

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI**



**ÎMBUNĂȚIREA CONTROLULUI PROCESELOR
DE EPURARE A APELOR UZATE**

- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Ing. Costel-Cătălin Prăjanu

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. ing. Florian Stătescu

IAȘI, 2025

ÎMBUNĂȚIREA CONTROLULUI PROCESELOR DE EPURARE A APELOR UZATE

- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Ing. Costel-Cătălin Prăjanu
domeniul Inginerie Civilă și Instalații

Președinte comisie doctorat:
Conducător de doctorat:
Referenți oficiali:

Conf. univ. dr. ing. Nicolae Marcoie
Prof. univ. dr. ing. Florian Stătescu
Prof. univ. dr. ing. Constantin Florescu
Prof. univ. dr. ing. Daniel Bucur
Conf. univ. dr. ing. Petru Cercel

Comisia de îndrumare/Comisa de îndrumare
și integritate academică:

Conf. univ. dr. ing. Nicolae Marcoie
Conf. univ. dr. ing. Vasile Lucian Pavel
Ș. I. univ. dr. ing. Daniel Toma

CUPRINS

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE.....	3
1.1. Necesitatea și oportunitatea temei de cercetare.....	3
1.2. Situația actuală a cercetărilor în domeniu, pe plan național și mondial.....	3
1.3. Principii de bază în epurarea apelor uzate.....	5
1.4. Obiectivul general, direcțiile de cercetare și structura tezei.....	6
CAPITOLUL 2. BAZA MATERIALĂ ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE.....	8
2.1. Cercetări efectuate la SEAU Iași.....	8
2.1.1. Prezentare generală.....	8
2.1.2. Pretratarea și treapta mecanică de epurare a apei uzate.....	8
2.1.3. Treapta biologică de epurare a apei uzate.....	9
2.1.4. Treapta chimică pentru eliminare fosfor.....	9
2.1.5. Treapta de tratare nămol.....	10
2.1.6. Fluxul tehnologic al apei.....	10
2.1.7. Fluxul tehnologic al nămolului.....	11
2.1.8. Cogenerarea și fluxul tehnologic al biogazului.....	11
2.1.9. Metodologia cercetării.....	12
2.1.9.1. Înregistrarea și crearea bazelor de date.....	12
2.1.9.2. Prelevarea probelor și analiza acestora în laborator.....	13
2.1.9.3. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor.....	13
2.2. Cercetări efectuate la Universitatea din Stuttgart (ISWA).....	13
2.2.1. Prezentare generală.....	13
2.2.2. Aspecte metodologice de cercetare.....	14
CAPITOLUL 3. CONTROLUL PROCESELOR DE EPURARE ÎN SEAU IAȘI.....	15
3.1. Considerații generale privind utilizarea softului SCADA.....	15
3.2. Controlul SEAU Iași prin intermediul barelor de instrumente SCADA.....	15
3.3. Specificații privind SRA PID utilizate.....	16
3.4. Chei de control SCADA.....	16
3.5. Aparatură de măsură și control a proceselor tehnologice.....	17
CAPITOLUL 4. REZULTATELE CERCETĂRILOR EFECTUATE ÎN SEAU IAȘI.....	18
4.1. Analize de laborator și proces tehnologic.....	18
4.2. Analiza calitativă.....	18
4.3. Analiza cantitativă.....	19

4.4. Analiza procesului tehnologic și a pierderilor de sarcină.....	22
4.5. Analiza performanței echipamentelor de aerare și a consumului energetic.....	25
4.6. Concluziile cercetărilor analitice realizate în SEAU Iași.....	26
CAPITOLUL 5. REZULTATELE CERCETĂRILOR EFECTUATE LA ISWA.....	27
5.1. Controlul nivelului și al debitului de apă în rezervoare prin intermediul SRA PID.....	27
5.2. Controlul concentrației de oxigen dizolvat (DO) în apă prin intermediul SRA PID.....	27
5.3. Biodegradabilitatea compușilor de PVA în mediu apos cu nămol activat.....	28
5.4. Concluziile cercetărilor efectuate la Universitatea din Stuttgart – ISWA.....	29
CAPITOLUL 6. MODELAREA AMESTECULUI POLIFAZIC DIN SEAU IAȘI.....	30
6.1. Studiu de caz: <i>Bioreactorul cu nămol activat nr. 3 din TB a SEAU Iași</i>	30
6.2. Studiu de caz: <i>Alimentare cu apă uzată și RAS TB SEAU Iași</i>	34
6.3. Studiu de caz: <i>Bioreactor nr. 3 – Distribuție oxigen în zona oxică</i>	35
6.4. Constatări și interpretări ale modelării amestecului polifazic.....	37
CAPITOLUL 7. CONCLUZII, SOLUȚII TEHNICE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.....	38
7.1. Concluzii generale.....	38
7.2. Soluții tehnice propuse.....	38
7.3. Contribuții științifice.....	42
Bibliografie selectivă.....	44
Activitate de cercetare.....	47

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

1.1. Necesitatea și oportunitatea temei de cercetare

Necesitatea îmbunătățirii proceselor de epurare este ea însăși o oportunitate oferită de evoluția omenirii, în timp ce controlul proceselor de epurare a apelor uzate reprezintă o necesitate datorită complexității acestora.

Obiectivul principal al epurării apelor uzate îl constituie îndepărtarea substanțelor în suspensie, coloidale și în soluție, a substanțelor toxice, a microorganismelor din apele uzate, în scopul protecției mediului înconjurător (aer, sol, apă, populație etc.). Epurarea apei uzate urmărește îmbunătățirea sau menținerea calității apei prin procedee de tratare.

Necesitatea cercetărilor în zona de studiu a apărut ca răspuns la preocupările actuale de îmbunătățire a procesului tehnologic pentru implementarea noilor reglementări și limite impuse de lege. Oportunitatea cercetărilor se regăsește în contribuțiile pe care știința trebuie să le aducă specializării și domeniului, care este într-o continuă evoluție.

1.2. Situația actuală a cercetărilor în domeniu, pe plan național și mondial

Dezvoltarea cea mai accentuată în domeniul epurării apelor uzate s-a produs în secolul XX, la începutul secolului, canalizarea fiind considerată un risc pentru sănătatea populației, chiar dacă se cunoștea încă din antichitate valoarea îngrășământului din reziduuri umane.

Odată cu industrializarea orașelor, s-a trecut de la colectarea și eliberarea liberă a apei utilizate, la colectarea, deversarea și tratarea apelor uzate, iar la începutul anilor 1800, s-a început construirea canalizării în Londra, Marea Britanie. În anul 1843, a fost proiectat primul sistem de canalizare în Hamburg, Germania de către inginerul britanic Lindley (Riffat, 2013).

Ideea că există posibilitatea tratării apei uzate prin utilizarea microorganismelor a început să apară treptat, iar în Marea Britanie și SUA și-au găsit întrebuințarea ca soluții de tratare filtrele biologice. Unul dintre cele mai vechi filtre biologice este cel din Salford, Marea Britanie, instalat în anul 1893 (Cooper, 2001).

În anul 1906, inginerul german Karl Imhoff dezvoltă decantorul Imhoff, construit pentru separarea solidelor de apă și prevenirea degajării gazelor din fermentarea nămolului, acesta fiind printre primii ingineri din domeniu care a luat foarte în serios problema tratării apelor uzate (Rifat, 2013).

În anul 1913, inginerii chimiști Arden și Lokett au dezvoltat procesul de epurare cu nămol activat, aceștia denumind astfel procesul de epurare, deoarece au considerat că nămolul a fost activat într-o manieră similară cărbunelui activ (Arden și Lokett, 1914).

Experimentele pentru tratarea apei, realizate de cei doi ingineri, pe un reactor secvențial, au făcut posibilă obținerea unui efluent tratat (Chen și colab., 2020), iar procesul de epurare cercetat a fost pus în aplicare doi ani mai târziu, în anul 1916, la Worcester, Marea Britanie (Wiesmann, Choi și Dombrowski, 2007).

Concomitent cu dezvoltarea orașelor, s-a constatat că râurile deveneau tot mai poluate, iar ca răspuns, au crescut cerințele pentru epurarea apei, noul obiectiv fiind mărirea eficienței de îndepărtare a poluațiilor.

Astfel, în a doua jumătate a secolului XX, a apărut problema eutrofizării în apele de suprafață. În Europa, începând cu anul 1960 a devenit tot mai clar că elementele chimice N și P deversate în râuri au un efect eutrofizant și trebuie limitate la deversare pentru a reduce eutrofizarea cursurilor de apă.

Constatările din domeniu au condus la programe de cercetare, iar rezultatele cercetărilor din domeniile bacteriologie și bioenergetică au fost aplicate la epurarea apelor uzate.

Primele încercări de modelare a proceselor de epurare cu nămol activat sunt prezente în cercetările lui Monod (Rehm, Reed și Hartmann, 1999). Rezultatele obținute și cunoștințele aplicate cu succes în tratarea apelor uzate prin utilizarea ecuațiilor lui Monod în procesul de epurare cu nămol activat, au făcut ca acest procedeu de tratare să fie preferat în tratarea apei uzate.

În anul 1962, Ludzack și Ettinger dezvoltă cele două sisteme de epurare cu pre-denitrificare (Ludzack și Ettinger, 1962), în care un reactor oxic urmează unui reactor anoxic, diferența dintre cele două sisteme fiind dată de prezența recirculării interne în cazul sistemului L-E modificat (MLE).

În anul 1964, în Elveția, Wuhrmann dezvoltă sistemul de epurare cu post-denitrificare, în care un reactor anoxic urmează unui reactor aerob. Acest sistem îi poartă numele și este utilizat pe scară largă în SUA datorită valorilor foarte mici ale N prezent în efluent (Wuhrmann, 1964).

Barnard combină reactoarele de post și pre-denitrificare, introduce recirculare pentru controlul NO_3 ce intră în pre-denitrificarea în 4 trepte și dezvoltă sistemul Bardenpho în Africa de Sud, în anul 1972 (Barnard, 1973). Cu toate acestea, elementele chimice N și P pot fi îndepărtate din apa uzată doar prin transformare în fază solidă. Eliminarea P prin precipitare chimică și filtrare s-a produs începând cu anul 1970, îndepărtarea biologică a PO_4 fiind un proces unic și descoperit accidental.

Primele cercetări privind eliminarea PO_4 în tratarea apei uzate au fost efectuate de Srinath și colab., în India în anul 1959 (Srinath, Sastry și Pillai, 1959), iar primul sistem pentru eliminarea P a fost denumit PhoStrip (Levin și Shapiro, 1965).

Tot Barnard, în anul 1976, a dezvoltat principiul Phoredox pentru îndepărtarea biologică a excesului de PO_4 , introducând în sistemul cu nămol activat ciclurile anaerob și aerob (Barnard, 1976).

Odată cu criza energetică din anii 1970 (Chen și colab., 2020), atenția cercetărilor în domeniu s-a mutat de la tratarea aerobă a apelor uzate, la tratarea anaerobă a apelor uzate și a nămolului. Dezvoltarea reactoarelor anaerobe cu pat ascendent (UASB) de către Lettinga și colaboratorii a marcat o descoperire remarcabilă pentru tratamentul anaerob (Lettinga și colab., 1980).

O altă inovație dezvoltată în anii 1970, dar care a fost introdusă pe scară largă la sfârșitul anilor 1990 este procesul cu nămol activat cu separare prin membrană în loc de decantor secundar (MBR). Răspunzători pentru această inovație sunt Yamamoto și colegii săi, care au integrat modulul cu membrană cu fibre goale în interiorul bioreactorului de aerare (Yamamoto și colab., 1989).

1.3. Principii de bază în epurarea apelor uzate

Sedimentarea este unul dintre principiile fundamentale din domeniul epurării apei uzate.

Prin acest proces de natură fizică cele două faze din amestecul lichid-solid (fluid polifazat) se separă datorită diferenței de greutate specifică.

În funcție de natura, dimensiunile și modul cum interacționează particulele solide dispersate în lichid, există 4 tipuri de sedimentare, acestea fiind: sedimentarea de tip I sau discretă, sedimentarea de tip II sau floculantă, sedimentarea de tip III sau în masă și sedimentarea de tip IV sau tasarea (compresiunea).

Flotarea este un alt principiu de bază din domeniul epurării apei uzate. Prin acest fenomen, cele două faze din amestecul polifazat se separă, de asemenea, tot datorită diferenței de greutate specifică. Diferența dintre principiul flotării și al sedimentării este dată de direcția particulelor în suspensie. În cazul flotării direcția particulelor este ascensională datorită faptului că greutatea specifică a acestora este mai mică decât cea a lichidului în care se află.

Prin urmare, cunoașterea *creșterii și dezvoltării microbiene* sau a *reacțiilor de stoichiometrie* sunt cheia pentru obținerea de informații care pot duce la dezvoltarea de modele matematice și procese de epurare, la proiectarea de procese de epurare și la prezicerea performanțelor acestor procese.

În anul 1934, Baas-Becking afirma că ”Totul este peste tot, iar natura selectează” (Weissbrodt et al., 2020). Biologia procesului tehnologic din SEAU este bazată pe consumul materiei organice de către microorganisme care includ bacterii, viruși, alge și protozoare (Carty, O’Leary și Meaney, 1997).

Diviziunea sau scindarea bacteriei apare atunci când proporția suprafață-volum atinge punctul critic și celula a ajuns la limita de creștere (Rojanschi și Ognean, 1997).

Enzimele interne și externe sunt utilizate pentru a descompune substratul (hrana) până la forme care pot fi mai ușor utilizabile de către bacterii pentru întreținerea și desfășurarea vieții (Brown și colab., 2005).

Stoichiometria se ocupă cu reacțiile chimice, biochimice și reacțiile dintre reactanții produșii reacțiilor. Reacțiile stoichiometrice sunt clasificate în funcție de cinetica lor de reacție, iar în acest mod este studiată viteza reacțiilor în care sunt consumați reactanții sau cum se formează produșii într-o stare stoichiometrică (Brown și colab., 2005).

În domeniul epurării apelor uzate, reacțiile stoichiometrice sunt utilizate pentru determinarea numărului de moli de reactanți ce intră în reacție și numărul de moli de produși care au fost produși în reacțiile stoichiometrice, aceste reacții fiind divizate în reacții omogene și neomogene (eterogene) (von Sperling, 2007).

Fermentarea sau procesul de tratarea anaerobă a nămolului este unul dintre cele mai vechi și mai importante principii în domeniul epurării apelor uzate, din acest proces de o complexitate ridicată rezultând biogazul. Primul fermentator de nămol a fost proiectat la Kelowna WWTP, Canada în anul 1970 (Barnard, 1984).

Procesul de transformare a nămolului de epurare în biogaz prin stocarea în condiții anaerobe este realizat de câteva grupe de microorganisme (Brown și colab., 2005), cele 4 faze ale procesului de fermentare fiind hidroliza, acidogeneza, acetogeneza și metanogeneza (Gujer și Zehnder, 1983; van Haandel și Lettinga, 1994).

Aerarea sau transferul de oxigen în apă este unul dintre cele mai importante principii de bază din domeniul epurării apelor uzate, având o importanță fundamentală într-un număr mare de procese aerobe de tratare a apei.

În procedeul de epurare cu nămol activat, controlul precis al oxigenului necesar în bioreactoare este vital pentru activitatea microorganismelor, prea puțin oxigen fiind nedorit din varii motive, iar o cantitate prea mare va crește inutil costurile și consumul de energie. Cantitatea de oxigen introdusă într-un bioreactor, trebuie să satisfacă necesarul biologic (Carty, O'Leary și Meaney, 1997) și să fie menținut la o concentrație de oxigen între 1-3 mg DO/L (Negulescu, 1978).

1.4. Obiectivul general, direcțiile de cercetare și structura tezei

Cercetările prezentei teze își propun să contribuie la asigurarea unui management performant în SEAU Iași, prin: modernizarea controlului proceselor de epurare, îmbunătățirea parametrilor procesului tehnologic și creșterea eficienței energetice a SEAU. Acest deziderat poate fi atins în urma aplicării unor soluții tehnice fundamentate științific, moderne, ca rezultat al unor cercetări complexe. Studiile și cercetările efectuate au urmărit îmbunătățirea controlului cu programul SCADA.

Direcțiile de cercetare au fost elaborate în urma unui amplu studiu de documentare din literatura de specialitate națională și internațională și sunt prezentate în continuare:

- analiza, interpretarea și identificarea unor aspecte științifice neelucidate;
- analiza controlului proceselor de epurare în SEAU Iași;
- efectuarea unor studii teoretice și modelarea amestecurilor polifazice la scară de laborator și în SEAU Iași;
- cercetarea condițiilor de funcționare a unor componente ale sistemului de tratare a apelor;
- elaborarea și fundamentarea științifică a unor soluții tehnice avansate pentru îmbunătățirea controlului proceselor de epurare a apelor uzate.

Teza, având ca obiectiv central fundamentarea științifică a unor soluții tehnice de creștere a eficienței tratării apelor uzate și a fost structurată în 7 capitole.

CAPITOLUL 2. BAZA MATERIALĂ ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE

2.1. Cercetări efectuate la SEAU Iași

Identificarea măsurilor de intervenție pentru îmbunătățirea procesului tehnologic, a fost realizată prin cercetări in situ, laborator și prin analiza datelor rezultate.

Pe parcursul cercetărilor am urmărit și monitorizat echipamentele de măsură a debitelor în punctele de analiză, concentrațiile parametrilor de proces pe trepte de epurare, regimul de curgere atât pe linia apei, cât și pe linia nămolului, dar și eficiența energetică a SEAU Iași.

2.1.1. Prezentare generală

Stația de epurare ape uzate Iași a fost construită între anii 1969-1975, iar lucrările au demarat odată cu noua extindere a rețelei de distribuție și canalizare a apei în orașul Iași (Peiu, Ostap și Simionescu, 2023).

