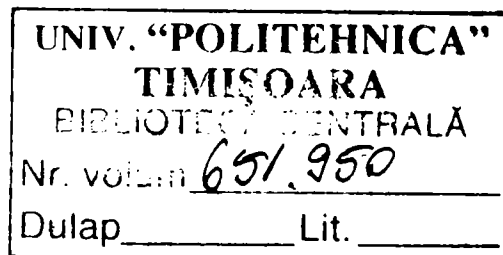


MODERNIZAREA STAȚIILOR DE EPURARE

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

Ing. Emanoel Segneanu



Conducător științific:
Referenți științifici:

prof.univ.dr.ing. Ion Mirel
prof.univ.dr.ing. Ovidiu Ianculescu
prof.univ.dr.ing. Mihai Dima
conf.univ.dr.ing. Adrian Carabeț

Ziua susținerii tezei: 15.12.2006

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Ingineria Chimică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | |

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

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2006

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

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

Cuvânt înainte

Prezenta lucrare este rezultatul activității prestate în perioada stagiului ca doctorand cu frecvență la Facultatea de Hidrotehnică din Timișoara cât și a experienței dobândite în activitatea de proiectare desfășurată în cadrul S.C. IPROTIM S.A. Timișoara.

În etapa actuală, în care problemele de mediu sunt tratate cu multă responsabilitate atât pe plan mondial cât și în țara noastră, epurarea apelor uzate este un subiect de actualitate și de mare interes, prin care trebuie asigurate condițiile de calitate pentru apele evacuate în mediile acvatice.

Apele reziduale, colectate de pe vetrele centrelor populate, reprezintă surse de poluare pentru care trebuie asigurate construcțiile și instalațiile necesare pentru reținerea factorilor poluatori. În aceste condiții, atât stațiile de epurare noi cât și cele care urmează să se re tehnologizeze pretind tehnologii adecvate, implementate prin documentații tehnice de specialitate.

Lucrarea de față se dorește a fi un ghid util de proiectare pentru modernizarea și re tehnologizarea stațiilor de epurare.

Pentru realizarea actualei lucrări doresc să aduc deosebite mulțumiri conducătorului științific, domnului prof.univ.dr.ing. Ion MIREL, pentru sprijinul și competența îndrumare acordată pe întreaga perioadă a elaborării tezei.

Îmi exprim întreaga considerație față membrii comisiei de doctorat, constituită din domnul prof.univ.dr.ing. Michael ION decanul Facultății de Hidrotehnică din Timișoara în calitate de președinte și domnii prof.univ.dr.ing. Ovidiu IANCULESCU decanul Facultății de Hidrotehnică din București, prof.univ.dr.ing. Mihai DIMA de la Universitatea „Gheorghe Asachi” din Iași și conf.dr.ing. Adrian Carabeș de la Facultatea de Hidrotehnică din Timișoara, în calitate de membri, care au răspuns solicitării de a face parte din comisia de analiză a tezei, pentru efortul depus în analizarea tezei, observațiile și îndrumările făcute.

Nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc domnului prof.univ.dr.ing. Harald KAINZ de la Universitatea Tehnică Graz din Austria pentru bunăvoința de a-mi pune la dispoziție datele și măsurătorile experimentale de la stația de epurare a orașului Graz din Austria.

Timișoara, decembrie 2006

Emanoel Segneanu

Segneanu, Emanoel

Modernizarea stațiilor de epurare

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 5, Editura Politehnica, 2006, 160 pagini, 56 figuri, 36 tabele.

ISSN:1842-581X

ISBN (10) 973-625-394-5; ISBN (13) 978-973-625-394-2

Cuvinte cheie:

Ape reziduale, epurare avansată, nitrificare, denitrificare, defosforizare, deznisipator, decantare, bazin de activare, metantancuri, procese aerobe.

Rezumat,

Epurarea apelor uzate menajere colectate de pe vetrele localităților urbane sau rurale se realizează în construcții și instalații cu tehnologii mai mult sau mai puțin sofisticate. Procedeele de epurare a apelor uzate pot fi de natură fizică, chimică, biologică sau combinate.

Reținerea azotului și a fosforului din apele uzate, înainte de deversarea acestora în emisari, se face printr-o serie de tehnologii prin intermediul cărora fosforul precipită cu ajutorul coagulanților iar azotul se elimină sub formă de gaz.

Prezenta lucrare își propune să realizeze un mod de calcul pentru proiectarea stațiilor mari de epurare a apelor uzate (cu peste 5.000 locuitori echivalenți) – la nivelul Studiului de fezabilitate – bazat pe experiența și legislația europeană din acest domeniu.

CUPRINS

CAP. 1. INTRODUCERE	7
1.1. Considerații generale	7
1.2. Necesitatea și oportunitatea studiului	8
1.3. Obiectivele cercetării.....	9
CAP.2. CARACTERISTICILE APELOR UZATE ȘI CONDIȚII DE EVACUARE ÎN EMISAR	10
2.1. Caracteristicile apelor uzate	10
2.2. Condițiile de evacuare ale apelor uzate	15
CAP. 3. STADIUL ACTUAL AL TEHNOLOGIILOR DE EPURARE	21
3.1. Epurarea mecanică	21
3.2. Epurarea mecano - chimică	24
3.3. Epurarea mecano - biologică	25
3.4. Prelucrarea nămolului din apele de scurgere	28
3.5. Dezinfectarea și evacuarea apelor de scurgere	30
CAP. 4. MODELAREA MATEMATICĂ A PROCESELOR DE EPURARE A APELOR UZATE	31
4.1. Considerații generale	31
4.2. Relații cinetice în dezvoltarea microorganismelor.....	32
4.3. Cinetica consumului de substrat.....	35
4.4. Schema generală a procesului cu nămol activat.....	37
4.5. Modelul matematic propus de Lawrence și McCarty.....	39
4.6. Modelarea procesului de nitrificare	45
4.7. Modelarea procesului de denitrificare – cinetica denitrificării.....	46
CAP. 5. MODERNIZAREA STAȚIILOR DE EPURARE	48
5.1. Aspecte de ordin general	48
5.2. Nitrificarea	50
5.3. Denitrificarea	53
5.4. Defosforizarea.....	59
5.5. Tehnologii și utilaje moderne de epurare.....	62
CAP. 6. ELEMENTE DE CALCUL PENTRU PROIECTAREA STAȚIILOR DE EPURARE	80
6.1. Date de calcul	80
6.2. Calculul treptei mecanice	82
6.3. Calculul treptei biologice.....	90
6.4. Calculul liniei nămolului	103
6.5. Program de calcul pentru dimensionarea hidraulică a obiectelor din linia tehnologică de epurare	106
CAP. 7. STUDII DE CAZ	109
7.1. Stația de epurare Pitești	109
7.2. Stația de epurare Brașov	119
7.3. Stația de epurare Graz – Austria	129
CAP.8. CONCLUZII	136
8.1. Concluzii generale.....	136
8.2. Conținutul lucrării	137
8.3. Contribuții și elemente de originalitate.....	138
8.4. Propuneri și recomandări	139
BIBLIOGRAFIE	142
ANEXE	151

1. INTRODUCERE

1.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Epurarea apelor uzate reziduale se realizează în practică de peste 100 ani și a apărut ca o necesitate pentru protecția sanitară a aglomerărilor urbane și a emisarilor împotriva poluării tot mai avansate create datorită creșterii numărului populației și a dezvoltărilor industriale tot mai accentuate.

În decursul timpului obiectivele epurării apelor uzate s-au schimbat. Astfel, dacă la început se punea problema epurării doar din punctul de vedere al sănătății publice, acum conceptul de epurare include și obiective pentru protecția emisarilor și a mediului înconjurător.

Epurarea apelor uzate menajere colectate de pe vetrele localităților urbane sau rurale se realizează în construcții și instalații cu tehnologii mai mult sau mai puțin sofisticate. Procedeele de epurare a apelor uzate pot fi de natură fizică, chimică, biologică sau combinate. În general metodele de epurare utilizate sunt combinate deoarece numai în acest fel se pot obține gradele de epurare cerute de normele de protecție a mediului.

În funcție de numărul locuitorilor echivalenți deserviți, stațiile de epurare se clasifică în:

- stații de epurare foarte mici, care deserveșc până la cel mult 50 locuitori echivalenți. [143];
- stații de epurare mici care deserveșc între 50 și 500 locuitori echivalenți. [136];
- stații de epurare mijlocii care deserveșc între 500 și 5.000 locuitori echivalenți. [118], [137];
- stații mari ce deserveșc peste 5.000 locuitori echivalenți. [134].

Epurarea apelor reziduale se realizează prin două operații semnificative:

- pe linia apei se asigură reținerea substanțelor nocive (poluante) conținute în apele reziduale;
- pe linia nămolului se asigură prelucrarea (neutralizarea) substanțelor reținute în decantoarele primare, bazinele de activare și decantoarele secundare.

Din aceste două operații rezultă ape epurate care pot fi deversate în emisarii naturali și nămoluri care pot fi valorificate (pentru producere de biogaz sau ca îngrășământ agricol) sau descompuse prin incinerare.

Dezvoltarea accelerată a tehnologiilor casnice, prin creșterea gradului de confort, cât și diversificarea industriilor dinn ultimii zeci de ani, a mărit potențialul impurificator chimic, biologic și bacteriologic al apelor uzate și evacuate, fapt care a impus introducerea celei de a treia trepte de epurare (după eliminarea materiilor solide în suspensie și a poluanților organici) materializată prin reținerea compușilor de azot și fosfor din apele reziduale. [147].

Azotul este prezent în apele uzate menajere sub formă de azot legat organic ($R-NH_2$), sub forma ionilor de amoniu (NH_4^+), dar și sub formă de nitriți (NO_2^-) și nitrați (NO_3^-).

Compușii ai azotului, atunci când sunt în exces, pot avea influențe negative asupra emisarilor, după cum urmează:

- azotul legat organic sau cel sub formă de amoniu poate fi oxidat biologic, cu consum de oxigen, în nitrați trecând prin faza de nitriți, iar în cazul emisarilor, această oxidare poate conduce la un deficit de oxigen dizolvat, lucru care poate avea ca efect deranjarea biocenozei și moartea peștilor;

- nitrații în cantități mari, deversați în emisari, pot conduce la eutrofizarea acestora (înflorirea apei);

- prezența combinațiilor azotului în râurile și lacurile utilizate ca surse de apă pentru centrele populate, poate deranja procesul tehnologic de potabilizare a apei, prin transformările ulterioare care se produc în interiorul uzinelor de tratare;

- nitrații prezenți în cantități mari în apa potabilă sau în alimente sunt toxici pentru organismul uman, deoarece în mediul acid din stomac, în prezența aminelor existente în corpul omenesc sau în alimente reacționează, formând nitrozamine, substanțe puternic cancerigene;

- prezența amoniului în apa potabilă distribuită consumatorilor, chiar și în cantități foarte mici, poate produce o reinfecție a apei în rețelele de distribuție, iar prin oxidare poate crea nitriți.

Trebuie menționat faptul că în cazul compușilor de azot organici sau anorganici dizolvați în apele uzate nu s-au identificat reacții de precipitare cu ajutorul produselor chimice de uz curent.

În principiu, eliminarea azotului se poate realiza prin următoarele procedee:

- reținerea compușilor de azot organic prin schimburi de ioni sau prin adsorbție pe carbon activ, procedeu mai puțin răspândit datorită costurilor ridicate;

- aducerea compușilor de azot la forma de nitriți, respectiv nitrați (nitrificare) și reducerea oxigenului prin respirația microorganismelor (denitrificare) rezultând azotul liber care se volatilizează;

- aducerea compușilor de azot la forma de amoniu și reducerea la forma de amoniac, care se volatilizează.

Fosforul reprezintă un nutrient de bază pentru viața plantelor, prezența lui în emisari în cantități limitate fiind benefică pentru flora acvatică, totuși, depășirea unor anumite concentrații este de evitat deoarece aceasta poate facilita fenomenul de eutrofizare a apei.

Eliminarea fosforului din apele uzate se poate face pe cale biologică, prin folosirea acestuia ca nutrient pentru bacteriile reducătoare de carbon organic și pe cale chimică prin adăugarea în apa uzată de săruri metalice pe bază de fier sau aluminiu sau prin adăugare de var. De regulă, în procesul de eliminare a fosforului, se folosesc combinate cele două metode (biologică și chimică).

1.2. NECESITATEA ȘI OPORTUNITATEA STUDIULUI

La ora actuală majoritatea stațiilor mari de epurare orășenești din România funcționează după sistemul clasic de epurare, realizându-se doar eliminarea biologică a compușilor organici conținuți de apa uzată, eliminarea nutrienților rezumându-se doar la consumul biologic al acestora de către bacteriile aerobe din bazinele de aerare.

Reținerea azotului și a fosforului din apele uzate, înainte de deversarea acestora în emisari, se face printr-o serie de tehnologii prin intermediul cărora fosforul precipită cu ajutorul coagulanților iar azotul se elimină sub formă de gaz. Dimensionarea și alegerea tehnologiei necesare reducerii nutrienților din apa uzată se face pe baza unor calcule tehnico - economice care diferă de cele clasice folosite la proiectarea treptelor biologice pentru eliminarea compușilor carbonului.

Stațiile de epurare actuale, care realizează doar reducerea compușilor organici din apele uzate menajere, pot fi retehnologizate pentru a se realiza o reținere eficientă a nutrienților prezenți în apa uzată menajeră și să deverseze efluenți care să îndeplinească condițiile impuse de normele actuale de protecție a mediului (NTPA 001/2005).

Retehnologizarea stațiilor de epurare orășenești poate fi realizată prin modernizarea instalațiilor existente care alcătuiesc profilul tehnologic de epurare, prin înlocuirea parțială sau totală a acestora cu instalații și construcții noi care să poată procesa o apă uzată menajeră și să asigure la parametri fizici, chimici și biologici impuși de legislația actuală de protecția emisarilor și a mediului.

Modalitățile de retehnologizare trebuie făcute pe baza unor studii tehnico-economice bine fundamentate din care să rezulte varianta cea mai avantajoasă, în funcție de particularitățile fiecărei stații de epurare.

1.3. OBIECTIVELE CERCETĂRII

Ținând cont de tendințele actuale de aliniere a legislației românești la legislația europeană și de faptul că în țările Comunității Europene protecția calității apelor este un domeniu bine reglementat și fundamentat, prezenta lucrare își propune să realizeze un program de calcul pentru proiectarea stațiilor mari de epurare a apelor uzate (cu peste 5.000 locuitori echivalenți) – la nivelul Studiului de fezabilitate – bazat pe experiența și legislația europeană din acest domeniu.

2. CARACTERISTICILE APELOR UZATE ȘI CONDIȚII DE EVACUARE ÎN EMISAR

2.1. CARACTERISTICILE APELOR UZATE

În urma activităților umane resursele de apă se murdăresc sau se impurifică prin dizolvarea de substanțe poluante sau prin încărcările cu suspensii. Apele reziduale au influențe diferite asupra emisarilor, funcție de compoziția acestora și de caracteristicile emisarilor.

Impurificarea resurselor de apă reprezintă schimbarea compoziției acestora sub influența unor substanțe poluante, reducându-se astfel capacitatea lor de folosință.

Murdărirea apelor poate fi naturală sau artificială și reprezintă procesul prin care acestea, pe lângă compoziție, își modifică și aspectul fizic.

Caracteristicile apelor reziduale variază în funcție de proveniența acestora (menajere, industriale) și/sau de sistemul de canalizare existent (separativ, unitar sau mixt).

