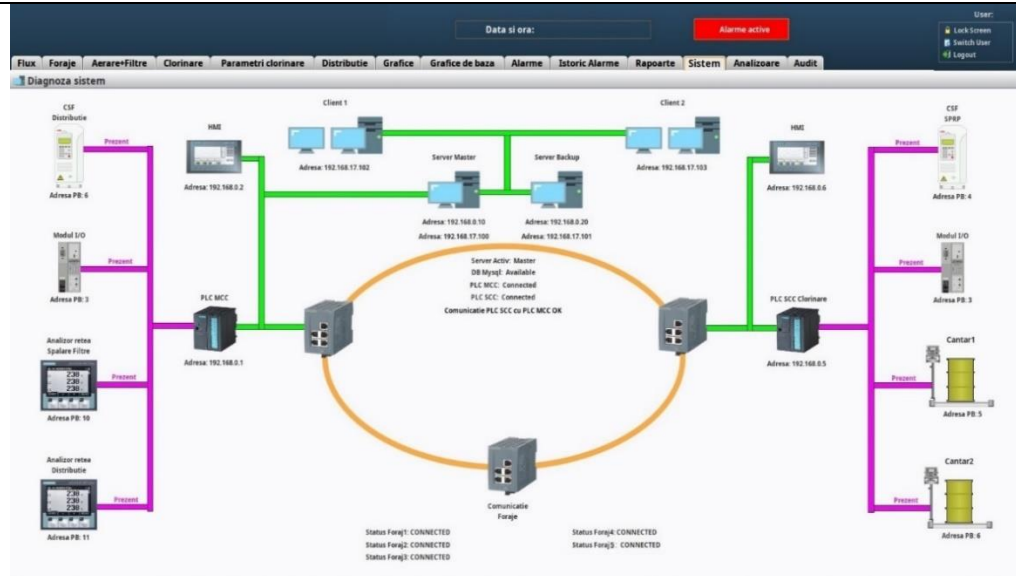


Fig.6.23. Model schemă sinoptica WinCC– Diagnoză

### 182 | 6.3. Dezvoltarea și simularea unui model pilot SCADA cu soluții software existente



**Fig.6.24.** Model schemă sinoptică Ignition– Diagnoză

Echiparea forajelor se recomandă a se realiza cu module de transmitere GPS/GPRS deoarece se află la distanțe mari de stația de tratare și au ca rol colectarea datelor din câmp pentru vizualizare și interpretare, de asemenea comunicația este bidirecțională astfel că se pot realiza și comenzi către aceste echipamente fiind securizată prin VPN.[18]

De asemenea forajele periferice stație de tratare a apei sunt securizate prin mecanisme de antifraucție care sunt de asemenea dezvoltate în sistemul SCADA.

Procesele pot fi comandate atât local de la clienți SCADA locali cât și de la distanță prin clienți de web. Toate procesele sunt proiectate astfel încât să fie operate și în mod manual, astfel fiind bypasate plc-uri care comandă procesele. De asemenea sunt proiectate cutii pentru anumite procese care să permită trecerea pe modul mentenanță care deservește scopul de mentenanță.

Procesele sunt supuse unui program de mentenanță preventivă care are ca rol principal verificarea parametrilor și respectiv mărirea duratei de operare a echipamentelor. Datorită funcțiilor de diagnoză a sistemului SCADA, reparațiile de tip accidentale sau corective se execută punctual reducând timpul de determinare a cauzei de producere a evenimentului de tip corectiv.

**Dezvoltare și simularea a fost realizată pentru a arăta modul în care se poate obține un sistem total automatizat cu interfață grafică de control. Interfețele grafice sunt din ce în ce mai utilizate pentru controlul proceselor deoarece oferă operatorului o mai mare transparență asupra proceselor cu grad de complexitate ridicat.**

**Realizarea sistemelor SCADA necesită abilități complexe de analiză și organizare din partea proiectanților. Din acest motiv au fost reprezentate și descrise modulele de organizare a unui proiect pentru eliminarea erorilor apărute la definirea caietelor de sarcini pentru investițiile ulterioare.**

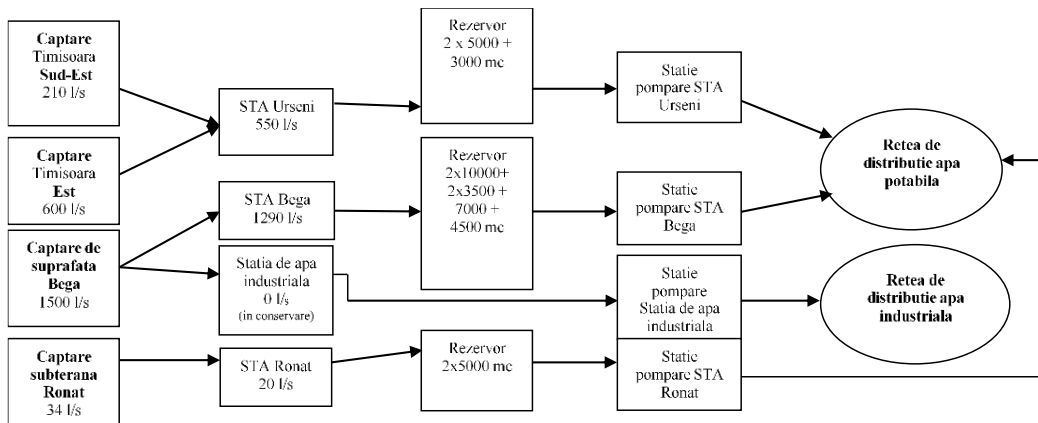
### 6.4. Modelarea hidraulică a zonei pilot în platforma PMWIN

Metoda numerică și software-ul care a stat la baza modelării numerice este pachetul de programe PMWIN bazat pe Metoda Diferențelor Finite PMWIN este un model complet bidimensional / tridimensional pentru curgerea și transportul poluanților în apele subterane. [102]

#### 6.4.1. Modelare hidraulică a frontului de foraje destinate alimentări cu apă pentru municipiul Timișoara

Alimentarea cu apă a municipiului Timișoara se realizează printr-un sistem centralizat, atât pentru populație cât și pentru zona industrială, din surse subterane - fronturi de captare și grupuri de fântâni - și din sursă de suprafață - râul Bega; debitul total este de aproximativ  $1.6 \text{ m}^3 / \text{s}$ . [80]

Sistemul de alimentare cu apă a municipiului Timișoara din surse de captare și anume frontul de captare cu 40 puțuri ( $L = 25 \text{ km}$ ) aflat în zona de est a orașului, un grup de 5 fântâni și 14 foraje aflate în zona de S-E a orașului și front de captare cu 7 puțuri în zona de vest a orașului, respectiv captare de suprafață din canalul Bega, în zona barajului de la STA Bega. Tratarea apei în scopul potabilizării pentru municipiul Timișoara se realizează la STA Urseni în partea de S-E a orașului, STA Bega în partea de Est a orașului, pe malul stâng al râului Bega, și STA Ronat în partea de vest a orașului. Înmagazinarea apei se realizează prin rezervoare de apă amplasate în incinta stațiilor de tratare apă. Pomparea apei în rețeaua de distribuție cu o lungime totală de 567 km se realizează prin intermediul stațiilor de pompare a apei tratate în rețea, amplasate în incinta uzinelor de apă. [80]



**Fig. 6.25.** Schema de funcționare a sistemului de alimentare cu apă oraș Timișoara

În cazul studiului de față s-a realizat o modelare numerică folosind un soft specializat, PMWIN, tridimensional, care are la bază metoda diferențelor finite.

##### 6.4.1.1. Baza de date pentru realizarea modelului numeric

Pentru elaborarea studiului a fost necesară realizarea modelului numeric a acviferului dintre râul Bega și Timiș.

Realizarea modelelor numerice a necesitat o bază de date cu specific topografic și hidrogeologic care să permită stabilirea elementelor necesare pentru construirea modelului. Baza de date este alcătuită din planuri de situație din cadrul companiei de apă Aquatim S.A în care sunt dispuse obiectivele semnificative ale sistemului de amenajare. Baza topografică este necesară în vederea determinării cotelor de teren din zona studiată. Studiile hidrogeologice din care rezultă stratificația terenului, debitele și nivelele în râurile Bega și Timiș disponibilizate de către Aquatim S.A prin intermediul fiselor forajelor și studiilor hidrogeologice și debitele extrase din forajele frontului de captare.[80]

Pe baza acestor studii s-au putut determina următoarele elemente care stau la baza realizării modelelor numerice. Perimetrarea zonei semnificative din punct de vedere hidraulic, pentru analiza și modelarea hidraulică ținând seama de condițiile de funcționare caracteristice. Această zonă reprezintă partea activă a modelului numeric.

Această analiză a condus la stabilirea zonei de modelare. Pe acest plan de situație sunt reprezentate obiectele caracteristice cu rol determinant în regimul apelor subterane, elemente componente ale amenajării luate în studiu: canale ca și elemente active ce penetrează acviferul.



**Fig. 6.26.** Amplasamentul Frontul de captare Timișoara Est suprapus cu zona modelată

Pentru elaborarea studiului s-a folosit ca bază ridicările topografice ale amplasamentelor celor 40 de foraje situate în între râurile Timiș - Bega între localitățile Timișoara și Bazoș și hărțile la scara 1:25000 care au reprezentate curbele de nivel cu precizie metrică precum și punctele geodezice existente în teren. Parametrii hidrogeologici și stratificația subsolului în zona forajelor de extracție au



fost determinați cu ocazia forării respectivelor puțuri în perioada anilor 1985-1990 iar volumele de apă prelevate din foraje și parametrii fizico-chimici sunt valorile medii din anul 2019 – 2020, aceste date au fost obținute din bazele de date oferite de către Aquatim S.A.

Pe baza punctelor geodezice figurate pe hărțile avute la dispoziție și cu coordonatele în sistemul de coordonate STEREO 70 s-a georeferențiat aceste hărți în sistemul de coordonate S 70 și s-au suprapus peste ridicările topografice ale forajelor. Astfel sa obținut un suport cartografic coerent și suficient de precis pentru modelarea abordată. Prelucrarea hărților și atașarea acestora la ridicările topografice s-a efectuat în AUTOCAD.[129] După încărcarea hărților în mediul Autocad, sa vectorizat albiile râurilor Bega și Timiș limitele Est și Vest ale domeniului studiat, limitele intravilanului localităților existente în zona de interes precum și toate curbele de nivel relevante. Astfel sa obținut un desen la scara 1:1 a zonei studiate și s-a salvat într-un fișier DXF.

Pentru acuratețea modelării s-a ales să se folosească sistemul de coordonate planimetrice STEREO 70 cu planul de referință altimetric Marea Neagră 1975.Cotele apelor celor două râuri au fost determinate cu aparatură GPS.

Parametrii hidrolici sunt determinați ca valori medii astfel :conductivitatea hidrolică a fost stabilită la valoarea 0,0001;transmisivitatea cu valoarea 0,001;porozitatea cu valoarea 0,25.Puțurile de exploatare au fost introduse pe baza coordonatelor lor în sistem STEREO 70 și volumele de apă extrase astfel:

**Tabel nr. 6.1.** Coordonate foraje în sistem Stereo 70

	N	E	Z	Adâncime m	DEBIT m <sup>3</sup> /s
<b>FORAJ 1</b>	476226.193	211277.155	90.071	120	0.005
<b>FORAJ 2</b>	476073.229	211747.535	91.107	120	0.0046
<b>FORAJ 3</b>	475958.861	212134.864	90.253	120	0.0053
<b>FORAJ 4</b>	475843.808	212525.753	90.623	120	0.0056
<b>FORAJ 5</b>	475734.512	212914.89	91.349	110	0.005
<b>FORAJ 6</b>	475593.476	213413.679	92.038	160	0.0066
<b>FORAJ 7</b>	475742.32	214394.426	92.81	125	0.0051
<b>FORAJ 8</b>	477068.707	215531.23	93.121	120	0.007
<b>FORAJ 9</b>	477840.11	215595.284	92.811	155	0.01
<b>FORAJ 10</b>	477828.713	216026.084	93.872	157	0.00516
<b>FORAJ 11</b>	477839.127	216415.063	93.362	147	0.0056
<b>FORAJ 12</b>	477837.364	216796.392	93.57	147	0.0056
<b>FORAJ 13</b>	477896.511	217215.788	93.734	150	0.01
<b>FORAJ 14</b>	478168.428	217538.665	93.908	153	0.0063
<b>FORAJ 15</b>	478271.201	218406.442	93.944	151	0.0183
<b>FORAJ 16</b>	478475.733	219265.362	94.299	163	0.0188
<b>FORAJ 17</b>	478523.229	219663.433	95.272	150	0.0105
<b>FORAJ 18</b>	478620.447	220052.396	94.82	157	0.015
<b>FORAJ 19</b>	478702.961	220443.781	95.519	151	0.0165
<b>FORAJ 20</b>	478742.938	220858.052	94.635	152	0.0136
<b>FORAJ 21</b>	478712.952	221240.046	94.739	157	0.0095
<b>FORAJ 22</b>	478698.585	221728.462	95.469	157	0.01