SEAU Iași este situată pe malul stâng al râului Bahlui, în apropierea confluenței acestuia cu pârâul Chirița, amplasamentul fiind situat în zona de luncă a râului Bahlui.

SEAU Iași deservește municipiul Iași și localitățile limitrofe, iar treptele și fluxurile tehnologice de epurare sunt următoarele:

- pretratarea și treapta mecanică de epurare a apei uzate;
- treapta biologică de epurare a apei uzate;
- treapta chimică și fluxul chimic pentru eliminarea fosforului;
- treapta de tratare a nămolului;
- fluxul tehnologic al apei;
- fluxul tehnologic al nămolului;
- cogenerarea și fluxul tehnologic al biogazului.

2.1.2. Pretratarea și treapta mecanică de epurare a apei uzate

Treapta mecanică de epurare a apei uzate este compusă din:

- camera de recepție;
- stație de pompare apă uzată;
- grătare fine autocurățitoare, cu dimensiunea interspațiilor de 6 mm (4 grătare);
- presă de spălare pentru depunerile de pe grătarele fine;
- deznisipator și separator de grăsimi, cu lungimea de 72 m;
- clasificator de nisip pentru nisipul evacuat din deznisipator;
- 4 decantoare primare radiale cu diametrul de 40 m.

Treapta de pretratare a apei uzate este compusă din:

- stație de pompare apă uzată;
- grătare fine autocurățitoare, cu dimensiunea interspațiilor de 6 mm (4 grătare);
- presă de spălare pentru depunerile de pe grătarele fine;
- deznisipator și separator de grăsimi, cu lungimea de 68 m;
- clasificator de nisip pentru nisipul evacuat din deznisipator;
- 4 decantoare primare radiale cu diametrul de 37,7 m;
- deversor și gură de vărsare treaptă de pretratare apă uzată (GV₂).

2.1.3. Treapta biologică de epurare a apei uzate

SEAU Iași utilizează în treapta biologică de epurare schema A²/O, denumită și Pho-redox în trei trepte.

Structura treptei biologice de epurare din SEAU Iași este următoarea:

- trei bioreactoare cu nămol activat, cu un volum total de 92228 m³, compartimentate în 3 zone distincte (7,9 % - anaerobic, 22 % - anoxic și 70,1 % - oxic), echipate cu agitatoare submersibile, pompe de recirculare internă a nămolului și sistem de aerare cu bule fine;
 - o stație de pompare nămol recirculat și în exces;
 - o stație de suflante, echipată cu 7 turbosuflante;
 - un decantor radial cu diametrul de 65 m, echipat cu pod raclor și sistem de suucțiune pentru evacuarea nămolului activat sedimentat;
- trei decantoare secundare longitudinale cu lungimea de 59 m fiecare, echipate cu poduri raclor și sisteme de suucțiune pentru evacuarea nămolului activat sedimentat;
- șase decantoare secundare longitudinale cu lungimea de 67 m fiecare, echipate cu poduri raclor și pompe cu turație variabilă pentru evacuarea nămolului activat sedimentat (2 pompe/pod);
- canal de evacuare apă uzată tratată și gură de vărsare GV₃;
- stație de pompare efluent.

2.1.4. Treapta chimică pentru eliminare fosfor

Treapta chimică de epurare a apei uzate din SEAU Iași are următoarea structură constructivă:

- două rezervoare de clorură ferică (FeCl₃), cu un volum de 60 m³ fiecare;
- o stație de pompare FeCl₃, echipată cu 4 pompe;
- rețea de conducte cu nouă puncte de injectare FeCl₃ în avalul bioreactoarelor cu nămol activat.

2.1.5. Treapta de tratare nămol

Treapta de tratare nămol din SEAU Iași are următoarea structură tehnologică:

- două stații de pompare nămol primar;
- o stație de pompare nămol îngroșat și fermentat;
- două îngroșătoare gravitaționale;
- două instalații de îngroșare mecanică nămol;
- patru metantancuri (*RFN*), echipate cu două schimbătoare de căldură și două stații de recirculare a nămolului;
- două instalații de deshidratare nămol tip presă bandă;
- două instalații de deshidratare nămol tip decantor centrifugal;
- două bazine de depozitare nămol fermentat;
- trei stații de preparare polielectrolit;
- o stație de pompare supernatant;
- o platformă de depozitare nămol.

2.1.6. Fluxul tehnologic al apei

Apa uzată de pe suprafața municipiului Iași și a localităților limitrofe, ajunge în SEAU Iași prin intermediul rețelei de canalizare în sistem unitar, alcătuită din 20 de colectoare principale, 21 de camere deversoare și 4 stații de pompare.

Din colectorul final de canalizare, apa uzată ajunge în camera de recepție și repartiție a SEAU Iași, unde, materiile plutitoare cu dimensiuni mai mari de 30 mm sunt reținute de grătarele rare.

După care, apa uzată își continuă fluxul tehnologic gravitațional spre cele două linii tehnologice.

După camera de repartiție, apa uzată este transportată gravitațional prin intermediul a două conducte cu diametrul de 1800 mm (SPAU linia 2), respectiv 1200 mm (SPAU linia 1), spre cele două stații de pompare apă uzată, care pompează apa uzată din camera de aspirație a SPAU, în camera de refulare a SPAU la o înălțime de pompare de aproximativ 7 mCA.

Apa uzată pompată din SPAU linia 1 și linia 2, ajunge prin cele două canale de legătură aferente fiecărui SPAU, în cele două clădiri ale grătarelor fine cu echidistanța între bare de 6 mm.

Aici, materiile plutitoare cu dimensiuni mai mari de 6 mm sunt reținute de grătarele fine automate tip step-by-step (sau Coandă), evacuate într-un jgheab colector care le transportă în presa de spălare, după care sunt evacuate în containerul colector.

Apa uzată își continuă fluxul tehnologic și ajunge gravitațional, tot prin canalele de legătură în deznisipatoarele cu separatoare de grăsimi, de unde sunt evacuate și eliminate nisipul și grăsimile din apa uzată prin intermediul pompelor, a clasificatorului de nisip și a podului raclor.

În deznisipatorul aerat, cuplat cu separator de grăsimi, oxigenul este introdus lângă peretele despărțitor al celor două compartimente de deznisipare, la o adâncime de aproximativ 4 metri față de nivelul apei uzate în acesta.

Aerul introdus, crează curenți elicoidali pe distanța deznisipatorului cu separator de grăsimi, care facilitează sedimentarea nisipului și flotarea grăsimilor după ce acestea trec de grătarul tip pieptene poziționat în zona de separare a deznisipatorului de separatorul de grăsimi.

Din deznisipatorul cu separator de grăsimi al fiecărei linii tehnologice, apa uzată ajunge gravitațional în cele patru decantoare primare prin intermediul canalului de legătură și a distribuitorului ce împarte fiecărui decantor primar același debit de apă uzată.

Din decantoarele primare, apa uzată își continuă gravitațional fluxul tehnologic, prin canalul dublu de legătură și distribuție spre bioreactoarele cu nămol activat din SEAU.

Tot gravitațional, din cele trei bioreactoare, apa uzată ajunge în decantoarele secundare prin intermediul canalului de legătură și distribuție, unde are loc ultima fază de separare a amestecului apă uzată-nămol, apa uzată fiind deversată în canalul colector de evacuare în emisar, iar nămolul decantat, introdus în fluxul tehnologic al nămolului.

2.1.7. Fluxul tehnologic al nămolului

Nămolul primar sedimentat în decantoarele primare ale SEAU Iași este evacuat hidraulic în cele două stații de pompare nămol primar, de unde în funcție de cerința procesului tehnologic, acesta este pompat în cele două îngroșătoare gravitaționale, în influența deznisipatorului cu separator de grăsimi sau a SPAU 2 (recirculare tip AB).

Excesul de nămol din treapta biologică de epurare este de asemenea îngroșat prin intermediul celor două instalații de îngroșare mecanică, după care, împreună cu nămolul primar îngroșat este pompat în rezervoarele de fermentare nămol (metantancuri).

Biogazul produs în urma fermentării este evacuat din metantancuri în treapta de cogenerare, iar nămolul fermentat este pompat în bazinele de depozitare nămol fermentat, după care este deshidratat prin centrifugare sau filtre bandă și transportat pe platformele de uscare nămol.

2.1.8. Cogenerarea și fluxul tehnologic al biogazului

Treapta de cogenerare este compusă din:

- conducte de transport și distribuție biogaz;
- cameră de filtrare și măsură biogaz;
- rezervor de biogaz;
- arzător tip flacără pentru excesul de biogaz;
- sistem de cogenerare.

Fluxul tehnologic al biogazului este următorul:

Biogazul produs în metantancuri se acumulează la partea superioară a metantancurilor, de unde, prin intermediul conductelor de distribuție și transport, ajunge în camera de filtrare și măsură a biogazului.

Din camera de filtrare și măsură, biogazul ajunge în rezervor, iar de acolo în funcție de cerință și debit este trimis spre echipamentul de cogenerare, în urma procesului rezultând energie electrică și agent termic.

Cantitatea de biogaz ce nu poate fi stocată în rezervor, va fi arsă prin intermediul arzătorului tip flacăra.

2.1.9. Metodologia cercetării

Metodologiile de cercetare din cadrul acestei teze, care sunt prezentate în acest capitol, sunt următoarele:

- înregistrarea și crearea bazelor de date;
- prelevarea probelor de apă și analiza acestora în laborator;
- prelucrarea și interpretarea rezultatelor;
- prelucrarea datelor de laborator și proces tehnologic;
- prelucrarea datelor calitative și cantitative;
- analiza performanțelor echipamentelor de aerare și a consumurilor energetice;
- modelarea amestecurilor polifazice;
- controlul procesului tehnologic prin sisteme de reglare automată PID;
- determinarea biodegradabilității PVA în procesul de epurare cu nămol activat etc.

2.1.9.1. Înregistrarea și crearea bazelor de date

Baza de date reprezintă fundamentul studiului și a cercetării realizate, permite analiza și interpretarea situațiilor identificate, a sistemelor utilizate și a proceselor tehnologice din zona de studiu.

Înregistrarea și crearea bazei de date pentru analiza procesului tehnologic în zona de studiu, a presupus, extragerea datelor periodice din registrele laboratorului de analiză apă uzată acreditat al SEAU Iași, din registrele SEAU Iași și din programul SCADA.

Din datele obținute rezultă calcule calitative și cantitative, corelări, concluzii, direcții de cercetare și viitoarele îmbunătățiri sau soluții tehnice, finalizarea analizei procesului tehnologic în SEAU Iași fiind primul pas spre îmbunătățirea controlului proceselor de epurare din SEAU Iași.

2.1.9.2. Prelevarea probelor și analiza acestora în laborator

În zona de studiu, punctele de prelevare și prelevarea probelor se realizează după un program de monitorizare stabilit, cu frecvențe de prelevare zilnică, lunară, trimestrială și semestrială în funcție de parametrul determinat.

Parametrii analizați sunt raportul F/M, gradul de recirculare, randamentul treptelor de epurare, încărcarea hidraulică a bazinului de aerare, încărcarea organică a nămolului, încărcarea organică a bazinului, timpul de retenție, timpul de aerare, concentrația nămolului în bioreactor, indicele de volum al nămolului, viteza de sedimentare a nămolului în decantorul secundar etc.

2.1.9.3. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor

Prelucrarea datelor pentru analiza calitativă și cantitativă este de tip longitudinal și se realizează pe serii de timp, iar rezultatele obținute sunt prezentate grafic.

Se fac comparații între date din literatura de specialitate și cele prezentate grafic, dar sunt luate în considerare și valorile din ultima fază de proiect a SEAU Iași. Pentru etapa de calcule au fost utilizate formule din literatura de specialitate internațională, dar și din normativele de proiectare.

2.2. Cercetări efectuate la Universitatea din Stuttgart (ISWA)

Cercetările efectuate la Universitatea din Stuttgart - ISWA, sunt realizate la scară de laborator, pe instalații experimentale de epurare și în care am utilizat metode de analiză certificate prin standarde internaționale. Într-una din cercetările pe care le-am realizat, am urmărit biodegradabilitatea poluantului PVA de către culturile de microorganisme din nămolul activat, metoda pe care am utilizat-o fiind metoda Zahn-Wellens.

Pe lângă biodegradabilitatea poluantului PVA, am mai realizat cercetări asupra controlului debitului de apă între două rezervoare, asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă, sau a consumului de oxigen dizolvat din apă. Toate aceste experimente realizate au la bază utilizarea SRA PID, sisteme ce au o mare aplicabilitate în SEAU din întreaga lume.

2.2.1. Prezentare generală

Stația de epurare ape uzate a ISWA de la Universitatea din Stuttgart, Germania este o SEAU pentru educație și cercetare, ideea unei astfel de stații de epurare aparținând fondatorului acestei stații, inginerul Franz Pöpel.

Stația de epurare a ISWA dispune de aparatură de măsură și control a procesului tehnologic, laborator de cercetare, echipamente de cercetare la scară de laborator și control SCADA.

2.2.2. Aspecte metodologice de cercetare

Aspectele metodologice pentru *testul Zahn-Wellens*, constau în spălarea nămolului necesar pentru experiment, determinarea greutateii nămolului, realizarea curbei de calibrare pentru poluantul PVA, prepararea soluțiilor pentru experiment și derularea testului pentru determinarea biodegradabilității.

Aspectele metodologice ale *SRA PID* pentru celelalte experimente la scară de laborator realizate în ISWA, constau în pornirea celor două instalații experimentale, alimentarea acestora cu apă și soluțiile lichide necesare, pornirea experimentelor, rularea experimentelor și colectarea datelor, iar în încheiere, interpretarea datelor.

În *experimentul nr. 1* am utilizat instalația experimentală formată din două rezervoare, ventile manuale, electroventile solenoid cu două căi, ventile pneumatice cu două căi, senzori de nivel, pompă și debitmetru pentru apă și consumul energetic al instalației. Experimentul a fost realizat pentru a înțelege modul de funcționare al SRA PID și care SRA dă cele mai bune rezultate dintre SRA P, I, PI și PID.

Pentru *experimentul nr. 2* am utilizat o instalație experimentală formată dintr-un rezervor, o suflantă, senzor de oxigen și nivel, pâlnie, debitmetru pentru aer și consum energetic, apă, oxigen și sulfat de sodiu (Na_2SO_3). Experimentul a fost realizat pentru a observa consumul energetic în funcție de SRA PID utilizat într-un bioreactor cu nămol activat, dar și consumul de oxigen utilizat în procesul de epurare cu nămol activat.

CAPITOLUL 3. CONTROLUL PROCESELOR DE EPURARE ÎN SEAU IAȘI

3.1. Considerații generale privind utilizarea softului SCADA

Pentru controlul proceselor de epurare în SEAU Iași, se utilizează o interfață a softului SCADA care permite achiziționarea de date de la echipamentele de proces ale stației, supervizarea construcțiilor din SEAU, monitorizarea și controlul stației, realizarea de grafice pe obiecte și echipamente, dar și arhivarea datelor pe o perioadă de 6 luni.

Datele provenite din SCADA împreună cu celelalte date rezultate, contribuie la monitorizarea, analizarea și ajustarea parametrilor de proces și urmărirea construcțiilor și echipamentelor, astfel încât epurarea apei uzate să se realizeze la randamente înalte și conforme, în scopul respectării normelor legislative. Astfel, fiecare construcție hidrotehnică din stația de epurare, care este reprezentată grafic sub forma unei imagini în SCADA, permite acționarea tuturor echipamentelor.

Imaginea generală SCADA, poate fi utilizată ca acces către obiectele stației de epurare selectând obiectul dorit al stației de epurare, cel de-al doilea mod de selecție fiind bara generală de instrumente din partea superioară a monitorului.

Sistemul de control SCADA al SEAU Iași este divizat în 15 bare de instrumente, acestea fiind acționate prin intermediul săgeții din partea dreaptă a fiecărei bare de instrumente, indicarea faptului că ne aflăm în ecranul selectat se face prin modificarea culorii de fundal a barei.

Echipamentele și construcțiile din fiecare bară de instrumente, corespund fiecare unui bloc funcțional standard, care la rândul său crează o imagine în interfața softului SCADA.

Prin această imagine se permite vizualizarea avariilor, modul de operare în care se află echipamentul (auto, manual sau oprit), regimul de funcționare, starea în care se află echipamentul, status-ul echipamentului, valoarea analogică, mesajele recepționate, graficele de la echipamente, zona de configurare, zona cu indicații suplimentare ș.a.m.d.

3.2. Controlul SEAU Iași prin intermediul barelor de instrumente SCADA

Câteva din barele de instrumente SCADA sunt prezentate în continuare.

Bara de instrumente *Camera de recepție*, permite acționarea din SCADA a echipamentelor de curățare a grătarelor rare și a pompelor de apă uzată la supradebit, funcționarea acestora fiind posibilă atât în comandă manuală, cât și în comandă automată, selecția modului de lucru realizându-se de pe cheia cu setări automate a echipamentelor din fereastră.

Bara de instrumente *Pompare apă uzată*, permite acționarea din SCADA a celor 4 pompe din SPAU nr. 2, atât în comandă automată, cât și în comandă manuală de către operator.

În comandă automată, pompele lucrează în funcție de cele două traductoare de nivel din camera comună de aspirație a pompelor, în funcție de setările din cheia de proces și PID-uri.

Bara de instrumente *DSL 3-4* este identică cu BI DSL 1-2/5-6 și permite acționarea din SCADA a pompelor de evacuare spumă, a pompelor de evacuare nămol, a podului raclor și a pompelor pentru spumă amplasate pe podul raclor.

Mai poate fi ajustat prin intermediul SRA PID debitul de nămol ce poate fi evacuat din fiecare compartiment al decantoarelor secundare longitudinale.