Apele uzate au în compoziția lor substanțe minerale (nisipuri, argile, etc.) și organice care pot fi de proveniență animală sau vegetală. Aceste substanțe se găsesc în stare nedizolvată ($\phi > 10^{-4} \text{ mm}$), coloidală ($\phi = 10^{-4} - 10^{-6} \text{ mm}$) și dizolvată ($\phi = 10^{-6} - 10^{-7} \text{ mm}$). De asemenea în apele de scurgere există bacterii (autotrofe, heterotrofe, paratrote). Bacteriile autotrofe își procură hrana din combinațiile de carbon și de azot, cele heterotrofe procură carbonul numai din compuși organici, iar azotul din compuși organici sau substanțe minerale. Din categoria bacteriilor paratrote fac parte bacteriile care își procură hrana numai din substanțe organice. [24], [25].

Substanțele insolubile din apă, denumite materii în suspensie, pot fi sedimentabile, nesedimentabile sau plutitoare și se pot separa prin filtrare, centrifugare, sau sedimentare.

Substanțele coloidale se compun din particule care au sarcină electrică negativă și se pot depune cu ajutorul coagulanților, care distrug stabilitatea sistemului coloidal datorită ionilor pozitivi conținuți.

Apele uzate menajere conțin, după Imhoff [64], [65], cca.42 % substanțe minerale (10,3 % suspensii, 5,6 % substanțe coloidale, 26,1 % substanțe dizolvate) și 58 % substanțe organice (21,5 % substanțe sedimentabile, 10,3 % substanțe coloidale, 26,2 % substanțe dizolvate).

Caracteristicile apelor uzate industriale variază în funcție de ramurile industriale și chiar la aceeași industrie în funcție de fazele procesului de producție. În apele industriale se pot găsi acizi, coloranți, substanțe toxice sau bacterii patogene.

Apele meteorice conțin impurități pe care acestea le antrenează, în cădere, din aer și prin scurgere pe suprafețele de teren. În cazul sistemelor separate de canalizare, aceste ape pot atinge concentrații ale suspensiilor de până la 16000 mg/l și la CBO₅ până la 80 mg/l. [49].

Atunci când apele de scurgere se deplasează cu viteze mici sau sunt în repaus, majoritatea substanțelor în suspensie se depun formând un nămol care conține între 80 și 99 % apă.

Compoziția apelor uzate stabilește, în mare măsură, tehnologia de epurare adoptată, dimensiunile construcțiilor și instalațiilor care o compun, precum și calitatea emisarilor în care acestea se deversează.

Compoziția apelor uzate se stabilește pe baza analizelor de laborator care pun în evidență caracteristicile fizice, chimice, biologice și bacteriologice ale acestora. Aceste analize au drept scop:

- furnizarea de informații despre gradul de murdărire al apelor uzate;
- stabilirea eficiențelor necesare pentru stațiile de epurare;
- determinarea tehnologiei de epurare necesare.

În funcție de determinările care se realizează, analizele se pot clasifica în:

a. analize care stabilesc cantitatea și aspectul materiilor minerale conținute de apele uzate: materii totale în suspensie; materii solide separabile prin decantare; culoare; turbiditate.

b. analize care stabilesc cantitatea și condițiile în care se găsesc materiile organice: materii solide în suspensie separabile prin decantare; materii organice dizolvate; consumul de oxigen (biochimic și chimic); nutrienți (azot și fosfor).

c. analize care stabilesc prezența materiilor impurificatoare specifice apelor uzate: pH-ul; azotul sub toate formele; oxigenul; grăsimile; clorurile; sulfații.

d. analize care indică gradul de descompunere: oxigenul; consumul biochimic de oxigen; azotul total; hidrogenul sulfurat; temperatura; mirosul.

e. analize care indică biodegradabilitatea apelor uzate: consumul biochimic de oxigen; consumul chimic de oxigen.

2.1.1. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE APELOR UZATE

- **Turbiditatea** apelor uzate (cuprinsă, în general, între 400 și 500 UNT) indică conținutul de materii fine aflate în suspensie care nu sedimentează în timp. Deoarece nu există o proporționalitate directă între turbiditatea apelor uzate și conținutul în suspensii a acestora, turbiditatea nu constituie o determinare curentă pentru aceste ape;

- **Culoarea** apelor uzate menajere proaspete este în general cenușie iar a celor aflate în proces de descompunere prezintă o culoare închisă sau neagră. Dacă apele uzate au alte culori înseamnă că acestea au un conținut predominant de ape uzate industriale (de exemplu ape de culoare gălbuie indică un conținut mare de clor, culoarea verde indică ape provenite de la industriile de legume iar culoarea roșie indică ape de la uzinele metalurgice);

- **Mirosul** apelor uzate în stare proaspătă este aproape insesizabil. Dacă apele uzate au început să se descompună în rețeaua de canalizare, acestea prezintă diverse mirosuri, cum ar fi cel de putregai, hidrogen sulfurat (miros de ouă clocite), indol, scatol. Atunci când rețeaua de canalizare colectează cantități însemnate de ape industriale, mirosul apelor uzate poate fi influențat de către acestea (de ex. Miros farmaceutic datorat cloroformului);

- **Materiile totale în suspensie** conținute de o apă uzată pot fi de proveniență organică sau minerală și se pot găsi în stare de suspensie sau coloidală. În funcție de greutatea specifică a materiilor în suspensie, acestea pot sedimenta, pluti la suprafața sau în masa apei. Pentru materiile sedimentabile din apele uzate se pot întocmi curbe de sedimentare prin care se stabilește procentul de substanță depusă în intervale de timp. [37].

Conform normelor europene (ATV A 131/2000), cantitatea totală de materii solite conținute de apele uzate orășenești este de 70 g/om.zi.

- **Temperatura** apelor uzate se situează în general cu 2 – 3 °C peste temperatura apelor de alimentare. Temperatura este un factor hotărâtor în epurarea apelor uzate, ea influențând diferitele procese din linia tehnologică de epurare. În procesul de sedimentare din decantoarele primare efectul obținut printr-o sedimentare timp de 1,7 ore pe timp de vară poate fi obținut iarna doar printr-o mărire cu 30 % a timpului de staționare a apei sau durata de sedimentare la temperatura de 4,4 °C trebuie mărită cu 40 % față de durata de sedimentare la 15,5 °C. [11]. În treapta biologică temperaturile ridicate grăbesc procesele de descompunere a substanțelor organice dar în același timp temperaturile ridicate conduc la scăderea cantității de oxigen din apă ceea ce conduce la încetinirea proceselor de descompunere. Temperatura maximă a apelor evacuate în rețeaua de canalizare este limitată de normativul NTPA 002/2005 la 35 °C. [152];

2.1.2. PROPRIETĂȚILE CHIMICE ALE APELOR UZATE

În apele uzate, pe lângă substanțe insolubile, se găsesc și substanțe organice care conțin azot, carbon, sulf, fosfor, sodiu, potasiu, fier și clor sub formă de săruri. Aceste substanțe organice se mineralizează continuu, transformându-se în compuși simpli, gaze și substanțe minerale sub influența unor factori chimici și biologici. Mineralizarea acestor substanțe se face prin procese aerobe și anaerobe, factorii chimici constând într-o mai mică măsură. [12], [26].

Caracteristicile chimice ale apelor uzate depind de cantitățile de grăsimi, proteine, hidrocarbonați cât și de compoziția apelor de alimentare.

- **pH-ul** sau concentrația de ioni de hidrogen poate influența desfășurarea proceselor de epurare, de el depinzând activitatea microorganismelor și reacțiile chimice care au loc. Pentru o bună desfășurare a proceselor biologice și chimice valoarea pH-ului trebuie să fie aproximativ în limitele de 7 – 7,5, condiție realizată în cazul apelor fecaloid - menajere.

Pentru protecția proceselor de epurare secundare și terțiare, valoarea pH-ului apelor deversate în rețeaua de canalizare este limitată de NTPA 002/2005 la un interval de 6,5 – 8,5;

- **Oxigenul dizolvat** reprezintă cantitatea de oxigen conținută de o apă și care indică în mod global poluarea cu substanțe organice a apei respective. Solubilitatea oxigenului este influențată de mai mulți factori cum ar fi cantitatea de oxigen din apă, presiunea atmosferică, mărirea suprafeței de contact. O apă curată conține, în general, o cantitate de oxigen dizolvat care corespunde nivelului ei de saturație. Cantitatea de oxigen care lipsește unei ape pentru a atinge nivelul de saturație, poartă numele de deficit de oxigen. Limita minimă pe care o atinge cantitatea de oxigen dizolvat dintr-o apă uzată poartă numele de deficit critic. [18];

- **Consumul biochimic de oxigen (CBO)** al unei ape uzate reprezintă cantitatea de oxigen consumată de către bacterii aerobe și alte microorganisme în timpul reacțiilor biologice de metabolism al substanțelor organice biodegradabile, la temperatura și timpul standard. Consumul biochimic de oxigen este un indicator indirect al substanțelor biodegradabile din apa uzată, el rezultând din diferența între concentrațiile oxigenului dizolvat la începutul și la sfârșitul perioadei de incubare. În fapt CBO-ul unei ape uzate reprezintă suma consumului de oxigen înregistrat conform standardelor și realizat prin următoarele procese. [125]:

a) oxidarea carbonului din substanțele organice folosite ca sursă de hrană de către microorganismele aerobe.

Procesele biochimice aerobe realizează mineralizarea substanțelor organice, conținute de apele uzate, prin oxidare în prezența bacteriilor aerobe. Aceste procese se desfășoară în două faze, denumite faza carbonului și faza azotului. Faza carbonului începe în prima zi și ține circa 20 zile, la temperatura de 20 °C. În această fază compușii carbonului organic se descompun în carbonați, dioxid de carbon și apă iar azotul organic se descompune în carbonat de amoniu și amoniac după următoarea schemă: proteinele provenite de la organismele vii sunt transformate în uree $CO(NH_2)_2$ apoi sub influența bacteriilor formează carbonatul de amoniu prin hidroliză:



Cea mai mare parte a azotului din apele uzate se găsește sub această formă. La rândul său carbonatul de amoniu se descompune rezultând amoniac care se evaporă în mare parte, odată cu el evaporându-se și dioxidul de carbon:



b) oxidarea azotului din amoniu, nitriți și amoniac care servește ca hrană pentru bacteriile reducătoare de azot.

Faza azotului începe după circa 10 zile și ține între 70 și 100 zile. În această fază sub acțiunea bacteriilor *Nitrosomanas* carbonații de amoniu se descompun în nitriți (NO_2^-), apoi sub acțiunea bacteriilor denitrificatoare *Nitrobacter*, nitriții trec în fază de nitrați (NO_3^-) care reprezintă o formă stabilă a azotului.

c) oxidarea unor ioni feroși, sulfiți, sulfuri etc., care reacționează chimic cu oxigenul molecular dizolvat;

- **Consumul chimic de oxigen (CCO)** sau oxidabilitatea apei, reprezintă cantitatea de oxigen necesară oxidării tuturor substanțelor organice prin reacții pur chimice, fără ajutorul bacteriilor. Determinarea consumului chimic de oxigen se poate face prin două metode: metoda cu permanganat de potasiu ($KMnO_4$) sau metoda cu dicromat de potasiu ($K_2Cr_2O_7$);

- **Clorul și clorurile** prezente în apele uzate menajere provin din urina oamenilor și a animalelor. Aceste substanțe nu împiedică procesul de epurare atâta timp cât nu depășesc limitele convenabile dezvoltării bacteriilor din nămolul activat. Clorurile pot influența apele emisarilor prin depozitele pe care le pot forma precum și prin mărirea durității acestora;

- **Detergenții** conținuți de apele uzate sunt substanțe tensioactive a căror structură moleculară este formată dintr-o grupare hidrofobo și alta hidrofilă. După modul de disociere a detergenților în apă, aceștia se pot clasifica în:

- a. detergenți anionici, proveniți din gospodăria și industriei, a căror grupare hidrofilă are un caracter acid. Acești detergenți sunt dăunători proceselor de epurare prin faptul că prezența lor are ca efect coborârea tensiunii apei la suprafață, măbind astfel umiditatea substanțelor cu care apa vine în contact, emulsifică grăsimile și distrug bacteriile și microorganismele din nămolul activat;

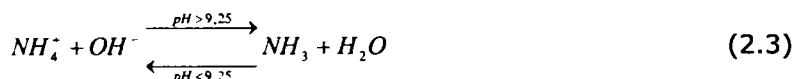
- b. detergenți cationici a căror grupare hidrofilă are caracter bazic;

- c. detergenți neionici a căror grupare hidrofilă nu disociază în apă.

- **Azotul** se găsește în apele uzate sub formă de azot organic (aminoacizi) și azot mineral (nitriți, nitrați și amoniu). Azotul organic și amoniacul (care pot fi determinați analitic ca *azot Kjeldahl*, prescurtat *TKN*) sunt principalii compuși ai azotului care se găsesc în concentrații mari în apele uzate și care pun în evidență gradul de poluare azotoasă a acestor ape.

Partea organică a azotului include materii naturale (proteine, peptide, acizi nucleici și uree) și numeroase substanțe organice sintetice, concentrațiile putând depăși 20 mg/l în cazul apelor de canalizare. [127].

Azotul amoniacal se găsește în apele uzate sub formă de amoniac (NH_3) și/sau amoniu (NH_4) în funcție de valoarea pH-ului apei, conform următoarei reacții reversibile:



Concentrațiile compușilor de azot prezente în apele uzate menajere se situează între 8 – 35 mg/l pentru azotul organic, 12 – 50 mg/l pentru amoniacul liber și 28 – 85 mg/l pentru azotul total. [166].

Nitriții (azotiții) se găsesc în apa uzată proaspătă în cantități mici (cantitățile maxime de azotiți din apele uzate menajere nu depășesc 0,1 mg/l), aceștia fiind o formă foarte instabilă a compușilor azotului care se descompun foarte ușor în amoniac sau prin oxidare sunt transformați în nitrați.

Nitrații (azotații) din apele uzate, provin de la mineralizarea substanțelor organice de natură proteică sau de la pesticidele și fertilizatorii ce conțin azot, și reprezintă o formă stabilă a compușilor azotului. Totuși prezența nitraților în emisari, peste anumite limite, poate conduce la eutrofizarea acestora.

- **Fosfații** conținuți de apele uzate rezultă din descompunerea substanțelor organice care au în componență fosfor. Din punctul de vedere al speciei chimice se disting ortofosfații, fosfații condensați (piro, meta și alți polifosfați) și fosfații legați organic.

Deși fosforul este un nutrient de bază pentru viața acvatică din emisari, prezența acestuia în cantități mai mari decât limitele admise, poate duce la eutrofizarea acestora. [109];

- **Grăsimile și produsele petroliere** se găsesc în apele uzate provenind de la utilizarea menajeră a apelor sau de la colectarea acestora din curți, pavaje, spălătorii, garaje, industrii care sunt deservite de rețeaua publică de canalizare. Ele au o influență negativă atât asupra scurgerii lichidelor cât și asupra procedurilor de epurare mecanică și biologică, datorită greutatei specifice mai mici decât a apei, formând pelicule plutitoare care împiedică procesele aerobe care au loc în apă, se depun pe instalațiile și utilajele grătarelor din linia tehnologică de epurare, îngreunând curgerea apei prin interspațiile acestora sau chiar colmatându-le;

- **Metalele grele și cianurile** provenite în special de la procesele industriale sunt toxice pentru bacteriile și microorganismele din treapta biologică de epurare, putând duce la distrugerea nămolului activat și compromiterea procesului de epurare. Metalele grele datorită radioactivității emit radiații corpusculare α , β , γ care pe lângă efectele negative asupra microorganismelor din apa uzată, reprezintă un pericol pentru personalul de exploatare care deservește stațiile de epurare;

- **Stabilitatea** apelor uzate este raportul, în procente, dintre cantitatea de oxigen existentă în apă și cantitatea de oxigen necesară pentru oxidarea compușilor organici ai carbonului din apele uzate. Putrescibilitatea apelor uzate reprezintă descompunerea anaerobă a substanțelor organice conținute de aceste ape, proces în urma căruia se emană un miros neplăcut. Apa este putrescibilă.