	N	E	Z	Adâncime m	DEBIT m <sup>3</sup> /s
FORAJ 23	478659.115	222243.01	95.023	157	0.012
FORAJ 24	478680.102	222669.6	95.466	150	0.01167
FORAJ 25	478654.308	223078.568	95.304	140	0.005
FORAJ 26	478623.532	223454.902	95.576	159	0.0033
FORAJ 27	478605.909	223875.713	95.676	150	0.00933
FORAJ 28	478580.225	224287.367	96.196	135	0.0085
FORAJ 29	478563.579	224686.647	96.322	135	0.00717
FORAJ 30	478543.123	225086.518	96.588	150	0.01033
FORAJ 31	478528.101	225470.982	96.733	150	0.00567
FORAJ 32	478537.139	225872.015	97.139	150	0.006
FORAJ 33	478189.605	226258.626	96.271	149	0.006
FORAJ 34	477988.031	226649.977	96.527	150	0.007
FORAJ 35	477628.927	227187.32	97.343	157	0.01033
FORAJ 36	477689.235	227659.432	97.212	150	0.01833
FORAJ 37	478190.586	227819.17	96.92	150	0.01
FORAJ 38	478574.265	227978.168	97.241	150	0.0122
FORAJ 39	478695.262	228343.546	98.071	155	0.01233
FORAJ 40	478559.826	228758.205	97.402	150	0.00667



Fig. 6.27. Ridicare topografică suprapus cu zona modelată

#### 6.4.1.2. Construirea modelului numeric și rezultatele simulări

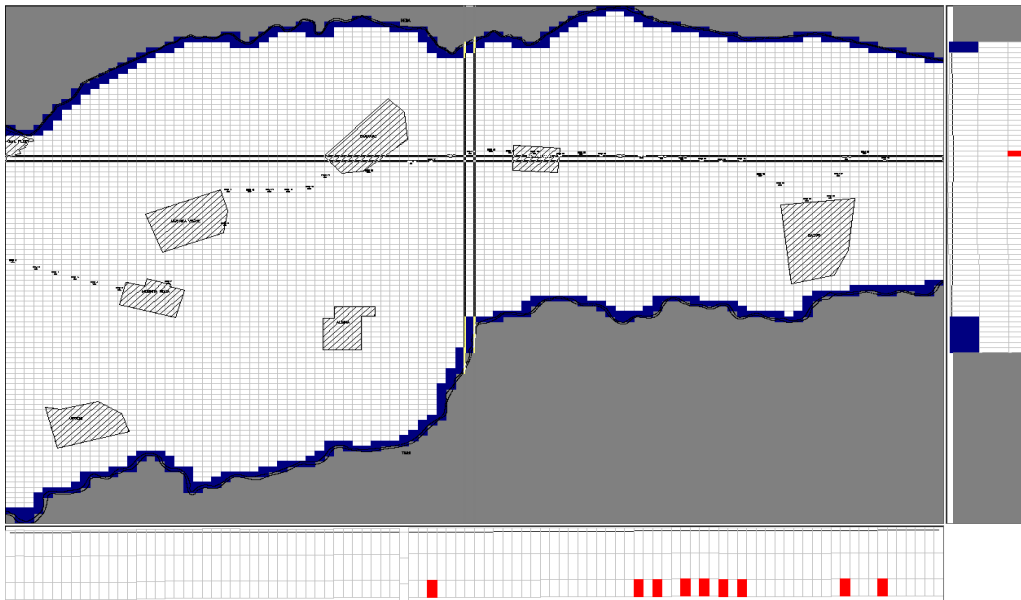
Metoda numerică și software-ul care a stat la baza modelării numerice este pachetul de programe PMWIN bazat pe Metoda Diferențelor Finite. Acest program înglobează într-o formă de prezentare interactivă tematica programelor MODFLOW, MOC 3D, MT3D, MT3DMS.

Modelarea este performantă, tridimensională, facilitând să se modeleze mișcarea și transportul pe planul vertical în zonele din vecinătatea râului.

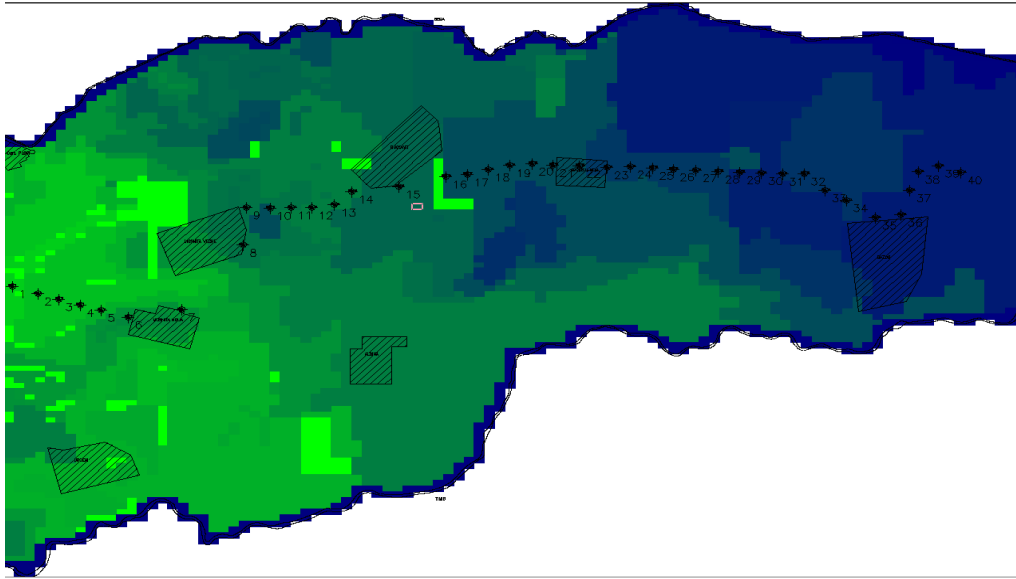
Datele pot fi introduse interactiv, existând posibilitatea de a modifica relativ ușor anumiți parametri cum ar fi de exemplu discretizarea permeabilității, cote de bază, granulozitatea straturilor.

Perimetrul zonei semnificative din punct de vedere hidraulic a fost inclus în zona activă a modelului numeric, zonele adiacente fiind eliminate. În plan orizontal s-a folosit o discretizare  $dx = 187,9831$  m și  $dy = 117,8161$  m.

În plan vertical s-a folosit o discretizare pe 3 straturi verticale, primul cu nivel liber și celelalte sub presiune (60 m, 60m și 40 m).



**Fig.6.28.** Plan de situație model, discretizare, condiții de margine



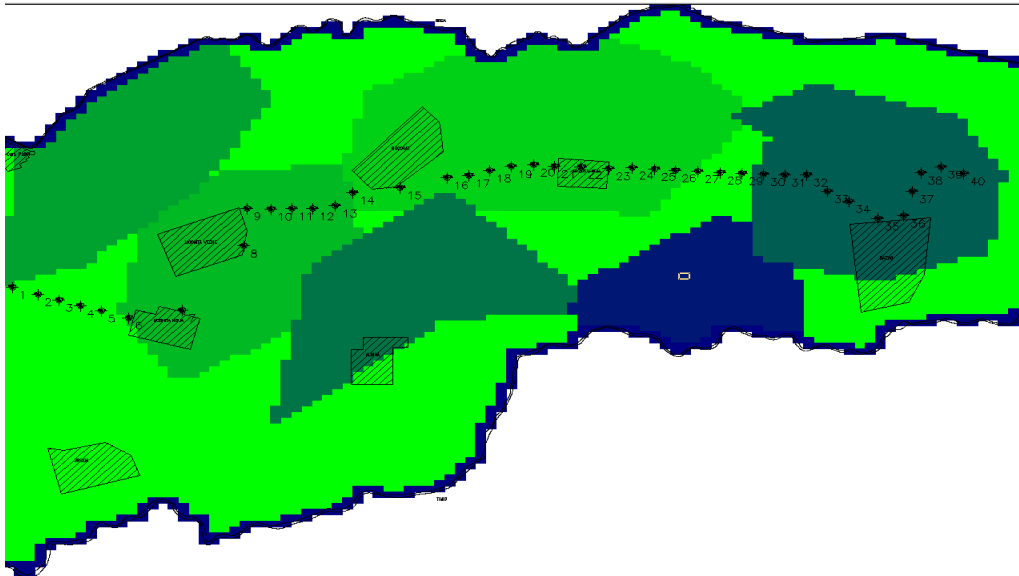
**Fig.6.29.** Plan de situație cote teren

Scopul modelării este de a obține un model numeric care să reproducă fidel condițiile de curgere ale apelor subterane în concordanță cu studiile avute la dispoziție.

Condițiile la limită (de margine) determină în esență desfășurarea mișcării apei subterane, fiind rezultatul condițiilor naturale. Aceste condiții sunt următoarele:

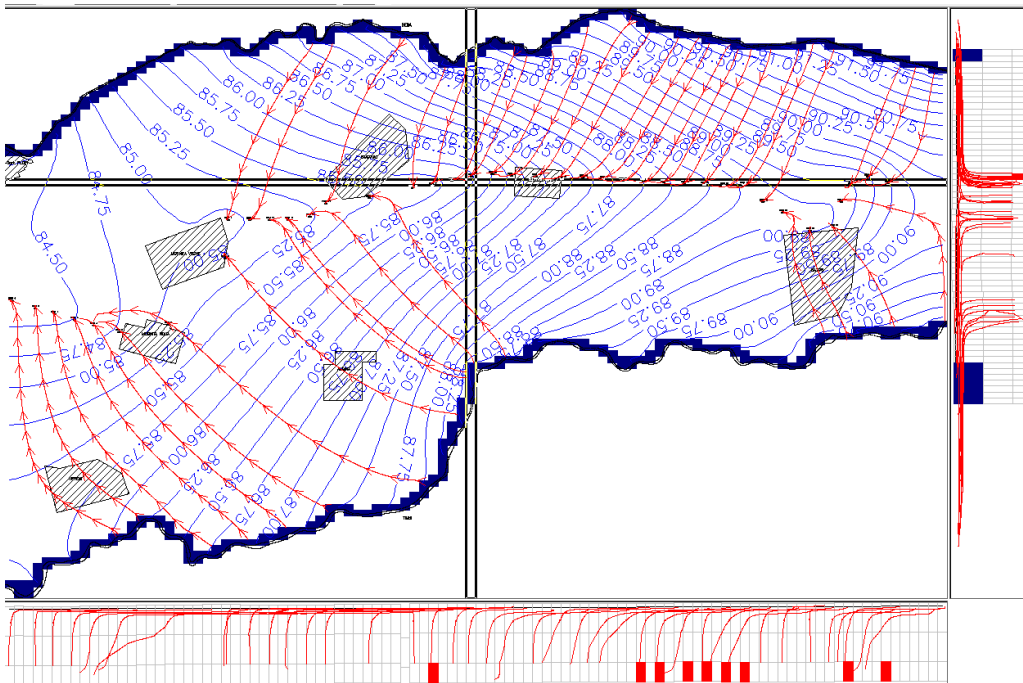
- Sarcină impusă pe canalul Bega variabil 84- 92,75 m;
- Sarcină impusă pe râul Timiș variabil 85,25- 91,5 m;
- Limitele modelului pe celelalte laturi s-au modelat ca o linie de curent;

Caracteristicile acviferului conform studiilor hidrogeologice indică trei strate acvifere de circa 60 m (cu nivel liber), 60 m (sub presiune) respectiv 40 m (sub presiune) în zonă, cu permeabilitate variabilă pe zone (coeficienți de filtrație de  $k_f = 0.0001$  m/zi și  $0.0016$  m/zi). Pe baza studiilor hidrogeologice și a caracteristicilor acviferelor aluvionare conținute în studiile de specialitate (un raport  $k_f$  vertical /  $k_f$  longitudinal = 1/10). Porozitatea este fixă cu valoarea de 0,25. Debitul captat de foraje se extrage de la mare adâncime din stratul 3.