Vizual și grafic mai poate fi monitorizat nivelul nămolului în canalul colector, avariile apărute în funcționare și care echipament este în funcție.

3.3. Specificații privind SRA PID utilizate

Sistemele de reglare automată PID din SEAU Iași sunt dispuse astfel și reglează următoarele echipamente:

- PID-uri stație de pompare apă uzată linia 2 – reglează debitul de apă uzată pompat în funcție de nivelul apei uzate în camera de aspirație și refulare a SPAU 2;

- PID pompe stație de pompare nămol îngroșat gravitațional – reglează debitul de nămol îngroșat ce trebuie pompat către rezervoarele de fermentare nămol;

- PID vane cu trei căi – reglează temperatura nămolului introdus în rezervoarele de fermentare nămol prin ajustarea debitului de apă caldă și nămol;

- PID stație de pompare FeCl_3 – reglează debitul de FeCl_3 necesar pentru precipitarea chimică a P din apa uzată;

- PID oxigen bioreactoare – reglează concentrația de oxigen dizolvat necesară procesului de nitrificare din zona oxică a bioreactoarelor etc.;

Sistemele de reglare automată PID din SEAU Iași ajustează funcționarea proceselor tehnologice în funcție de o valoare impusă și una actuală.

3.4. Chei de control SCADA

Câteva dintre cheile de control ale procesului tehnologic și a echipamentelor din SEAU Iași sunt dispuse astfel:

- cheie setări funcționale pompe apă uzată și instalație de curățare grătare rare din camera de intrare apă uzată în SEAU Iași;

- cheie setări funcționale pompe de apă uzată din SPAU 1, 2 și instalația internă de ape pluviale din SEAU Iași;

- cheie setări funcționale grătare fine, presă de spălare și pompe evacuare nisip din linia 1 și linia 2;

- cheie setări funcționale pompe din stația de pompare nămol primar și evacuare nămol din decantoarele primare linia 1 și 2 etc.

3.5. Aparatură de măsură și control a proceselor tehnologice

Aparatura de măsură și control din SEAU Iași este compusă din senzori și debitmetre pentru proces de diferite tipuri, iar dispunerea unor aparate de măsură și control în stație este următoarea:

- senzor de nivel cameră de intrare apă uzată;
- debitmetru tip doppler pentru stația de pompare apă uzată din camera de intrare;
- senzori de nivel cameră de aspirație SPAU linia 1 și SPAU linia 2;
- senzori de nivel amonte și aval de grătarele fine linia 1 și debitmetru tip doppler;
- senzori de nivel amonte și aval de grătarele fine linia 2 și senzori de pH și conductivitate în aval de acesta.

CAPITOLUL 4. REZULTATELE CERCETĂRILOR EFECTUATE ÎN SEAU IAȘI

4.1. Analize de laborator și proces tehnologic

Analizele de laborator realizate în SEAU sunt efectuate prin metode certificate, iar prin standardele utilizate sunt oferite date despre calitatea și caracteristicile apei uzate analizate.

Împreună cu datele oferite de aparatura de măsură și control sunt determinate cantitățile de poluanți care intră, ies sau rămân în stația de epurare. Aceste date sunt utilizate în analizarea procesului tehnologic din zona de studiu, dar și la realizarea analizelor calitative și cantitative.

4.2. Analiza calitativă

Calitatea apei uzate din SEAU Iași a fost evaluată din rezultatele obținute prin determinările analitice ale substanțelor poluante din influentul SEAU, efluentul TM a SEAU și efluentul SEAU, parametrii analizați fiind BOD₅, COD, N_T, P_T, TSS, NH₄ și NO₃.

Analizând încărcările apei uzate din faza de proiect cu valorile prezentate în MOP nr. 29 al WEF, ASCE și EWRI, putem afirma că SEAU Iași a fost dimensionată pentru a trata încărcări medii spre mari ale apei uzate și în conformitate cu NTPA 002, care face parte din legislația națională.

După analiza datelor din faza de proiect și a datelor provenite din analizele de laborator, analiza calitativă continuă cu histogramele principalilor parametri ai SEAU. Acestea sunt utilizate în domeniul hidrotehnic pentru monitorizarea și analizarea calității apei în stațiile de epurare, a corpurilor de apă sau a stațiilor de tratare apă (Berthouex și Brown, 2002).

Astfel, pentru realizarea histogramei și pentru buna înțelegere a analizei calitative realizate, am identificat numărul total de probe (n) și valorile maxime, respectiv minime din șirurile de valori analizate, după care am determinat clasele de intervale ale histogramei (NCI).

Una din histogramele prezentate fiind histograma indicatorului de calitate **BOD₅** influent (Fig. 4.1), care indică în influentul SEAU o pondere de 0,99 % pentru concentrații sub 50 mg BOD₅/L, 17,56 % pentru concentrații între 50 și 100 mg BOD₅/L, 38,67 % pentru concentrații cuprinse între 100 și 150 mg BOD₅/L, 28,05 % pentru concentrații cuprinse între 150 și 200 mg BOD₅/L, 11,61 % pentru concentrații între 200 și 250 mg BOD₅/L, 2,55 % pentru concentrații între 250 și 300 mg BOD₅/L, 0,42 % pentru concentrații cuprinse între 300 și 350 mg BOD₅/L și 0,14 % pentru concentrații peste 450 mg BOD₅/L.

În concluzie, la **BOD₅**, ponderea majoritară a concentrației în apa uzată influentă SEAU Iași este de 100-150 mg BOD₅/L, 120-150 mg BOD₅/L după epurarea mecanică a apei uzate și 7,5-9 mg BOD₅/L la finalul procesului de epurare a apei uzate.

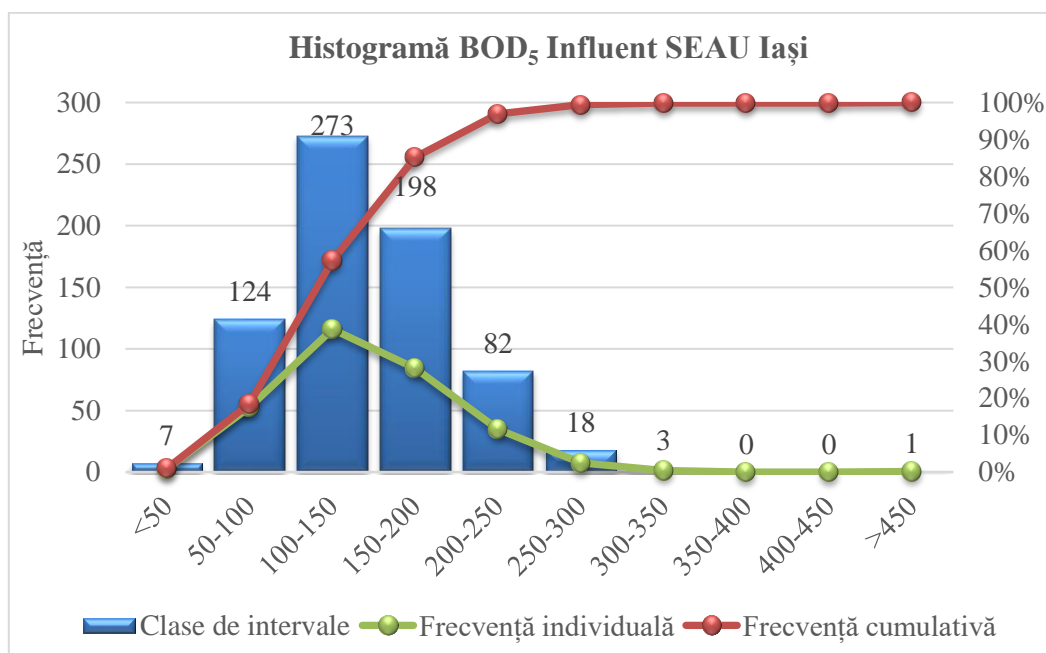


Fig. 4.1 – Histogramă BOD₅ influent SEAU Iași

Se mai observă încă odată cu analizarea încărcărilor apei uzate din SEAU Iași cu valorile de referință indicate de WEF, ASCE, EWRI și a histogramelor prezentate, ca și în cazul comparației cu datele din faza de proiect, apa uzată tratată în SEAU Iași are o concentrație mică spre mediu la începutul proceselor de epurare și după treapta mecanică de epurare.

În concluzie, apa uzată la intrarea în SEAU Iași este săracă în carbon, iar fracția biodegradabilă este consumată înainte de începerea proceselor biologice de epurare.

4.3. Analiza cantitativă

Prin analiza cantitativă realizată, am analizat debitele de apă uzată din SEAU Iași, debitul de nămol recirculat și în exces, balanța maselor, gradul de recirculare al nămolului sau comparații ale debitelor proiectate cu situația actuală a debitelor de apă uzată și debitele din mai multe zone ale SEAU.

Volumele de apă uzată epurată de SEAU Iași în perioada 2018-2022 sunt prezentate în graficul din Fig. 4.2, iar pentru reprezentarea grafică au fost luate în calcul volumele lunare de apă tratată.

În anul 2021, debitul de apă uzată tratată scade cu 5731979 m³/an față de anul 2020, iar în anul 2022, debitul de apă uzată tratată crește cu 3692920 m³/an față de anul 2021.

Scăderea debitului de apă uzată tratată de SEAU Iași în anul 2021 este datorat în mare parte măsurilor impuse de situația pandemică de la nivelul țării, școlile și universitățile, multe sectoare industriale și alte activități fiind restricționate.

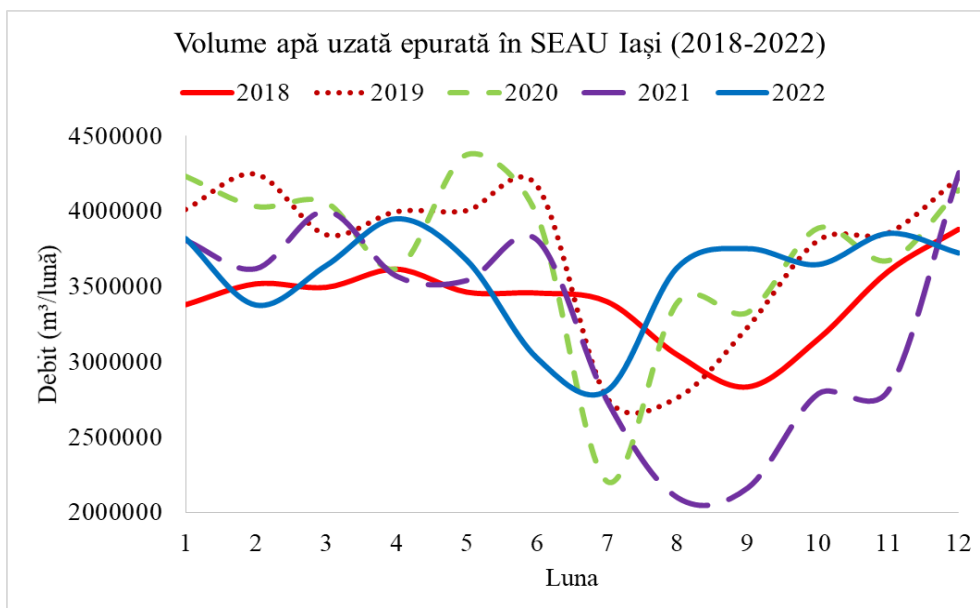


Fig. 4.2 – Volume de apă uzată epurată în SEAU Iași (2018-2022)

Variația cantitativă a debitului de nămol primar este prezentată în Fig. 4.3, iar din reprezentarea grafică rezultă că în perioada analizată (anul 2022), debitul de nămol a avut variații cuprinse între $100 \text{ m}^3/\text{zi}$ și $700 \text{ m}^3/\text{zi}$, debitul minim fiind înregistrat în data de 28.07.2022.

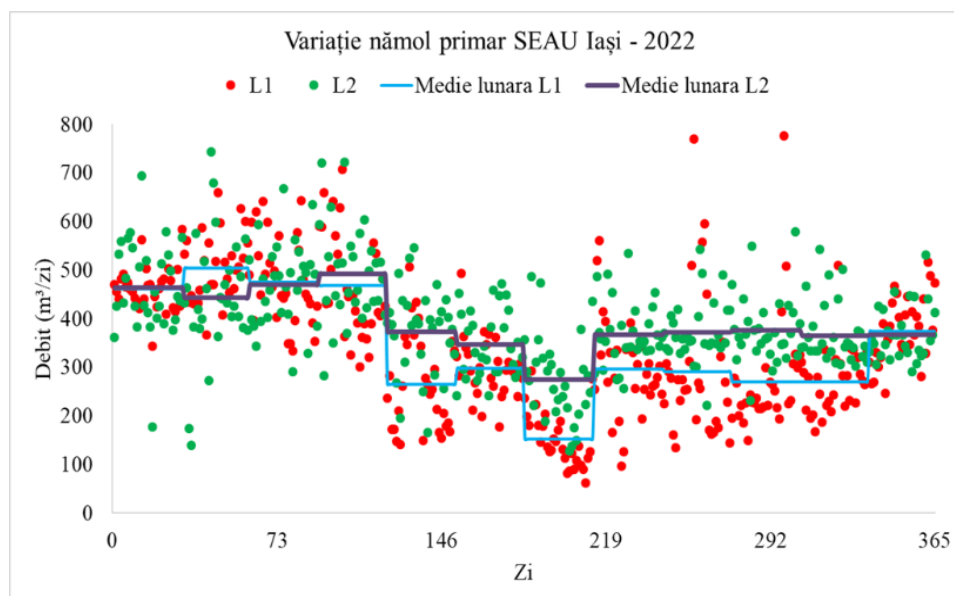


Fig. 4.3 – Variație debit nămol primar în SEAU Iași

Din analiza datelor prezentate grafic în Fig. 4.4, rezultă un debit constant al pompelor de recirculare internă L1, în L2 debitul fiind de asemenea constant în mare parte.

Analizând fiecare bioreactor, observăm că în L1, în perioada 01.10.2020-01.05.2022, debitul de recirculare externă nămol activat este mai mare decât debitul de recirculare internă, după care debitele ambelor recirculări sunt aproximativ egale.

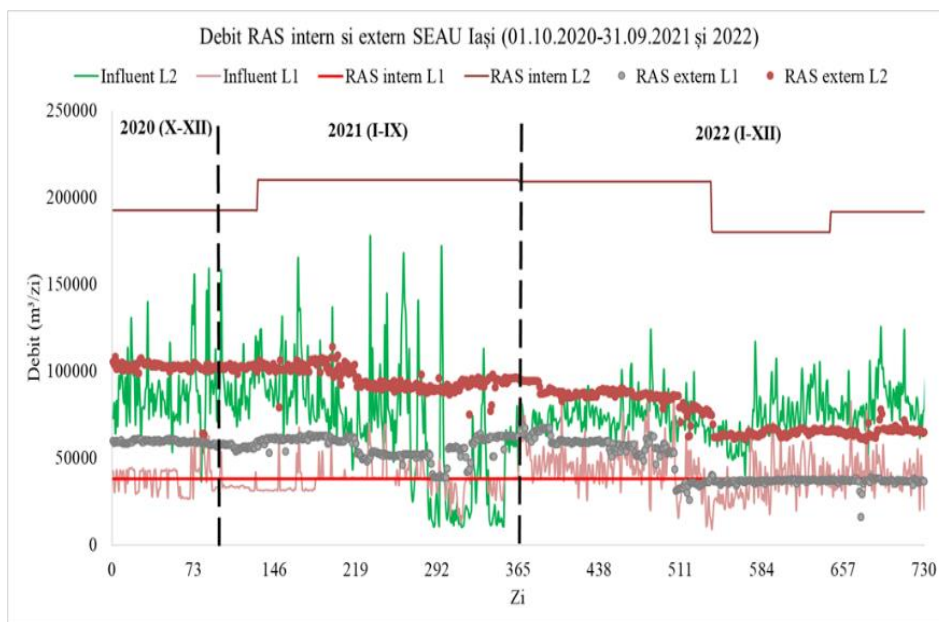


Fig. 4.4 – Variație debit RAS intern și extern în SEAU Iași

În perioada analizată prezentată în Fig. 4.5, putem observa diferențe mari între cantitățile de nămol în exces (WAS), această situație datorându-se nu dimensiunilor obiectelor din fiecare linie tehnologică, ci modului de eliminare și control a cantităților de nămol în exces pe fiecare linie tehnologică.

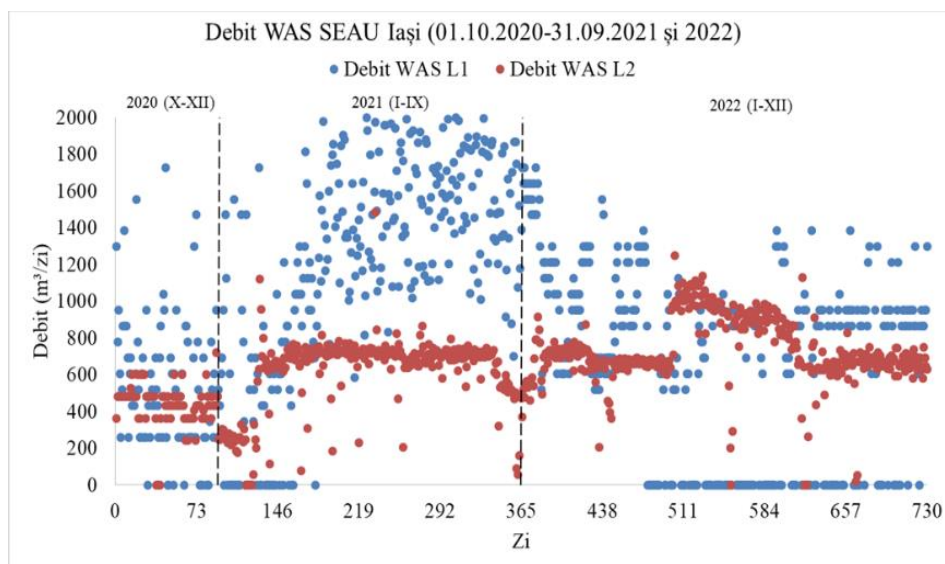


Fig. 4.5 – Variație debit WAS în SEAU Iași

Debitul de nămol activat îngroșat mecanic are variații cu valori cuprinse între 0 m³/zi și 300 m³/zi, cu o medie de aproximativ 150 m³/zi, cantitățile mai mari de nămol în exces fiind îngroșate în perioadele cu temperaturi peste 20 °C, în timp ce în sezonul rece, când este necesară o cantitate mai mare de nămol în procesul tehnologic, debitul de nămol în exces îngroșat mecanic este în scădere.