2.1.3. PROPRIETĂȚI BIOLOGICE ȘI BACTERIOLOGICE

În funcție de proveniența lor apele uzate conțin o serie de organisme patogene cum ar fi **virusi** (Virusul hepatitei A, Agent Norwalk, Rotavirus precum și Enterovirusurile care datorită rezistenței mari pot fi întâlniți și în efluenții stațiilor de epurare), **bacterii** (apele reziduale pot conține până la 10 miliarde bacterii/ml apă, dintre care cele mai semnificative bacterii patogene sunt Salmonella 10000 – 50000 bacterii/dm³, Bacilul tuberculos 500 – 1000 bacterii/dm³, Shingella sau bacilul dizenteriei, Leptospira, Vibrio cholerae sau vibrionul holerici), **protozoare** (Balantidium coli, Cryptosporidium parvum, Entamoeba histolyca, Giardia lamblia), **viermi intestinali** (Ascaris lumbricoides, Trichuris trichiura), **ciuperci, alge** etc. De asemenea în apele uzate mai întâlnesc și ouă de paraziți în număr de 1 – 10 bucăți/dm³. [35], [79], [97].

2.2. CONDIȚIILE DE EVACUARE ALE APELOR UZATE

Legea Apelor nr. 107/1996 completată și modificată prin Legea 310/2004 și Legea 112/2006 definește apa ca fiind o resursă naturală regenerabilă, vulnerabilă și limitată, element indispensabil pentru viață și societate, materie primă pentru activitățile productive, sursă de energie și cale de transport, factor determinant în menținerea echilibrului ecologic. [149].

Pe baza acestei legi se interzice:

- punerea în funcțiune de obiective noi sau dezvoltarea celor existente fără punerea concomitentă în funcțiune a rețelelor de canalizare și a instalațiilor de epurare;

- evacuări de ape uzate în apele subterane, lacuri naturale sau de acumulare, iazuri, bălți sau heleștee;

- utilizarea de canale deschise, de orice fel, pentru evacuările ori scurgerile de ape fecaloide - menajere sau cu un conținut periculos;

- în zonele de protecție instituite conform prezentei legi, sunt interzise depozitarea și folosirea de îngrășăminte, pesticide sau substanțe periculoase.

Prezenta lege sancționează cu contravenție săvârșirea următoarelor fapte:

- evacuarea de ape uzate precum și descărcarea de reziduuri și orice alte materiale în sursele de apă fără respectarea avizului și autorizației de gospodărire a apelor;

- nerespectarea de către utilizatorii de apă a obligațiilor legale care le revin în ceea ce privește gospodărirea rațională a apei, întreținerea instalațiilor din sistemele de alimentare cu apă și canalizare - epurare.

Capitolul „Dispoziții tranzitorii finale” din Legea Apelor 107/1996 completată și modificată prin Legea 310/2004 și Legea 112/2006, prevede că utilizatorii de apă care nu sunt dotați cu stații sau instalații de epurare ori a căror instalații necesită completări, extinderi, re tehnologizări, sunt obligați să realizeze și să pună în funcțiune stații de epurare la capacitatea și eficiențe corespunzătoare.

Evacuarea apelor uzate în emisari de suprafață trebuie făcută în așa fel încât să nu fie afectată folosirea ulterioară a acestora. [148]. Calitățile apelor de scurgere rezultă în funcție de tehnologiile de epurare aplicate, iar stabilirea acestor tehnologii se face în funcție de caracteristicile fizice, chimice, biologice și bacteriologice ale apelor uzate ținând seama de categoriile de calitate ale emisarilor.

Categoriile de calitate ale apelor de suprafață, în România, sunt reglementate de Ordinul 1146 din 10 decembrie 2002, și se împart în cinci clase de calitate [145]:

- Clasa I. Limitele maxime admisibile reflectă condițiile naturale de referință sau concentrațiile de fond;

- Clasa a II-a include limitele corespunzătoare valorilor țintă (obiective de referință) și reflectă condiția de calitate pentru protecția ecosistemelor acvatice;

- Clasa a III-a cuprinde valori care sunt de 2 – 5 ori mai mari decât cele ale obiectivelor de referință și reflectă ponderea influenței antropice.

Valorile limită corespunzătoare fiecărei clase de calitate a apelor de suprafață sunt prezentate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Valori limită pe clase	U.M.	Clasa de calitate				
		I	II	III	IV	V
Indicatori fizici						
Temperatura	°C	Nu se normează				
pH		Cuprins între 6,5 – 8,5				
Regimul oxigenului						
Oxigen dizolvat	mg/l	7	6	5	4	< 4
CBO ₅	mg/l	3	5	10	25	> 25
CCO-Mn	mg/l	5	10	20	50	> 50
CCO-Cr	mg/l	10	25	50	125	> 125
Nutrienți						
Amoniu	mg/l	0,2	0,3	0,6	1,5	> 1,5
Azotiți	mg/l	0,01	0,06	0,12	0,3	> 0,3
Azotați	mg/l	1	3	6	15	> 15
Azot total	mg/l	1,5	4	8	20	> 20
Ortofosfați	mg/l	0,05	0,1	0,2	0,5	> 0,5
Fosfor total	mg/l	0,1	0,2	0,4	1	> 1
Clorofila „a”	μg/l	25	50	100	250	> 250
Ioni generali, salinitate						
Reziduu la 105°	mg/l	fond	500	1000	1300	>1300
Sodiu	mg/l	fond	50	100	200	> 300
Calciu	mg/l	75	150	200	300	> 300
Magneziu	mg/l	fond	25	50	100	> 100
Fier total	mg/l	fond	0,1	0,3	1,0	> 1,0
Mangan total	mg/l	fond	0,05	0,1	0,3	> 0,3
Cloruri	mg/l	fond	100	250	300	> 300
Sulfați	mg/l	80	150	250	300	> 300
Metale (fracțiune dizolvată)						
Zinc	μg/l	fond	5	10	25	> 25
Cupru	μg/l	fond	5	4	8	> 8
Crom total	μg/l	fond	2	4	10	> 10
Plumb	μg/l	fond	1	2	5	> 5
Cadmium	μg/l	fond	0,1	0,2	0,5	> 0,5
Mercur	μg/l	fond	0,1	0,15	0,3	> 0,3
Nichel	μg/l	fond	1,0	2,0	5,0	> 5,0
Arsen	μg/l	fond	1,0	2,0	5,0	> 5,0

Metale (concentrație totală)						
Zinc	μg/l	fond	100	200	500	> 500
Cupru	μg/l	fond	20	40	100	> 100
Crom total	μg/l	fond	50	100	250	> 250
Plumb	μg/l	fond	5	10	25	> 25
Cadmium	μg/l	fond	1	2	5	> 5,0
Mercur	μg/l	fond	0,1	0,2	0,5	> 0,5
Nichel	μg/l	fond	50	100	250	> 250
Arsen	μg/l	fond	5	10	25	> 25
Substanțe toxice organice						
Fenoli	μg/l	fond	1	20	50	> 50
Detergenți	μg/l	fond	500	750	1000	> 1000
AOX	μg/l	10	50	100	250	> 250
Hidrocarburi petroliere	μg/l	fond	100	200	500	> 500
Lindan (γ-HCH)	μg/l	0,05	0,1	0,2	0,5	> 0,5
pp' DDT	μg/l	0,001	0,01	0,02	0,05	> 0,05
Atrazin	μg/l	0,02	0,1	0,2	0,5	> 0,5
Triclorometan	μg/l	0,02	0,6	1,2	1,8	> 1,8
Tetraclorometan	μg/l	0,02	1	2	5	> 5
Triclorețan	μg/l	0,02	1	2	5	> 5
Tetraclorētan	μg/l	0,02	1	2	5	> 5

În scopul protejării resurselor de apă împotriva oricărei forme de poluare evacuarea apelor uzate în emisari se poate face numai cu respectarea prevederilor legale și în condițiile realizării unei epurări corespunzătoare. În acest scop normele românești, prin „**Normativul privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate evacuate în resursele de apă – NTPA 001/2005**” impun limitele substanțelor poluante, conținute de apele uzate care urmează a fi deversate (Tabelul 2.2). [151].

Limitele maxime ale indicatorilor de calitate ai apelor uzate, redate în tabelul 2.2, sunt valabile în cazul resurselor de apă al căror debit etalon de calcul (debitul minim anual cu asigurarea de 95 %) este de cel puțin 3 ori mai mare decât debitul apelor uzate evacuate. [82].

Tabelul 2.2

Nr. Crt.	Indicator de calitate	U.M.	Limite maxime
1	Temperatura	° C	35 ° C
2	Concentrația ionilor de hidrogen (pH)	unit. pH	6,5 - 8,5
3	Materii în suspensie (MS)	mg/dm ³	35,0 (60,0)
4	Consum biochimic de oxigen la 5 zile	mg/dm ³	25,0
5	Consum chimic de oxigen - (CCO - Cr)	mg/dm ³	125,0
6	Azot amoniacal	mg/dm ³	2,0 (3,0)
7	Azot total	mg/dm ³	10,0 (15,0)
8	Azotați	mg/dm ³	25,0 (37,0)
9	Azotiți	mg/dm ³	1,0 (2,0)
10	Sulfuri și hidrogen sulfurat	mg/dm ³	0,5
11	Sulfiți	mg/dm ³	1,0
12	Sulfați	mg/dm ³	600,0
13	Fenoli antrenabili cu vapori de apă	mg/dm ³	0,3

651.950 UNIV. "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

14	Substanțe extractibile cu solvenți organici	mg/dm ³	20,0
15	Produse petroliere	mg/dm ³	5,0
16	Fosfor total	mg/dm ³	1,0 (2,0)
17	Detergenți sintetici	mg/dm ³	0,5
18	Cianuri totale	mg/dm ³	0,1
19	Clor rezidual liber	mg/dm ³	0,2
20	Cloruri	mg/dm ³	500,0
21	Floruri	mg/dm ³	5,0
22	Reziduu filtrat la 105° C	mg/dm ³	2000,0
23	Arsen	mg/dm ³	0,1
24	Aluminiu	mg/dm ³	5,0
25	Calciu	mg/dm ³	300,0
26	Plumb	mg/dm ³	0,2
27	Cadmium	mg/dm ³	0,2
28	Crom total	mg/dm ³	1,0
29	Crom hexavalent	mg/dm ³	0,1
30	Fier total	mg/dm ³	5,0
31	Cupru	mg/dm ³	0,1
32	Nichel	mg/dm ³	0,5
33	Zinc	mg/dm ³	0,5
34	Mercur	mg/dm ³	0,05
35	Argint	mg/dm ³	0,1
36	Molibden	mg/dm ³	0,1
37	Seleniu	mg/dm ³	0,1
38	Mangan total	mg/dm ³	1,0
39	Magneziu	mg/dm ³	100,0
40	Cobalt	mg/dm ³	1,0

Apele uzate evacuate în emisari nu trebuie să conțină: substanțe poluante cu grad ridicat de toxicitate; cantități de materii în suspensie care ar putea realiza depuneri pe radierul emisarilor; substanțe care conduc la creșterea turbidității sau schimbarea proprietăților organoleptice ale emisarilor față de starea naturală a acestora; virusi și agenți patogeni care ar putea provoca boli infecțioase.

Conform Directivei 91/271/EEC, limitele maxime admise la deversare, pentru principalii indicatori de calitate, sunt redată în tabelul 2.3 [146]. Din analiza comparativă a indicatorilor de calitate redați în tabelele 2.2 și 2.3 a reeșit faptul că normele românești sunt în totalitate aliniată la cerințele comunității europene.

Tabelul 2.3

Nr. Crt.	Indicator de calitate	U.M.	Limite maxime admise
1	Materii în suspensie (MS)	mg/dm ³	35,0
2	Consum biochimic de oxigen la 5 zile	mg/dm ³	25,0
3	Consum chimic de oxigen - (CCO - Cr)	mg/dm ³	125,0
4	Azot total	mg/dm ³	15 * (10 **)
5	Fosfor total (P)	mg/dm ³	2,0 * (1,0 **)

* 10.000 – 100.000 locuitori echivalenți

** peste 100.000 locuitori echivalenți

Pentru protecția și funcționarea normală a rețelelor publice de canalizare precum și pentru protejarea instalațiilor tehnologice și a proceselor care au loc în stațiile de epurare, evacuarea apelor uzate rezultate din activități sociale sau economice se poate face numai cu respectarea „**Normativului privind evacuarea apelor uzate în rețelele de canalizare a localităților - NTPA 002/2005**” [152].

Conform acestui normativ, evacuarea apelor reziduale în rețelele de canalizare orășenești este permisă numai dacă prin aceasta:

- nu degradează construcțiile și instalațiile rețelelor de canalizare și cele ale stațiilor de epurare;
- nu diminuează capacitatea de transport a rețelelor de canalizare prin obturări și depuneri;
- nu aduc prejudicii personalului de exploatare, igienei și sănătății publice;
- nu perturbă procesele de epurare din stațiile de epurare și nu diminuează capacitatea acestora;
- nu creează pericole de explozie.

Agenții economici utilizatori de apă au obligația de a executa lucrări de preepurare locală atunci când încărcarea apelor reziduale evacuate depășește limitele maxime admise de NTPA 002/2005 (Tabelul 2.4).

Tabelul 2.4

Nr. crt.	Indicator de calitate	U.M.	Valorile limită admise
1	Temperatura	° C	40 ° C
2	Concentrația ionilor de hidrogen (pH)	unit. pH	6,5 - 8,5
3	Materii totale în suspensie (MTS)	mg/dm ³	350
4	Consum biochimic de oxigen la 5 zile (CBO ₅)	mg/dm ³	300
5	Consum chimic de oxigen - metoda cu bicromat de potasiu (CCO - Cr)	mg/dm ³	500
6	Azot amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/dm ³	30
7	Fosfor total (P)	mg/dm ³	5,0
8	Cianuri (CN ⁻)	mg/dm ³	1
9	Sulfuri și hidrogen sulfurat (S ²⁻)	mg/dm ³	1
10	Sulfiți (SO ₃ ²⁻)	mg/dm ³	2
11	Sulfați (SO ₄ ²⁻)	mg/dm ³	600
12	Fenoli antrenabili cu vapori de apă (C ₆ H ₅ OH)	mg/dm ³	30
13	Substanțe extractibile cu solvenți organici	mg/dm ³	30
14	Detergenți sintetici anion activi biodegradabili	mg/dm ³	25
15	Plumb (Pb ²⁺)	mg/dm ³	0,5
16	Cadmium (Cd ²⁺)	mg/dm ³	0,3
17	Crom total (Cr ³⁺ + Cr ⁶⁺)	mg/dm ³	1,5
18	Crom hexavalent (Cr ⁶⁺)	mg/dm ³	0,2
19	Cupru (Cu ²⁺)	mg/dm ³	0,2
20	Nichel (Ni ²⁺)	mg/dm ³	1,0
21	Zinc (Zn ²⁺)	mg/dm ³	1,0
22	Mangan (Mn ²⁺)	mg/dm ³	2,0
23	Clor rezidual liber (Cl ₂)	mg/dm ³	0,5

Reducerea sau eliminarea încărcării apelor uzate se poate realiza în mod natural (în apele râurilor reducerea substanțelor impurificatoare are loc datorită fenomenelor de autoepurare) și artificial (în stațiile de epurare datorită procesului tehnologic).