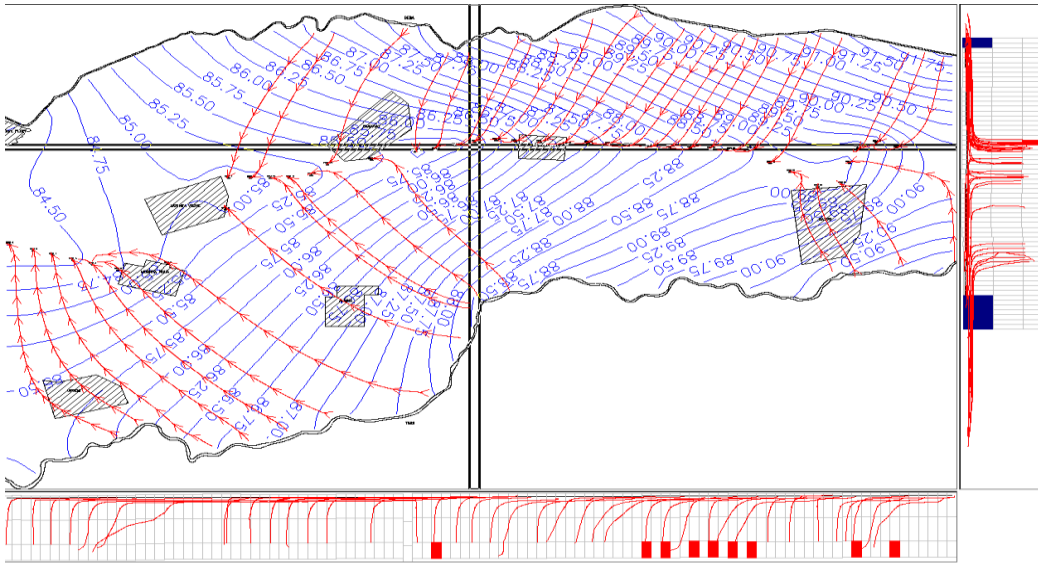


**Fig.6.30.** Plan de situație distribuție coeficienți filtrație

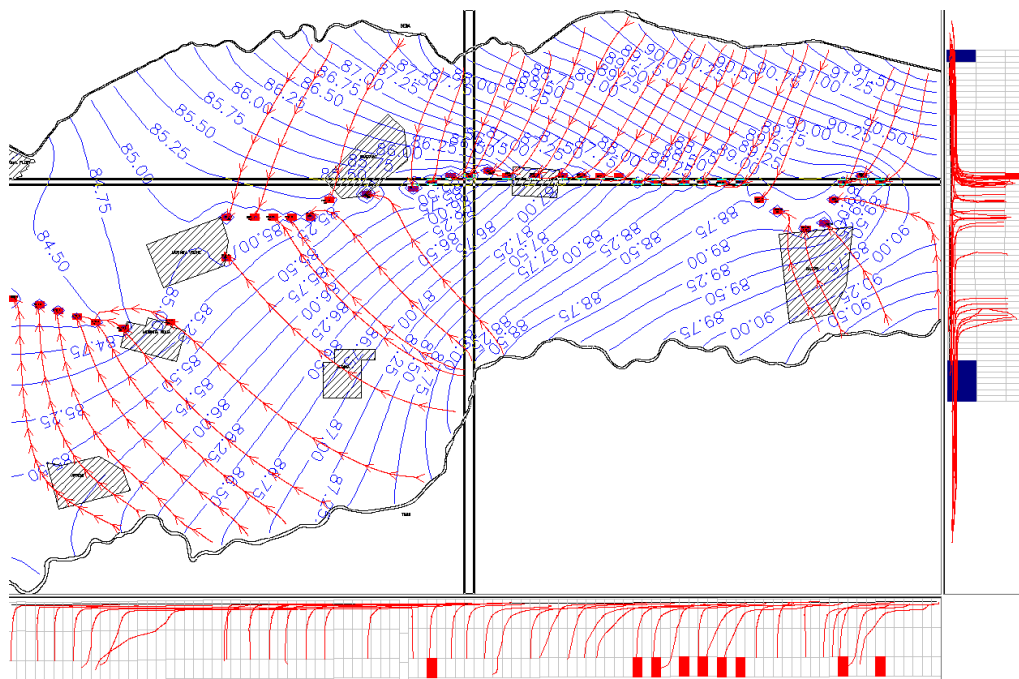
În urma rulării programului sau obținut nivelele, debitele de tranzit în tot domeniul rezultatele sub forma de hidroizohipsele sunt prezentate în cele 3 straturi modelate.



**Fig.6.31.** Hidroizohipse – strat 1 cu nivel liber – indicarea direcțiilor de curgere



**Fig.6.32.** Hidroizohipse – strat 2 sub presiune – indicarea direcțiilor de curgere



**Fig.6.33.** Hidroizohipse – strat 3 sub presiune - nivel captare foraje

Pentru verificarea simulării în MODFLOW s-a calculat bugetul de apă pentru întreg modelul. Bugetul de apă reprezintă indicații privind acceptabilitatea globală a soluției numerice, datele cu zone și tabelele din MODFLOW sunt prezentate în anexe pentru fiecare foraj. [40]

## 6.5. Considerații platforma pentru integrare operațională. Smart SCADA

Procesul de extindere a zonei operaționale va fi urmat în mod natural de o creștere a complexității proceselor operaționale asociate și a tehnologiilor utilizate pentru gestionarea acestora. Se așteaptă ca transformarea digitală să fie factorul ce va permite îmbunătățirea performanței activelor și proceselor, asigurând în același timp sustenabilitatea serviciului la nivel tehnic, financiar și de mediu. În acest sens, se recomandă adaptarea la transformarea digitală. Una dintre principalele provocări ale acestui obiectiv este transformarea datelor operaționale din infrastructură în informații valoroase pentru organizație.

Astfel, obiectivul general al platformei de integrare operațională este de a include informațiile operaționale într-o platformă digitală care utilizează un unic model de date, integrat, pentru a standardiza și normaliza modul în care datele de la senzori sunt achiziționate, stocate, gestionate și partajate, în întreaga organizație, în timp real, permițând utilizarea tehnologiilor Big Data - specializate pentru procesarea paralelă a unor cantități mari de date în infrastructura unei companii. Platforma va integra informații de la furnizorii existenți și echipamentele deja instalate, inclusiv PLC-uri, SCADA, dispozitive IoT, sisteme terțe (**modele hidroeinformatic de modelare**) și fără a fi nevoie să se modifice software-ul sau hardware-ul existent la nivelul operatorului, sau sistemul SCADA.

Soluția de tip smart Scada va asigura nu numai funcționalitățile tradiționale ale SCADA (colectarea, procesarea, afișarea datelor și operarea în mod eficient), ci și de a face aceste informații disponibile în mod transversal pentru restul organizației, precum și de a oferi capacitatea de automatizare a diagnosticării (de exemplu, detectarea scurgerilor), simulării (de ex. scenarii de tip "ce se întâmplă dacă") și de sprijinire a deciziilor, capacităților analitice avansate tipice SCADA inteligente moderne, care va implementa conceptul de replică virtuală modelului operațional din lumea reală și a proceselor de afaceri concepute pentru a optimiza fiecare element din modelul operațional, cu capacități analitice avansate specifice sistemelor SCADA inteligente moderne. Astfel, se dorește să se implementeze o platformă digitală care să găzduiască toate datele generate de infrastructură, să le proceseze și să le expună într-un mod eficient către restul sistemelor, oferind în același timp funcționalități noi și centralizate cu valoare adăugată.

Obiectivele specifice ale platformei de integrare sunt capacitatea de integrare a datelor de la echipamentele deja instalate sau care urmează să fie instalate, inclusiv PLC-uri, SCADA, dispozitive IoT, contoare inteligente de apă, sisteme terțe, fără a fi necesară modificarea software-ului sau a hardware-ului existent. Să furnizeze funcționalități cu valoare adăugată bazate pe analiza avansată a datelor pentru exploatarea inteligentă a infrastructurii, și anume:

- Capacități de achiziție și monitorizare a datelor (**Smart SCADA**). Pentru a oferi un mediu pentru analiza avansată a datelor și posibilitatea de să ruleze în timpul operării de scenarii de tipul ce se întâmplă dacă prin intermediul unei conexiuni în timp aproape real cu sistemul de model hidraulic al sistemului, care va fi actualizat ținând cont de condițiile reale de funcționare și de cerere
- Analiză avansată a datelor de la **contoarele inteligente (Smart Metering)** la nivel de client (de exemplu, detectarea scurgerilor la nivelul clientului);

- Gestionarea **apei neaducătoare de venituri (Non-Revenue Water)**, prin integrarea tuturor surselor de date disponibile și pe analize avansate.
- Capacitatea de a se conecta cu restul sistemelor operaționale sau de gestiune ale companiei (GIS, ERP, CRM etc.)

### 6.5.1. Considerații tehnice pentru platforma de integrare operațională

Cerințele generale, pentru platforma digitală sunt adaptabilitatea, flexibilitatea, scalabilitatea, multi-mediu, competitivitate, ușurința în implementare, ușurință în întreținere și implementarea.

Adaptabilitate reprezintă capacitatea de a integra diferite depozite de date și permiterea integrării cu mai multe sisteme de autentificare/login. Flexibilitate permite personalizarea standard (logo, teme de culoare, etc.) Scalabilitate sistemul trebuie să suporte scalare orizontală (mai multe noduri) și scalare verticală (creșterea puterii nodului). Multi-mediu permite implementări on-premise și în cloud. Competitivitate reprezintă posibilitatea integrării, în mod accesibil, de tehnologii și licențe provenind de la terți producători. Ușurință la implementare prin fluxuri de automatizate și procese fiabile de roll-back. Ușurință la întreținere prin jurnalizare eficientă, monitorizare centralizată și de la distanță și disponibilitate fișiere jurnal locale cu logică de eliminare automată. La implementare se recomandă API-uri bine documentate, să nu existe acces direct la baza de date și respectiv logică de business care să prevină deteriorarea sistemului.

#### 6.5.1.1. Design și arhitectură

Arhitectura soluției se va baza pe conceptul de transversalitate și interoperabilitate între departamentele operaționale (de exemplu, SCADA, contorizare inteligentă, gestionarea apei neaducătoare de venituri) pentru a garanta gestionarea optimă a datelor. Arhitectura necesită să garanteze transferul de date între sub-sisteme, datele fiind stocate într-un mod unic și afișate în straturile de vizualizare într-un mod univoc, evitându-se astfel duplicarea inutilă în gestionarea informațiilor.

Platforma va gestiona fluxul de date de la originea datelor până la exploatare, prin intermediul unor algoritmi avansați, vizualizări și integrarea datelor cu alte sisteme.

În general, arhitectura sistemului va fi împărțită în straturi, compuse din diferite componente surse de date (PLC/OPC, contoare, înregistratoare de date, senzori, CMMS, GIS, LIMS, ERP, programe hidroeinformaticice, etc.). Platforma de date, care include fluxurile de extragere, transformare și încărcare (ETL Platforma recuperează datele din surse și le stochează într-un lac de date pentru a fi utilizate de celelalte straturi. Principalele sale componente sunt:

- Colectarea datelor
- Managementul datelor principale (MDM)
- Data lake (Big Data)

Un motor de algoritmi inteligenți pentru valorificarea datelor din bazele de date prin tehnici de învățare automată. Exploatarea datelor prin intermediul modulelor sau aplicațiilor care extrag informații Data lake și servesc drept soluție front-end cu



care utilizatorul poate interacționa. Include o arhitectură de microservicii pentru a gestiona aspectele comune ale aplicațiilor.

Arhitectura sistemului va urmări următoarele premise: agnosticism, modularitate, interconectivitate și scalabilitate.

Sistemul necesită să fie agnostic adică capabil să proceseze diferite surse de date, indiferent de furnizori sau tehnologii. Modular adică să poată să activeze sau dezactiveze anumite funcțiuni în funcție de necesități. Să asigure interconectivitate adică utilizatorul trebuie să fie capabil să comunice cu alte platforme sau soluții și scalabil să permită integrarea ușoară a unor noi elemente de gestionat fără a modifica funcționarea critică și continuă a serviciului. Performanță stabilă în timp creșterii volumului datelor procesate și arhivate (istorice). Să permită atât creșterea, cât și reutilizarea funcțiilor necesare exploatarea datelor, reducând și simplificând astfel timpul de scalabilitate.

### 6.5.1.2. Colectarea datelor și sursele de date

Platforma va fi capabilă să colecteze cantități mari de informații ce vor fi ulterior standardizate și structurate pentru a fi exploatare, permițând gestionarea, controlul și acțiunea la distanță. Platforma trebuie să permită configurarea individuală și particulară a achiziției de date din acele surse de informații integrate în platformă și care sunt legate de tipul active gestionate.

Stratul de ingerare a datelor trebuie să ofere diferite mecanisme de integrare a surselor de informații. **ETL (Extract, Transform and Load)** pentru a oferi flexibilitate în ceea ce privește încorporarea surselor de informații, cum ar fi baze de date, fișiere sau chiar API-uri expuse de alte sisteme, permițând, de asemenea, modificarea de către utilizatorul final a diferitelor fluxuri de lucru definite în cadrul acestuia. În același mod, suficient de extensibil pentru a putea încorpora dezvoltări personalizate (cod), uneori necesare pentru a procesa surse de date nestandardizate sau foarte specifice. **Plugin-uri** utilizate pentru a obține informații din fișiere și baze de date. Ele pot fi unidirecționale sau bidirecționale. Acestea sunt dezvoltate în funcție de nevoile clientului. **Conectori** destinați conectării la surse industriale capabile să furnizeze informații în timp real (conectori nativi pentru OPC-DA, OPC-UA, Modbus și MQTT). **API Rest** posibilitatea integrării cu sisteme terțe (bidirecțional, servind astfel la introducerea și consultarea informațiilor) care, prin diferite mecanisme de securitate, permite posibilitatea de a introduce informații direct din alte sisteme, dacă este necesar.

Stratul de ingerare a datelor trebuie să fie capabil să integreze orice tip de soluție IoT, non-IoT sau proprietară de la diferiți producători de dispozitive de teren (contoare, senzori de presiune, senzori de nivel etc.) fără a fi necesară vreo adaptare.

### 6.5.1.3. Managementul datelor principale (MDM)

Un subsistem de gestionare a datelor principale (MDM) va fi responsabil pentru standardizarea și unificarea datelor care intră în sistem prin intermediul stratului de admisie, definind un model de date unic care să facă legătura între diferitele surse de date (contoare, înregistratoare de date, inventarul activelor etc.) Acesta va permite diferitelor straturi superioare să le utilizeze și să creeze cazuri de utilizare încrucișată în etapele ulterioare ale procesului.

Data lake-ul este subsistemul în care informațiile procesate de nivelul MDM, deja unificate și standardizate, vor fi păstrate și stocate. Nivelul Data lake va fi parte din etapa de stocare a datelor, în care datele sunt procesate și stocate pentru utilizare ulterioară într-o bază de date sau într-o bază de date de indexare.

În general, Data lake-ul va fi compus dintr-un set eterogen de baze de date, pentru datele tranzacționale, motorul principal al bazei de date pe care sunt construite datele de bază ale sistemului este o bază de date de gestionare a datelor principale.