Debitul de nămol deshidratat este de asemenea în scădere, ajungând de la aproximativ 800 m³/zi la începutul anului 2021, la aproximativ 600 m³/zi la finalul anului 2022, din nou, atribuim această scădere valorilor încărcării organice ale apei uzate influente SEAU Iași.

4.4. Analiza procesului tehnologic și a pierderilor de sarcină

Multitudinea de parametri de natură chimică, hidraulică, biologică, energetică, de proces etc., care guvernează procesele de epurare biologică, impune folosirea unor criterii complexe de analiză a funcționării construcțiilor, instalațiilor și echipamentelor tehnologice (Robescu, 2008).

Din analiza statistică a raportului COD/BOD₅ în apa uzată influentă SEAU Iași, și prezentat în Fig. 4.6, rezultă valori ale raportului COD/BOD₅ cuprinse în intervalul 0,89 (22.11.2020) și 3,32 (09.01.2021), valoarea medie a raportului fiind 1,72. Astfel, putem admite că influentul SEAU Iași a avut un potențial de tratabilitate bună în perioada analizată.

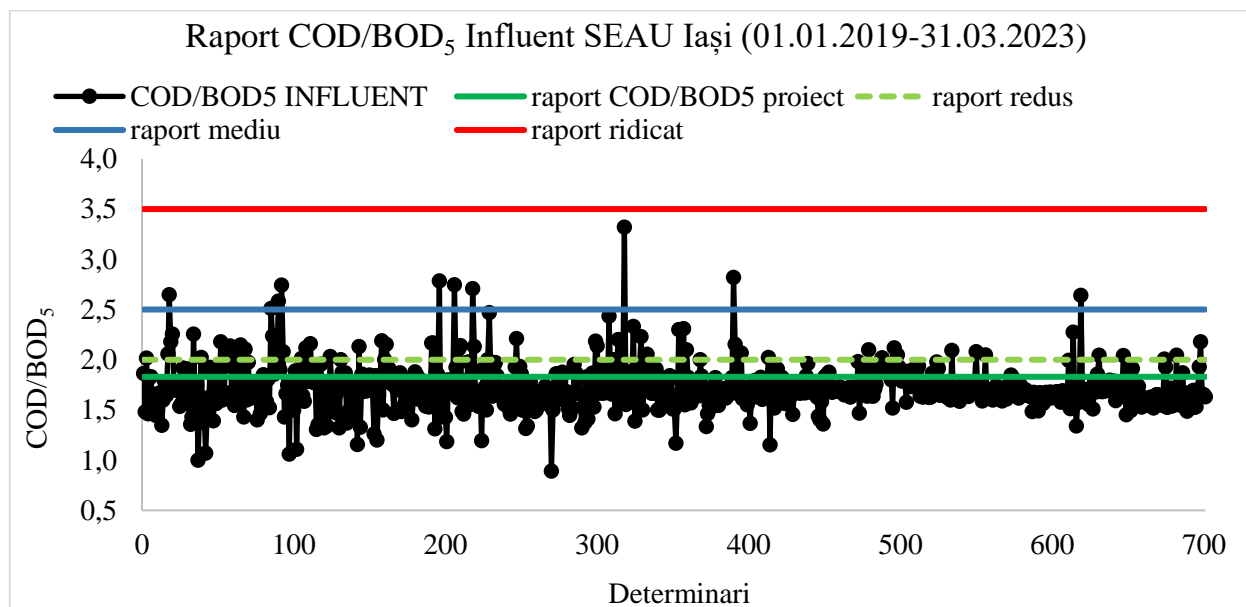


Fig. 4.6 – Raport COD/BOD₅ Influent SEAU Iași (01.01.2019-31.03.2023)

O altă metodă de control a procesului de epurare a apei uzate poate fi corelarea parametrilor calitativi și analiza regresiei liniare, care conduce la relații între variabilele monitorizate.

Pentru SEAU Iași, am realizat corelarea BOD₅ funcție de COD la intrarea apei uzate în SEAU, prezentat în Fig. 4.7, argumentul principal al acestei corelări fiind perioada mare de timp necesară determinării parametrului BOD₅.

Pentru evaluarea procesului tehnologic al decantoarelor primare din SEAU Iași am calculat parametrii HRT, SOR, WLR, producția de nămol, randamentul, viteza liniară și de sedimentare din decantoarele primare, rezultatele obținute fiind interpretate în urma evaluării datelor aferente anului 2022.

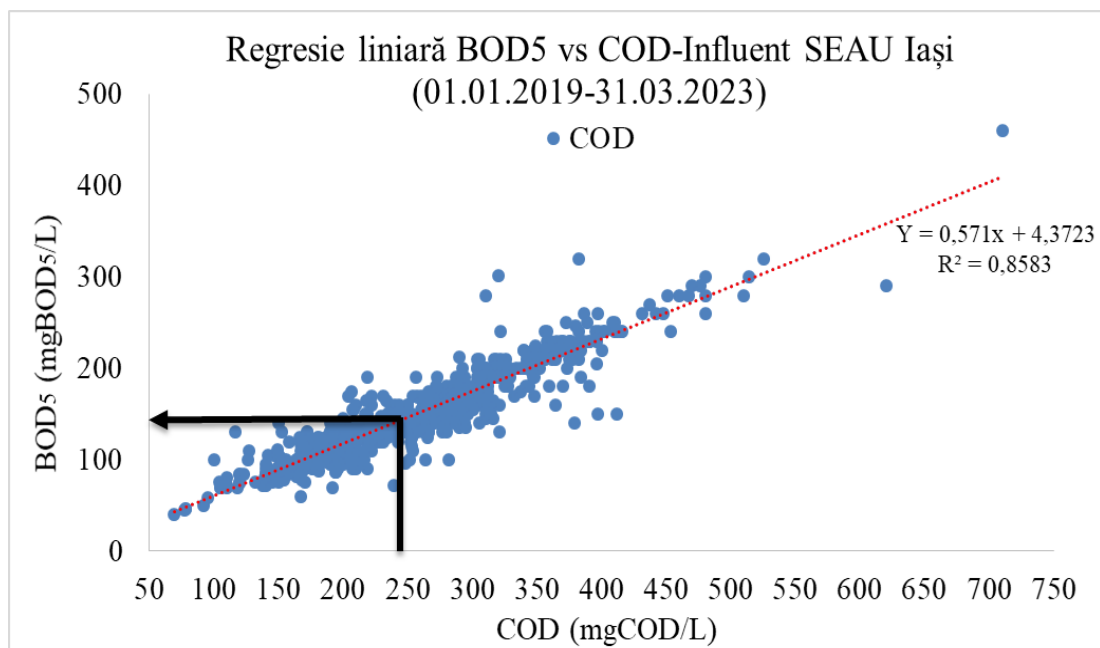


Fig. 4.7 – Corelație COD-BOD₅ Influent SEAU Iași (01.01.2019-31.03.2023)

În *treapta biologică* de epurare, analiza procesului tehnologic se axează pe analizarea parametrilor tehnologici care influențează procesul tehnologic, cum ar fi F/M, R, MCRT, SVI, SOUR sau MLSS, randamentul SEAU Iași fiind determinat în funcție de parametrii tehnologici determinați.

O cauză a rapoartelor BOD₅/TKN și COD/TKN reduse în influentul TB, poate fi eliminarea BOD₅ și P în procesul de sedimentare primară în condițiile unui influent diluat al TM de epurare (Barnard, Pagilla și. colab., 2005), ce are ca efect un dezechilibru al rapoartelor prezentate.

Eckenfelder și Argaman (1978), Arceivala (1981), Metcalf&Edy (1991) și EPA (1993) aproximează SDNR pentru schemele BNR cu predenitrificare în intervalul 0,03 – 0,11 mg NO₃-N/mg SS.zi (von Sperling, 2007), iar Qasim și Zhu (2018) aproximează SDNR pentru schemele BNR cu postdenitrificare în intervalul 0,1 – 0,25 mg NO₃-N/mg SS.zi.

În cazul în care raportul COD/TKN este sub 7, se recomandă adăugarea unei surse externe de carbon, căutarea surselor de carbon în procesul tehnologic, by-pass-area parțială/totală sau reducerea HRT în DP, precipitarea chimică a apei de nămol sau alte alternative.

Evaluarea procesului tehnologic de sedimentare finală din SEAU Iași am realizat-o prin calculul parametrilor SOR, HRT, WLR, SLR și SVI în anul 2022, rezultatele obținute fiind reprezentate grafic.

Procedura de determinare a parametrilor analizați este identică cu cea utilizată la decantoarele primare, HRT și SRT fiind de asemenea determinați, iar în Fig. 4.8 este prezentată legătura dintre cei doi parametri.

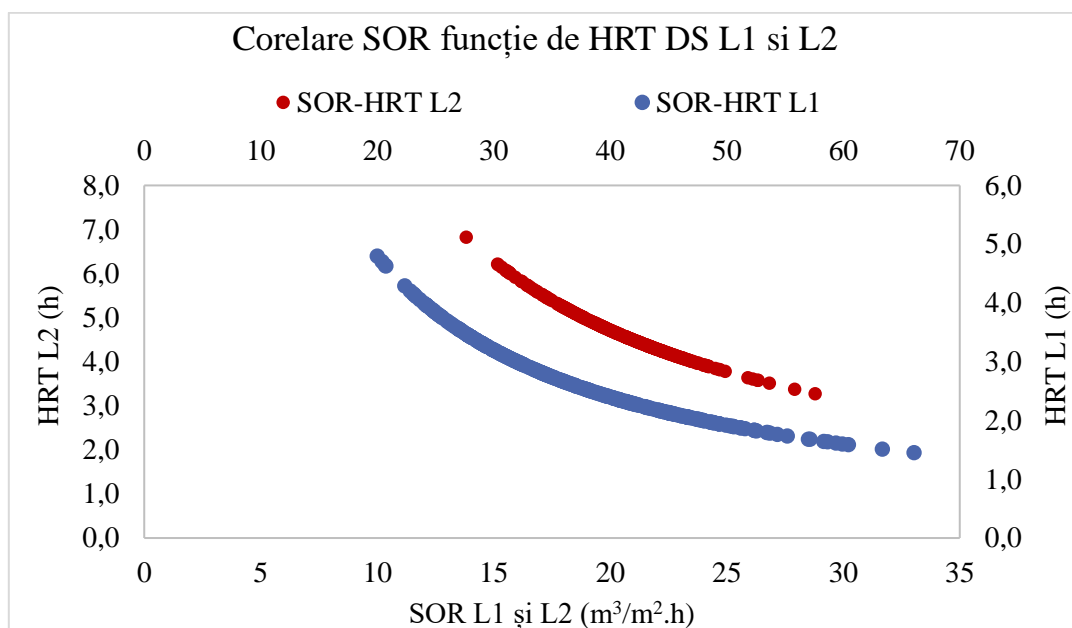


Fig. 4.8 – Corelare SOR în funcție de HTR în DS SEAU Iași

Analizând graficul din Fig. 4.8 ce corelează SOR cu HRT, se observă o supraalimentare a DS L1 și o subalimentare a DS L2 din punct de vedere al SOR. Acest lucru arată HRT DS L1 mai mici de 3 ore, iar în L2, HRT mai mari de 4 ore.

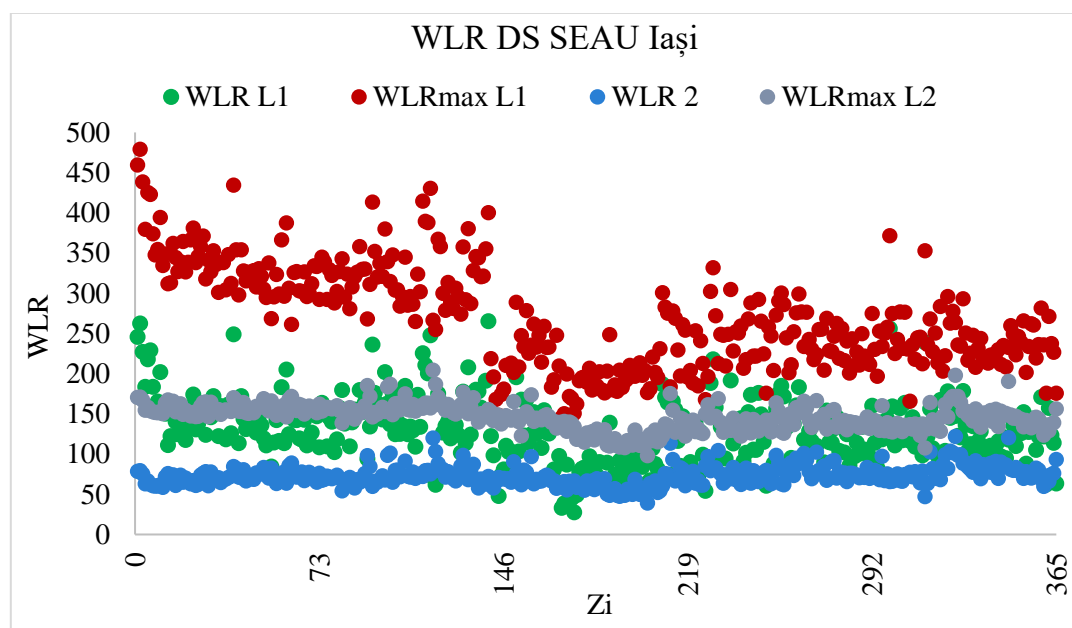


Fig. 4.9 – WLR în DS SEAU Iași

Exploatarea cât mai corectă a DS în condiții optime de funcționare poate fi analizată prin urmărirea procesului de sedimentare în acestea. Cel mai important test care se realizează este testul de sedimentare, care în raport cu greutatea MLSS arată evoluția procesului de sedimentare prin indicele de volum al nămolului (*SVI*).

4.5. Analiza performanței echipamentelor de aerare și a consumului energetic

Pentru evaluarea performanțelor procesului de control al epurării apelor uzate se va analiza eficiența procesului de epurare în funcție de debitul influent și temperatură, dar se vor analiza și pierderile de sarcină între secțiunile de intrare și ieșire.

Calculul capacității de oxigenare se va realiza pentru echipamente de aerare cu bule fine, care sunt imersate în zonele oxice ale bioreactoarelor, din aceste analize rezultând coeficientul economic și puterea specifică.

În condiții operaționale, Gillot și Heduit (2004), Mueller, Boyle și Pöpel (2002) și grupul de lucru ATV (1996) determină $C^*_{\infty 20}$ în funcție de adâncimea de imersare a difuzorului (H_i) (Rosso, Stenstrom și Garrido-Baserba, 2018), iar DWA (2017) recomandă determinarea $C^*_{\infty 20}$ în funcție de temperatura apei. Coeficientul de transfer al oxigenului în apă curată și condiții operaționale (k_{LAT}) este determinat de asemenea.

Pentru consumul specific de energie δ (indicele specific de energie) am prezentat atât consumul specific de apă pe m^3 de apă din bioreactor, cât și consumul specific de apă pe $kgO_2.h$.

Determinarea δ pe $kgO_2.h$ ia în calcul peste 10 parametri de proces tehnologic, ceea ce arată un consum real de energie în bioreactoarele SEAU Iași, variația δ fiind prezentată în Fig. 4.10.

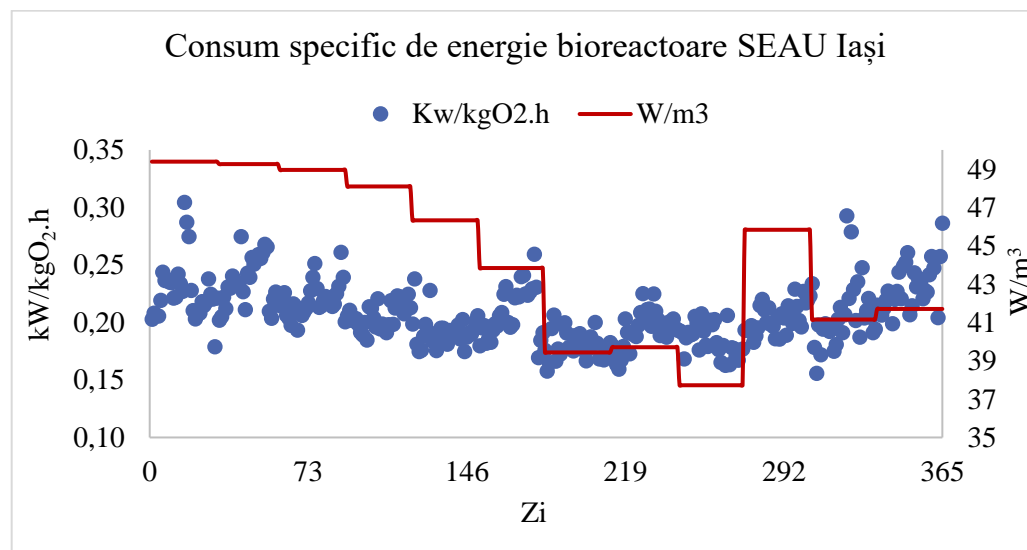


Fig. 4.10 – Variație δ în bioreactoarele funcționale SEAU Iași

În concluzie, performanța sistemului de aerare funcțional este sub valoarea performanței la care a fost dimensionat sistemul de aerare. Având în vedere că analiza performanței sistemului de aerare a fost realizată în condiții de operare, nu înseamnă că sistemul de aerare funcționează deficitar, însă poate fi îmbunătățit în scopul creșterii eficienței energetice.