Gradele de epurare stabilesc procentele de substanțe care trebuie reținute din apele uzate. Gradele de epurare în cazul apelor uzate orășenești se determină în mod obișnuit pentru CBO_5 , CCO, MTS, oxigen dizolvat (O_2), azot total (N_{total}) și fosfor total (P_{total}). La indicatorii CBO_5 și oxigen dizolvat se pot lua în considerare efectele de diluție și fenomenele de autoepurare iar la ceilalți indicatori numai efecte de diluție.

În ceea ce privește procentele minime de reducere a substanțelor poluante din apele uzate, NTPA 011/2005 recomandă următoarele valori (tabelul 2.5):

Tabelul 2.5

Parametru	Grad de epurare minim	Încărcare maximă admisă la deversare	Obs.
CBO_5	70 % ... 90 %	25 mg/l	-
CCO	75 %	125 mg/l	-
MTS	90 %	35 mg/l	peste 10.000 l.e.
	70 %	60 mg/l	2.000 - 10.000 l.e.
N_{total}	70 % ... 80 %	15 mg/l	10.000 - 100.000 l.e.
		10 mg/l	peste 100.000 l.e.
P_{total}	80 %	2 mg/l	10.000 - 100.000 l.e.
		1 mg/l	peste 100.000 l.e.

Normele europene recomandă, pentru apele uzate menajere, realizarea unor grade minime de epurare la principalii indicatori de calitate, în funcție de încărcarea maximă și de numărul locuitorilor echivalenți, valori redată în tabelul 2.5, iar încărcările maxime admise la deversarea apelor uzate în emisarii naturali sunt redată în tabelul 2.3. [132].

Tabelul 2.6

Parametru	Grad de epurare minim funcție de numărul de locuitori				
	< 50	50 ... 500	500 ... 5.000	5001 ... 50000	> 50.000
CBO_5	-	-	95 %	95 %	95 %
CCO	-	-	85 %	85 %	85 %
N_{total}	-	-	85 %	70 %	70 %
P_{total}	-	-	-	-	-

În funcție de gradul de epurare rezultat se stabilesc metodele de epurare necesare eliminării poluanților din apele uzate astfel încât deversarea lor în emisarii naturali să nu afecteze utilizările ulterioare ale acestora și să nu pericliteze starea de echilibru a mediului înconjurător. [106], [146].

3. STADIUL ACTUAL AL TEHNOLOGIILOR DE EPURARE

Epurarea apelor uzate se poate realiza în construcții și instalații folosind metode bazate pe fenomene fizice, chimice și biologice. Aceste fenomene pot fi folosite separat sau combinate în cadrul unei anumite metode deoarece, numai în acest mod, la compoziția actuală a apelor uzate orășenești, se poate realiza o îndepărtare eficientă a substanțelor poluante.

Epurarea apelor uzate se dezvoltă pe două linii: linia apei în care are loc reținerea substanțelor minerale și organice cu eliminarea compușilor de azot și fosfor și linia nămolului pentru prelucrarea/neutralizarea substanțelor reținute pe linia apei sub formă de nămoluri. Rezultatele acestor procese sunt, pe de o parte, apele epurate ce se pot deversa în emisarii naturali și, pe de altă parte, nămolurile care pot fi valorificate sau descompuse. În general prin epurarea apelor uzate se urmărește descompunerea sau, cel puțin, neutralizarea prin operații simple și puțin costisitoare a poluanților din apele reziduale.

Alegerea metodelor de epurare se face pe baza analizei mai multor factori tehnico – economici având ca scop principal îndepărtarea substanțelor poluante din apa uzată și deversarea acesteia în emisari, fără pericolul afectării negative a mediului înconjurător.

La epurarea apelor reziduale orășenești se folosesc metode fizice, chimice și biologice, care se dezvoltă într-o treaptă primară, una secundară și o a treia terțiară, denumite după procesele principale pe care se bazează și anume: mecanică, mecano – biologică cu nitrificare și mecano – biologică cu denitrificare. [29], [49], [50].

O schemă convențională pentru epurarea apelor uzate, specifice stațiilor de epurare care se re tehnologizează, este prezentată în figura 3.1.

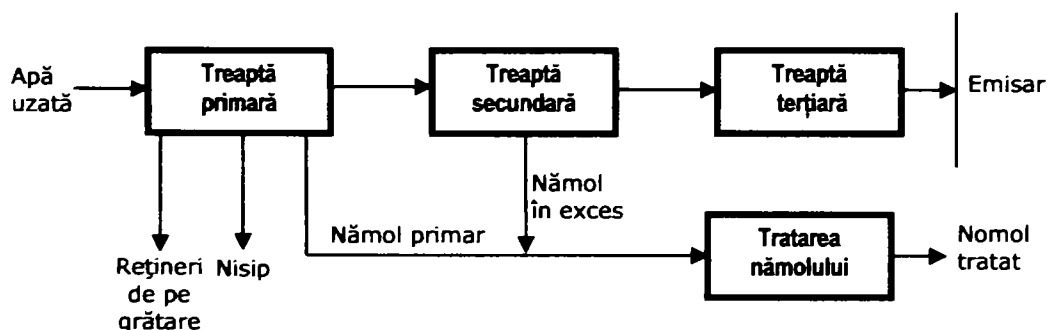


Figura 3.1 Schemă convențională pentru epurarea apelor uzate în stațiile supuse proceselor de re tehnologizare

Epurarea primară este compusă din operații de flotare și sedimentare.

Epurarea secundară poate fi o combinație de procese aerobe și anaerobe care au legătură cu nămolul activat. În unele cazuri treapta secundară este urmată de o treaptă terțiară de epurare.

3.1 EPURAREA MECANICĂ

Constă în reținerea prin procedee fizice a substanțelor insolubile care se află în apele uzate. Acest procedeu poate fi folosit ca epurare prealabilă sau ca epurare unică. Se poate prevedea doar epurare mecanică, dacă eficiențele de epurare, determinate pentru principalii poluanți, nu depășesc următoarele valori: $\eta_{MTS} \leq 40\%$; $\eta_{CBOS} \leq 20\%$; $\eta_{N \text{ și } P} \leq 10\%$. Se obișnuiește ca la oricare tehnologie de epurare - indiferent de gradul de epurare rezultat - să se prevadă treaptă mecanică, cu scopul de a realiza reducere a substanțelor minerale în suspensie, cu scopul de a crește eficiența următoarelor construcții și instalații din linia tehnologică de epurare. [114], [155].

Reținerea substanțelor din apele uzate, în treapta mecanică, se realizează în construcții și instalații a căror alcătuire diferă după mărimea și natura suspensiilor și a modalităților de neutralizare/valorificare.

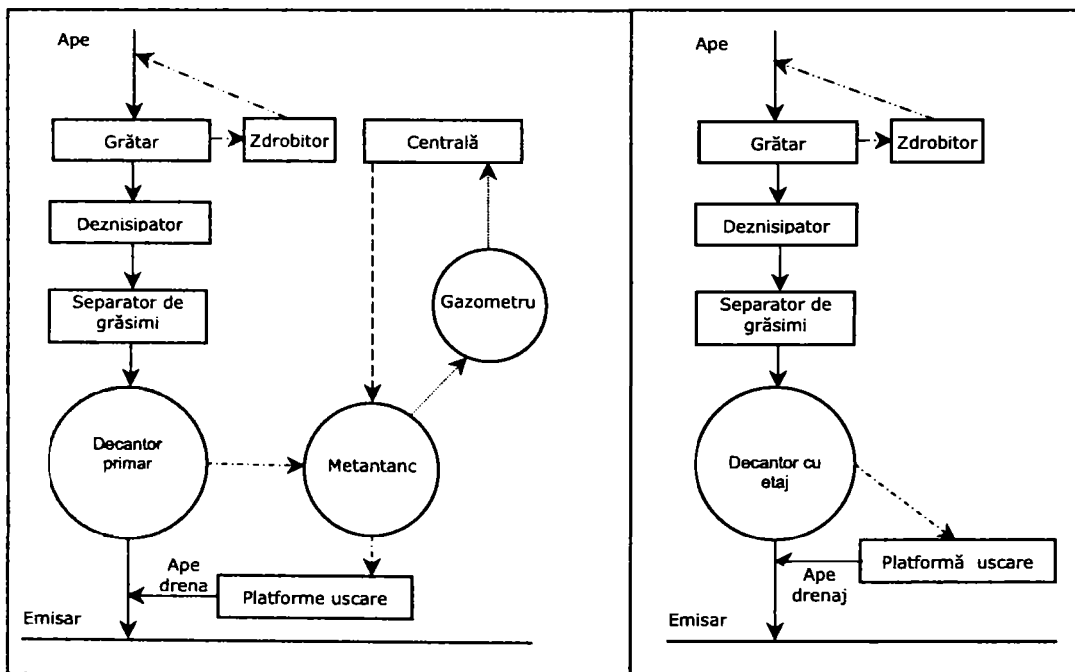


Figura 3.2 Schemă tehnologică de epurare mecanică cu bazine de fermentare metanică

Figura 3.3 Schemă tehnologică de epurare mecanică cu decantoare cu etaj

Schema tehnologică a treptei mecanice, redată în figura 3.2, cuprinde, grătare rare, grătare dese și dezintegratoare de deșeuri, deznisipatoare, separatoare de grăsimi, decantoare, rezervoare de fermentare sau metantancuri, instalații pentru deshidratarea și depozitarea nămolurilor. Treptele mecanice mai pot fi prevăzute în cazul sistemelor unitare de canalizare și cu bazine de retenție sau decantoare pentru apele meteorice care se amplasează pe canalul deversor, după deversorul din amonte stației de epurare. [62], [67], [104], [105].

În cazul stațiilor mici de epurare treapta mecanică se poate alcătui cu decantoare cu etaj, în care pe lângă sedimentare depunerilor are loc și fermentarea nămolului primar, eliminându-se astfel construcțiile pentru fermentarea metanică (Figura 3.3).

Grătarele sunt construcții amplasate la intrarea apelor în stațiile de epurare și care se pot clasifica în funcție de distanța dintre bare (b) în:

- grătare rare, cu $b = 50 \dots 150$ mm;
- grătare dese, cu $b = 16 \dots 20$ mm;
- grătare fine, cu $b = 6 \dots 10$ mm.

Din punctul de vedere al formei, se deosebesc:

- grătare plane, cu înclinare față de orizontală de $60 \dots 70^\circ$;
- grătare curbe.

În România stațiile de epurare realizate înainte de anul 1995 sunt dotate cu grătare plane sau curbe, curățite manual sau mecanic. Aceste grătare fiind amplasate în aer liber sunt deficitare din punctul de vedere al transportului și depozitării materialului reținut, ele neputând realiza deshidratarea automată a acestuia, mai ales pe timp de iarnă.

Sitele sunt dispozitive folosite în linia apei pentru reținerea materiilor în suspensie cu diferențe mari între cele trei dimensiuni ale lor, cum ar fi fibre vegetale, lână etc. Orificiile acestor dispozitive sunt cuprinse între 2×2 mm și 10×10 mm.

În prezent sitele se regăsesc destul de rar în stațiile clasice de epurare orășenești clasice existente, ele putând reține cca. 10 – 15 % din materiile în suspensie conținute în apele uzate.

Deznisipatoarele sunt construcții care au rolul de a reține particulele grosiere de natură minerală (în special nisipul) din apele uzate, precum și alte substanțe cum ar fi zațul de cafea, resturi de legume, diverse semințe etc., particule al căror diametru este de peste 0,20 mm.

Deznisipatoarele utilizate în stațiile de epurare pot fi orizontale (rectangulare sau circulare) sau verticale. Deznisipatoarele existente la majoritatea stațiilor de epurare actuale sunt de tip orizontal.

Separatoarele de grăsimi sunt construcții care au drept scop reținerea grăsimilor, uleiurilor și a produselor petroliere conținute în apele uzate orășenești. Particulele mari de grăsimi în stare liberă se ridică ușor la suprafață, iar cele aderate la suprafața particulelor solide în suspensie pot fi separate de acestea numai prin însuflarea de aer comprimat în separator.

Decantoarele primare sunt construcții care au rolul de a reține din apele uzate substanțele minerale sedimentabile gravitațional, nereținute de construcțiile situate în amonte. În funcție de modul de curgere a apei decantoarele pot fi orizontale (longitudinale și radiale) și verticale.

Majoritatea stațiilor de epurare existente sunt echipate cu decantoare radiale. Decantoarele verticale se recomandă doar în cazul când spațiul disponibil este foarte limitat și când nivelul apelor subterane se află la adâncimi mai mari de 8,0 m. În cazul acestor decantoare, din motive de eficiență, diametrele maxime nu trebuie să depășească 7 m. [152].

Decantoarele orizontale longitudinale sunt recomandate cu precădere în procesele de re tehnologizare a stațiilor de epurare existente și mai ales pentru tratarea apelor meteorice.

Nămolul primar reținut de decantoare este adunat într-o pâlnie de nămol cu ajutorul lamelor podurilor racloare sau a benzilor transportoare, de unde este evacuat prin pompare de câteva ori pe zi într-un bazin de nămol sau este pompat continuu direct în bazinele de fermentare.

3.2 EPURAREA MECANO - CHIMICĂ

Asigură reținerea substanțelor insolubile, coloidale și dizolvate din apele reziduale, în deosebi a apelor provenite de la unități industriale, prin tratarea acestora cu substanțe chimice, și cuprinde, pe lângă obiectele de la epurarea mecanică, obiecte specifice pentru tratarea apei (Figura 3.4). [27], [43].

Coagulanții sunt substanțe chimice sub formă de particule fine încărcate cu sarcini electrice pozitive, care interacționează cu particulele solide aflate în suspensie coloidală, neutralizându-le acestora câmpul electric. Efectul acestui proces este aglomerarea particulelor sub formă de flocoane care sub acțiunea gravitației se depun pe fundul bazinului antrenând în cădere și alte particule.

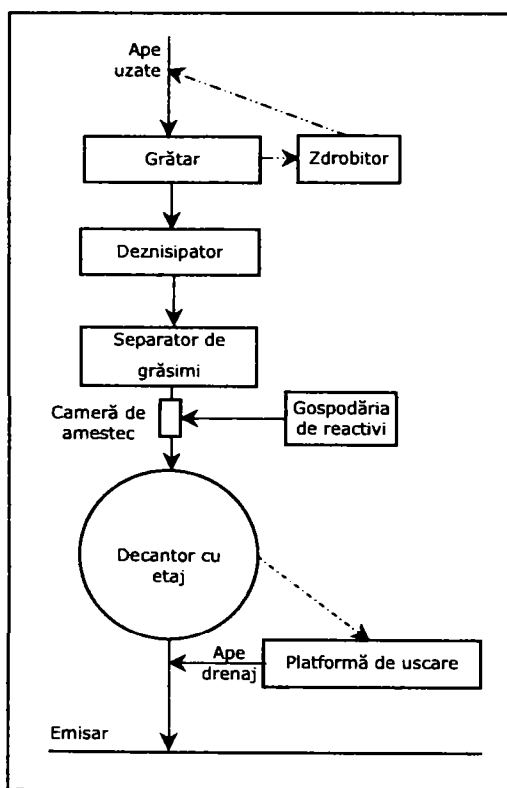


Figura 3.4 - Schemă tehnologică de epurare mecano - chimică

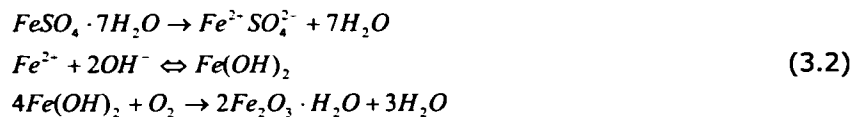
La epurarea chimică a apelor de scurgere se pot folosi ca și coagulanți: sulfatul de aluminiu hidratat ($3Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), sulfatul feric ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$), sulfatul feros ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), clorura ferică ($FeCl_3$), varul (CaO), polielectroliti organici anionici sau cationici, naturali sau sintetici etc.