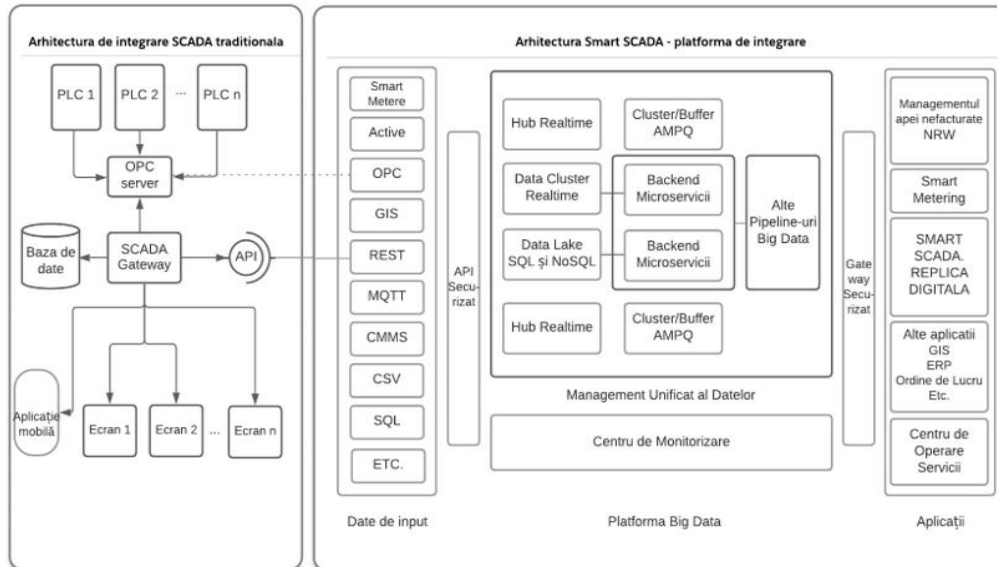
**Motorul inteligent: Big Data și algoritmi inteligenți**, prin diferite mecanisme, informațiile din Data lake vor fi expuse unui strat de algoritmi avansați și de date cu valoare adăugată. Acest strat va fi responsabil de paralelizarea execuției diferiților algoritmi inteligenți care sunt activați în funcție de diferite criterii (periodic și programat sau în funcție de apariția unor evenimente, după caz). De asemenea, rezultatele acestor algoritmi sunt returnate către Data lake, devenind astfel disponibile pentru a fi utilizate și exploatate în platformă sau în alte aplicații frontend. Câteva exemple ale acestor algoritmi inteligenți sunt previziunea cererii de apă, previziunile de debit și presiune, fraudă, furtul, detectarea scurgerilor, scurgerile interioare, etc. Alături de stratul de algoritmi avansați trebuie să existe interfețe de programare API-uri disponibile pentru mediile și framework-urile utilizate în mod obișnuit de echipele de cercetare de date pentru a utiliza datele generate de algoritmi inteligenți.

**Integrarea cu soluții de la terțe părți**, platforma va permite interogarea surselor externe de informații. Pe de o parte, sistemul va încorpora interfețe de conectare cu sisteme SQL și funcționalități pentru a pregăti interogări, care pot fi integrate în rapoarte și tablouri de bord, combinându-le cu informațiile proprii ale platformei. În plus, sistemul va susține încorporarea unor procese de import de informații din alte depozite de date, care, prin utilizarea unui API public, permite definirea unor canale care facilitează integrarea cu instrumente externe, cum ar fi soluțiile de Business Intelligence (QlikView, Tableau sau Microsoft Power BI)

Comunicarea cu instrumentele externe va fi bidirecțională, permițând atât ingerarea de date de la aceste instrumente în Data lake, pentru a fi utilizate în oricare dintre aplicațiile modulare ale soluției, cât și citirea de către aceste instrumente a datelor originale din Data lake. Consumul datelor rezidente în Data-lake trebuie să se poată realiza într-un mod simplu, ca și înregistrarea sursei de date în oricare dintre aceste instrumente.

### 6.5.2. Elemente de arhitectură logică

Stratul de ingestie a datelor trebuie să ofere diferite mecanisme de integrare a surselor de informații. Platforma trebuie să încorporeze un sistem agnostic de colectare a datelor, care să permită integrarea datelor prin intermediul mai multor conectori pentru senzori, înregistratoare de date, contoare, SCADA, etc. și care să aibă capacitatea de a integra date provenite din soluții de comunicare non-IoT (proprietar al furnizorului) și IoT



**Fig.6.34.** Schema bloc de implementare Smart Scada

În această etapă de procesare a datelor, principalele elemente implicate vor fi interfețe **API securizate (Secured API)** și **proceduri ETL** ce vor lucra cu **AMPQ Cluster / Buffer** pentru transmiterea și procesarea fluxurilor de date folosind **cozi de așteptare** care sunt schimbate între sursă și receptor prin conexiune directă. În rețelele IoT sau non IoT, o interfață API securizată (**Secured API**) poate fi utilizată ca protocol de comunicare pentru a trimite informații din rețea către platformă.

O interfață API specifică securizată este menită să implementeze un strat de abstractizare pentru ca sistemele să comunice, utilizând API ca serviciu backend pentru a conecta aplicațiile. Scopul acestei interfețe API este de a implementa introducerea datelor în platformă.

Pentru a lucra cu mai mulți conectori care pot fi implicați în procesarea unui serviciu client, **gRPC** este utilizat ca un alt element al arhitecturii ca parte a **API-ului securizat.gRPC** este un cadru modern open source de înaltă performanță pentru apelul procedurilor de la distanță (RPC), care poate rula în orice mediu. Acesta poate conecta în mod eficient servicii în și între centrele de date, cu suport plug-in pentru load balancing, urmărire, verificare a stării de sănătate și autentificare. De asemenea, se poate aplica și în ultima parte a algoritmului de aplicare a calculului distribuit pentru a conecta dispozitive, aplicații mobile și browsere la serviciile backend. **Advanced Message Queuing Protocol** este un standard deschis pentru trimiterea de mesaje între aplicații și/sau organizații, standard care se remarcă prin interoperabilitate și fiabilitate.

AMQP acționează la nivelul aplicației: prin urmare, are contact direct cu diferitele programe informatice. Pentru transmiterea mesajelor, protocolul se bazează pe intermediari: așa-numiții brokeri de mesagerie. Aceștia sunt responsabili de distribuirea mesajelor către diferiți destinatari în conformitate cu regulile stabilite.

Advanced Message Queuing Protocol se referă atât la comunicarea dintre diverși participanți, care includ instrucțiunile în mesaje, cât și la comportamentul brokerilor în sine.

**Clusterul de date în timp real** oferă timpi de răspuns de sub o milisecundă, permițând milioane de cereri pe secundă pentru aplicații IoT în timp real industriale. Acesta se bazează pe o structură de date de tip cheie-valoare. Încorporează un set de structuri de date versatile în memorie care permit crearea cu ușurință a unei varietăți de aplicații personalizate.

Având performanțe rapide, este o opțiune foarte comună pentru aplicații ce presupun utilizarea frecventă a memoriei cache, gestionarea sesiunilor, generarea de clasificări pe baza datelor, analize în timp real, date geospațiale etc.

Principalele caracteristici care permit funcționarea optimă a unui hub în timp real sunt:

- Folosește structuri de date versatile
- Oferă o disponibilitate ridicată
- Lucrează cu date geospațiale
- Folosește limbaje de scripting ca sistem de tranzacționare și persistență pe disc
- Suport pentru clustere, ceea ce înseamnă scalabilitate.

**Hub în timp real**, caracteristica de timp real înseamnă capacitatea de procesare foarte rapidă a fluxurilor de date, care permite o prelucrare analitică. Evaluează sistemul de solicitare a datelor prin realizarea unei optimizări a canalului de comunicare al sistemului. În plus, sistemul trebuie să ofere o avertizare privind modificările de valori, astfel încât să trimită informații numai atunci când valoarea unui element de date s-a modificat efectiv, iar înregistrarea datelor în timp real servește informații modulului care are nevoie de ele.

**Backend de Microservicii**, este componenta în care este stocată logica de business și algoritmică a platformei. În cadrul platformei, este necesară existența unei arhitecturi de microservicii bazată pe evenimente în care există o listă de comenzi pentru a obține informații de la **clusterul/bufferul AMPQ** și a le înregistra în setul de baze de date în care datele provenind de la diferite surse sunt unificate. Acest set de baze de date face parte din platforma **MDM** unde informațiile sunt structurate și unificate.

În acest fel, fiecare dintre aplicațiile care fac parte din platformă are propria bază de date, adaptându-se la nevoile tehnologice.

**Big Data Pipeline personalizate**, aceasta componentă oferă posibilitatea ca, în momentul ingerării datelor, în timp ce consolidează datele în depozitele proprii ale platformei, să permită redirectionarea informațiilor către alte surse de vizualizare, în funcție de cerințele clientului.

**Componenta de monitorizare a platformei**, întreaga platformă trebuie să fie monitorizată, atât la nivelul senzorilor de hardware, cât și la nivel de log, oferindu-se capacități de vizualizare pe lângă conținutul indexat pe un cluster. **Componenta de monitorizare a platformei**, este necesară ca instrument pentru generarea de vizualizări de date, fie în format grafic, fie în mod tabular.

Pentru toți indicii de date creați și menținuți în **componenta de monitorizare a platformei**, vor fi generate vizualizările conectate la respectivii indici de date. Accesul la aplicație se va face prin intermediul unei interfețe web. Aceasta trebuie să ofere un software care permite vizualizarea și formatarea datelor metrice și crearea de tablouri de bord și grafice din mai multe surse, inclusiv baze de date cu serii temporale.

Pe lângă gestionarea tablourilor de bord clasice (adăugiri, eliminări, favorite), trebuie să ofere posibilitatea de a partaja un tablou de bord curent prin crearea unui link sau a unui instantaneu static al acestuia.

**Data lake-ul** este componenta în care persistă și sunt stocate informațiile deja unificate și standardizate din MDM. Acest nivel de procesare este parte din **etapa de stocare** în care datele sunt procesate, apoi sunt stocate pentru utilizare ulterioară într-o bază de date sau într-o bază de date de indexare.

Informațiile gestionate în platformă se vor stoca în instanța **SQL-NOSQL Data Lake**, la nivelul a diferite baze de date.

În general, **Data lake-ul** va fi compus dintr-un set eterogen de baze de date, pentru datele tranzacționale, motorul principal al bazei de date pe care se articulează nucleul de date al sistemului fiind **o bază de date SQL sau NoSQL**, în funcție de necesitățile ce vor decurge din analiza proiectului. Se va include un motor de căutare pentru a stoca indexurile necesare pentru procesele de monitorizare.

**Gateway securizat**, platforma trebuie să dispună de un gateway securizat care să reprezinte o soluție rapidă și sigură pentru a conecta orice soluție externă pentru a obține date.

### 6.5.3. Considerații generale privind soluția Smart SCADA

Soluție Smart SCADA se va dezvolta pe o platformă adecvată pentru a integra sistemul SCADA.

#### 6.5.3.1. Considerații funcționale pentru Smart SCADA

Sistemul trebuie să permită ca numărul de taguri care urmează să fie integrate în platforma SCADA să fie nelimitat pentru a asigura extinderi viitoare ale activității de dispecerizare a zonei de proiect. Platforma Smart SCADA va avea o structură modulară, permițând actualizări sau integrări viitoare ale altor sisteme și subsisteme ale operatorului (de exemplu, va permite schimbul de informații cu sistemul **GIS** sau cu **sistemul de modelare hidraulică** etc.).

Baza de date a platformei de integrare Smart SCADA trebuie să fie completată cu fluxul de date preluat de la toate site-urile de contorizare, indiferent de statutul acestora. Capacitatea de a simula scenarii de tip "Ce se întâmplă dacă" în vederea funcționării ca Sistem de Suport Decizional (DSS). Integrarea datelor în timp real de la modulul de monitorizare și operare în modelul hidraulic, care va fi calibrat automat în timp real, ținând cont de condiții, pentru a oferi o înțelegere aprofundată a comportamentului real al rețelelor și captărilor și pentru a permite operatorilor să analizeze și să testeze în avans modul în care se va comporta rețeaua sau captările în cazul unor defecțiuni, întreruperi ale alimentării sau acțiuni critice în situații ipotetice.

Înregistrarea datelor istorice, a alarmelor și/sau a evenimentelor pentru a genera rapoarte privind funcționarea sistemelor hidraulice, mecanice și electrice. Se va permite generarea mai multor tipuri de rapoarte (zilnic, săptămânal, lunar), de ex: Raport de producție de apă, în care se înregistrează date precum debitul, presiunea, volumul total, timpul de lucru al pompei; Raport de consum de energie electrică, în care se înregistrează date cumulative în kWh.

Operarea de la distanță a componentelor sistemului: pornirea/oprirea pompei, pornirea/oprirea supapei, setările de funcționare a supapei și parametrii de control, grafice de programare a funcționării pompei. Generarea unui grafic de tendințe cu date de teren, în timp real sau pe baza datelor istorice.

Capacitatea de a funcționa ca un sistem de sprijinire a deciziilor (DSS) și integrarea în timp real a sistemului SCADA cu modelul hidraulic și cu alte sisteme operaționale, cum ar fi sistemul de măsurare, CRM, CMMS etc.

Arhitectură deschisă, sistemul trebuie să asigure posibilitatea de interconectare și integrare ulterioară prin modernizarea sau extinderea echipamentelor și/sau a sistemelor implementate de la diferiți producători. Sistemul trebuie să ofere autonomie față de furnizorii de hardware și software. Sistemul trebuie să garanteze integrarea celor mai importanți producători de sisteme industriale SCADA.