Consumul specific de energie poate fi de asemenea îmbunătățit printr-un control mai bun al actuatorilor de DO, curățarea difuzorilor poroși și remedierea fenomenelor hidraulice.

4.6. Concluziile cercetărilor analitice realizate în SEAU Iași

Exploatarea, controlul și conducerea proceselor tehnologice de către inginerii unei stații de epurare, necesită vaste cunoștințe despre caracteristicile apei uzate, datele tehnice din stația de epurare, cunoașterea temeinică a SEAU și cunoștințe generale din alte domenii ingineresti.

Cercetările realizate în SEAU Iași au început cu o analiză succintă a analizelor de laborator și proces tehnologic. Din cercetările efectuate, rezultă că în unele metode de determinare a parametrilor tehnologici și de proces probele sunt diluate pentru ca parametrul să poată fi determinat.

Următoarea etapă a cercetărilor realizate în SEAU Iași a fost analiza calitativă a apei uzate, care constă în compararea datelor din faza de dimensionare cu datele de laborator, datele din faza operare și cu recomandările din literatura de specialitate.

Rezultatele obținute au fost reprezentate tabelar, sub formă de grafice și sub formă de histograme, din care rezultă un influent cu încărcări sub valorile luate în calcul la dimensionarea SEAU Iași, în mare parte concentrațiile TSS, BOD₅, COD, N_T și P_T fiind mici spre mediu.

Se mai observă din analiza calitativă eficiența TM de epurare, care este nulă datorită reintroducerii supernatantului în influentul DP L2.

Punctul de injecție al supernatantului este un punct ce va fi analizat în continuare, deoarece supernatantul reintrodus în procesul de tratare biologică este bogat în P și N, având un impact considerabil asupra proceselor din TB de epurare din SEAU Iași.

Debitul de apă epurată în perioada 2018-2022 are cea mai mare scădere în semestrul II al anului 2021, cauzat de restricțiile din perioada COVID. În semestrul I din perioada 2018-2022 debitul de apă uzată epurată este aproximativ constant.

O altă concluzie este legată de distribuția $Q_{i \text{ apă uzată}}$ în cele două bioreactoare. Bioreactorul L1 este supraalimentat, în timp ce bioreactorul L2 este subalimentat, iar această distribuție a $Q_{i \text{ apă uzată}}$ poate afecta procesul tehnologic în TB.

Gradul de R_i L1 este constant în mare parte și nu poate fi reglat, deoarece SCADA permite doar pornirea sau oprirea pompelor de R_i L1. R_i L2 este constantă în mare parte, dar cu valori peste $Q_{Re} L2$ și $Q_{i \text{ apă uzată}} L2$, însă cu toate acestea $Q_{R_i} L2$ este insuficient.

CAPITOLUL 5. REZULTATELE CERCETĂRILOR EFECTUATE LA ISWA – UNIVERSITATEA DIN STUTTGART

5.1. Controlul nivelului și al debitului de apă în rezervoare prin intermediul SRA PID

Controlul (reglarea) nivelului prin intermediul SRA PID presupune menținerea unui grad de umplere al unui rezervor de exemplu, la o limită prestabilită (setpoint – SP), sub acțiunea unei comenzi exterioare. Sistemele de reglare automată tip PID conectează trei elemente de reglaj, acestea fiind factorul de proporționalitate (K_p), constanta de integrare (T_i) și constanta derivativă (T_d), la baza SRA fiind ecuația (5.1):

$$f(t) = F(t, x(t)) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (5.1)$$

unde:

- K_p , K_i și K_d – sunt constantele SRA;
- $e(t)$ – este eroarea SRA;
- $x(t)$ – este deviația SRA;
- τ – este timpul mort.

Iar cele trei elemente de reglaj din ecuația (5.1) sunt prezentate în ecuațiile (5.2a), (5.2b) și (5.2c) de mai jos:

$$K_p = K_p e(t) \quad (5.2a)$$

$$T_i = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (5.2b)$$

$$T_d = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (5.2c)$$

În cadrul acestui experiment, am urmărit două variabile experimentale, nivelul apei în rezervorul B202 și funcționarea pompei P201, prin intermediul SRA P, I, PD, PI și PID.

5.2. Controlul concentrației de oxigen dizolvat (DO) în apă prin intermediul SRA PID

Pentru acest experiment am utilizat instalația experimentală formată din rezervorul de apă B401, cu un volum de 10 litri, rezervorul pentru soluțiile de precipitare chimică B433, sistemul de aerare B410 compus din suflantă, conducta de aer, senzor de oxigen și două plăci poroase, senzorii de nivel minim LSL B413 și maxim LSH B414, robinetii V401, V410, V413, V414 și pompa P401,

iar în Fig. 5.1a și Fig. 5.1b pot fi vizualizate instalația experimentală și reprezentarea grafică a acesteia.

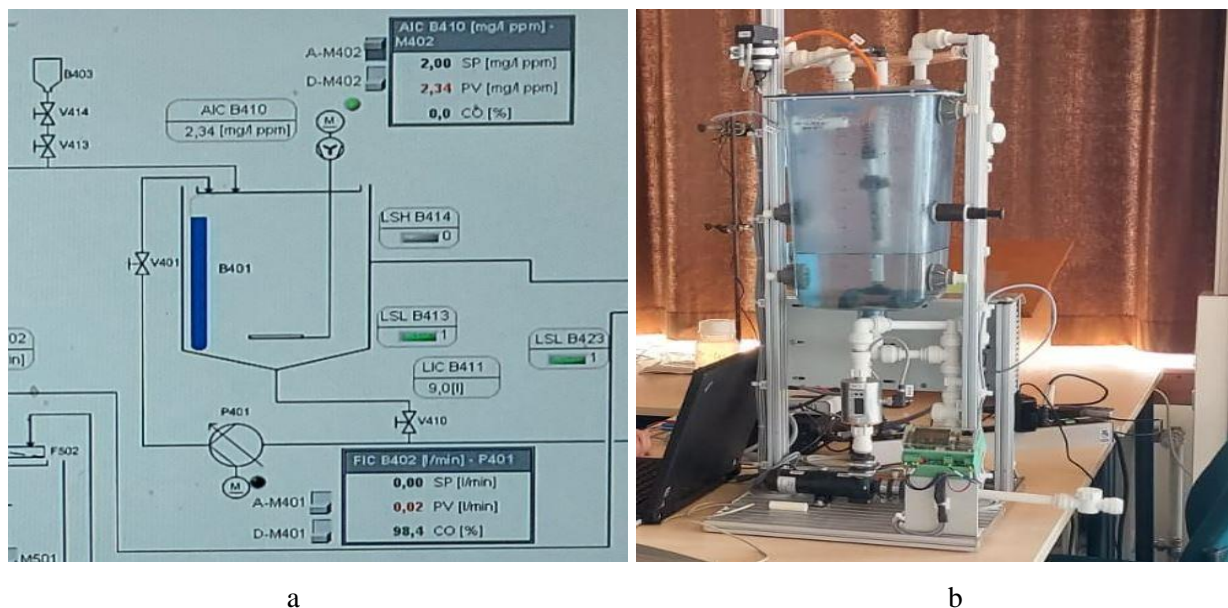


Fig. 5.1 – Reprezentare instalație experimentală 2 (a – grafic, b – in situu)

În cadrul acestui experiment, am urmărit trei variabile experimentale, concentrația de oxigen dizolvat (DO) în rezervorul B401, debitul de apă pompat și funcționarea sistemului de aerare prin intermediul SRA PI și PID, în urma dozării sulfitei de sodiu (Na_2SO_3), pentru a simula consumul de oxigen (deoxigenarea apei) dintr-un bioreactor.

5.3. Biodegradabilitatea compușilor de PVA în mediu apos cu nămol activat

Pentru acest experiment am utilizat rezervoare de 2 litri, pompă diafragmă cu furtune, baie de apă (2 bucăți), încălzitor imersabil, desicator, pipete de 10 și 50 mL pentru prelevarea probelor, aparat de măsură pH, termometru, aparat de măsură oxigen dizolvat, hârtie filtrantă 579 1/2, membrană filtrantă de 0,45 μm , filtru de celuloză de 45 μm , balanță, etuvă pentru uscare și soluțiile etilenglicol ($(\text{CH}_2\text{OH})_2$), PVA, dihidrogenfosfat de potasiu anhidru (KH_2PO_4), hidrogenofosfat dipotasiu anhidru (K_2HPO_4), clorură de amoniu (NH_4Cl), hidrogenofosfat disodic dihidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sulfat de magneziu heptahidrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), clorură de calciu dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), clorură de fier hexahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), iar procedura de testare s-a realizat în conformitate cu DIN EN ISO 9888 (2015) – metoda Zahn-Wellens.

În experiment sunt analizate două probe ce au în compoziție 80%, respectiv 60% PVA, aditivi organici și compuși inofensivi, soluția utilizată a fost preparată la o concentrație de 250 mgPVA/L, după care a fost diluată până la concentrația estimată de PVA din probă (100 mgPVA/L).

5.4. Concluziile cercetărilor efectuate la Universitatea din Stuttgart-ISWA

Controlul proceselor de epurare prin intermediul SRA PI sau PID poate aduce o mulțime de avantaje procesului tehnologic dintr-o SEAU, cum ar fi randamentul ridicat al unui echipament, calitatea procesului tehnologic, buna funcționarea a SEAU ș.a.m.d. Sistemele de reglare automată PID pot asigura și reducerea costurilor de operare într-o SEAU, însă în cazul în care acestea nu sunt înțelese și nu sunt ajustate corespunzător, pot duce la o funcționare necorespunzătoare și la creșterea costurilor de operare sau defectarea echipamentelor într-un timp mai scurt.

De asemenea, contează enorm tipul de SRA selectat la momentul proiectării SEAU de exemplu, iar uneori, un SRA PI poate fi mai eficient decât un SRA PID sau chiar și un SRA P sau I se pretează uneori mai bine decât un SRA PID. Totul depinde de iscusința proiectantului și dibăcia personalului care exploatează SRA.

O altă concluzie este legată de constantele SRA PID (K_p , T_i și T_d), care trebuie ajustate ori de câte ori este necesar, deoarece proiectarea acestora se realizează la valori prestabilite în faza de proiectare, spre deosebire de faza de operare, unde parametrii din faza de proiect nu mai coincid cu parametrii din faza de operare.

Ajustarea SRA PID în faza de operare trebuie realizată ori de câte ori este necesar, deoarece, chiar dacă o situație poate părea identică, rezultatele pot fi cu totul altele datorită background-ului din procesul tehnologic controlat.

Sistemele de reglare automată PID sunt foarte benefice proceselor tehnologice care au loc într-o SEAU și au o aplicabilitate ridicată în acestea, însă pentru buna funcționare și obținerea rezultatelor dorite este necesară o îndemânare ridicată a persoanelor care exploatează SEAU.

CAPITOLUL 6. MODELAREA AMESTECURILOR POLIFAZICE DIN SEAU IAȘI

Cercetările din zona de studiu continuă cu modelarea amestecurilor polifazice în secțiunile de control, scopul acestor modelări realizate este de a prezenta noi soluții de îmbunătățire a controlului proceselor de epurare în SEAU Iași.

Modelarea este o încercare de descriere a aspectelor dinamice ale amestecului polifazic în termeni matematici. Majoritatea modelelor sunt modele de simulare, acestea încercând să prognozeze comportarea sistemului sau performanța acestuia fără a analiza de fapt sistemul fizic sau prototipurile sale (Stătescu și Pavel, 2015).

Așa cum o definea Sharp, modelarea hidraulică este ”o artă practică bazată pe știință”, cele două tipuri de modele cu care se operează fiind modele fizice și modele numerice (Bartha și colab., 2004).

Amestecurile polifazice care curg prin fluxul tehnologic al SEAU, sunt formate din diferite substanțe și particule dizolvate și se găsesc în apa uzată sub formă de granule sau coloizi, între acestea realizându-se interdependențe de natură fizică, chimică și biochimică.

În acest capitol am realizat mai multe modelări ale amestecurilor polifazice în încercarea de a îmbunătăți procesul tehnologic în SEAU Iași, iar zonele analizate le-am prezentat sub formă de studiu de caz.

6.1. Studiu de caz: *Bioreactorul cu nămol activat nr. 3 din TB a SEAU Iași*

Pentru realizarea modelării amestecului polifazic în bioreactor, am desenat mai întâi bioreactorul în programul AUTOCAD la scara 1:1, după care l-am exportat într-un format acceptat de programul ANSYS DISCOVERY R1. Pentru rezultate mai concludente și datorită dimensiunilor impozante ale bioreactorului, am împărțit bioreactorul în mai multe zone, astfel încât să se poată alege soluția optimă, împărțirea bazinului fiind selector anaerob, zonă anaerobă, zonă anoxică și zonă oxică.

Pentru fiecare zonă s-au introdus intrările și ieșirile apei uzate, tipul materialului, accelerația gravitațională și viteza apei uzate la intrarea în bazin, rezultând în urma acestor date, mișcarea apei uzate în bazin. De-a lungul timpului au fost realizate modele matematice care descriu curgerea apei și dispersia bulelor de gaz, utilizând metoda Euler-Euler sau metoda Euler-Lagrange pentru diferite geometrii ale bazinului de aerare (Prăjanu și colab., 2021).

De asemenea, au fost realizate simulări 3D în regim staționar sau tranzitoriu, cercetările arătând că simulările în 3D în regim staționar oferă rezultate corecte pentru debitul mediu.

Programul ANSYS DISCOVERY R1 permite determinarea, modelarea, optimizare și analizarea diferitelor lucrări ingineresti în faza de proiectare, construcție și operare.

Aceasta face posibilă modelarea fluidelor fără a realiza elemente și noduri de rețea, permite ca simulările să fie la îndemâna inginerilor, iar în Fig. 6.1 se poate vizualiza interfața softului.

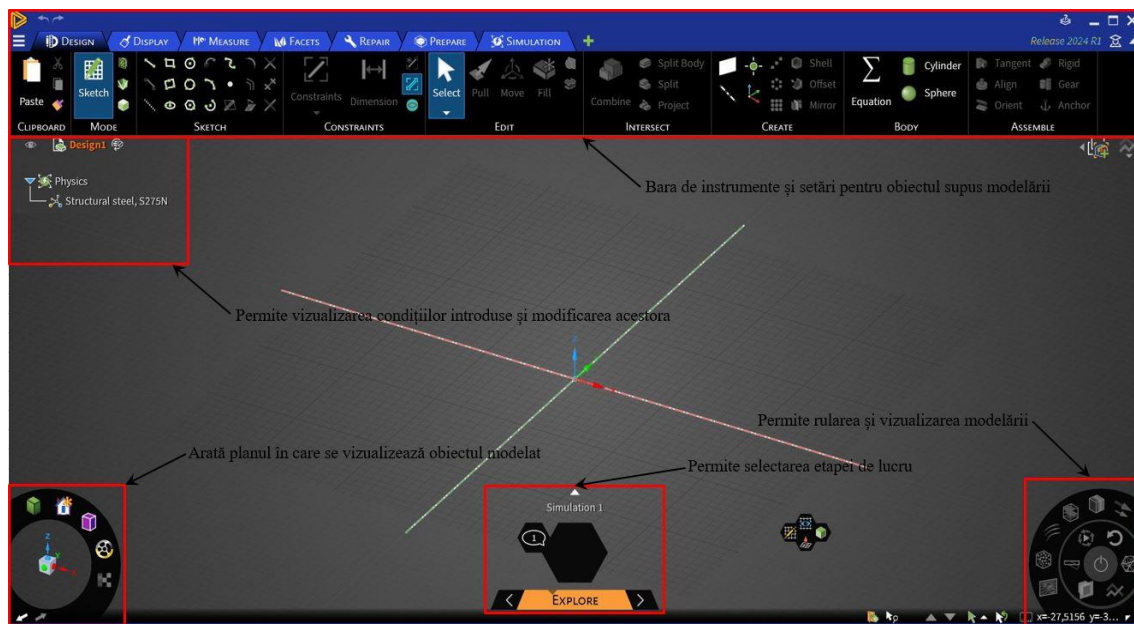


Fig. 6.1 – Interfața softului ANSYS DISCOVERY R1

Prima zonă analizată este selectorul anaerob al bioreactorului nr. 3, în această zonă modelarea hidraulică fiind analizată în 3 scenarii ($S1 - v_s = 1,26$ m/s; $S2 - v_s = 1,18$ m/s și $S3 - v_s = 1,13$ m/s).

În scenariul 1 prezentat în Fig. 6.2, se observă cele trei zone de apă moartă care apar în selector, distribuția și direcția de curgere a amestecului polifazic prin selector, dar și mixarea naturală care are loc în prima jumătate a selectorului datorită peretelui șicană.