Procesul chimic decurge în felul următor: ionii de fier sau aluminiu eliberați de reactivi, datorită valenței mari pe care o au, se combină cu (HO^-) rezultând hidroxizi de fier sau aluminiu după următoarele reacții:

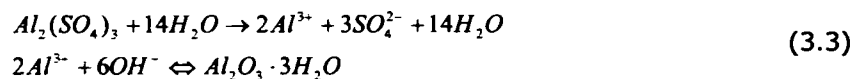
- pentru clorura și sulfatul feric:



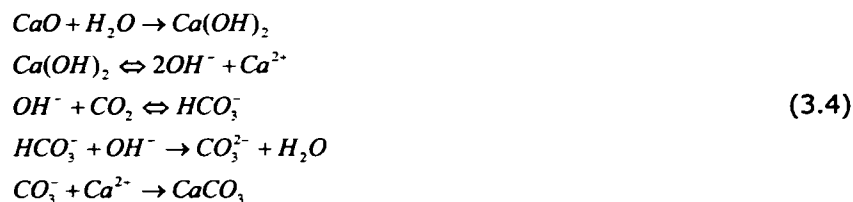
- pentru sulfatul feros:



- pentru sulfatul de aluminiu:



- pentru var:



Coagulantul organic și doza de coagulant se determină în baza cercetărilor de laborator și se poate face prin metoda Jar – test, metoda optică sau metoda automatizată.

Treapta mecanică este identică cu cea prezentată la punctul 3.1, iar pentru cea chimică se prevăd construcții și instalații pentru gospodărirea reactivilor, camere de amestec, camere de reacție și bazine de contact în cazul când se aplică dezinfectia apei. În unele cazuri se prevăd electroizoare și decantoare. Se rețin 80...85 % din substanțele în suspensie, 25 % din substanțele dizolvate iar CBO₅ scade cu 35...60 %.

Pentru mărirea eficienței, decantoarele se pot construi astfel încât apele cu coagulanți să întâlnească nămolurile depuse anterior. Nămolurile reținute în bazinele de contact pot fi trimise la decantoarele cu etaj sau la bazinele de fermentare (funcție de schema tehnologică aleasă pentru treapta mecanică).

3.3 EPURAREA MECANO - BIOLOGICĂ

Acest procedeu constă în separarea substanțelor insolubile, coloidale și dizolvate din apele de scurgere și în mineralizarea aerobă a substanțelor organice biodegradabile reținute. [1], [42], [126]. Epurarea biologică se alcătuiește diferit, în funcție de procedeele de epurare care trebuie asigurate. Ea poate fi făcută cu ajutorul filtrelor biologice sau a bazinelor de aerare.

Epurarea biologică prin filtrele biologice poate fi făcută în una sau două trepte. Se prevăd decantoare secundare după fiecare treaptă sau numai după ultima. În cazul acestei soluții pentru creșterea gradului de epurare apa poate fi recirculată în cadrul fiecărei trepte. În figura 3.5 este prezentată o schemă de epurare mecanico-biologică cu filtru biologic. [7], [18], [85], [87], [90].

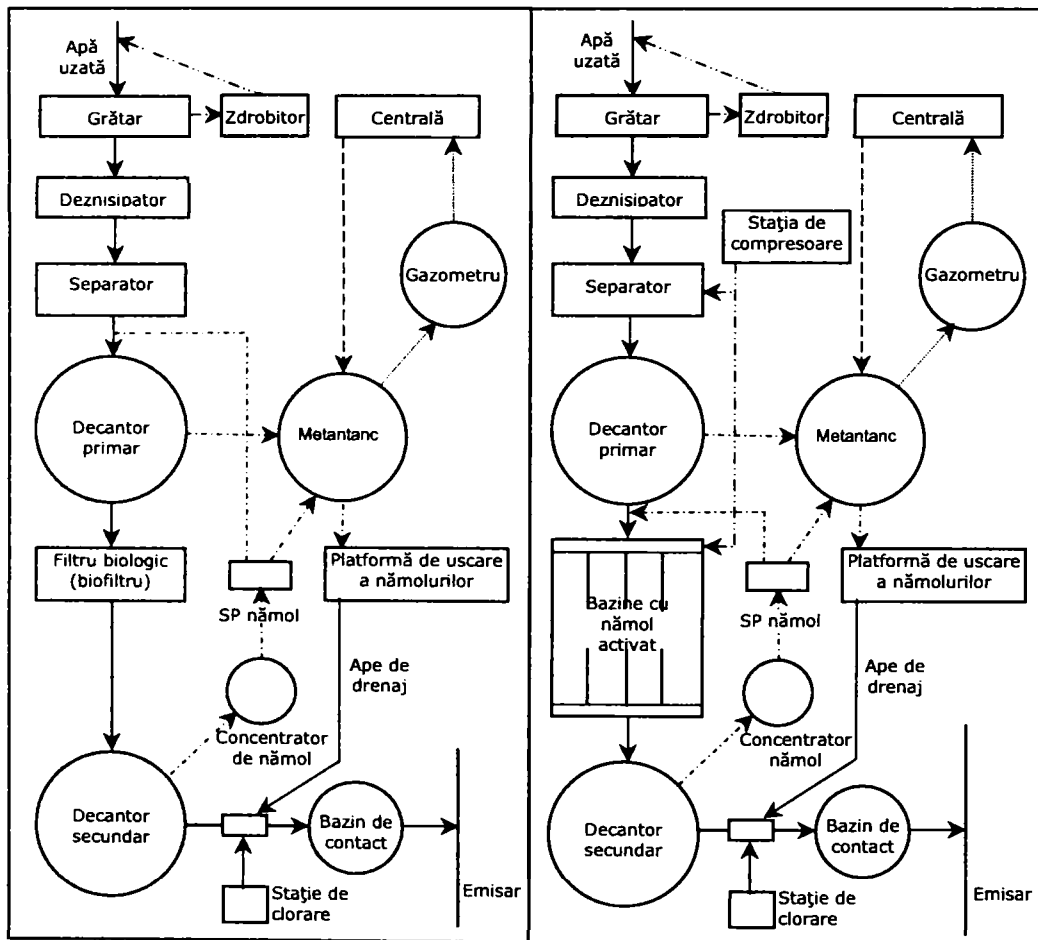


Figura 3.5 – Schemă tehnologică de epurare cu filtre biologice

Figura 3.6 – Schemă tehnologică de epurare cu nămol activat

În cadrul procesului de epurare biologică în bazine cu nămol de activare (Figura 3.6), apa uzată și nămolul activat sunt amestecate și aerate. Aerarea mai are și rolul de agitare a conținutului bazinului. Microorganismele curăță apa uzată prin absorbirea conținutului biologic din acestea, care într-o anumită proporție este folosit pentru respirație și transformat în masă biologică care sedimentează. [159].

Procesul de epurare a apelor uzate cu ajutorul bazinelor de aerare are loc în două faze. În primele două ore după intrarea apelor uzate sunt mineralizate materiile organice ușor oxidabile, micșorându-se brusc CBO_5 inițial cu circa 50 % și consumându-se complet oxigenul pentru procesele de oxidare. În faza a doua a procesului de epurare se continuă oxidarea mai înceată a substanțelor azotoase greu oxidabile, deficitul de oxigen apropiindu-se de zero, datorită acumulării în lichid a unei părți din oxigenul aerului introdus pentru oxidarea substanțelor organice. După 6-10

ore se termină procesul de oxidare rezultând un lichid care conține nitrați și oxigen în soluție. [4], [9], [81].

Epurarea biologică cu ajutorul bazinelor de aerare (bazine cu nămol activat) se realizează în construcții de diferite tipuri și poate fi incompletă (Figura 3.7) sau completă (Figura 3.8).

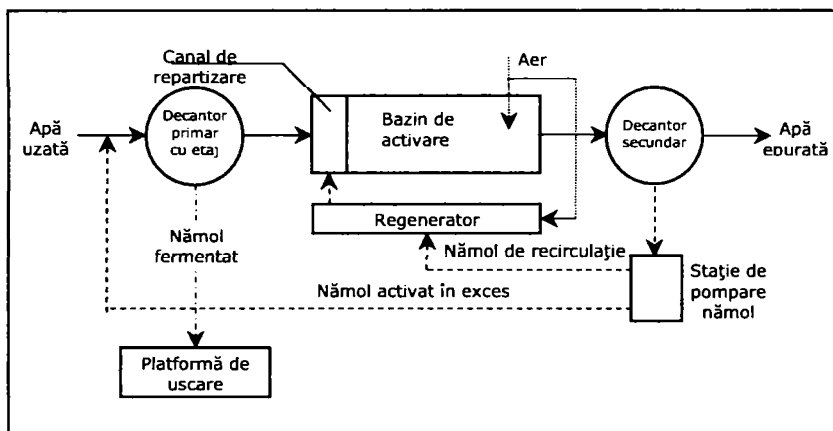


Figura 3.7 Treaptă biologică pentru epurare incompletă

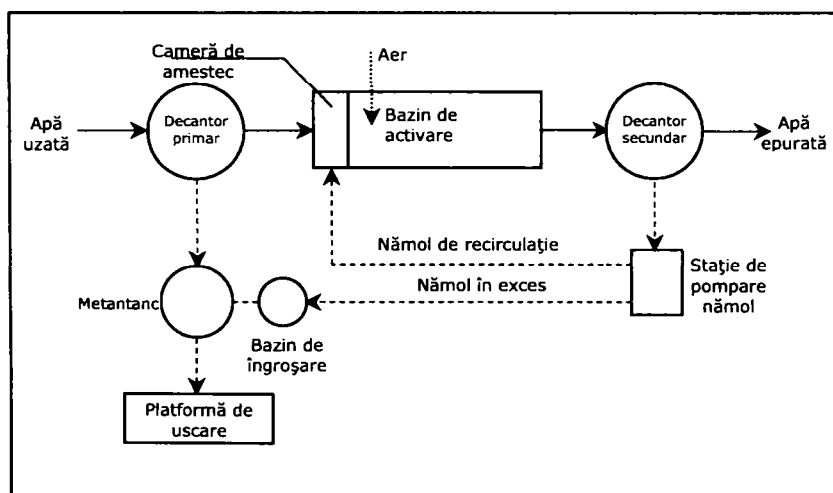


Figura 3.8 Treaptă biologică pentru epurare completă

La epurarea completă CBO_5 se micșorează cu 75 - 90 %, iar la cea incompletă cu 40 - 45 %. De asemenea, la epurarea completă bacteriile se reduc cu 90 - 95 %. După bazinele de aerare se prevăd decantoare secundare, de unde o parte din nămolul reținut este pompat cu nămolul în exces în concentratoare sau la instalații de prelucrare iar o parte este introdus ca nămol recirculat înaintea bazinelor de aerare. [113], [156].

În bazinele de aerare are loc epurarea biologică intensă a apelor uzate, care se datorează:

- măririi concentrației microorganismelor prin recircularea unei părți din nămolul activat reținut în decantoarele secundare;
- aerării artificiale, care asigură oxigenul necesar activității biologice a bacteriilor și oxidării chimice a unor impurități;
- agitării artificiale a apei supuse epurării pentru ca nămolul activat să vină în contact cu toate particulele ei.

Dacă se realizează o epurare biologică în două trepte se prevăd două bazine de aerare cu câte un decantor secundar după fiecare. În primul bazin de aerare are loc o epurare parțială a apelor de canalizare, iar în al doilea bazin de aerare o epurare completă.

Din bazinul de activare amestecul de apă uzată și nămol ajunge în decantorul secundar care are rolul de a separa nămolul activ de apa epurată biologic.

Decantoarele secundare sunt construcții rectangulare sau radiale cu rolul de a reține, din apele epurate biologic, reziduurile activității vitale a microorganismelor mineralizatoare, pelicula biologică sau nămolul activat.

Epurarea biologică a apelor uzate mai poate fi făcută prin intermediul câmpurilor de irigare și a iazurilor biologice.

Câmpurile de irigare servesc, pe lângă epurarea biologică a apelor de scurgere, la fertilizarea solurilor cu substanțele nutritive ale acestor ape și la completarea deficitului de umezeală din soluri. Câmpurile de irigare sunt parcele de teren amplasate și înconjurate din toate părțile de diguri. Distribuirea lichidului de scurgere pe aceste parcele se face printr-o rețea permanentă de irigare compusă din canale de distribuție și din canale de irigare, iar colectarea și evacuarea lichidului epurat se face printr-o rețea de desecare compusă din drenaje închise sau deschise și din canale de colectare. Printre efectele negative pe care le pot produce apele de scurgere pe câmpurile de irigare se pot menționa: emanări de mirosuri neplăcute, colmatarea porilor dintre granulele terenului, mărirea acidității sau alcalinității, posibilitatea sărăturării solului, ridicarea nivelului apelor freatice, infectarea solului, culturilor și apelor freatice de mică adâncime cu bacterii patogene, paraziți sau substanțe toxice etc.

Iazurile biologice sunt bazine artificiale în care apa uzată este epurată biologic datorită proceselor biochimice care se desfășoară în bazinele naturale de apă. Există iazuri în serie, iazuri piscicole și iazuri pentru limpezirea apelor de scurgere, care au fost epurate în prealabil în filtre biologice. [72], [94].

Epurarea mecano-biologică, asigură eliminarea materiilor solide în suspensie decantabile, a grăsimilor care pot fi flotante, a marii părți din materiile organice dizolvate și în suspensie, precum și degradarea unor substanțe toxice cum ar fi cromul hexavalent și cianurile. Epurarea mecano – biologică cu bazine de aerare asigură eliminarea numai a unei părți din compușii de amoniu sub formă de nitriți și nitrați.

3.4 PRELUCRAREA NĂMOLULUI DIN APELE DE SCURGERE

Nămolurile rezultate în urma proceselor tehnologice ale stațiilor de epurare pot provenii din treptele mecanice (nămol primar) și din treptele biologice, biologice avansate sau terțiare (nămol activat). [13], [99].

Depunerile proaspete sau fermentate se transportă prin pompă. În cadrul stațiilor de epurare se amenajează stații de pompă cu pompe de nămol, pompele funcționând continuu sau intermitent. De obicei pompele se grupează într-o stație centrală de unde sunt folosite la pomparea nămolului rezultat în urma procesului tehnologic în construcțiile și instalațiile stației de epurare.

Din decantoarele primare se poate pompa de 1...4 ori pe zi câte o oră, din decantoarele secundare după bazine de aerare se pompează continuu nămolul de recirculație și câte o oră pe zi nămolul în exces, iar din rezervoarele de fermentare metanică se poate pompa câte o oră pe zi la platformele de uscare.

Fermentarea nămolurilor se poate face, în funcție de schema tehnologică de epurare, în decantoare cu etaj sau în bazine de fermentare metanică.

Decantoarele cu etaj sau decantoare Imhoff sunt construcții de formă cilindrică sau paralelipipedică în care are loc pe lângă decantarea apei și fermentarea nămolului depus .

Apa de canalizare intră în jgheabul decantor unde se deplasează longitudinal, iar în timpul deplasării depunerile cad prin fanta longitudinală de la partea de jos a acestui jgheab în spațiul de colectare și fermentare.

Pereții scufundați au rolul de reținere a materiilor plutitoare și asigurarea unei curgeri uniforme a apei.

Evacuarea depunerilor fermentate din decantoarele cu etaj se face în cantități mai mari vara, rămânând în permanență în decantor circa 25 % din volumul total al spațiului de fermentare.

Nămolul în exces, datorită umidității foarte mari 99 ... 99,3 %, nu fermentează în stare proaspătă, el trebuind îngroșat. Bazinele de îngroșare realizează o îngroșare a nămolului în exces de 4 ... 6 % SU, înainte de introducerea acestuia în metantancuri.