Interoperabilitate și interconectivitate, sistemul trebuie să permită interoperabilitatea cu sistemele superioare, schimbul de date într-un mod standardizat bazat pe o interfață REST API (full web services), date istorice în timp real legate de informațiile industriale integrate, acces la configurația platformei și permisiuni de sistem și utilizatori. Prin intermediul apelurilor la interfețele API, sistemul trebuie să permită accesul atât la date brute, cât și la informații deja prelucrate care pot fi reutilizate, inclusiv dacă au fost generate de sistem în aplicații terțe, facilitând exploatarea la diferite niveluri fără a fi nevoie de reprelucrarea informațiilor.

Fiabilitate sporită, sistemul trebuie să asigure un proces de validare a datelor și o bază de date comună. Partajarea resurselor adică resursele sistemului trebuie să fie accesibile oricărui utilizator.

Asigurarea compatibilității cu tehnologia de bandă largă. Sistemul trebuie să garanteze că utilizatorilor li se permite să acceseze de la distanță, în mod autorizat, informațiile furnizate de sistemul de gestionare a proceselor prin conectivitate în bandă largă, sporind astfel flexibilitatea și eficiența.

Sistemul trebuie să poată coexista cu sistemele industriale deja existente, astfel încât să nu fie necesară înlocuirea sistemelor existente. Trebuie să fie posibilă integrarea acestora într-un singur nivel operațional, atât la nivel de date, cât și la nivel de interfață.

Sistemul trebuie să ofere modelare algoritmică avansată și învățare automată bazată pe algoritmi de programare dezvoltați în limbajul Python, precum și utilizarea modelării datelor proiectate în cadrul componentei Smart SCADA, pentru a servi drept bază pentru algoritmi sau automatizare bazată pe inteligență artificială.

Suportul pentru standardul industrial OPC va fi pe deplin garantat, permițând configurației să achiziționeze date de la echipamente sau sisteme de instrumentație care oferă OPC UA securizat.

Soluția trebuie să aibă o interfață web bazată pe HTML5, susținută nativ de toate browserele și platformele de pe piață, în ceea ce privește accesul utilizatorilor la sistem.

### **6.5.3.2. Capacități ale sistemului de monitorizare și control**

Platforma trebuie să permită utilizatorilor rularea de procese secvențiale complexe fără a fi necesare cunoștințe de programare, să permită crearea de rapoarte și grafice pentru analiza parametrilor de producție și a tendințelor, creând studii comparative și complexe între diferitele variabile existente. Utilizatori să poată analiza informațiile istorice într-un mod cuprinzător, atât online, cât și offline, prin intermediul rapoartelor PDF sau MS Excel.

Sistemul va permite configurarea și gestionarea autonomă a tuturor conexiunilor și a fiecărei variabile de sistem. Asigurarea posibilității de a automatiza

generarea de rapoarte legate de orice proces din sistem și de a exporta rezultatele în MS Excel, într-un format predefinit adaptat la nevoile utilizatorului și utilizând șabloane personalizate. Aplicația va dispune de un motor de căutare/vizualizator de acțiuni istorice care va permite păstrarea evidenței directe a acțiunilor de operare la distanță pe care utilizatorii le-au efectuat asupra instalațiilor, monitorizând variabilele de scriere definite în SCADA pe o anumită perioadă de timp. Sistemul trebuie să încorporeze un Modul de Control al Performanțelor pentru a controla performanțele fiecărui modul în mod nativ. Garantarea controlului accesului și al acțiunilor efectuate de diferiți utilizatori care utilizează simultan soluția.

Interfață de acces web, platforma de integrare Smart SCADA va permite utilizatorilor înregistrați să acceseze toate funcționalitățile de oriunde și de pe orice dispozitiv prin intermediul unei interfețe web.

Platforma trebuie să permită gestionarea tuturor activelor companiei folosind un singur ecran. De pe ecranul principal, utilizatorii vor putea monitoriza toate instalațiile operatorului. Utilizatorii vor putea selecta activul pe care doresc să îl observe și să îl controleze.

Platforma nu va solicita din partea utilizatorilor cunoștințe de programare pentru a utiliza platforma. Interfața platformei va fi ușor și intuitiv de utilizat. Fiecare utilizator trebuie să poată crea direct și cu ușurință: noi liste de variabile, noi conectori, să seteze alarme, să configureze tablouri de bord de Business Intelligence, să combine variabile pentru a crea indicatori cheie de performanță.

Platforma va asigura confidențialitatea și securitatea datelor stocate sau gestionate. Soluția va permite definirea unor profiluri de acces diferite, corespunzătoare diferitelor tipuri sau grupuri de date, evitându-se astfel utilizarea abuzivă. Se va asigura trimiterea și primirea securizată a datelor către și de la dispozitivele conectate prin intermediul unui serviciu API-REST securizat și distribuirea securizată a datelor către aplicațiile care le utilizează. Platforma va pune în aplicare autentificarea elementelor care generează datele și a aplicațiilor care solicită accesul la aceste date.

Platforma digitală de integrare operațională Smart SCADA trebuie să permită definirea a diferite roluri și niveluri de acces la datele, funcțiile și serviciile platformei pentru a autoriza sau refuza accesul la aplicații. Sistemul va permite definirea rolurilor necesare pentru a acționa asupra unui anumit set de date.

### **6.5.3.3. Sistem de Suport a Deciziilor (DSS) pentru modelarea hidraulică a frontului de captare**

Sistemul va permite realizarea unor scenarii de analiză "Ce se întâmplă dacă". Sistemul va încorpora o copie virtuală, a fronturilor de captare, integrată cu modelul hidraulic, care va permite utilizatorilor să simuleze comportamentul forajelor în orice condiții (de exemplu, modificarea condițiilor de funcționare etc.). Sistemul va calibra modelul hidraulic în timp real și va monitoriza acuratețea și coerența datelor reale și a celor simulate.

Platforma va simula comportamentul captărilor din foraje destinate pentru alimentare cu apă, în prezent (simulare în timp real), în anumite momente din trecut, precum și în viitor, pentru a sprijini procesul de luare a deciziilor privind exploatarea resursei de apă. Platforma trebuie să actualizeze în permanență modelul hidraulic în funcție de realitatea fizică din teren și să îl calibreze corespunzător pentru a reproduce comportamentul real în orice scenariu.

De asemenea va încorpora o copie virtuală, în timp real, a rețelei hidraulice, integrată cu modelul hidraulic, care va permite utilizatorilor să simuleze comportamentul rețelei în orice condiții (de exemplu, închiderea vanei, modificarea condițiilor de funcționare etc.).

**Crearea modelului hidraulic**, trebuie să permită modelarea armaturilor de rețea specifice, pompelor, conductelor și a altor elemente ale modelului hidraulic. Pentru calculele hidraulice, sistemul poate utiliza software cu sursă deschisă (open source) precum PMWIN, care nu necesită plata de licențe către terți. Sistemul trebuie să permită utilizarea de date din diferite surse, cum ar fi datele privind cererea de apă, datele geospațiale, fișierele CAD, datele istorice etc, pentru a crea modelul hidraulic. Sistemul trebuie să permită crearea unui model hidraulic care să simuleze comportamentul hidraulic al curgerii subterane cu date culese din PMWIN. Sistemul trebuie să includă capacități de inteligență artificială (AI) pentru analiza datelor, filtrarea și curățarea datelor.

**Actualizarea modelului hidraulic, optimizarea și scenariul de simulare** astfel în cât sistemul să poată prelua date de la senzori în timp real și să actualizeze modelul hidraulic în funcție de condițiile reale de funcționare. Sistemul în baza datelor să permită optimizarea ciclurilor de pompare a rețelei de distribuție. Sistemul trebuie să permită crearea de scenarii de simulare diferite în cadrul aceluiași model hidraulic. Sistemul trebuie să permită simularea diferitelor intervenții de urgență, cum ar fi pompelor, traductorilor de nivel, pene de curent etc. Se va utiliza aceeași interfață utilizator ca și modulul de monitorizare și operare.

**Mediu de operare în timp real** trebuie să permită estimarea în timp real a valorii variabilelor activelor care nu sunt instrumentate. Să fie capabil să prevadă comportamentul frontului de foraje. Sistemul trebuie să fie capabil să anticipeze efectele pe care le-ar putea avea diferite manevre asupra frontului de foraje. Sistemul trebuie să permită planificarea acțiunilor la nivelul frontului de foraje pentru a reduce la minimum întreruperea serviciului. Sistemul trebuie să permită suport pentru luarea deciziilor în situații de urgență.

**Informațiile despre rețea și starea activelor gestionate** din sistem necesită să permită în timp real monitorizarea în timp real a comportamentului rețelei de aducțiune. Sistemul trebuie să permită accesul în timp real la informații despre activele incluse în rețeaua de monitoring a forajelor, afișând starea și funcționarea pompelor și a altor componente ale rețelei de monitoring.

Interfața sistemului trebuie să fie adaptată pentru utilizatori cu specializări diferite: hărți geografice pentru inginerii de planificare și tablouri de bord generale pentru administratorii de rețea. Trebuie să permită crearea de rapoarte grafice pentru a analiza acuratețea parametrilor și a modelelor din rețeaua de monitoring a forajelor.

Sistemul trebuie să permită utilizatorului să obțină o imagine completă a rețelei de monitoring a forajelor, monitorizată în timp real prin intermediul unui tablou de bord de ansamblu. Tabloul de bord principal trebuie să permită utilizatorului să detecteze evenimentele semnificative care necesită atenție sau acțiuni.

#### **6.5.3.4. Considerații generale pentru soluția de contorizare inteligentă**

Aplicația software trebuie să obțină, să încarce și să afișeze toate citirile și alarmele provenite de la contoarele de apă instalate la punctele de alimentare cu apă ale clienților finali. De asemenea, aplicația trebuie să gestioneze toate tipurile de citiri disponibile (vizuale, walk-by / drive-by și rețea fixă). Sistemul trebuie să utilizeze



algoritmi inteligenți pentru a dezvolta funcționalități precum: detectarea scurgerilor, identificarea fraudelor, prognozarea cererii etc.

Soluția va permite conectarea cu alte platforme pentru a exporta datele procesate care vor fi utilizate în: facturare, procese de interacțiune online cu clienții (CRM), notificări către clienții finali, ordine de lucru, replica digitală a activelor, balanța de apă, etc. Să permită primirea de informații în timp real de la toate sistemele de citire la distanță instalate în rețeaua de distribuție. Monitorizarea în timp real a consumului la diferite niveluri de agregare (DMA, district, consumator final etc.) și vizualizarea în timp real a tuturor informațiilor de monitorizare a consumului în rețeaua de distribuție.

Contorizarea inteligentă trebuie să dispună de algoritmi inteligenți pentru analiza datelor provenite din monitorizarea citirilor, să permită identificarea anomaliilor de consum și să conducă la detectarea unor posibile scurgeri sau fraude. Să permită identificarea diferitelor modele de consum în rândul clienților din rețeaua de distribuție, să clasifice utilizarea resurselor de apă în funcție de modelele de consum. Să dispună de algoritmi inteligenți pentru a identifica fraudele la nivel de client, să detecteze anomalii ale contoarelor inteligente, cum ar fi contoare blocate sau modificate, contoare instalate în mod intenționat în mod necorespunzător sau detectarea altor dispozitive care afectează buna funcționare a contoarelor inteligente.

Aplicația trebuie să permită utilizarea datelor de consum în timp real împreună cu istoricul de consum al clientului pentru a face previziuni privind cererea de apă.

#### **6.5.3.5. Considerații generale pentru soluția de monitorizare a apei neaducătoare de venit (NRW)**

Aplicația software va permite monitorizarea rețelelor de distribuție a apei potabile din perspectiva unei sectorizări a rețelei la diferite niveluri ierarhice, utilizând ca unitate minimă de agregare un DMA (District Metered Area).

Soluția va include, de asemenea, un algoritm inteligent care va permite detectarea scurgerilor și a fraudelor care au loc în rețeaua de distribuție monitorizată, îmbunătățind astfel eficiența hidraulică a rețelei. Va include, de asemenea, un sistem de avertismente și notificări parametrizabile de către utilizator, care poate fi utilizat ca bază pentru gestionarea rețelei de distribuție prin intermediul altor instrumente.

Acest sistem își va baza eficiența pe informațiile de intrare pe care le colectează, respectiv pe datele de debit și presiune ale tuturor senzorilor din rețeaua de distribuție, pe datele istorice de debit și presiune ale senzorilor din rețea, pe sectorizarea definită într-un sistem informațional geografic (GIS) și, în plus, pe datele care pot fi colectate în cazul în care contoare inteligente sunt instalate într-o rețea fixă sau într-o rețea IoT.

Aplicația trebuie să permită definirea sectoarelor hidraulice din rețeaua de distribuție folosind date din sistemele de informații geografice (GIS) și vizualizarea sectoarelor definite într-o rețea de distribuție prin intermediul unei hărți dinamice.

Soluția capabilă să genereze baze de date cu parametrii de debit și presiune generați de sistemele de detecție și să permită utilizatorului să efectueze interogările necesare în baza de date cu înregistrări de debit și presiune.