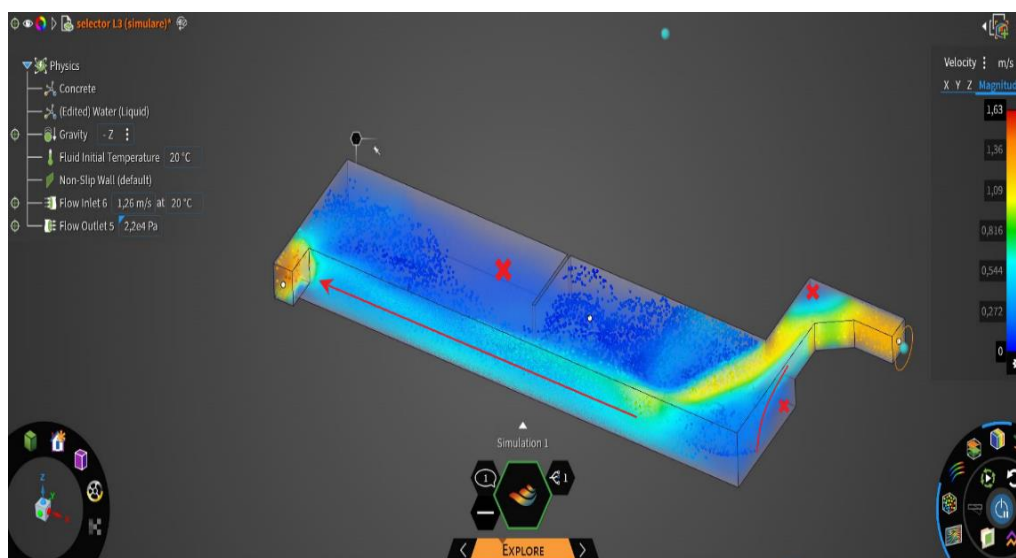


Fig. 6.2 – Selectorul anaerob nr. 3 (scenariul 1: $v_s = 1,26$ m/s)

În scenariul 2 prezentat în Fig. 6.3, zona de apă moartă din cea de-a doua parte a selectorului se micșorează odată cu scăderea debitului, însă distribuția și direcția de curgere a amestecului

polifazic prin selector, dar și mixarea naturală care are loc în prima jumătate a selectorului datorită peretelui șicană se mențin.

În scenariul 3 prezentat în Fig. 6.4, starea de mișcare se repetă, zona de apă moartă din cea de-a doua parte a selectorului se micșorează încă odată, iar distribuția și direcția de curgere a amestecului polifazic prin selector, dar și mixarea naturală care are loc în prima jumătate a selectorului datorită peretelui șicană, se mențin în continuare.

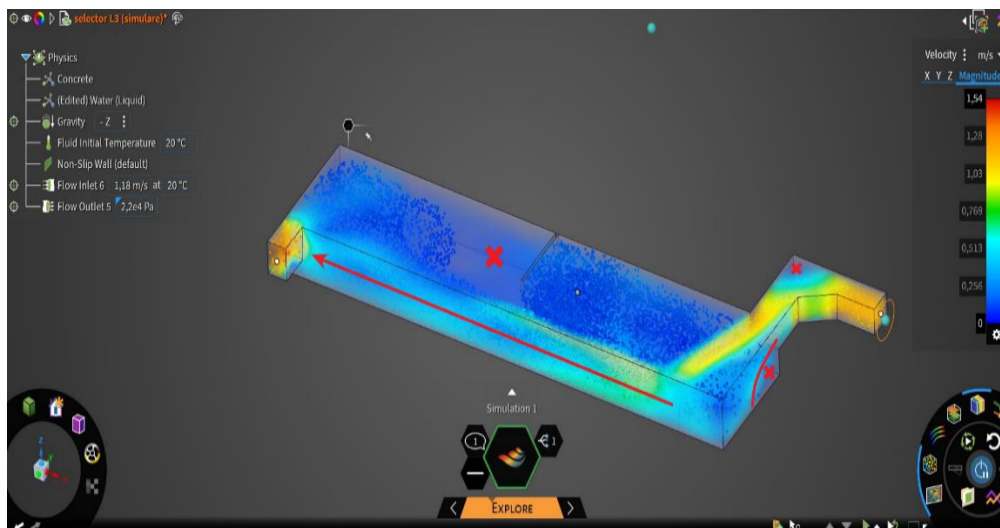


Fig. 6.3 – Selectorul anaerob nr. 3 (scenariul 2: $v_s = 1,18$ m/s)

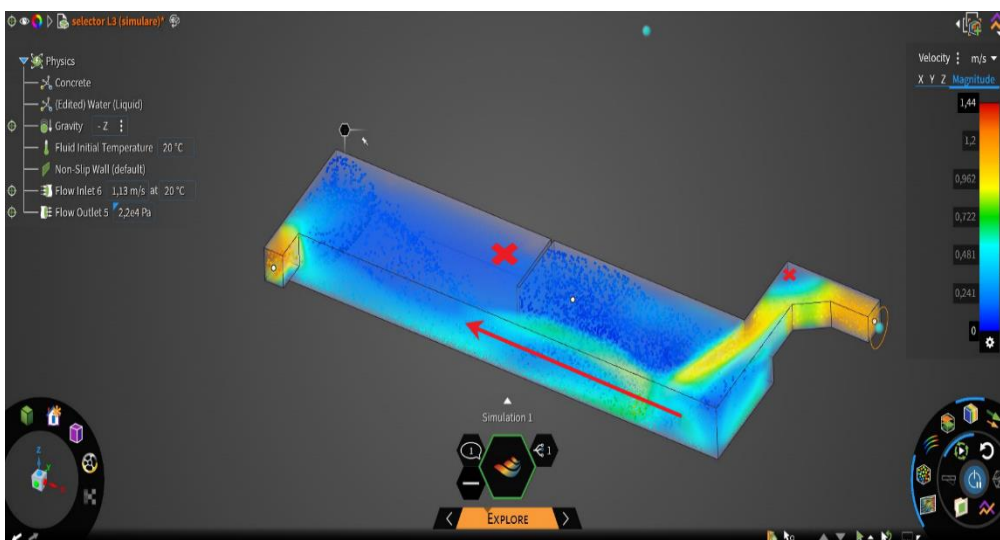


Fig. 6.4 – Selectorul anaerob nr. 3 (scenariul 3: $v_s = 1,13$ m/s)

În concluzie, mișcarea uniform distribuită în zona anaerobă are loc în condițiile de operare normale, iar în cazul în care debitul influent ($Q_i + Q_{Re}$) în bioreactorul nr. 3 va fi de aproximativ $1,26 \text{ m}^3/\text{s}$ se pot atinge HRT de aproximativ 22 de minute, iar prin cumularea HRT_{selector} cu HRT_{anaerob} se obțin HRT de aproximativ 52 de minute.

La HRT de 52 de minute, procesul bio-P poate atinge performanțe ce nu necesită precipitarea chimică a P, însă doar în cazul în care nu există dezechilibre ale raportului C:N:P sau COD/TP la intrare în bioreactor.

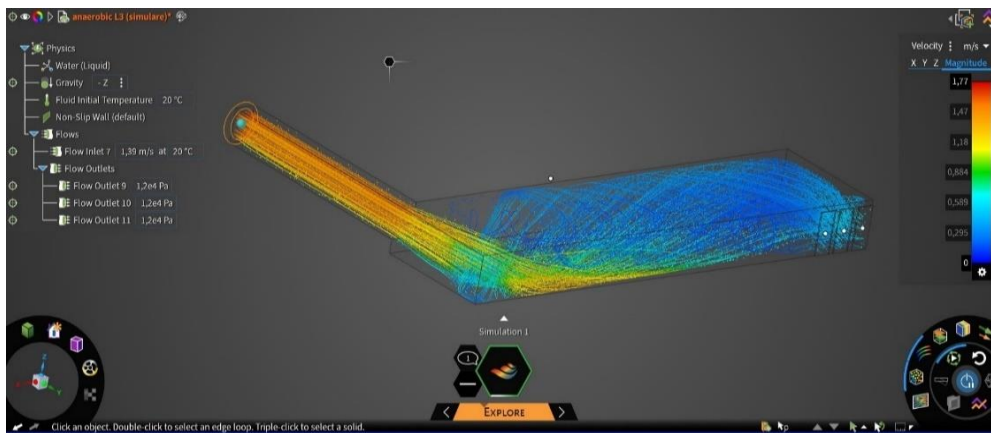


Fig. 6.5 – Zona anaerobă bioreactor nr. 3 (scenariul 3: $v_s = 1,39$ m/s)

Următoarea zonă analizată este zona anoxică a bioreactorului nr. 3, în această zonă pentru procesul de denitrificare, curgerea și distribuția amestecului polifazic fiind deosebit de importante, în această zonă modelarea hidraulică fiind analizată, de asemenea, în 3 scenarii (S1 – $v_s = 0,345$ m/s; S2 – $v_s = 0,326$ m/s și S3 – $v_s = 0,295$ m/s).

În cele 3 scenarii, pe lângă debitele de apă uzată ($Q_{i \text{ operațional}} = 0,46 - 0,994$ m³/s), Re ($Q_{Re \text{ operațional}} = 0,99$ m³/s), coeficientul de rugozitate "n" ($n = 0,013$) și $T = 20$ °C, mai este adăugat debitul recirculării interne ($Q_{Ri \text{ operațional}} = 2,24$ m³/s).

În concluzie, pereții șicană pot îmbunătăți curgerea amestecului polifazic în zona anoxică a bioreactorului, dar și HRT.

Ultima zonă analizată este zona oxică a bioreactorului nr. 3, în această zonă modelarea hidraulică fiind analizată, de asemenea, în 3 scenarii (S1 – $v_s = 0,345$ m/s; S2 – $v_s = 0,326$ m/s și S3 – $v_s = 0,295$ m/s).

Condițiile în cele 3 scenarii sunt cunoscute din scenariile anterioare, debitele de apă uzată ($Q_{i \text{ operațional}} = 0,46 - 0,994$ m³/s) și Re ($Q_{Re \text{ operațional}} = 0,99$ m³/s), coeficientul de rugozitate "n" ($n = 0,013$), panta canalului "I" ($I = 0,001$ ‰) și $T = 20$ °C, fiind aceleași.

Prima soluție constă în poziționarea peretelui șicană cu lungimea de aproximativ 25 m pe peretele despărțitor al compartimentelor 3 și 4, în așa fel încât amestecul polifazic să parcurgă întreaga suprafață a zonei oxice din bioreactor.

Cea de-a doua soluție constă în amplasarea a 2 pereți șicană și orificii de fund pe pereții despărțitori ai compartimentelor 3-4 și 6-7, astfel încât din cele două soluții să poată fi selectată opțiunea care oferă cea mai bună distribuție a amestecului polifazic în zona oxică.

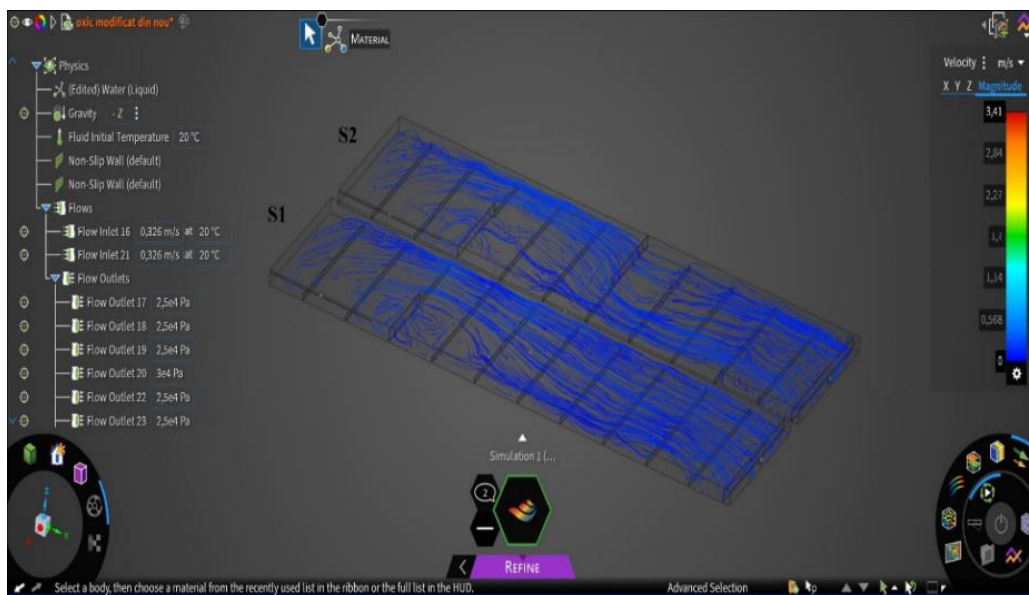


Fig. 6.6 – Zona oxică a bioreactorului nr. 3 cu soluțiile propuse

În concluzie, îmbunătățirea controlului proceselor de epurare din bioreactorul nr. 3 poate fi realizată și aici prin poziționarea unor pereți șicană cu orificii înecate în zonele analizate, care să faciliteze distribuția cât mai uniformă a amestecului polifazic în bioreactor.

Astfel, se poate îmbunătăți mixarea amestecului apă uzată- nămol, HRT, OTR, dar și procesele de nitrificare și denitrificare.

6.2. Studiu de caz: Alimentare cu apă uzată și RAS TB SEAU Iași

Controlul distribuției apei uzate și a nămolului activat recirculat în treapta biologică trebuie controlate foarte atent în orice SEAU.

Ajustarea debitelor de apă uzată și nămol activat recirculat, conducând la controlul unor parametri tehnologici primordiali, cum ar fi raportul F/M, HRT, SRT, OTR etc.

Astfel, necesitatea îmbunătățirii controlului procesului de distribuție a apei uzate și a nămolului activat a apărut odată cu cercetările anterioare realizate în această teză. Studiul analizează distribuția apei uzate și a nămolului activat în bioreactoarele funcționale ale SEAU Iași.

În teorie, debitul uniform distribuit (q) este același în ambele secțiuni de ieșire, însă în urma modelării se poate observa diferența de debit dintre cele două secțiuni de ieșire.

Modelarea canalului de alimentare TB din SEAU Iași este prezentată în Fig. 6.7 și arată, de asemenea, curgerea și distribuția apei uzate în bioreactoarele funcționale ale SEAU Iași, dar și zona unde este introdus debitul RAS L2 în canalul de alimentare.

În urma modelării canalului de alimentare TB SEAU Iași, se poate observa cum bioreactoarele nr. 2 și 3 pot fi alimentate cu apă uzată din ambele TM ale SEAU Iași.

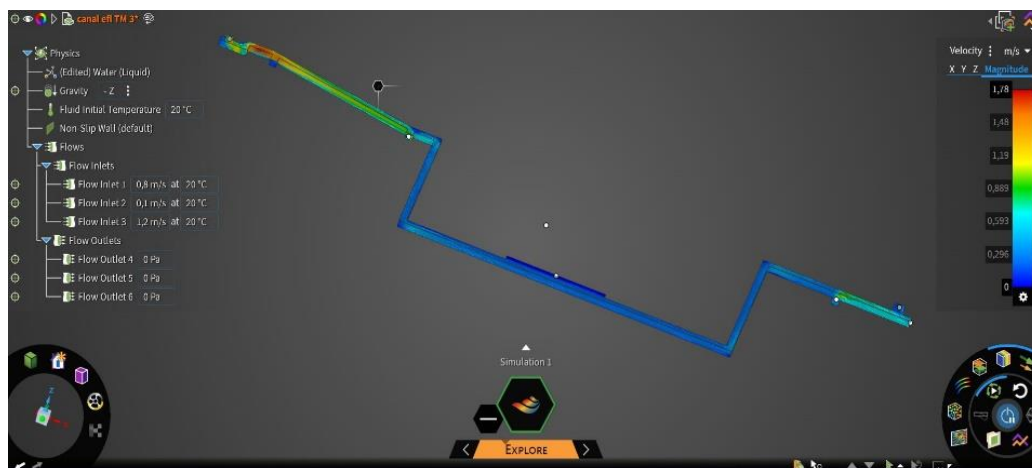


Fig. 6.7 – Modelare canal de alimentare TB SEAU Iași

În concluzie, distribuția apei uzate în bioreactoarele SEAU IAȘI este neuniformă, iar debitul RAS L1 și L2, de asemenea, nu poate fi distribuit în mod egal în bioreactoare. Aceste aspecte au impact asupra evoluției procesului tehnologic și necesită îmbunătățiri sau ajustări de proces.

Echilibrarea hidraulică după construirea canalului de alimentare bioreactor nr. 2 poate fi realizată prin montarea de stavile pe fiecare canal de alimentare, așa cum este în prezent, însă nu în aceleași zone.

6.3. Studiu de caz: *Bioreactor nr. 3 – Distribuție oxigen zonă oxică*

Distribuția oxigenului din stația de suflante până la bioreactorul nr. 3 se realizează prin intermediul unei rețele inelare de conducte, cu diametre variabile cuprinse în intervalul DN 300 mm – DN 1200 mm.

Pentru modelarea distribuției aerului în bioreactor prin intermediul rețelei inelare, am utilizat același program ANSYS, folosit și în studiile de caz anterioare.

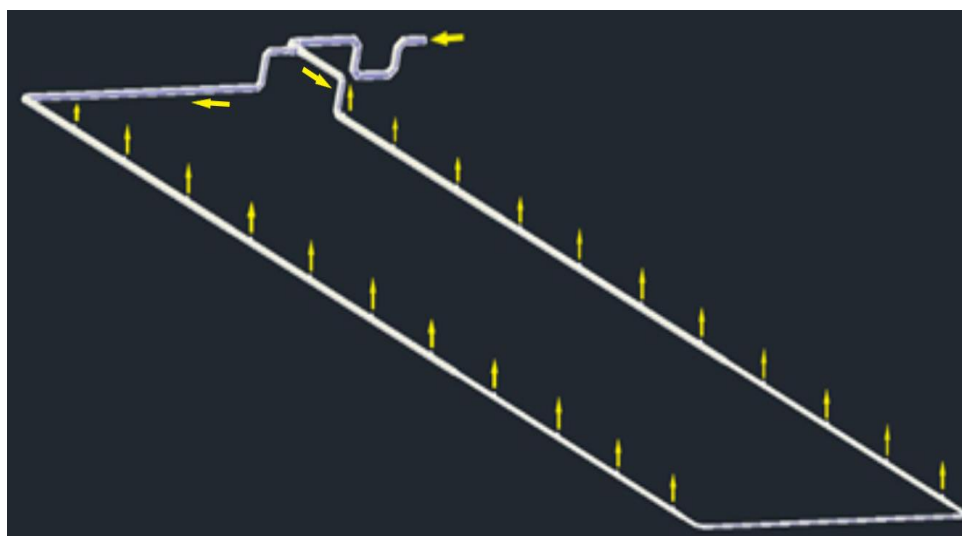


Fig. 6.8 – Schemă conductă de aer bioreactor nr. 3

Primul scenariu de modelare l-am realizat pentru debitul și viteza maximă de curgere ($v_{\max} = 6,56 \text{ m/s}$), cel de-al doilea scenariu de modelare l-am realizat pentru debitul și viteza medie de curgere ($v_{\text{med}} = 5,13 \text{ m/s}$), iar cel de-al treilea scenariu de modelare l-am realizat pentru debitul și viteza minimă de curgere ($v_{\min} = 3,16 \text{ m/s}$).