Bazinele de îngroșare a nămolurilor se construiesc și se dimensionează asemănător cu decantoarele verticale sau radiale. Debitul de calcul al acestor bazine este debitul de pompă al nămolului în exces (2 ... 3 % din debitul de apă uzată intrată în stația de epurare) iar timpul de îngroșare se consideră 6 ore.

Aceste bazine se amplasează lângă rezervoarele de fermentare metanică sau lângă decantoarele secundare.

Rezervoarele de fermentare metanică sau metantancuri, sunt bazine cilindrice cu radier conic și cu acoperiș fix sau mobil, în care are loc fermentarea anaerobă mezofilă a depunerilor proaspete din stația de epurare cu formare de metan (75 %) și oxid de carbon și hidrogen sulfurat (25 %). Depunerile proaspete se amestecă cu cele aflate în rezervor la o temperatură care se menține prin încălzire artificială. [161].

Volumul depunerilor se reduce aproape la jumătate după fermentare, deoarece substanțele organice trec în stare gazoasă și în compuși dizolvați. Apa de nămol se elimină prin conducte amplasate în 2...3 puncte. În punctul cel mai înalt se montează un clopot pentru captarea gazelor. De la acest clopot gazul trece printr-o conductă la gazometre. Gazele stocate în gazometre se pot folosi ca combustibil la centrale termice sau electrice ale stației de epurare sau la construcțiile de deshidratare termică a nămolului fermentat.

Se consideră o bună fermentare atunci când:

- metanul reprezintă 55 – 75 % în gaze evacuate iar metanul și bioxidul de carbon reprezintă 95 % din totalul gazelor produse;
- materiile în suspensie în nămolul fermentat reprezintă 8 – 15 % din care circa jumătate sunt substanțe organice;
- pH-ul nămolului fermentat are valoarea 7 – 8;

- nămolul fermentat are culoare neagră, este vâscos, inofensiv ca miros și deshidratat.

În urma fermentării metanice volumul nămolului evacuat reprezintă circa 0,25 l/om.zi iar apa de nămol 0,35 l/om.zi.

Gazometrele folosite în stațiile de epurare sunt de tip umed alcătuite dintr-un rezervor metalic umplut cu apă în care plutește un clopot metalic deplasabil pe verticală cu ajutorul unor role și ghidaje, sub acțiunea gazelor.

Capacitatea unui gazometru este de 100 - 300.000 m³ iar presiunea admisibilă a gazelor sub clopot este de 150 - 300 mm col. apă.

Deshidratarea nămolurilor se poate realiza prin intermediul filtrelor presă sau a platformelor de uscare.

Filtrele presă, deși realizează „turte” de nămol a căror umiditate este de numai 45...50 %, procedeul este folosit îndeosebi pentru apele uzate industriale, deoarece pentru apele uzate menajere – deocamdată – se consideră dezavantajos din punct de vedere economic, ca urmare a consumului mare de coagulanți (6 - 10 %) din substanțele conținute în nămolul necesar și a unei manipulări manuale grele.

Procedeul dă eficiență mai mare la deshidratarea nămolului proaspăt, în timp ce nămolul fermentat necesită o prealabilă coagulare.

Platformele de uscare a nămolului sunt suprafețe înconjurate cu diguri de pământ sau cu garduri de beton, pe care se depozitează nămolul pentru uscare. Prin filtrarea și prin evaporarea naturală a apei, nămolul ajunge la umiditatea de 70...80%, putându-se încărca cu lopata și transporta pe câmpuri sau în grădini, ca îngrășământ. Pot fi construite pe soluri naturale filtrante sau pot fi amenajate pe o fundație artificială cu drenaj tubular. [162].

Apa colectată de la tuburile de drenare (circa 0,1 % din volumul apelor uzate ce intră în stația de epurare) se trimite într-un canal de beton la lucrările de dezinfectare ale stației, se evacuează în emisar sau se infiltrază în teren.

3.5 DEZINFECTAREA ȘI EVACUAREA APELOR DE SCURGERE

Lucrările pentru dezinfectarea apei de canalizare se compun din aparate pentru prepararea soluției dezinfectante, din camere sau dispozitive de amestec și din bazine sau decantoare de contact. În camera de clorare se instalează aparate de clorare care pot fi sub presiune sau cu vacuum sau instalații pentru prepararea soluției de clor din clorură de var. Se amenajează un depozit pentru clor și încăperi auxiliare. În camerele de amestec se produce amestecul soluției de clor cu apa de scurgere, iar în bazinele sau decantoarele de contact se realizează contactul între clor și apa de scurgere. Contactul între clor și lichidul de scurgere se poate realiza și în colectorul de la stația de epurare până la gura de vărsare, cu condiția de a se realiza un timp de contact de 20 - 30 minute..

Se recomandă introducerea de clor în lichidul de scurgere pentru a înlătura mirosul și pentru protecția temporară contra putrefacției. Doza de clor pentru înlăturarea mirosului este de 5...10 mg / l.

Evacuarea apelor de scurgere se face prin canale închise sau deschise. În punctul final al acestor canale se prevede o gură de vărsare, adică o construcție care trebuie să corespundă atât legilor hidraulice cât și condițiilor de ordin constructiv.

Gurile de vărsare se amplasează pe porțiuni de aliniament sau în malul concav al cursurilor de apă din emisari. La proiectarea gurilor de vărsare se va ține seama de: mărimea debitelor, variația nivelului apei din emisar, navigabilitate, gheață, situația locală etc.

CAP. 4. MODELAREA MATEMATICĂ A PROCESELOR DE EPURARE A APELOR UZATE

4.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Cu toate că în practică epurarea apelor uzate menajere se realizează de peste un secol, cercetarea și proiectarea proceselor de epurare au un pronunțat caracter empiric, fapt care conduce la dificultatea abordării problemelor de cercetare și implicit la perioade lungi de studiu, la subdimensionări sau supradimensionări ale construcțiilor și instalațiilor de epurare proiectate precum și dificultăți în înțelegerea și conducerea corectă a proceselor de epurare.

Ca urmare a cercetărilor efectuate în direcția obținerii și folosirii surselor de energie neconvențională, biotehnologia s-a dezvoltat în mod deosebit. Ca parte integrantă a biotehnologiei, epurarea biologică beneficiază de întregul aparat matematic elaborat pentru a caracteriza procesele în care intervin microorganismele. Modelarea matematică contribuie la înțelegerea mai clară a fenomenelor care au loc în instalațiile de epurare biologică, la investigarea acestora pe baze științifice, la generalizarea relațiilor utilizate în proiectarea tehnologică și la posibilitatea optimizării exploatarei.

Pentru stabilirea unor formulări cantitative care să conducă la obținerea parametrilor de proiectare a instalațiilor de epurare biologică se are în vedere posibilitatea creșterii biomasei în mediul format de apa uzată în care este dizolvat oxigen molecular în condițiile epurării aerobe și în absența unui element în condițiile epurării anaerobe. În formulările cantitative concentrația substratului se exprimă în echivalentul de oxigen:

- CCO este consumul chimic de oxigen;
- CBO – consumul biochimic de oxigen;
- COT – carbon organic total.

Uneori vitezele de îndepărtare a substratului sunt exprimate în viteza de consum a oxigenului în timpul reacțiilor de metabolism aerob (respirație), considerându-se că viteza de utilizare specifică a oxigenului este proporțională cu viteza de creștere a biomasei. Concentrația biomasei este exprimată prin concentrația de materii în suspensie, determinată gravimetric, ca substanță uscată sau substanță pierdută la calcinare.

Cinetica de creștere a unei culturi mixte (caracteristică biomasei proceselor de epurare) se consideră similară cineticii de creștere a unei culturi pure, deci biomasa este apreciată ca o cultură pură.

Creșterea biomasei se obține prin consumarea substratului, deci este proporțională cu scăderea concentrației acestuia.

Pentru exprimarea consumului de substrat și a creșterii nămolului activat, expresiile cinetice cele mai uzuale sunt:

- cinetica de creștere a masei biologice conform relației lui Monod;
- cinetica chimică pentru reacția de consum a substratului;
- cinetica pentru reacția de consum a substratului de tip enzimatic;
- cinetica combinată (reacție de consum de tip enzimatic și creșterea biomasei de tip Monod).

4.2. RELAȚII CINETICE ÎN DEZVOLTAREA MICROORGANISMELOR

Dezvoltarea relațiilor de creștere a bacteriilor pornește de la cercetările lui Monod efectuate asupra unei monoculturi bacteriene cultivate în condiții statice, în reactor, în care se introduce un substrat conținând o singură substanță organică. În aceste condiții, organism unic – substrat unic, Monod stabilește un ciclu de creștere a bacteriilor (Figura 4.1), viteza maximă de creștere a fiecărei specii bacteriene fiind condiționată de concentrația nelimitatoare a substratului, de factorii de mediu și de capacitatea cinetică a microorganismelor de a metaboliza substratul [26].

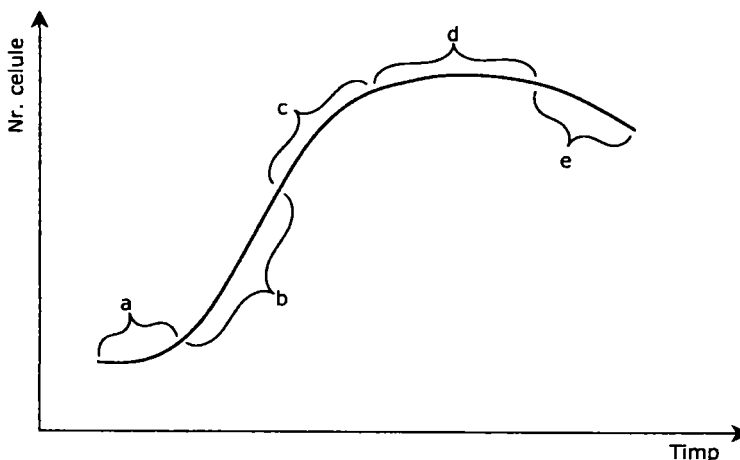


Figura 4.1 Curba de creștere bacteriană simplificată

Ciclul de creștere a bacteriilor, stabilit de Monod, este împărțit în 5 faze:

a este faza de larg;

b – faza de creștere exponențială;

c – faza de încetinire;

d – faza staționară;

e – faza de declin.

În faza creșterii exponențiale (logaritmice) bacteriile cresc proporțional cu masa lor existentă în mediu, viteza fiind descrisă de o ecuație cinetică de ordinul 1:

$$\frac{dx}{dt} = \mu \cdot x \quad (4.1)$$

în care:

dx este variația concentrației de nămol activat, cu dimensiunile ML^{-3} ;

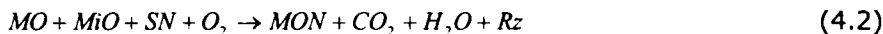
x -concentrația nămolului activat în bazinul de aerare, cu dimensiunile ML^{-3} ;

μ – viteza specifică de creștere a microorganismelor, cu dimensiunea T^{-1} ;

t – timpul.

În exces de substrat (concentrație nelimitoare de viteză) și în condiții de mediu optime, viteza fiind maximă, m devine maxim (m_m), atingând o valoare de saturație. În funcție de condițiile menționate, creșterea în faza exponențială poate avea valori ale lui m cuprinse între m și m_m .

În culturile statice, în condiții nerestrictive în care masa bacteriană crește cu constanta de viteză m_m , Monod găsește că o proporție stochiometrică a substratului este transformată în masă bacteriană, ceea ce rămâne fiind oxidată în produși finali:



în care:

MO reprezintă substratul organic;

MiO – microorganismele;

SN – substanțe nutritive (N, P și factori de creștere);

MON – masă bacteriană nouă;

Rz – reziduuri (produse de metabolism).

Relația dintre variația masei bacteriene și a concentrației substratului este o relație dată de Monod:

$$\mu x = \frac{dx}{dt} = -y \frac{dc}{dt} \quad (4.3)$$

în care:

μ este coeficientul de producție (de randament, de conversie);

dc – variația concentrației de substrat, cu dimensiunile ML^{-3} ;

În condițiile în care substratul devine factor limitativ, Monod găsește pentru culturi statice, o relație simplă în care μ este proporțional cu concentrația substratului la valori scăzute ale acestuia, dar atingând valoarea de saturație la concentrații mari de substrat. Înscriind μ funcție de concentrația substratului (c), se obțin curbe hiperbolice (Figura 4.2) de expresia:

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot c}{(k_s + c)} \quad (4.4)$$

în care:

μ este viteza specifică de creștere a microorganismelor, cu dimensiunea T^{-1} ;

μ_m – viteza specifică maximă de creștere a microorganismelor, cu dimensiunea T^{-1} ;

c – concentrația substratului (impurități organice) în bazinul de aerare, cu dimensiunea ML^{-3} ;

k_s – constanta de saturație, egală numeric cu concentrația substratului pentru care viteza specifică de creștere este jumătate din valoarea maximă.

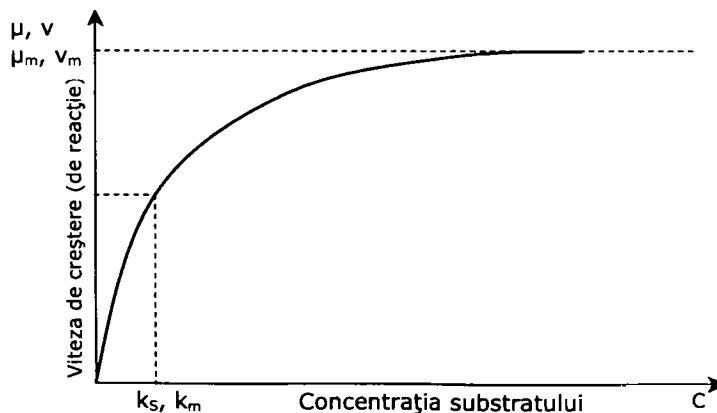


Figura 4.2 Efectul substratului asupra vitezei de creștere

Pentru o specie bacteriană dată și un substrat dat, în condiții de experimentare similare, Monod consideră μ_m , k_s și y constante și care se determină experimental.

În cazul în care vitezele de creștere a microorganismelor sunt mici, de exemplu în procesele de epurare biologică, creșterea generală a biomasei, variabilă controlată de către concentrația substratului, este stânjenită de procesul reacțiilor endogene (prin care se consumă material celular), ca și de viteza cu care microorganismele dispar din sistem (prin moartea acestora și prin descreșterea numerică datorită consumării de către organisme bacteriene). În caz din viteza de creștere generală se scade cantitatea de biomasă, bX , în care b reprezintă constanta vitezei de distrugere a celulelor.

Monod a elaborat relațiile de mai sus în condiții statice, pentru un organism unic cultivat pe substrat unic, în care atât X cât și C variază în timp. În practică, însă, realizările microbiologiei industriale se datoresc mai ales culturii în continuu, în care reacțiile biochimice sunt efectuate de către microorganisme cultivate într-un curent de substrat care curge continuu. În acest mod de cultură, condițiile din reactor sunt constante: creșterea microorganismelor se face la viteze constante și în mediu constant (pH, concentrația materiilor nutritive, concentrația masei bacteriene, concentrația produsilor de metabolism și a oxigenului care inevitabil variază în timpul ciclului de creștere a culturii statice, sunt menținuți constanți și pot fi controlați de către operator. Rezolvarea problemelor teoretice de natură cinetică are la bază de asemenea relațiile lui Monod.