Aplicația trebuie să permită calcularea balanței de apă generale, să permită calcularea balanței de apă prin identificarea datelor pe care le primește de la diferiți

senzori (intrare sector, ieșire sector, debit, presiune etc.). Să permită calcularea performanțelor hidraulice reale și estimate pentru toate nivelurile ierarhice de sectorizare definite în rețeaua de distribuție, dacă sunt disponibili senzori de măsurare inteligentă și va permite vizualizarea randamentelor hidraulice reale și estimate prin intermediul unor grafice și date exportabile în alte fișiere. Vă permite generarea de rapoarte periodice privind soldurile, performanțele și alte elemente care pot fi parametrizate de către utilizator.

## **CAPITOLUL VII.**

### **CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI CONCLUZII**

#### **7.1. Contribuții originale**

Lucrarea aduce o serie de contribuții, de natură teoretică și practică, menite să susțină dinamica permanentă a unui domeniu vast, cu un puternic caracter interdisciplinar.

Aportul teoretic a constat în extinderea SCADA, într-un model SCADA nișat pe domeniul de alimentare cu apă, cu un set de predispuneri și specificații de utilizare a acestora, urmărind crearea unui mecanism de definire specific domeniului de alimentare cu apă.

Elaborarea unor piloți SCADA și compararea între modelele WinCC și Ignition, cele două demersuri având ca scop demonstrarea capabilităților soluțiilor. Acest obiectiv sa realizat prin intermediul unor licențe de dezvoltare din cadrul AQUATIM S.A. Abordarea prezintă o serie de beneficii care vin în sprijinul potențialilor beneficiari de infrastructuri modelate prin sisteme SCADA, oferind o viziune/concept dezvoltat pentru formalizarea cunoașterii relevante pentru sistemele SCADA.

Definirea unei modelări hidraulice prin intermediul unei aplicații specializate PMWIN, iar ca urmare a rulării programului sau obținut nivelele, debitele de tranzit în tot domeniul.

Exprimarea unor considerații privind amprenta specialistului în ingineria cunoașterii asupra conceptului de Smart SCADA cu tehnologii și metode aflate în avangarda IT&C.

#### **7.2. Concluzii**

În Capitolul 1 se prezintă perspective privind alimentarea cu apă din surse de apă subterană privind situația actuală pe plan mondial, european, național. De asemenea este prezentată și necesitatea alimentărilor cu apă ca și o sinteză a istoricului și a evoluției respectiv principala legislație existentă în domeniul apei la nivel global, european și național.

Este prezentată și prima formă de organizare a serviciilor publice de tip apacanal din România localizată în municipiul Timișoara, realizându-se din sursă de apă de adâncime.

În cea ce privește monitorizare și exploatarea surselor de apă subterană pentru județul Timiș reprezintă un factor important și necesită studierea, observarea și găsirea celor mai potrivite mijloace și măsuri de protecție a acestor surse, exploatare rațională, modernizarea forajelor cu echipamente cu eficiență ridică și întreținerea acestora prin tehnici noi.

Prin urmare când vorbim de protejarea resurselor și exploatarea eficientă ne referim direct la gestionarea resurselor într-o manieră durabilă, în cazul de față fiind vorba de apă. În acest sens, Uniunea Europeană ar putea fi un exemplu de bună

practică deoarece are capacitatea necesară de a face procesul legislativ mult mai transparent, datorită capacității instituționale și a cooperării transfrontaliere prin partajarea noilor inovații în domeniu. Scopul ar fi acela de a accelera transferul de cunoștințe și bune practici la nivelul UE, regional și global.

O provocare actuală la nivel global nu o reprezintă numai managementul cât mai eficient sectorul apei sau ca populația să se adapteze la resursele actuale existente, ci deopotrivă trebuie specificat faptul că societatea ar trebui să dețină deja răspunsul la impactul pe care îl are acest sector asupra schimbărilor climatice și asupra mediului. Pentru a avea un răspuns, este obligatoriu ca actorii cu factor de decizie și nu numai în sectorul apei, să realizeze bine ce înseamnă eficiența de mediu a apei potabile și a utilităților apei.

Capitolul 2 constituie baza teoretică pentru fundamentarea modelării hidraulice efectuată în studiul de caz, prezentând conceptele teoretice privind captările straturilor subterane respectiv cunoașterea curgerii apelor, elementele caracteristice importante pentru lucrarea curentă precum și elementele hidroinformatic necesare exemplificării anumitor funcționalități în contextul implementării lor.

În capitolul 3 s-a prezentat sintetic Regiunea de Vest Timiș cu evidențierea caracteristicilor cu privire la relief, climă, hidrografie și s-a detaliat resurse de apă potențiale și tehnic utilizabile ale județului Timiș, utilizarea resurselor de apă, calitatea apelor subterane, factorii determinanți și presiunile care afectează starea de calitate a apelor.

În vederea evaluării a fost prezentată structura organizatorică pe grupări specifice pentru sistemele centralizate de alimentare cu apă (Clusterul Sistemelor de Alimentare cu Apă) a operatorului regional de apă -canal AQUATIM S.A clasificând și evidențind sistemele de alimentare cu apă din surse subterane. Sa prezentat sintetic Municipiul Timișoara cu evidențierea caracteristicilor cu privire la relief, climă, hidrografie și resurse de apă, biodiversitate, sol resurse naturale, și caracteristici socio-economice, toate acestea interacționând în mod direct sau indirect cu activitatea de alimentare cu apă. De asemenea se prezintă situația actuală a sistemelor de alimentare cu apă a municipiului Timișoara și periurbanitati prin prisma operatorului regional de apă – canal AQUATIM S.A.

În ultima parte a capitolului s-a prezentat situația actuală a forajelor de apă de adâncime aflate în patrimonial operatorului regional AQUATIM S.A destinate alimentării cu apă a municipiului Timișoara. Astfel se observă faptul că majoritatea forajelor prezintă probleme de exploatare și monitorizare, necesitând studii și un program de reabilitare a infrastructurii de foraje.

Cercetările situației actuale tratează problemele factorilor implicați în exploatarea, întreținerea și lucrărilor de reabilitarea a forajelor de apă în scopul potabilizării. Scăderea constantă a personalului specializat în toate ramurile sectorului, ridică probleme deosebite de management în exploatare și întreținere.

Dinamica și evoluția tehnologică necesită implicare în cercetare, inovare și proiectare de sisteme smart pentru monitorizare și întreținere a forajelor destinate alimentării cu apă prin lucrările de reabilitare, re tehnologizare și modernizare a forajelor existente, în mare parte problematice sau aflate într-o stare avansată de degradare.

După care trebuie să se asigure funcționalitatea la parametri optimi a forajelor și stațiilor de tratare prin implementarea unui bun management în exploatare și întreținere.

Una dintre cauzele managementului defectuos a forajelor destinate alimentării cu apă pe lângă cea a degradării echipamentelor o reprezintă lipsa monitorizării online

a parametrilor forajului, astfel se pot eficientiza prin dotarea cu instalații și echipamente moderne cu un grad mare de automatizare și control, și tot odată monitorizarea și intervenția la timp în scopul remedierilor fără a realiza costuri suplimentare. Astfel, devine important în momentul de față, să se găsească soluții tehnice corespunzătoare care să permită funcționarea forajelor în bune condiții.

În Capitolul 4 sunt prezentate elementele constructive ale unui foraj destinate alimentării cu apă și recomandări ingineresti rezultate din practică. S-a prezentat efectele specifice pentru sistemele de alimentare cu apă din sursa subterană în ceea ce privește cauzele îmbătrânirii forajelor fiind astfel foarte importantă o bună cunoaștere și alegerea metodelor de evitare a îmbătrânirii premature a forajelor de alimentare cu apă.

De-a lungul timpului au fost dezvoltate metode și mecanisme tot mai performante, capabile să asigure funcționalitate în parametri optimi a forajelor destinate alimentării cu apă, metode de gestionare și procedee de recondiționare a forajelor acestea au fost descrise și subliniând metodele convenționale de eficientizare prin procedeele specifice de deznisipare.

Urmând tendințele de evoluție, tehnica actuală de întreținere poate influența considerabil starea forajelor destinate alimentării cu apă prin menținerea la parametri proiectați a forajelor.

Astfel se constată ca menținerea sistemului de alimentare cu apă din surse subterane se poate realiza printr-un bun management al sistemului, prin întreținerea și exploatarea corespunzătoare, dar și prin monitorizare atentă a funcționalității acestuia.

În concluzie, dincolo de competențele de tehnică actuală insitu și în funcție de specificațiile fiecărui foraj de alimentare cu apă este de așteptat ca dezvoltarea în acesta direcție să îmbine concepte din domenii variate astfel încât să se utilizeze soluții noi informatice atât de comunicare cât și de supraveghere împreună cu resurse umane specializate care să coopereze și să dezvolte noi strategii, metode și unelte de lucru. Atingerea acestor deziderate poate conduce la rezultate care pot defini noi reguli sau chiar standarde noi de exploatare.

Deasemenea s-a prezentat principalele caracteristici fizico-chimice generale ale apelor naturale și respectiv metodele convenționale de eliminare, necesare în asigurarea calității apei și s-a abordat și filierele uzuale de tratare în scopul potabilizării apei.

Acest capitol reprezintă rezultatul unui studiu atât teoretic cât și practic cu recomandări ingineresti, efectuat de autorul lucrării, cu privire la managementul exploatarei și întreținerii ale domeniului abordării și a modalităților în care acestea relaționează unele cu altele.

Următorul capitol tratează problematica reprezentării conceptelor de modernizare și automatizarea prin elemente smart esențiale domeniul abordat, analizând tendințele și interacțiunile dintre acestea și prefațând principalele aspecte de luat în seamă în dezvoltarea aplicațiilor specifice hidroinformaticice.

Soluțiile prezentate în capitolul 5 reprezintă o oportunitate de eficientizare, prin investiții aliniate la nevoile curente, utilizând soluții digitale smart pentru îmbunătățirea performanțelor operaționale.

Astfel dezvoltarea, testarea și pilotarea soluțiilor și aplicațiilor de tip smart, au ca și obiectiv central respectarea reglementărilor în vigoare, maximizarea investițiilor de capital și a cheltuielilor operaționale. Soluțiile smart de asemenea pot oferi răspuns operațional proactiv și analiza predictivă pentru mentenanța, optimizarea proceselor și planificarea investițiilor.

Soluțiile smart ar trebui să fie definite pentru a aduce durabilitatea în diferite utilizări ale apei, să asigure protecția mediului natural și să atenueze pe cât posibil pericolele naturale legate de apă, astfel este foarte important ca fiecare soluție adoptată să fie capabilă să comunice cu orice sistem, în acest context se recomandă ca soluțiile adoptate să respecte standardele curente de comunicare, standardele de structură și respectiv standardul de interoperabilitate.

În capitolul 6 sunt prezentate aspecte referitoare la cercetările întreprinse în domeniul reprezentării și managementului cunoașterii, o atenție deosebită fiind acordată metodelor de reabilitare/optimizare și provocărilor întâmpinate de cercetătorii în domeniul, în procesul de proiectare și dezvoltare al sistemelor de alimentare cu apă din surse de adâncime. Totodată sunt reliefate și acțiunile corespunzătoare diverselor faze de cercetare și proiectare întreprinse în scopul implementării și validării teoriilor enunțate în cadrul cercetării.

Motivația pentru demersul descris a fost dat de necesitatea optimizării destinate sistemelor de alimentare cu apă din surse subterane prin intermediul unui model de optimizare cu cele mai bune practici ingineresti destinat acestor sisteme. Acțiunile autorului au vizat elaborarea unei metode de optimizare atât a elementelor structurale cât și a celor funcționale. În cadrul optimizării, prima parte este destinată optimizării din punct de vedere hidraulic, mecanic, electric și civil a forajelor relevante sistemelor de alimentare cu apă din surse subterane aferente Timișoarei.

În continuare, obiectivul principal este realizarea unei platforme automate adaptate serviciului de alimentare cu apă capabilă să furnizeze resurse de prelucrare pentru accesarea și rularea algoritmilor de control avansat în scopul optimizării proceselor tehnologice specifice sectorului de apă.

*Contribuția* acestei părți o reprezintă descrierea unei strategii proprii, care se bazează pe nevoile specifice sistemelor publice de alimentare cu apă, tratate într-un sistem centralizat de tip informatic SCADA, punctând principalele caracteristici ale acestora, precum și cerințele de eficiență pentru un potențial model dezvoltat. Scopul final este de eficientizare a proceselor tehnologice prin implementarea unui astfel de model, de definire a caietelor de sarcini pentru implementarea dezvoltărilor și respectiv de identificare pe piață a potențialilor dezvoltatori pentru implementarea soluțiilor propuse.

S-a dezvoltat și simulat de către autor două modele pilot SCADA în care s-a discretizat un flux tehnologic specific sistemelor de alimentare cu apă în care s-a evidențiat forajele de alimentare cu apă. Dezvoltarea și simularea a fost realizată pentru a arăta modul în care se poate obține un sistem total automatizat cu interfața grafică de control. Interfețele grafice sunt din ce în ce mai utilizate pentru controlul proceselor deoarece oferă operatorului o mai mare transparență asupra proceselor cu grad de complexitate ridicat.

Realizarea sistemelor SCADA necesită abilități complexe de analiză și organizare din partea proiectanților. Din acest motiv au fost reprezentate și descrise modurile de organizare a unui proiect pentru eliminarea erorilor apărute la definirea caietelor de sarcini pentru investițiile ulterioare.

S-a realizat modelarea hidraulică a unei zone pilot în platforma PMWIN, iar ca urmare rulării programului sau obținut nivelele, debitele de tranzit în tot domeniul. Obiectivele incluse în modelare sunt cele existente în sistemul de alimentare cu apă din surse subterane a municipiului.