După stabilirea variabilelor din secțiunea de intrare și introducerea acestora în program, mai sunt introduse în acesta tipul de material, ieșirile din sistem, temperatura și densitatea aerului, după care modelarea studiului de caz poate rula. Modelarea realizată este prezentată în Fig. 6.9, iar forma inelară a conductei de alimentare cu oxigen a bioreactorului nr. 3 și sensul de curgere sunt indicate în Fig. 6.8.



Fig. 6.9 – Modelare conductă de aer bioreactor nr. 3 ($v_{\min} = 3,16 \text{ m/s}$)

Modelarea arată viteze mai mari de curgere a aerului în partea stângă a bioreactorului, comparativ cu partea dreaptă a acestuia (Fig. 6.10), după care distribuția vitezelor în secțiunile de curgere se inversează, valorile mai mari fiind înregistrate în partea dreaptă a bioreactorului.



Fig. 6.10 – Distribuție oxigen în bioreactor nr. 3

În continuare, pentru a îmbunătăți alimentarea cu oxigen a zonei oxice din bioreactorul nr. 3, am desenat o nouă versiune de alimentare și distribuție a oxigenului, pe care o prezint în Fig. 6.11.

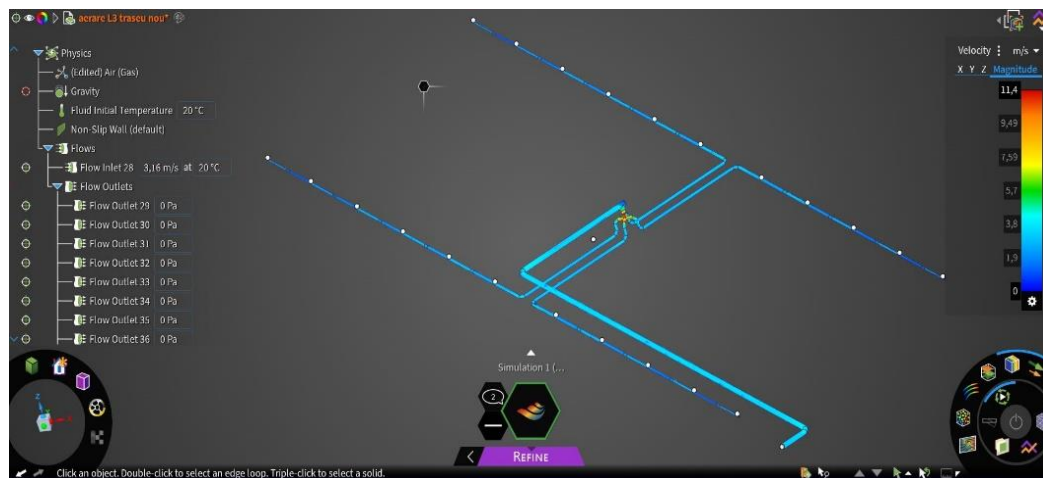


Fig. 6.11 – Versiune nouă distribuție oxigen în bioreactorul nr. 3

Astfel, având în vedere că la dimensionarea conductei de oxigen s-a utilizat traseul cel mai nefavorabil în scenariile de modelare, viteza cea mai mică a fost înregistrată în punctul cel mai îndepărtat.

Iar controlul oxigenului se realizează și în funcție de setările presiunii, în încercarea menținerii valorii presetate a presiunii, supraaerarea este facilitată.

Distribuția oxigenului în bioreactorul nr. 3 poate fi îmbunătățită prin poziționarea unei ramificații la jumătatea bioreactorului, echilibrare hidraulică și îmbunătățirea SRA PID prin funcționarea acestora în funcție de mai mulți parametri tehnologici.

6.4. Constatări și interpretări ale modelării amestecului polifazic

La fel ca în cazul indicatorilor calitativi și ai parametrilor de proces tehnologic este necesară cunoașterea problemei ("Ce problemă există?", "Unde este problema?"), descrierea problemei ("De ce a apărut problema?", "Când a apărut problema?") și corectarea problemei ("Cum rezolv problema?"), pentru ca aceasta să poată fi analizată și rezolvată.

Astfel, în scopul evidențierii mai multor posibile îmbunătățiri ale controlului proceselor de epurare în SEAU Iași, au fost realizate modelări ale amestecurilor polifazice.

În urma modelărilor realizate în studiile de caz menționate, coroborate cu analiza procesului tehnologic sunt constatate și prezentate mai multe aspecte tehnice, prezentate sub forma cunoașterii problemei, descrierii problemei și corectării problemei.

CAPITOLUL 7. CONCLUZII, SOLUȚII TEHNICE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1. Concluzii generale

Domeniul epurării apei uzate, atât în Europa, cât și pe plan mondial a evoluat foarte mult în ultimii 20 de ani.

În prezent, tendințele în domeniul epurării apei uzate se axează pe tehnologii de eliminarea microplasticelor, reducerea limitelor la N și P, valorificarea nămolurilor provenite din epurarea apelor uzate, independența energetică a SEAU, conceptul ZLD, optimizarea proceselor de epurare în scopul reducerii costurilor de operare și recuperarea anumitor compuși chimici din procesele de epurare.

În perioada cercetărilor am utilizat instalații experimentale de control a SRA PID, care au facilitat cunoașterea, înțelegerea și controlul acestor SRA, dar și înțelegerea anumitor fenomene ce au loc în SEAU. În încheiere, pentru a consolida rezultatele analizelor efectuate într-o SEAU, am realizat modelări hidraulice asupra unor secțiuni de curgere din zona de studiu.

Analiza calitativă scoate în evidență valorile luate în considerare în faza de proiectare a SEAU Iași, dar și situația actuală a apei uzate tratate în stația de epurare.

Din analiza cantitativă se pot observa cantitățile de poluanți care rezultă din procesul de epurare din SEAU Iași, evoluția acestora pe parcursul procesului tehnologic, evoluția și distribuția debitelor de apă uzată, dar și a debitelor de nămol activat, îngroșat, recirculat, deshidratat, respectiv de aer.

Analiza procesului tehnologic a evidențiat potențialul de tratare a apei uzate în secțiunile de intrare, TM și în secțiunea de ieșire, în acest scop fiind realizate histograme, corelări, calcule și determinări care arată desfășurarea procesului de epurare în perioada analizată.

Sistemele de reglare automată PID joacă un rol foarte important în funcționarea oricărei SEAU, acordarea cât mai bună a acestor SRA conducând la o funcționare eficientă a proceselor tehnologice.

7.2. Soluții tehnice propuse

Una din soluțiile tehnice, rezultate din cercetările realizate în această teză, este introducerea de noi echipamente de măsură și control a proceselor de epurare. În acest sens, măsurile aplicabile sunt prezentate în continuare.

Pe scurt, re poziționarea senzorilor de T, pH și TSS apă aval de grătarele fine L2 în camera de repartiție apă uzată și adăugarea echipamentelor de măsură conductivitate, COD, NH₄ și P,

împreună cu o stație de dozare reactivi de combatere pH poate conduce la îmbunătățirea și protecția procesului tehnologic.

Utilizarea senzorilor de tip canal Parshal sau Palmer-Bowlus la măsurarea debitului, reprezintă o soluție pentru SEAU Iași.

Pentru îmbunătățirea procesului de evacuare și pompare a nămolului primar sunt necesari senzori de nivel nămol în DP și senzori de concentrație a nămolului primar evacuat.

În acest mod, evacuarea nămolului este controlată și se realizează în funcție de calitatea nămolului și nu în funcție de cantitate. De calitatea efluentului TM depinde buna funcționare a TB de epurare, astfel monitorizarea efluentului TM de epurare trebuie realizată la fel de minuțios ca în cazul influentului SEAU Iași.

În SEAU Iași există 2 linii tehnologice, dimensiunile construcțiilor fiind diferite, iar din această cauză este necesară monitorizarea efluentului TM în ambele linii tehnologice. Astfel, monitorizarea pH-ului, alcalinității, conductivității, COD, NTK, NO_3 , TSS și P_T trebuie realizată în ambele linii tehnologice. În acest scop utilizarea de senzori, sau analizoare împreună cu analizele de laborator vor avea un aport important în controlul procesului de epurare.

La fel ca în cazul TM de epurare, debitul influent al TB de epurare, împreună cu debitul R_e și al R_i trebuie cunoscut pentru fiecare reactor biologic, și în această situație utilizarea debitmetrelor de tip canal Parshal sau Palmer-Bowlus fiind mai fiabilă decât debitmetrele electromagnetice utilizate în prezent.

Prima etapă de îmbunătățire a controlului proceselor de epurare în TB poate fi înlocuirea senzorilor de rH cu senzori de NO_3 în zonele anoxice, amplasarea de debitmetre pe conductele de R_i și introducerea de SRA PID pentru controlul debitului de R_i .

În zona oxică, îmbunătățirea procesului tehnologic poate fi realizată prin suplimentarea senzorilor de DO, adăugarea senzorilor de NH_4 și MLSS în fiecare bioreactor.

Adăugarea debitmetrelor pentru nămolul activat recirculat pentru bioreactoarele nr. 2 și 3, împreună cu senzorii de măsură concentrație nămol activat recirculat pentru fiecare bioreactor și modificarea SRA PID pentru a funcționa și în funcție de NH_4 .

De asemenea, în DS pot fi poziționați senzori de nivel pentru măsurarea stratului de nămol, ca în Fig. 7.1, unde este prezentat schematic controlul procesului tehnologic în TB.

Controlul nitrificării prin intermediul senzorilor de NH_4 și DO este prezentat în Fig. 7.2, avantajul acestui SRA PID este adaptarea debitului de aer în funcție de încărcarea apei uzate, economii de energie, dar și un control constant asupra nitrificării ce nu va avea impact asupra denitrificării.

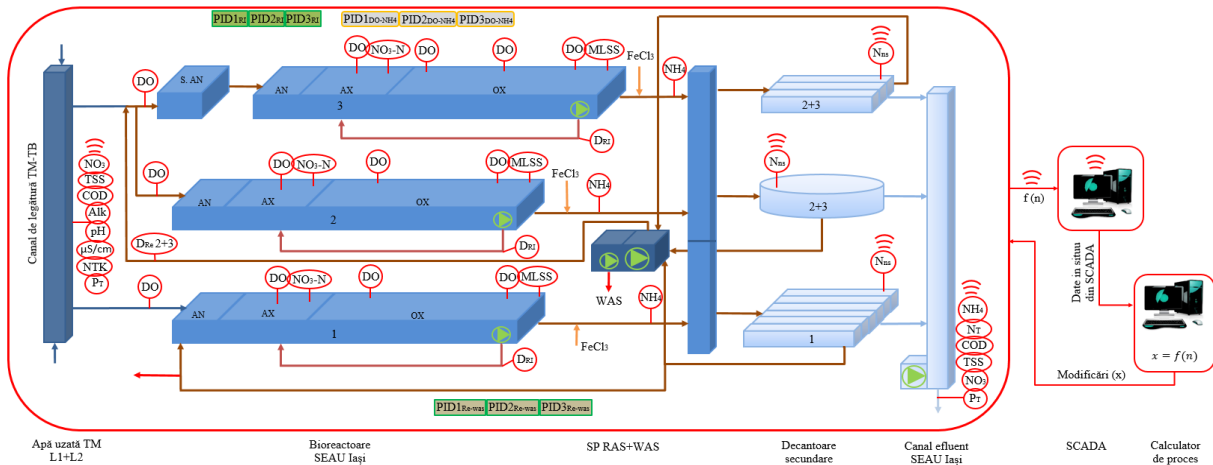


Fig. 7.1 – Representare schematică control nou TB SEAU Iași

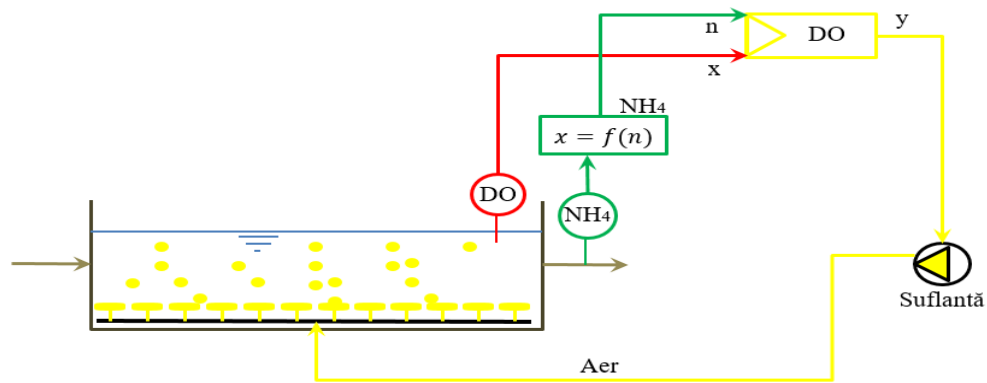


Fig. 7.2 – Representare schematică control nou DO în funcție de NH4

Pentru controlul debitului de aer introdus în zona oxică și pentru a evita surplusurile de oxigen, schema de mai sus poate fi completată cu SRA PID pentru debitul de aer, iar în Fig. 7.3 se poate observa o modalitate de control a debitului de aer oferită de Baumann și autorii (Baumann și colab., 2009).

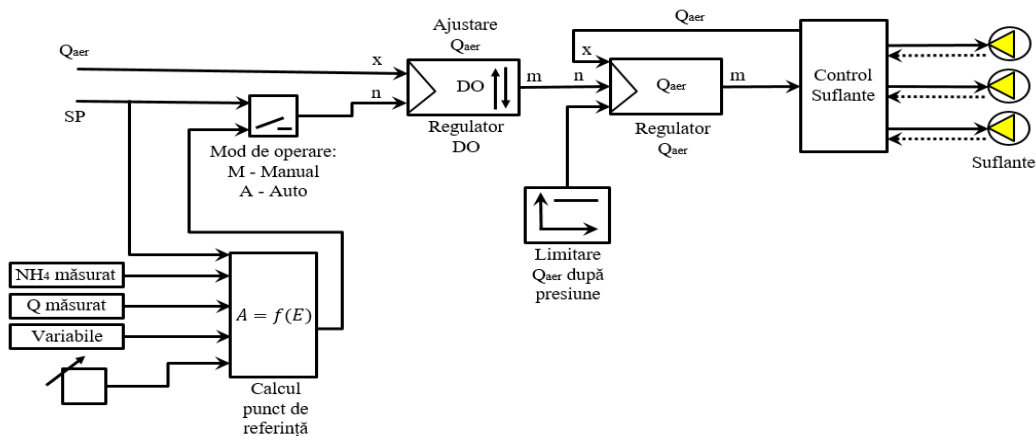


Fig. 7.3 – Representare schematică control nou debit de aer: Adaptat după Baumann și colab., 2009)

Schema poate fi aplicată și pentru controlul gradului de recirculare internă, externă sau pentru evacuarea nămolului în exces, dacă se iau în considerare un număr mai mare de variabile de proces.

Pentru îmbunătățirea procesului tehnologic pe linia tehnologică a nămolului este necesară introducerea de aparatură de măsură și control a nămolului după fiecare treaptă de tratare nămol.

Argumentul tehnic pentru îmbunătățirea controlului procesului de tratare a nămolului este dat de efortul care trebuie depus în SEAU pentru a trata nămolul produs. Practic, cantitatea de nămol din SEAU reprezintă aproximativ 1% din volumul de apă uzată, însă costurile de operare se ridică, aproximativ, după costurile stației de suflante, la 35% din costurile de exploatare.

Controlul producției de biogaz se îmbunătățește odată cu dotarea înainte, în și după RFN, cu senzorii de proces menționați, rezultând astfel, din calculele de proces, evoluția procesului de fermentarea anaerobă a nămolului din SEAU.

Întreg procesul de epurare mai poate fi îmbunătățit prin implementarea unui program de monitorizare, realizat astfel încât datele colectate din teren să poată fi comparate cu datele din determinările de laborator sau care să fie utilizate în cazul în care un senzor este defect, decalibrat și scos din uz.

Este necesar ca la SEAU de capacitate mare, laboratorul să deservească doar stația de epurare respectivă sau să existe personal alocat doar pentru SEAU respectivă. În acest fel, procesul tehnologic poate fi verificat ori de câte ori este necesar.

O altă determinare care poate îmbunătăți procesul tehnologic din SEAU Iași este introducerea testului JAR pentru determinarea dozei de polimer necesară în treapta de tratare nămol.

O altă îmbunătățire care poate fi adusă procesului tehnologic este modificarea punctului de introducere în procesul tehnologic a supernatantului. În prezent, supernatantul de la instalațiile de îngroșare mecanică și deshidratare este pompat în influentul DP L2. Astfel, conform analizei calitative, eficiența TM de epurare din punct de vedere al eliminării P este nulă, cauza principală fiind introducerea supernatantului în DP.

Astfel, precipitarea chimică a supernatantului este o opțiune și datorită dozei mai mici de FeCl_3 necesară, soluție favorizată de amplasamentul rezervoarelor de FeCl_3 și SP supernatant și SP FeCl_3 .