Ca proces tehnologic, epurarea biologică a apelor uzate în sistemele cu alimentare continuă este comparabilă cu procesele care au loc în industria microbiologică, de unde a luat și tehnica de introducere a coeficienților cinetici, μ_m , y și b , în parametrii de proiectare. Între procesele care au loc în industria microbiologică și epurarea apelor uzate există însă unele diferențe esențiale:

- mediu nu este format din substrat monocomponent ci multicomponent;
- compoziția mediului nu poate fi liber aleasă;
- condițiile de desfășurare a proceselor înlătură posibilitatea alegerii libere a microorganismelor, care constituie o populație eterogenă;
- în scopul obținerii unui afluent de calitate, lipsit în mare parte de substanțe organice, în instalația de epurare microorganismele sunt menținute în faza de creștere staționară sau chiar de declin, ceea ce conduce la formarea flocoanelor sedimentabile.

În cazul nitrificării, rata de creștere a bacteriilor Nitrosomanas poate fi descrisă utilizând ecuația cinetică propusă de Monod [58], [108]:

$$\mu_N = \frac{\mu^* \cdot N}{k_N + N} \quad (4.5)$$

unde:

μ este viteza de creștere a Nitrosomanas, cu dimensiunea T^{-1} ;

μ^* - viteza maximă de creștere a Nitrosomanas, cu dimensiunea T^{-1} ;

N - concentrația de $NH_4^+ - N$, cu dimensiunile ML^{-3} ;

k_N - concentrația de azot amoniacal pentru care viteza de creștere este jumătate din valoarea maximă ($\mu_N = 0,5 \mu^*$), cu dimensiunile ML^{-3} .

Oxidarea $NH_4^+ - N$ poate fi raportată la rata de creștere a Nitrosomanas după cum urmează:

$$q_N = \frac{\mu_N}{Y_N} + q_N^* \cdot \frac{N}{k_N + N} \quad (4.6)$$

unde:

q_N este viteza de oxidare a amoniului ($\text{mg NH}_4^+ - N$ oxidat/ $\text{mg masă celulară.zi}$), cu dimensiunea T^{-1} ;

Y_N – coeficientul de randament celular ($\text{masă celulară} / \text{mg NH}_4^+ - N$ redus);

q_N^* – viteza maximă de oxidare a amoniului ($\text{mg NH}_4^+ - N$ oxidat/ $\text{mg masă celulară.zi}$), cu dimensiunea T^{-1} ;

K_N – concentrația de azot amoniacal pentru care viteza de creștere este jumătate din valoarea maximă ($q_N = 0,5 q_N^*$), cu dimensiunile ML^{-3} .

4.3. CINETICA CONSUMULUI DE SUBSTRAT

Relațiile biochimice care conduc la degradarea și oxidarea substratului și la creșterea biomasei sunt catalizate de enzime, substanțe proteice cu funcție de catalizatori, din celula vie. Asemănător cineticii dezvoltării microorganismelor, cinetica enzimatică este descrisă de o relație fundamentală, derivată din mecanismul unei reacții enzimatică în care dintr-un singur substrat se obține un singur produs, relația lui Michaelis- Menten. [108].

Legătura între viteza unei relații catalizată de enzimă în condițiile date și viteza ei maximă urmează ecuația:

$$v = \frac{v_m C}{(K_M + C)} \quad (4.7)$$

în care:

K_M este constanta lui Michaelis sau concentrația substratului la care viteza de reacție este jumătate din viteza maximă, și care în cinetica enzimatică propriu-zisă se exprimă în mili sau micromoli iar în epurarea apelor uzate, în mg/l .

Prin reprezentarea lui v față de C se obține o curbă hiperbolică asemănătoare curbei din figura 4.2, iar ecuația 4.7 se aseamănă cu ecuația 4.4.

- când $C \gg K_M$ rezultă că $v = v_m$, deci viteza de reacție urmează cinetica de ordinul zero față de substrat.
- la concentrații mici de substrat, viteza de reacție este proporțională cu concentrația substratului, iar cinetica de reacție este de ordinul unu.

O reacție enzimatică este deci caracterizată de coeficienții cinetici v_m și K_M care se determină experimental prin determinarea vitezelor de reacție la diferite concentrații ale substratului și prin liniarizarea ecuației Michaelis- Menten:

$$\frac{1}{v} = \frac{K_M}{v_m} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{v_m} \quad (4.8)$$

Înscriind $1/v$ față de $1/C$, se obține o dreaptă a cărei pantă K_M/v_m și care intersectează ordonata la valoarea $1/v_m$.

Complexitatea substratului format de apele uzate, determinată în mod simplificator ca CCO și CBO_5 , de cele mai multe ori lipsa unui substrat specific care să permită determinarea unei activității enzimatică specifice, a întârziat mult aplicarea cineticii enzimatică în procesele de epurare biologică. În ultimii ani însă epurarea biologică a început să fie abordată prin prisma coeficienților enzimatici, valoarea lui K_M reflectând afinitatea între substrat și microorganisme (cu cât K_M este mai mic, cu atât apa uzată este mai tartabilă biologic). Astfel de cercetări au fost impulsionate mai ales de existența în apele uzate a unor substanțe anorganice

(substrate ale unor enzime specifice, de exemplu azotați, amoniac pentru care au fost obținuți coeficienți cinetici) și a unor impurități organice specifice din apele uzate industriale, pentru care s-a încercat modelarea procesului de epurare pe baze enzimatiche.

În unele cazuri ecuația lui Michaelis- Menten nu este valabilă decât pentru concentrații slabe de substrat. Curba care descrie viteza de reacție funcție de concentrația substratului atinge un maxim pentru ca apoi să descrească.

Pentru aceste cazuri ale inhibiției prin exces de substrat, Haldane a dat următoarea expresie cantitativă:

$$v = v_m \frac{1}{1 + \frac{K_M}{C} + \frac{C}{K_i}} \quad (4.9)$$

sau liniarizată conform ecuației Lineweauer-Burk:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_m} \left(1 + \frac{K_M}{C} + \frac{C}{K_i} \right) \quad (4.10)$$

în care K_M și K_i reprezintă constante ale reacției inhibitate.

Viteza de creștere a microorganismelor funcție de concentrația neinhibată a substratului este redată în figura 4.3:

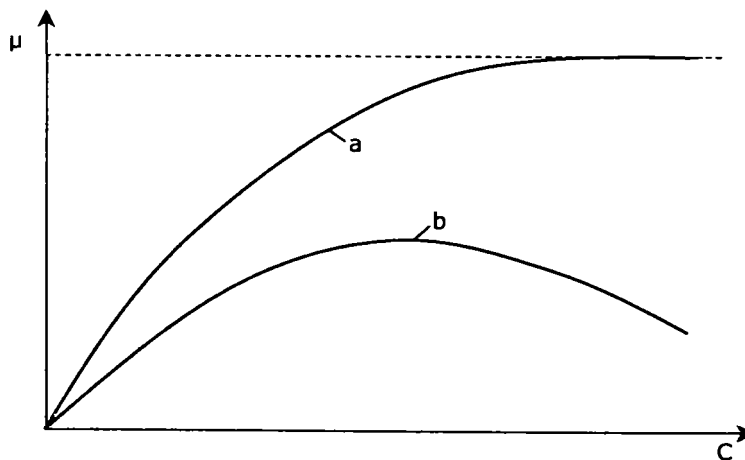


Figura 4.3 Viteza de creștere a microorganismelor funcție de concentrația neinhibată a substratului (a- curbă Monod; b- curbă de tip Haldane)

Ecuația lui Haldane transpusă pentru creșterea microorganismelor este:

$$\mu = \mu_m \frac{C}{K_s + C + \frac{C^2}{K_i}} \quad (4.11)$$

Pe baza relațiilor prezentate au fost stabiliți atât coeficienții activității enzimatiche K_M și v_m pentru procese ce interesează epurarea cât și modele ale inhibiției pentru unele procese de epurare a substanțelor ce pot prezenta caracteristici inhibitoare.

4.4. SCHEMA GENERALĂ A PROCESULUI DE EPURARE CU NĂMOL ACTIVAT

Schema tipică a procesului de epurare biologică cu nămol activat este redată în figura 4.4. [108]. Influentul instalației de epurare, cu conținutul de impurități organice și/sau dispersate coloidal, este pus în contact într-un bazin de aerare cu o cultură mixtă de microorganisme – nămol activat, care consumă impuritățile degradabile biologic din apa uzată. Apa uzată se separă gravitațional de nămolul activat în decantorul secundar al instalației. O parte din nămolul activat separat în decantor, este recirculat în bazinul de aerare, iar altă parte este evacuată ca nămol excedentar, în așa fel încât în instalație se menține o concentrație relativ constantă de nămol activat; în bazinul de aerare cultura de microorganisme este menținută în condiții de aerobie printr-un aport permanent de oxigen.

Modul în care se realizează curgerea apei prin bazinul de aerare, reciclarea nămolului activat și aportul oxigenului depinde de tipul instalației utilizate în operațiunile de epurare.

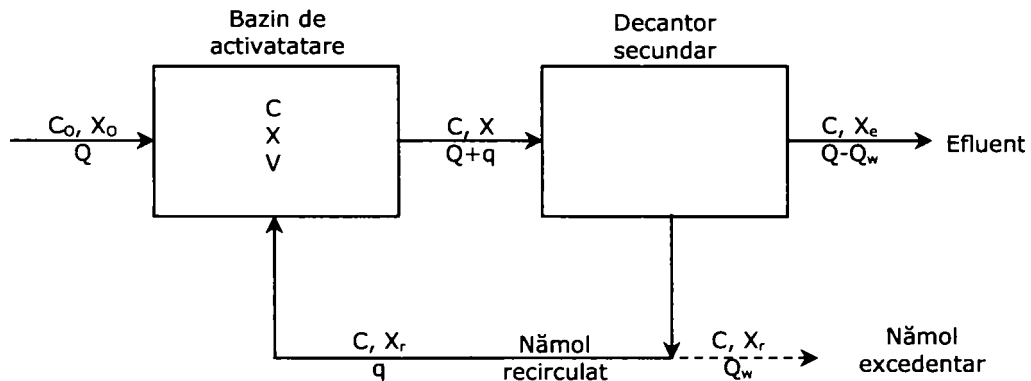


Figura 4.4 Schema procesului de epurare cu nămol activat

în care:

C_o, C este concentrația substratului (impurități organice în influent respectiv în bazinul de aerare, cu dimensiunile ML^{-3} ;

X_o, X – concentrația microorganismelor în influent, și respectiv concentrația nămolului activat în bazinul de aerare, cu dimensiunile ML^{-3} ;

X_e, X_r – concentrația nămolului activat în efluent, respectiv în recirculant, cu dimensiunile ML^{-3} ;

V – volumul bazinului de aerare, cu dimensiunea L^3 ;

Q, q – debitul influentului instalației, respectiv de recirculare, cu dimensiunile ML^{-3} ;

Q_w – debitul nămolului excedentar, cu dimensiunile ML^{-3} ;

Procesul de epurare biologică cu nămol activat este evaluat cantitativ prin următorii parametri:

$$\text{- raportul de recirculare: } r = \frac{q}{Q} \quad (4.12)$$

$$\text{- raportul de evacuare a nămolului activat: } w = \frac{Q_w}{Q} \quad (4.13)$$

- vârsta nămolului activat (θ_n) este raportul dintre masa nămolului activat X prezentă în instalația de volum V și masa microorganismelor influente instalației X₀:

$$\theta_n = \frac{V \cdot X}{Q \cdot X_0} \quad (4.14)$$

dacă: X₀ = 0 atunci θ_n ar fi nedeterminată.

Această situație ar corespunde cazului în care influentul ar fi steril. Acest lucru nu se întâmplă deoarece în procesul de epurare cu nămol activat celulele preexistente sunt introduse în bazin în perioada de amorsare a procesului.

- încărcarea organică a nămolului activat (I_{on}) sau raportul hrană : microorganisme (H:M) este raportul dintre debitul poluatului organic cu concentrația C₀ influent bazinului de aerare și cantitatea totală de nămol activat din bazinul de aerare:

$$I_{on} = \frac{Q \cdot C_0}{V \cdot X} \quad (4.15)$$

- încărcarea organică a bazinului de aerare (I_{ob}) este raportul dintre debitul poluantului organic influent bazinului de aerare și volumul acestuia:

$$I_{ob} = \frac{Q \cdot C_0}{V} \quad (4.16)$$

- durata de staționare a materialului impurificator influent instalației (θ_p), este raportul dintre cantitatea totală de nămol activat din bazinul de aerare și debitul poluantului influent instalației:

$$\theta_p = \frac{V \cdot X}{Q \cdot C} \quad (4.17)$$

- viteza specifică de utilizare a substratului (hranei) sau îndepărtarea specifică (U), de către nămolul activat este raportul dintre debitul materialului organic utilizat de către nămolul activat Q (C₀ - C) și cantitatea totală de nămol activat din bazinul de aerare:

$$U = \frac{Q \cdot (C_0 - C)}{V \cdot X} \quad (4.18)$$

- timpul de retenție celular sau timpul de retenție a nămolului activat în instalația de epurare (θ_c) este raportul dintre cantitatea de nămol activat din bazinul de aerare (V·X) și debitul nămolului activat evacuat din proces, iar prin nămolul activat evacuat se înțelege nămolul evacuat ca excedentar, Q_wX_r și acela evacuat cu efluentul decantorului (Q - Q_w)X_e:

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_r + (Q - Q_w)X_e} \quad (4.19)$$

În relația timpului de retenție celular se poate considera întreaga cantitate de nămol activat existentă în instalație (nămol activat din bazinul de aerare, din decantorul secundar și de pe conductele de recirculare a acestuia).

$$\theta_{ct} = \frac{X_{tot}}{Q_w \cdot X_r + (Q - Q_w)X_e} \quad (4.20)$$

în care:

θ_{ct} este timpul de retenție celular, în T

X_{tot} - cantitatea totală de nămol activat, în M.

- timpul de retenție hidraulică sau durata de staționare al influentului (θ) se calculează cu relația:

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad (4.21)$$

- încărcarea hidraulică a bazinului de aerare (I_h) reprezintă raportul dintre debitul de apă uzată influent instalației și volumul bazinului de aerare:

$$I_h = \frac{Q}{V} \quad (4.22)$$

- factorul de producție a nămolului activat (Y) sau factorul de conversie a substratului reprezintă raportul dintre cantitatea de nămol activat format prin îndepărtarea unei anumite cantități de material organic (impurificator) într-un interval dat de timp:

$$Y = -\frac{\frac{\Delta X}{\Delta t}}{\frac{\Delta C}{\Delta t}} = -\frac{\Delta X}{\Delta C} \quad (4.23)$$

în care:

Y este coeficient de producție, de randament, cu dimensiunile MM^{-1} ;
 ΔX - variația concentrației de nămol activat, cu dimensiunile ML^{-3} ;
 ΔC - variația concentrației de substrat, cu dimensiunile ML^{-3} ;
 Δt - intervalul de timp, cu dimensiunile T.

- coeficientul consumului endogen (b), reprezintă raportul dintre cantitatea de nămol activat ce se consumă în procesele de autooxidare în unitatea de volum de bazin de aerare și timp și cantitatea de nămol activat existentă în acest volum:

$$b = \frac{V \cdot \Delta X}{V \cdot \Delta X \cdot \Delta t} = \frac{\Delta X}{\Delta X \cdot \Delta t} \quad (4.24)$$

Parametrii procesului de epurare prezentați mai sus pot fi folosiți pentru dimensionarea tehnologică, exploatarea și controlul instalațiilor de epurare cu nămol activat; acești parametri au valori pozitive și uneori chiar nule.

Dacă:

$r = 0$ este cazul epurării biologice cu nămol activat fără reciclare;
 $w = 0$ este cazul epurării biologice cu nămol activat cu aerare extinsă;
 $Q = 0$ epurare biologică în condiții de alimentare discontinuă pentru anumite intervale de timp.

4.5. MODELUL MATEMATIC PROPUȘ DE LAWRENCE ȘI MCCARTY

În cadrul acestui model legătura dintre creșterea nămolului activat și consumul materialului organic poate fi exprimată de două ecuații de bază.