În ultima parte a capitolului 6 s-a prezentat considerații privind dezvoltarea unei platforme integrate operaționale denumită Smart SCADA având ca obiectiv includerea informațiilor operaționale într-o platformă digitală care utilizează un unic model de date, integrat, pentru a standardiza și normaliza modul în care datele de la

senzori sunt achiziționate, stocate, gestionate și partajate, în întreaga organizație. Interconectivitate cu programe terțe precum programe hidroidinformatică de exemplu PMWIN și capacitatea de a simula predicții ca rezultat al integrațiunii.

Lucrarea abordează aspecte ale aplicațiilor prezentate evidențiind viabilitatea teoriilor enunțate de autor, pe de o parte, iar pe de altă parte versatilitatea tehnologiilor utilizate, capabile să asigure preluarea, prelucrarea, stocarea și diseminarea datelor, informațiilor și cunoștințelor.

Utilizarea tehnologiei SCADA/Smart SCADA într-un domeniu atât de complex și cu o dinamică perpetuă și rapidă precum cel al alimentarilor cu apă pare a fi soluția optimă în acest moment, din perspectiva autorului. Facilitățile oferite de acest tip de aplicații acoperă o gamă vastă de cerințe în adoptarea sa pe scară largă.

Abordarea curentă pune accentul pe beneficiile oferite de arhitectura informațională SCADA/Smart SCADA în care pot fi definite diferite contexte precum achiziție, vizualizare, simulare, decizie și comanda precum și securitatea datelor și comunicațiilor.

Lucrarea prezintă idei, metode și unelte care trasează un cadru original pentru integrarea resurselor informaționale din domeniul alimentarilor cu apă.

Dorința autorului de a contribui la îmbogățirea experienței și creșterea satisfacției operatorilor de infrastructuri de apă cu privire la sistemele informatice a condus la teoretizarea unor soluții inovatoare cu privire la prelucrarea informatică a datelor și sistematizarea aspectelor tehnologice asociate implementării sistemelor informatice bazate pe tendințele curente din IT&C. În acest sens, lucrarea prezintă un studiu amplu cu privire la sisteme informatice destinate alimentarilor cu apă, analizând o serie de aspecte care vizează sensibilitatea proceselor de achiziție, organizare, reprezentare și transmitere comenzilor în infrastructurile de apă.

Valoarea științifică a studiilor și aplicațiilor descrise în lucrare a fost recunoscută intern și internațional prin intermediul articolelor și lucrărilor științifice prezentate la conferințe și preluate în publicații din domeniile de alimentare cu apă.

Eforturile cercetătorilor, inginerilor și entuziaștilor domeniului converg către țelul comun, acela de a asigura servicii mai bune pentru clienți prin control de la distanță.

Este evident că dezvoltarea domeniului IT&C și accesul tot mai facil la tehnologiile digitale conduc la îmbunătățirea majoră a serviciilor de alimentare cu apă.

Consensul cu privire la strategiile, metodele și uneltele de lucru este apanajul unor resurse umane înalt specializate, ale căror eforturi de conlucrare trebuie susținute permanent.

Tehnologiile de actualitate din domeniul IT&C sunt în măsură să asigure infrastructura pentru o practică inginerească îmbunătățită, atât din punct de vedere cantitativ, dar mai ales calitativ, în condiții de adaptare a metodelor și resurselor materiale și umane la particularitățile fiecărui operator de servicii de alimentare cu apă.

### 7.3. Direcții viitoare de cercetare

Analizând modalitățile de dezvoltare al mediului urban și nu numai în ceea ce privește calitatea vieții, protecția mediului, respectiv exploatarea eficientă a resurselor este recomandată orientarea activității de cercetare către rezultate cu potențial de valorificare sub forma unei platforme smart care să se integreze sau să raporteze către diferite entități. Realizarea unei astfel de platforme smart interconectate cu diferiți actori precum primărie, administrația bazinală, agenția de mediu, operatori de

servicii, etc, în vederea realizării unui sistem de support decizional, ar induce progres, eficiență și transparență, de altfel ar conduce la conceptul de Smart City.

Se recomandă dezvoltarea unui astfel de concept cu arhitectură deschisă care să interconecteze și integreze ulterior alte servicii sau sisteme, schimbul de date să se realizeze într-un mod standardizat bazat pe o interfață REST API (full web services), capabil să garanteze utilizatorilor dreptul să acceseze de la distanță, în mod autorizat, informațiile furnizate de sistemul de gestionare a proceselor prin conectivitate în bandă largă, sporind astfel flexibilitatea și eficiența.

Un astfel de concept reprezintă un mediu pentru a crea o mai bună înțelegere a complexității deciziilor strategice și operaționale într-un mediu smart dinamic.



## BIBLIOGRAFIE

- [1] Agachi Ș., Automatizarea proceselor chimice, Casa Cărții de știință, Cluj Napoca, 1994
- [2] Aliev T.A., Abbasov, A.M., Guluyev, G.A., Rzayev, As.H., Aliyev, Y.G.. Frequency converter-based monitoring, diagnostics and control system for artesian well pumps. Informatics and Control Problems. 52-62, 2021
- [3] Anton A., Mos D., Muntean S., Draghici I., Coccoceanu A., A software tool for the efficiency assessment of hydraulic generators operation in Timisoara's drinking water system using android-powered mobile devices, Civil Comp 2019 Conferences, Riva del Garda, Italy, 2019
- [4] Antonsen T., PLC Controls with Ladder Diagram(LD), ISBN: 9788743033349, 2021
- [5] Băncilă I. si colab., Geologie inginerească, vol I si vol. II, Ed. Tehnică, București, 1980
- [6] Berry W., Sensor Placement in Municipal Water Networks. Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE 131.3: 237-243, 2005
- [7] Binnie C., Kimber M., Smethurst G., Basic water treatment (3rd ed.). London: Thomas Telford Ltd. pp 5-89, 2002
- [8] C. Florescu, I. Mirel, Carabeț A., Stăniloiu C, Watersupply, Timișoara, 2015
- [9] Campbell T., Industrial Control Systems, Practical Information Security Management (pp.205-211), 2016
- [10] Chiru E., Chilarescu I., Mocanu M., Modulul 3.Tratarea apei destinată consumului uman, CFDPDA, Proiect WAWAMAN „Dezvoltarea industriei apei pentru integrare europeană”
- [11] Clingenpeel, W.,Rice D., Development of a Water and Wastewater SCADA System, Public Works, 121.7: 60-62, 1990
- [12] Cochei V., colaboratorii, Bazele tehnologiei chimice, vol.II, IPTV, Timișoara, 1984
- [13] Coccoceanu A., Man T.E., Florescu C., Beilicci R., Vlaicu I., Interferences Past - Present - Future, in The Water Supply of Timisoara Municipality from Underground Water Sources, Scientific Bulletin of Politehnica University of Timișoara, 2019
- [14] Coccoceanu A., Man T.E., Water security safeguarded by safe, secure and smart water management solutions, Book Springer, Cham, Online ISBN978-3-030-76008-3, 2021
- [15] Coccoceanu A., Modern technologies for the 3<sup>rd</sup> Millennium, Water source assesment for drinking water.Assesment / optimization for water treatment technologies , Oradea, 2015
- [16] Coccoceanu A., Pelea N., Cretan I., Man E.T., Cojocinescu I., Study of surface water resources availability for irrigation arrangements. Case study: Bega river, Timis county, Romania - 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, [www.sgem.org](http://www.sgem.org) , SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-04-1 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 633-639 pp, 2017

- [17] Coccoceanu A., Pelea N., Cretan I., Man T.E., Advanced and precisely process of chlorine disinfection for drinking water, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, [www.sgem.org](http://www.sgem.org), SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-04-1 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 25-31 pp, 2017
- [18] Coccoceanu A., Pelea N., Cretan I., Man T.E., Water wells monitoring using scada system for water supply network. case study: Water treatment plant Urseni, Timis county, Romania, 17th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium, Prague (Czech Republic), 2017, [www.wmcaus.org](http://www.wmcaus.org) , WMCAUS2017 Conference Proceedings, ISBN: 978-80-270-1974-8, June 12-16, 2017.
- [19] Coccoceanu A., Sustainable development in rural area through projects- basic infrastructure - water and sewerage systems in the timiș County, Managemnt Agricol, editura Agroprint Timisoara, 2016
- [20] Cod de proiectare seismică – Partea I–Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100-1/2006
- [21] Cuirevici I., Automatizări în industria chimică, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
- [22] D. N. Alcock, "Understanding solid-state variable-frequency power-supplies for variable-speed pumping", *Power Mag.*, Jan. 1976.
- [23] David I., Hidraulică subterană. Procese de mișcare și transportul poluanților, Vieweg Verlag, Wiesbaden, Germania, ISBN 3-86537-590-1, 1998
- [24] David I., Hidraulică, vol I+II, editura Politehnica Timișoara, 1990
- [25] David I., Modelarea matematică – numerică a sistemelor tehnice, Cuvillier Verlag, Wiesbaden, Germania, ISBN 3-528-07713-1, 1998
- [26] David I., Sumălan I., Metode numerice cu aplicații în hidrotehnică, Mirton Timișoara, 1998
- [27] Elshafei M., Modern Distributed Control Systems, CreateSpace, ISBN-13:9781535103855, 2021
- [28] Fitts R. C., Groundwater Science, Academic Press, London, 2002
- [29] Gardner R. F., Industrial control system security, Introduction to Plant Automation and Controls (pp.510-525), 2020
- [30] Gardner R., PLC terms and definitions, Introduction to Plant Automation and Controls (pp.527-535),2020
- [31] Gheorghe P. Constantinescu, Captările de ape subterane din România, editura tehnică București, 1980
- [32] Haberlandt K., ERP-Planning Garbage: Realizing and Preventing, Innovation and Future of Enterprise Information Systems (pp.31-51), 2013
- [33] Hayward P., CCTV inspection systems, 2003
- [34] Herrera M., Giudicianni C., Smart Water Grids, MDPI, 2020
- [35] Huneberg k., Catchment maintennce: Renovation of wells, International Watersupply Congress & Exhibition, Stockholm, 1964
- [36] Ilie V, Ioan H. ,Alimentarea cu apă a Timișoarei, Istorie prezent si perspective, Brumar, Timișoara, 2012
- [37] Inițiere în GIS și teledetecție, Presa universitară Clujeană, Cluj, 1999
- [38] Kenneth R., Use of models to study ground-water problems, DOI:10.1061/TACEAT.0007923, 1960
- [39] Kicinski J., Chaja P., Smart Cities, Climate Change, Human Impact and Green Energy Transformation (pp.101-114), 2021

- [40] Koukidou I., Panagopoulos A., Application of feflow for the simulation of groundwater flow at the Tirnavos (central Greece) alluvial basin aquifer system, Bulletin of the Geological Society of Greece, 2010
- [41] La Moureaux E. Philip, J. Vrba, Hydrogeology and management of hazardous waste, by deep-well disposal, Verlag Heinz, Hannover, 1990
- [42] Lallemand A.B., Claude J. R., Perimetres de protection des captage d'eau souterraine destinee a la consommation humaine, BRGM, Orleans, 1999
- [43] Leal Filho, Walter, Sümer, Vakur Sustainable Water Use and Management, 2015
- [44] Leeuwen van J., Bursill D., Chow C., Drikas M., Impacts of Dissolved Organic Carbon on Water Treatment Processes Development of a Predictive Model for Process Optimisation, Australia- Germany Collaboration on Water and Environment R&D, March 1998
- [45] Lenton M., Lister D., Garside J., Pleace R., Smart Enterprise Asset Management, Climate Emergency – Managing, Building , and Delivering the Sustainable Development Goals (pp.395-414), 2022
- [46] Levitt J., Asset Management, Leadership Skills for Maintenance Supervisors and Managers (pp.77-81), 2020
- [47] Margat I., Notions generals l'hydraulique de puits, BRGM, 1964
- [48] Marinoiu V., Paraschiv N., Automatizarea proceselor chimice, Editura Tehnică, București, 1992
- [49] Mateescu C., Determinarea perimetrului de protecție al unei captări folosind modelarea matematică a acviferului, Ses. Com. Șt., Timișoara, 1995
- [50] Michel D., Water Security, Australian Strategic Policy Institute, The Geopolitics of Climate and Security in the Indo-Pacific (pp.25-35), 2022
- [51] Mocanu V., Cineti A., Măsuri de protecție și de păstrare a calității apelor subterane din România, cantonate în hidrostructuri cu caracter strategic, Simp. Intern. Protecția Mediului Eco 97524, București, 1997
- [52] Motaz A., Mohammed A., Cybersecurity in Industrial Control System (ICS), International Conference on Information Technology (ICIT), 2021
- [53] Negulescu M., Captarea apelor subterane, Ed. Tehnică, București, 1960
- [54] Normativ pentru proiectarea, executia si exploatarea instalatiilor electrice aferente cladirilor - I 7-2011
- [55] Pascu M., Cercetarea apelor subterane, Ed. Tehnică, București, 1968
- [56] Pelea N., Costescu I., Man E.T., Coccoceanu A., Current management issues in exploitation and maintenance of irrigation systems in western part of Romania. Case study of water quality for irrigation, International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM,Bulgaria, Sofia, Vol.1, p223-230, 2016
- [57] Perju D., Geantă M., Șuta M., Rusnac C., Automatizarea proceselor chimice, Partea a I-a, Editura Mirton, Timișoara, 1998
- [58] Pricop G., Ciocîrdel F., Horaziu A., Îndrumător pentru alimentări cu apă prin foraje, Ed. agrosilvică, București, 1963
- [59] Pricop G., Horaziu A., Considerații cu privire la înnisiparea și deznisiparea forajelor, pentru alimentări cu apă, Hidrotehnica, vol.5, nr.5, 1960
- [60] Racovițeanu G., Vulpașu E., Dinet E., Ghid de conformare a uzinelor de apă la prevederile Directivei CE/98/EC transpusă prin Legea 458/2002, privind calitatea apei potabile-Sinteză, Wokshop 2 octombrie, București, 2003
- [61] Ritchie, E., The New Face of SCADA, Water Efficiency, Vol. 6, No. 3: 28-33, 2011