Singurul impediment constă în schimbarea tipului de pompe pentru supernatant și a mixerelor din SP supernatant, deoarece FeCl_3 este foarte corozivă și afectează grav echipamentele utilizate.

Cantitatea de supernatant conține pe lângă P și concentrații însemnate de N, care crează dezechilibre în rapoartele C:N:P, COD:TP sau COD:TKN, aspecte evidențiate în analiza procesului tehnologic din capitolul 4.

O altă zonă care poate fi îmbunătățită din punct de vedere constructiv și prin care se poate reduce consumul de energie al SEAU Iași sunt cele 6 decantoare secundare din linia 1 tehnologică.

Aici, nămolul sedimentat este evacuat în canalul colector de nămol, care este poziționat la o cotă superioară pentru ca recircularea nămolului activat să fie realizată gravitațional. Astfel, 12 pompe de nămol secundar pompează nămolul din cele 6 DSL-uri în canalul colector de nămol.

Înlocuirea celor 12 pompe ale decantoarelor secundare cu sistemul de evacuare a nămolului prin sucțiune, procedeu utilizat în linia 2 tehnologică, poate îmbunătăți consumul de energie al SEAU Iași.

7.3. Contribuții științifice

Teza cuprinde următoarele contribuții științifice aduse în domeniul epurării apelor uzate, care vor fi prezentate în continuare, succint, pe capitole:

În *Capitolul 2*, am realizat colectarea, centralizarea și diseminarea informației prin crearea bazei de date în zona de studiu. Astfel, aceasta poate fi utilizată în scopul elaborării viitoarelor modernizări, re tehnologizări sau în implementarea de noi soluții tehnice.

În *Capitolul 3*, am realizat, atât descrierea cât și analiza controlului proceselor de epurare în zona de studiu. Am analizat în detaliu controlul procesului tehnologic cu ajutorul softului SCADA și am evidențiat dispunerea cheilor de control ale procesului tehnologic și ale echipamentelor din SEAU Iași.

În *Capitolul 4*, am prezentat rezultatele: analizelor cantitative și calitative efectuate la SEAU Iași; analizei procesului tehnologic și a pierderilor de sarcină; analizelor asupra performanței echipamentelor de aerare și a consumului energetic. Rezultatele acestor studii reprezintă o bază științifică de date, foarte utilă pentru fundamentarea unor noi proiecte de modernizare și re tehnologizare.

Capitolul 5 contribuie la dezvoltarea cunoașterii în domeniu, prin cercetările realizate la scară de laborator. Sunt prezentate rezultate și interpretări privind:

- controlul nivelului și al debitului de apă în rezervoare prin intermediul SRA PID;
- controlul concentrației de oxigen dizolvat (DO) în apă prin intermediul SRA PID;
- biodegradabilitatea compușilor de PVA în mediu apos cu nămol activat.

Capitolul 6 prezintă modelarea regimurilor de curgere a amestecurilor polifazice, în mai multe secțiuni analizate în SEAU Iași:

- am analizat regimul de curgere al amestecului apă uzată-nămol în bioreactorul nr. 3 al SEAU Iași, pentru a evidenția rata de transfer a oxigenului în apă;
- am analizat regimul de curgere al apei uzate în bioreactoarele funcționale ale SEAU Iași, împreună cu modul de alimentare cu nămol activat recirculat al bioreactoarelor;

- am analizat distribuția oxigenului în bioreactorul nr. 3 din SEAU Iași.

În *Capitolul 7*, ca rezultat al cercetărilor efectuate, am elaborat soluții tehnice moderne, care vizează modalități de îmbunătățire și optimizare a performanțelor proceselor de epurare în zona de studiu, acolo unde este cazul.

În acest fel, SEAU Iași poate să se dezvolte în contextul actual și viitor al cerințelor legislative tot mai înalte. Numeroase tabele, grafice și diagrame, prezentate în special în capitolele 4, 5, 6 și 7, sunt contribuții personale și au fost evidențiate în teză.

Contribuțiile științifice din diferite subcapitole ale tezei se regăsesc în: articolele publicate în revistele de specialitate, în participarea la realizarea unor instrucțiuni și proceduri de lucru pentru SEAU Iași, comunicările științifice la conferințe de specialitate și în luarea unor decizii de ajustare a procesului tehnologic la SEAU Iași.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Arden E. și Lockett W. T., (1914), *Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters*, Journal of the Society of Chemical Industry, 33 (10), 523-539, <https://doi.org/10.1002/jctb.5000331005>.
2. Baieșu A. S., *Tehnica reglării automate*, Editura MATRIX ROM, București, România, 2012.
3. Barnard J. L., (1973), *Biological Denitrification*, Water Pollution Control, 72 (6), pp. 705-716, <https://www.researchgate.net/publication/279562606>.
4. Barnard J. L., (1976), *A Review of Biological Phosphorus Removal in the Activated Sludge Process*, Water SA, 2 (3), pp. 135-143, <https://www.researchgate.net/publication/284088488>.
5. Barnard J. L., (1984), *Activated Primary Tanks for Phosphate Removal*, Water SA, 10 (3), pp. 121-126, <https://www.researchgate.net/publication/292791124>.
6. Barnard J. L., Pagilla K. R., *Biological Nutrient Removal Operation in Wastewater Treatment Plants*, Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, Alexandria, VA 22314-1994, Reston, VA 20191-4400, SUA, 2005, DOI: 10.1036/0071464158.
7. Bartha I., Javgureanu V., *Hidraulică, Vol. I*, Editura "Tehnică" U.T.M., Chișinău, Moldova, 1998.
8. Bartha I., Javgureanu V., Marcoie N., *Hidraulică 2*, Editura Performantica, Iași, România, 2004.
9. Baumann P., Jens A., Ulrich D., Fuhrmann M., Ulrich J., Kohler J., Lieb W., Maurer P., Meister A., *MSR-Technik in abwassertechnischen Anlagen*, Expertverlag, Renningen, Germany, 2009, ISBN: 978-3-8169-2922-2.
10. Berthouex P. M., Brown L. C., *Statistics for Environmental Engineers 2nd Edition*, CRC Press LLC, 2000 N. W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431, SUA, 2002, ISBN: 1-56670-592-4.
11. Bhat S. A., Kumar V., Li F., Verma P., *Detection and Treatment of Emerging Contaminants in Wastewater*, IWA Publishing, London E14 2BA, UK, 2024, ISBN: 9781789063752, DOI: 10.2166/9781789063752.
12. Blitz E., *Epurarea apelor uzate orășenești*, Editura Tehnică, București, România, 1966.
13. Brđjanovic D., Meijer S. C. F., Lopez-Vasquez C. M., Hooijmans C. M., van Loosdrecht M. C. M., *Application of Activated Sludge Models*, IWA Publishing, Alice House 12 Caxton Street, London, UK, 2015, ISBN: 9781780404660.

14. Brown J. A., Koch C. M., Barnard J. L., Benisch M., Black S. A., Bower B., Boyle W. C., Copithorn R. R., Daigger G. T., de Barbadillo C., Dombrowski P. A., Ekster A., Erdal U. G., Erdal Z. K., Harrison J. R., Husband J. A., Jeyanayagam S. S., Kiser P. R., Kobylinski E. A., Kunihiro E. A., Larson T. A., Massart N., Pagilla K. R., Rabinowitz B., Radick K. A., Shaw A. R., Stinson T., Wallis-Lage C., Watson R., *Biological Nutrient Removal Operation in Wastewater Treatment Plants*, Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, Alexandria, VA 22314-1994, Reston, VA 20191-4400, SUA, 2005, DOI: 10.1036/0071464158.
15. Burchiu V., Şantău I., Alexandrescu O., *Instalații de pompare*, Editura Didactică București, România, 1982.
16. Carty G., O’Leary G., Meaney B., *Wastewater Treatment Manuals: Primary, Secondary and Tertiary Treatment*, Environmental Protection Agency, Ardcan, Wexford, Ireland, 1997, ISBN: 1-899965-46-7.
17. Catunda P. F. C., van Haandel A. C., (1987), *Activated Sludge Settlers: Design and Optimization*, Water Science & Technology, 19 (3-4), pp. 613-623, ISSN: 0273-1223, <https://doi.org/10.2166/wst.1987.0241>.
18. Chadwick A., Morfett J., Borthwick M., *Hydraulics in Civil and Environmental Engineering* 5th Edition, CRC Press, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, Florida 33487-2742, SUA, 2013, ISBN-13: 978-0-203-81358-4.
19. Chai H., Xiang Y., Chen R., Shao Z., Gu L., Li L., He Q., *Enhanced simultaneous nitrification and denitrification in treating low carbon-to-nitrogen ratio wastewater: Treatment performance and nitrogen removal pathway*, Bioresource Technology 280, 51-58, 2019, DOI: [10.1016/j.biortech.2019.02.022](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.022).
20. Chen G., van Loosdrecht M. C. M., Ekama G. A., Brdjanovic D., *Biological Wastewater Treatment, 2nd Edition*, IWA Publishing, London, UK, 2020, ISBN: 9781789060362.
21. Cleveron V. A., von Sperling M., Fernandes F., *Sludge Treatment and Disposal*, IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London, UK, 2007, ISBN: 1-84339-166-X.
22. Cook K. M., Barosky F. D., *Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants – MOP No. 11 6th Edition*, WEF Press, Alexandria, SUA, 2008, ISBN: 0-07-154367-8, DOI: 10.1036/0071543678.
23. Cooper P. F., (2001), *Historical Aspects of Wastewater Treatment*, IWA Publishing, London, UK, pp 11-36, ISBN: 1-900222-47-7.
24. Copithorn R. R., Erdal U. G., *Biological Nutrient Removal Operation in Wastewater Treatment Plants*, Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, Alexandria, VA 22314-1994, Reston, VA 20191-4400, SUA, 2005, DOI:10.1036/0071464158.
25. ****Arhiva APAVITAL S.A.*, 2018.

26. ****Arhiva APAVITAL S.A.*, 2020.
27. ****Autorizație de Gospodărire a Apelor SEAU Iași*, nr. 161 din 18.09.2017.
28. ****Autorizație de Gospodărire a Apelor SEAU Iași*, nr. 32 din 05.04.2021.
29. ***DWA-A 131E, *Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants*, Hennef, Deutschland, 2016, ISBN: 978-3-96826-236-1.
30. ***DWA-A 202, *Chemisch-physikalische Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser*, Hennef, Deutschland, 2011, ISBN: 978-3-941897-87-8.
31. ***DWA-M 229-1, *Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausschreibung und Ausführung*, Hennef, Deutschland, 2017, ISBN: 978-3-88721-513-5.
32. ***ISO 9888:1999(E) (2nd Edition, Reviewed and confirmed in 2015), *Water Quality – Evaluation of Ultimate Aerobic Biodegradability of Organic Compounds in Aqueous Medium – Static Test (Zahn-Wellens Method)*.
33. *** NP 088/2 – 2003 – *Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești*.
34. ***NP 107-04, *Normativ pentru Proiectarea Construcțiilor și Instalațiilor de Epurare a Apelor Uzate – Partea a IV-a: Treapta de Epurare Avansată a Apelor Uzate*, București, România, 2005.
35. ***NP 118-06, *Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești – Partea a V-a: Prelucrarea nămolurilor*.
36. *** NP 133-2022, *Normativ Privind Proiectarea, Execuția și Exploatarea Sistemelor de Alimentare cu Apă și Canalizare ale Localităților*, Volumul II – Sisteme de Canalizare, București, România, 2022, <https://www.mdlpa.ro/pages/reglementare13>.
37. *** Sistemul SCADA al instalației de automatizare pentru Stația de epurare Iași – *Manual de utilizare Software*, 2012.

ACTIVITATE DE CERCETARE

Articole publicate

Indexate ISI – incluse în WoS

1. **Costel-Cătălin Prăjanu**, Florian Stătescu, Daniel Toma, Cristina-Mihaela Vîrlan (Toma), *Recognition and determination of hydrodynamic deficiencies in the bioreactors of a real wastewater treatment plant by a comprehensive approach: live analysis using computational fluid dynamics*, Environmental Engineering and Management Journal EEMJ, vol. 20, No. 4, "Gh. Asachi" Technical University of Iasi, pp. 495-506, ISSN: 1582-9596, 2021 (Factor de impact: 0,916, WoS: 000637747700002).

2. Cristina-Mihaela Vîrlan, Daniel Toma, Florian Stătescu, Nicolae Marcoie, **Costel-Cătălin Prăjanu**, *Modeling the chlorine-conveying process within a drinking water distribution network*, Environmental Engineering and Management Journal EEMJ, vol. 20, No. 4, "Gh. Asachi" Technical University of Iasi, pp. 487-494, ISSN: 1582-9596, 2021 (Factor de impact: 0,916, WoS: 000637747700001).

Indexate BDI

1. **Prăjanu C.C.**, Toma D., Vîrlan Cristina Mihaela, Marcoie N., *Studies related to the biological treatment of wastewater within the wastewater treatment plant of Iasi City*, "Ovidius" University Annals - Constantza, Year 20, Series: Civil Engineering, pp. 57-64, ISSN 1584-5990, 2018.

2. **Costel-Cătălin Prăjanu**, Florian Stătescu, Daniel Toma, Cristina-Mihaela Vîrlan (Toma), *Monitoring and controlling of process parameters in the biological phase of wastewater treatment*, Annals of "Dunarea de jos" University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year XII (XLIII), No. 1, pp. 40-47, DOI: <https://doi.org/10.35219/ann-ugal-math-phys-mec.2020.1.06>, 2020.

3. Cristina-Mihaela Vîrlan (Toma), Daniel Toma, Florian Stătescu, **Costel-Cătălin Prăjanu**, *Water quality analysis within a rural locality distribution network*, Annals of "Dunarea de jos" University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year XII (XLIII), No. 1, pp. 32-39, DOI: <https://doi.org/10.35219/ann-ugal-math-phys-mec.2020.1.05>, 2020.

4. Cristina Mihaela Vîrlan (Toma), Daniel Toma, Florian Stătescu, Nicolae Marcoie, **Costel-Cătălin Prăjanu**, *Aspects related to variable speed drive for pumps operating within the Chirița*

pumping station, Revista PANGEEA, Universitatea “1 Decembrie 1918” din Alba Iulia, pp. 72-77, ISSN 1841-1517, DOI: 10.29302/Pangeea 20.10, 2020.

Indexate în volumele conferințelor cu ISSN

1. **C.-C. Prăjanu**, R. Bălășoiu, V. Mihăilescu, C. Anastasiu, A.-G. Blaj, *Particularities regarding the operation of wastewater treatment plants located in rural area, facilities managed by of APAVITAL S.A., in Iasi and Neamt counties*, ROMAQUA, I.S.S.N. 2525-8354, ANUL XXVI, nr. 5/2020, vol. 143, pp. 26-37, București, România.

2. R. Bălășoiu, C. Anastasiu, **C.-C. Prăjanu**, *Culturile bacteriene selectate, o soluție tehnică pentru reducerea cantităților de nămol în stațiile de epurare. Studiu de caz: SEAU Pașcani*, ROMAQUA, I.S.S.N. 1453-6986, ANUL XXIX, nr. 5/2023, vol. 167, pp. 33-43, București, România.

Participări la conferințe științifice

1. 10th International Conference on Environmental Engineering and Management, 18-21 September 2019, Iași, România, *Quality of Effluent in Iași City WasteWater Treatment Plant* – prezentare poster.

2. International Conference “Designing the EU Sewer Sentinel System for SARS-CoV-2 (EUS4)”, 4th TOWN HALL Meeting, WEBEX Meeting – 22nd of March, 2021; 14:00-18:10 CET, Chaired by Bernd Manfred GAWLIK (EC JRC) and Gertjan MEDEMA (KWR, TU Delft).

3. “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, România – 4th International Conference of the Doctoral School, 19-21 May, 2021, Iași, România, *The dissolved oxygen concentration (DO) from an A²/O bioreactor supplied with counter current oxygen* – prezentare on-line.

4. Conferința Internațională “Managementul Stațiilor de epurare în comunitățile mici și mijlocii”, 24-26 Mai, 2021, București (on-line), România – prezentare on-line.

5. Conferința internațională “Sisteme Moderne de Transport și Epurare a Apelor Uzate”, 08-09 Iulie 2021, București, România.

6. “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, România – 5th International Conference of the Doctoral School, May 18-20, 2022, Iași, România, *Monitoring of wastewater parameters in treatment plants: Case study – WWTP of Iași City* – prezentare on-line.

7. Conferința Internațională “ECOURI ALE CONGRESULUI MONDIAL AL APEI – COPENHAGA 2022”, TEME, TENDINȚE ȘI PREOCUPĂRI DE INTERES PENTRU SECTORUL DE APĂ DIN ROMÂNIA – MASA ROTUNDĂ, 18 noiembrie 2022, București, România.

8. Forumul Regional al Apei “Dunărea-Europa de Est” – EXPOAPA, 23-25 Mai, 2023, Sibiu, România – prezentare publică.

Participări în stagii de cercetare și internshipuri

Internship prin programul ERASMUS⁺ – University of Stuttgart, Institute for Sanitary Engineering, Water Quality and Solid Waste Management (ISWA), Germany, *Improving the Control of WasteWater Treatment Processes*, 01.10.2021 – 31.03.2022.

Proiecte de cercetare

Investigation on the biodegradability/bioeliminability of four formulations containing polyvinyl alcohol as the main component, număr proiect: 20211220, perioada de desfășurare: 11.2021 – 12.2021, autoritate contractantă: Bertsch Industries GmbH, Goldbacher Street no. 75, 88662, Überlingen, Germany, instituție de cercetare: Institute for Sanitary Engineering, Water Quality and Solid Waste Management (ISWA), Bandtäle 2, DE-70569 Stuttgart-Büsnau, Germany, poziție în cadrul proiectului: asistent tehnic.