- [62] ROJANSCHI V.– The national system of groundwater quality monitoring, A.I.H – A.R.H, Constanța, 1994
- [63] Rojanschi V., Bran F., Diaconu G., Engineering and environmental protection, Economic Publishing House, București, 2002
- [64] Rojanschi V., Pascu M., Rădulescu F., Tevi G., Managementul apelor subterane, editura Pro Universitaria, 2011
- [65] Salem A., Condition monitoring of electrical submersible pumps, Sebha University Journal of Pure Applied Sciences, vol.2, nr.1, 2021
- [66] Scărădeanu D., Hidraulică subterană – note de curs
- [67] Sekar M., SCADA and Operational Technology, Machine Learning for Auditors (pp.131-135), 2022
- [68] Shamsi M. U., GIS Applications for water, wastewater and stormwater system, A CRC Press Book, Boca Raton, 2005
- [69] Sudhakar M. Rao and P. Mamatha, Water quality in sustainable water management, 2004
- [70] T. Ionescu, Schimbători de ioni, Editura Tehnică București, pp 4-8, 1964
- [71] Tamas M., Man E.T., Mirel I., Coccoceanu A., Sludge strategy in Caras Severin county and rehabilitation of contaminated sites, Natural Resources and Sustainable Development, Volume 8, Issue 2 Oradea (Romania) , 2018
- [72] Tamas M., Man E.T., Pelea N., Coccoceanu A., Beilicci R., Costescu I., Study on water source protection - Case study of lake Buhui – Anina city, Caras – Severin county, Romania - World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium, Prague (Czech Republic), 2016, [www.wmcaus.org](http://www.wmcaus.org), WMCAUS2017 Conference Proceedings, ISBN: 978-80-270-1974-8, June 12-16, 2016.
- [73] Tudor C., Îndrumător pentru executarea forajelor de apă, Ed. Ceres, București, 1986
- [74] Vintilescu M. si colab., Aspect regarding, the phreatic groundwater quality in Romania between 1985-1993, A.I.H. – A.R.H., Constanța, 1994
- [75] W. Mike Edmunds, Paul Shand, Natural Groundwater Quality, 2008
- [76] Wagner B.J., Gorelick M., Optimal groundwater quality management under parameter uncertainty, Volume 23, Pages 1162-1174, 1987
- [77] Wilby R.L., Contemporary Hydrology, Departament of Geography, University of Derby, UK, 1995
- [78] xxx - Agenția Națională pentru Protecția Mediului Rapoarte anuale
- [79] xxx - Agenția pentru Dezvoltare Regională Vest <https://adrvest.ro/>
- [80] xxx - Arhiva tehnică Aquatim S.A, Timișoara
- [81] xxx - Brundtland Commission (1987), Report of the World Commission on Environment and Development
- [82] xxx - Buletin hidrogeologic – pentru apele subterane INHGA
- [83] xxx - Curtea de Conturi a României <http://www.curteadeconturi.ro/>
- [84] xxx - Directiva 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului
- [85] xxx - Institutul Național de Statistică <https://insse.ro/cms/>
- [86] xxx - Legea apelor nr. 107/1996
- [87] xxx - Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții;
- [88] xxx - Legea nr. 310/2004
- [89] xxx - Legea nr.137/1995 - Legea protecției mediului;
- [90] xxx - Planul Național de Dezvoltare 2007-2013, Guvernul Romaniei
- [91] xxx - Planul național de management al riscurilor de dezastre – Comitetul Național pentru Situații de Urgență 2020

- [92] xxx - PROTOCOL\*) din 17 iunie 1999 privind apa și sănătatea la Convenția privind protecția și utilizarea cursurilor de apă transfrontieră și a lacurilor internaționale
- [93] xxx - Rapoarte de activitate ale Administrației Naționale „Apele Române”
- [94] xxx - Regulamentului M.L.P.A.T., aprobat cu H.G.R. 766/97
- [95] xxx - STAS 6054-77, Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României
- [96] xxx - Strategia Națională pentru Dezvoltarea Durabilă a României 2030
- [97] xxx - Sustainable Development, UNESCO, <https://en.unesco.org/>
- [98] xxx - United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil, AGENDA 21, 1992
- [99] xxx - <http://www.anpm.ro/>
- [100] xxx - <http://www.globalwaterleaders.org>
- [101] xxx - <http://www.mmediu.ro>
- [102] xxx - <http://www.pmwin.net/index.htm>
- [103] xxx - <https://aquademica.ro/>
- [104] xxx - [https://ec.europa.eu/environment/water/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/water/index_en.htm)
- [105] xxx - <https://globalwaterchallenge.org>
- [106] xxx - <https://inductiveautomation.com>
- [107] xxx - <https://iwa-network.org/>
- [108] xxx - <https://ro.wikipedia.org>
- [109] xxx - <https://rowater.ro/>
- [110] xxx - <https://water.europa.eu/freshwater>
- [111] xxx - <https://water.org/>
- [112] xxx - <https://water.org/our-impact/water-crisis/>
- [113] xxx - <https://www.ara.ro/>
- [114] xxx - <https://www.araromaqua.ro/>
- [115] xxx - <https://www.citimis.ro/>
- [116] xxx - <https://www.dsptimis.ro/>
- [117] xxx - <https://www.globalwaters.org/>
- [118] xxx - <https://www.meteoromania.ro/>
- [119] xxx - <https://www.mikepoweredbydhi.com/>
- [120] xxx - <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/feflow>
- [121] xxx - <https://www.primariatm.ro>
- [122] xxx - <https://www.researchgate.net/>
- [123] xxx - <https://www.samanalyticsolutions.com/siemens-scada-software/>
- [124] xxx - <https://www.unitronicsplc.com>
- [125] xxx - <https://www.usgs.gov>
- [126] xxx - <https://www.weforum.org/>
- [127] xxx - [www.biodiversitate.mmediu.ro](http://www.biodiversitate.mmediu.ro)
- [128] xxx - [www.ct-upt.ro](http://www.ct-upt.ro)
- [129] xxx - <https://www.autodesk.com>

## **CURRICULUM VITAE**

Adrian Lucian Coccoceanu este născut în Caransebeș la data de 10 noiembrie 1986 și a urmat cursurile Liceului Industrial Oțelu Roșu din Oțelu Roșu, între anii 2003-2007. Ca urmare a absolvirii cursurilor Facultății de Hidrotehnică din cadrul Universității Politehnica Timișoara, din Timișoara, în anul 2011 obține titlul de inginer licențiat în inginerie civilă, specializarea Amenajări și Construcții Hidrotehnice. În anul 2012 finalizează cursul postuniversitar al Facultății de Hidrotehnică din cadrul Universității Politehnica Timișoara, specializarea - Dezvoltare durabilă a resurselor de apă, iar în 2013 în cadrul aceleiași facultăți, obține diploma de master în — Optimizarea Sistemelor Hidrotehnice.

Din octombrie 2016 efectuează studii universitare de doctorat în cadrul Universității Politehnica Timișoara, sfera sa de interes profesional cuprinzând problematici legate de resursele de apă și Tehnologia Informației precum formalismele de reprezentare a cunoștințelor, sistemele de decizie, tehnologiile de comunicație, echipamente de măsură și control. Tema de cercetare urmărește aceste preocupări și vizează teoretizarea și implementarea unor aspecte referitoare la monitorizarea și integrarea forajelor destinate pentru alimentarea cu apă prin utilizarea unei platforme dedicate, punând accent pe interacțiunea dintre rețehnologizarea infrastructurii de foraje și integrarea datelor într-un concept smart pentru realizarea unui sistem support decizional.

Activitatea de cercetare s-a materializat într-un număr de 13 articole publicate în volumele unor manifestări științifice din țară și din străinătate, 6 dintre acestea fiind indexate în baze de date internaționale și alte 4 indexate ISI Proceedings.

# **LISTA PUBLICAȚIILOR REZULTATE ÎN URMA TEZEI DE DOCTORAT, PUBLICATE SUB AFILIERE UPT**

**Ing. Adrian Lucian Cococeanu**

## **1. Lucrări științifice publicate în reviste indexate ISI**

## **2. Lucrări științifice publicate în volumele unor manifestări științifice (Proceedings) indexate ISI Proceedings**

- [1] **AL. Cococeanu**, IA. Cretan, GN. Pelea, Mi. Cojocinescu and TE. Man, " Water Wells Monitoring Using SCADA System for Water Supply Network, Case Study: Water Treatment Plant Urseni, Timis County, Romania", World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS) 245, Conference Proceedings, ISBN: 978-80-270-1974-8, June 12-16, 2017, Prague, Czech, 2017. (*Web of Science*).
- [2] **AL. Cococeanu**, TE. Man, and C. Florescu, "Water Source Assessment for Drinking Water. Assessment/Optimization for Water Treatment Technologies", 15th National Technical-Scientific Conference on Modern Technologies for the 3rd Millennium, Scientific Conference, Modern Technologies for 3rd Millennium, 2016, ISBN 978-88-7587-724-8, pp 99-104, Oradea, România, 2016. 99-104 (*Web of Science*).
- [3] GN. Pelea, IA. Cretan, TE. Man, and **AL. Cococeanu**, " Current management issues in exploitation and maintenance of irrigation systems in western part of Romania. Case study of water quality for irrigation", 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2016), Ecology, Economics, Education and Legislation Conference Proceedings, SGEM 2016, VOL I , pp.223-230, Sofia, Bulgaria, 2016. (*Web of Science*).
- [4] M. Tamas, TE. Man, GN. Pelea, R. Beilicci and **AL. Cococeanu**, "Study on Water Source Protection - Case Study of Lake Buhui – Anina City, Caras - Severin County, Romania", World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS), World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016, WMCAUS 2016 161, pp.2203-2208, Prague, Czech, 2016. (*Web of Science*).

## **3. Lucrări științifice publicate în reviste de specialitate indexate BDI**

## **4. Lucrări științifice publicate în volumele unor manifestări științifice (Proceedings) indexate BDI**

- [1] **AL. Cococeanu**, GN. Pelea, Mi. Cojocinescu, TE. Man and IA. Cretan, "Study of surface water resources availability for irrigation arrangements. Case study: Bega river, Timis county, Romania", 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-04-1 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2017, 633-639 pp, Sofia, Bulgaria 2017 (*Scopus*).
- [2] **AL. Cococeanu**, GN. Pelea, IA. Cretan and TE. Man, "Advanced and precisely process of chlorine disinfection for drinking water", 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-04-1/ISSN 1314-2704, June 18-24, 2017, 25-31 pp, Sofia, Bulgaria, 2017. (*Scopus*).
- [3] **AL. Cococeanu** and TE. Man, "Water Resources, Nature of Contaminants, Impact on Health and Water Quality", Book Springer, Cham, **Online ISBN**978-3-030-76008-3, 2021 (*Scopus*).
- [4] **AL. Cococeanu** and TE. Man, "Methods and Characteristics of Conventional Water Treatment Technologies", Book Springer, Cham, **Online ISBN**978-3-030-76008-3, 2021 (*Scopus*).
- [5] **AL. Cococeanu** and TE. Man, "Water Security Safeguarded by Safe, Secure and Smart Water Management Solutions", Book Springer, Cham, **Online ISBN**978-3-030-76008-3, 2021 (*Scopus*).

##### **5. Lucrări științifice publicate în volumele unor manifestări științifice internaționale (Proceedings) din străinătate**

- [1] A. Anton, D. Mos, S. Muntean, I. Draghici and **AL. Cococeanu**, "A software tool for the efficiency assessment of hydraulic generators operation in Timisoara's drinking water system using android-powered mobile devices", CIVIL COMP 2019 Conferences, Riva del Garda, Italy, 2019.

##### **6. Lucrări științifice publicate în volumele unor manifestări științifice**

- [1] **AL. Cococeanu**, TE. Man and I. Vlaicu, "Sustainable development in rural area through projects-basic infrastructure - water and sewerage systems in the Timiș county", Agricultural Management / Lucrari Stiintifice Seria I, Management Agricol, Vol. 18 Issue 1, p47-52, Timisoara, Romania, 2016.
- [2] M. Tamas, TE. Man, I. Mirel and **AL. Cococeanu**, "Sludge strategy in Caras Severin county and rehabilitation of contaminated sites", Natural Resources and Sustainable Development, Volume 8, Issue 2, Oradea, Romania, 2018.
- [3] **AL. Cococeanu**, TE. Man, C.Florescu, I.Vlaicu and R. Beilicci, "Sustainable development in rural area through projects-basic infrastructure - water and sewerage systems in the Timiș county", Agricultural Management / Lucrari Stiintifice Seria I, Management Agricol, Vol. 18 Issue 1, p47-52, Timisoara, Romania, 2016.