Prima ecuație descrie legătura dintre viteza de creștere:

$$\frac{dX}{dt} = Y \frac{dC}{dt} - bX \quad (4.25)$$

în care:

$\frac{dX}{dt}$ este viteza de creștere a nămolului activat pe unitatea de volum de bazin de aerare;

$\frac{dC}{dt}$ - viteza de consum a materialului organic pe unitatea de volum de bazin de aerare;

Y - coeficientul de producție;

b – coeficientul consumului endogen de masă, cu dimensiunea T^{-1} .

prin împărțirea ecuației (4.25) cu X se obține:

$$\frac{dX}{X \cdot dt} = Y \cdot \frac{dC}{X \cdot dt} - b \quad (4.26a)$$

sau

$$\mu = YU - b \quad (4.26b)$$

în care:

$$\mu = \frac{dX}{X \cdot dt} \text{ este viteza specifică de creștere a nămolului;}$$

$$U = \frac{dC}{X \cdot dt} - \text{viteza specifică de utilizare sau de consum a substratului.}$$

A doua ecuație permite determinarea consumului de material organic ca funcție a concentrației de nămol activat din bazinul de aerare și o concentrație de material organic (substrat) ce se află în aceasta.

Pentru modelul Lawrence și Mc Carty se propune ca relația dintre consumul de substrat și concentrația de nămol activat să fie similară cu o relație de tip Monod:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{KCX}{K_s + C} \quad (4.27)$$

în care:

K este viteza maximă de consum a materialului organic pe unitatea de masă de nămol activat (viteza specifică maximă de utilizare, $U_{\max} = K$)

K_s – constanta de saturație, cu dimensiunile ML^{-3} ;

Dacă ecuația (4.27) se împarte cu X se obține viteza specifică de îndepărtare a substratului: $\frac{dC}{X \cdot dt} = v$

Se pot considera două cazuri:

$$\text{I. } C \gg K_s \text{ rezultă } \frac{dC}{dt} = kX \quad (4.28)$$

$$\text{II. } C \ll K_s \text{ rezultă } \frac{dC}{dt} = k'XC \text{ în care } k' = \frac{k}{K_s} = \text{constant} \quad (4.29)$$

În concepția celor doi autori, relația (4.27) ar satisface într-o măsură mai mare cerințele referitoare la abordarea cantitativă a proceselor de epurare și ar permite comparații utile ale rezultatelor din domeniul epurării biologice cu acelea din domeniul microbiologiei generale. Combinând ecuațiile (4.25) și (4.27) rezultă o relație între viteza de creștere a nămolului activat și concentrația de substrat din bazinul de aerare similară cu aceea propusă de von Uden pentru sistemele microbiologice care conțin culturi pure:

$$\mu = Y \cdot k \cdot \frac{C}{K_s + C} - b \quad (4.30)$$

Parametrul K_s furnizează informații procesul de creștere a biomasei.

Pentru modelul lor autorii au ales ca parametru de bază timpul de retenție celular θ_c .

$$\theta_c = \frac{X_T}{\frac{\Delta X_T}{\Delta t}} \quad (4.31)$$

în care:

X_T este cantitatea de masă biologică (nămol activat) prezentă în bazinul de aerare;
 ΔX_T – cantitatea de masă biologică îndepărtată din sistem într-un interval de timp Δt
sau cantitatea de masă biologică înlăturată din decantor ca nămol excedentar, cât și cantitatea de nămol activat pierdută în efluentul decantorului.

Pentru deducerea modelului matematic al procesului de epurare se consideră schema de principiu redată în figura 4.4.

Pentru elaborarea modelului au fost stabilite o serie de ipoteze simplificatoare:

- procesul de epurare se desfășoară în condiții staționare;
- apa uzată cu material organic biodegradabil este introdusă în bazinul de aerare și amestecată instantaneu și omogen cu nămolul recirculat din decantorul secundar în întregul volum al bazinului de aerare;
- debitul de intrare al apei uzate în bazinul de aerare este egal cu cel de ieșire din bazinul de aerare, fapt ce asigură menținerea unui volum constant de lichid în bazin;
- cantitatea de microorganisme în debitul influent instalației se neglijează în raport cu cantitatea totală de microorganisme conținute în bazinul de aerare;
- îndepărtarea impurităților se face numai în bazinul de aerare, deci în decantorul secundar nu au loc reacții de metabolism;
- masa de nămol activat din sistem este egală cu masa microorganismelor existentă în bazinul de aerare, ceea ce înseamnă că se neglijează activitatea masei de nămol activat din decantor;
- recircularea nămolului activat din decantorul secundar în bazinul de aerare este continuă.

Deducerea modelului matematic se face pe baza bilanțurilor de materiale.

Pentru nămolul activat din întreg sistem de epurare:

$$\text{acumularea de masă biologică} = \text{masa biologică formată în procesul de creștere} - \text{masa biologică îndepărtată din sistemul de epurare}$$

sau:

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = (Y \cdot \frac{dC}{dt} - bX) \cdot V - (Q_w \cdot X_r + Q \cdot X_e - Q_w \cdot X_e) \quad (4.32)$$

unde:

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = Q \cdot X_0 \text{ este masa biologică introdusă în efluent;}$$

$$Y \cdot \frac{dC}{dt} - \text{masa biologică produsă prin reacții biologice;}$$

$$b \cdot X - \text{masa consumată prin procesul endogen;}$$

$$Q_w \cdot X_r + Q \cdot X_e - Q_w \cdot X_e - \text{masa evacuată cu efluentul și sub formă de nămol excedentar;}$$

dar:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{k \cdot C \cdot X}{k_1 + C} \quad (4.33)$$

rezultă că:

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = (Y \cdot \frac{k \cdot C \cdot X}{k_1 + C} - b \cdot X) \cdot V - (Q_w \cdot X_r + Q \cdot X_e - Q_w \cdot X_e) \quad (4.34)$$

În situații în care procesul se desfășoară în condiții staționare $\frac{dX}{dt} = 0$ atunci rezultă că:

$$(Y \cdot k \cdot \frac{C \cdot X}{k + C} - b \cdot X) \cdot V = Q_w \cdot X_r + Q \cdot X_e - Q_w \cdot X_e \quad (4.35)$$

sau:

$$Y \cdot k \cdot \frac{C}{k_s + C} - b = \frac{Q_w \cdot X_r + Q \cdot X_e - Q_w \cdot X_e}{V \cdot X} \quad (4.36)$$

Termenul din dreapta al acestei ecuații reprezintă inversul timpului de retenție și rezultă că:

$$\mu = \frac{1}{\theta_c} = Y \cdot k \cdot \frac{C}{k_s + C} - b \quad (4.37)$$

cea ce ilustrează dependența funcțională dintre timpul de retenție celular, θ_c și concentrația în material organic din bazinul de aerare, C.

Comparând ecuațiile (4.37) cu (4.30) rezultă că pentru regimul staționar inversul timpului de retenție celular este egal cu viteza specifică de creștere a biomasei:

$$\frac{1}{\theta_c} = \mu \quad (4.38)$$

Relația (4.37) poate fi aranjată în așa fel încât să permită exprimarea concentrației substanțelor organice din bazinul de aerare în funcție de timpul de retenție celular:

$$C = \frac{k_s \cdot (1 + b \cdot \theta_c)}{\theta_c \cdot (Y \cdot k - b) - 1} \quad (4.39)$$

Figura 4.5 ilustrează relația funcțională de mai sus precum și variația eficienței de epurare, E, cu timpul θ_c , pentru un anumit set de coeficienți cinetici (Y, b, k, k_s) și anumite caracteristici ale apei uzate influente.

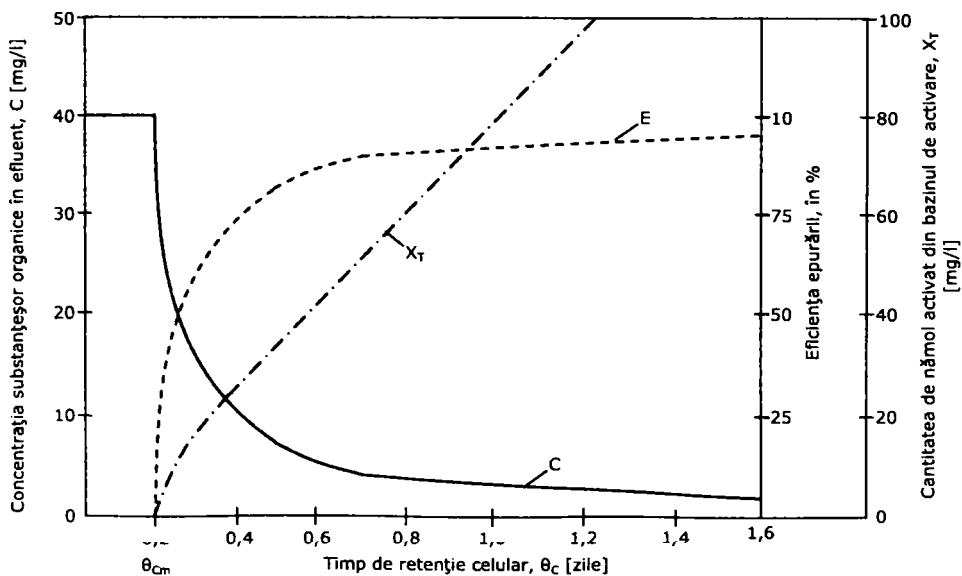


Figura 4.5 Concentrația substanțelor organice și variația eficienței cu timpul θ_c

Din analiza construcției grafice se observă că selectarea și menținerea unei anumite valori a parametrului θ_c determină calitatea efluentului și, evident, eficiența procesului. În situația în care θ_c scade progresiv, procesul de epurare este compromis, eficiența lui ajungând chiar la valoarea zero. Valoarea limită a parametrului, θ_{cm} pentru care eficiența procesului scade la zero se poate calcula dacă se consideră în relația (28) concentrația substanțelor organice în bazinul de aerare, C , egală cu concentrația substanțelor organice din debitul influent (eficiență nulă). În aceste condiții se obține relația:

$$\frac{1}{\theta_{cm}} = Y \cdot k \cdot \frac{C_0}{k_s + C_0} - b \quad (4.40)$$

dacă: $C_0 \gg k_s$ rezultă că:

$$[\theta_c]_{lim} = \frac{1}{Y \cdot k - b} \quad (4.41)$$

$[\frac{1}{\theta_c}]_{lim}$ - corespunde vitezei maxime specifice de creștere a biomasei μ_m .

Pentru regimul staționar se poate scrie:

$$[\frac{1}{\theta_c}]_{lim} = \mu_m \quad (4.42)$$

Acestei viteze maxime de creștere a biomasei îi corespunde un timp de dublare a acesteia t_d dat de relația:

$$t_d = \ln 2 [\theta_{cm}]_{lim} \quad (4.43)$$

Aceste relații sunt valabile dacă se corelează valoarea vitezei maxime de creștere μ_m cu θ_c . Din analiza schemei de epurare (figura 4.1) se observă că nămolul activat se îndepărtează din sistemul de epurare fie controlat prin evacuare cu nămol excedentar, fie necontrolat prin prinderea în efluentul decantorului.

În general masa de nămol activat îndepărtată în mod controlat din sistem, $Q_w X_r$, este mult mai mare decât aceea pierdută în efluentul decantorului $(Q - Q_w) X_e$. Posibilitatea îndepărtării controlate a amsei de nămol activat prin varierea cantității $w X_r$, permite ca θ_c să fie menținut între anumite limite, indiferent de timpul de retenție hidraulic θ . Acest mod de operare oferă un avantaj major sistemului cu recirculare prin faptul că se poate realiza timpuri mari de retenție a solidelor biologice chiar în situația în care timpul de retenție hidraulic este scăzut.

Cu toate acestea, parametrul θ_c nu poate fi variat complet independent de θ din cauza limitelor practice impuse de caracteristicile de sedimentare a nămolului activat.

Cu ajutorul unui bilanț de materiale efectuat numai pentru bazinul de aerare se pot stabili serie de relații între θ_c și θ , precum și între aceste mărimi și alți parametri care influențează sistemul de epurare cu recirculare (debitul de recirculare, q , concentrația de evacuare a nămolului din decantor X_r). Conform acestui bilanț de materiale al nămolului activat din bazinul de aerare se poate scrie:

<i>acumularea masei biologice în bazinul de aerare</i>	=	<i>creșterea masei biologice datorită recirculării</i>	+	<i>creșterea masei biologice datorită reacțiilor biochimice</i>	-	<i>scăderea masei biologice datorită consumului endogen</i>	-	<i>scăderea masei biologice datorită evacuării nămolului în decantor</i>
------------------------------------------------------------------------	---	------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------	---	-----------------------------------------------------------------------------	---	------------------------------------------------------------------------------------------

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = q \cdot X_r + [Y \cdot \frac{dC}{dt} - b \cdot X] \cdot V - (q + Q) \cdot X \quad (4.44)$$

dar: $\frac{dC}{dt} = \frac{k \cdot C \cdot X}{k_s + C}$ și $\frac{1}{\theta_c} = Y \cdot k \cdot \frac{C}{k_s + C} - b$

se obține:

$$V \cdot \frac{dX}{dt} = q \cdot X_r + \frac{X}{\theta_c} \cdot V - (q + Q) \cdot X \quad (4.45)$$

prin împărțire cu V, rezultă:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{q}{V} \cdot X_r + \frac{X}{\theta_c} - \left(\frac{q+Q}{V}\right) \cdot X \quad (4.46)$$

Dacă procesul decurge în regim staționar: $\frac{dX}{dt} = 0$ se obține:

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Q}{V} \cdot \left(1 + \frac{q}{Q} - \frac{q}{Q} \cdot \frac{X_r}{X}\right) \quad (4.47)$$

dar, $r = \frac{q}{Q}$ și prin înlocuire se obține:

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Q}{V} \cdot (1 + r - r \cdot \frac{X_r}{X}) \quad (4.48)$$

care exprimă dependența funcțională dintre θ_c , raportul de recirculare a nămolului activat r , precum și factorul de concentrare a acestuia în decantorul secundar $\frac{X_r}{X}$.

Procesul de epurare fiind considerat că se desfășoară în condiții staționare se poate scrie:

$$\frac{Q \cdot (C_0 - C)}{V \cdot X} = k \cdot \frac{C}{k_s + C} \quad (4.49)$$

Introducând relația (4.26) în (4.15) și se rearanjează termenii, se obține:

$$V = \frac{Y \cdot Q \cdot \theta_c \cdot (C_0 - C)}{X \cdot (1 + b \cdot \theta_c)} \quad (4.50)$$

relație prin care se permite dimensionarea bazinului de aerare pentru o anumită eficiență de îndepărtare a materialului organic din apa uzată.

Relația (4.27) poate fi utilizată și pentru determinarea concentrației de nămol activat X care trebuie să existe într-un bazin de aerare cu un volum V și în care să se realizeze o îndepărtare a substanțelor organice de la o concentrație C_0 la C .

$$X = \frac{Y \cdot (C_0 - C) \cdot \theta_c}{1 + b \cdot \theta_c} \cdot \frac{\theta_c}{\theta} \quad (4.51)$$

Relațiile cantitative stabilite astfel se pot folosi la dimensionarea tehnologică a procesului de epurare cu nămol activat sau la controlul operațional al acestui proces.

Relațiile modelului matematic propus de Lawrence și Mc Carty sunt redată în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Mărimea caracteristică	Sistemul de epurare cu nămol activat	
	fără recirculare	cu recirculare
Eficiența de epurare	$E = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100$	$E = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100$
Concentrația în substanțe organice a efluentului	$C = \frac{k_s \cdot (1 + b \cdot \theta_c)}{\theta_c \cdot (Y \cdot k - b) - 1}$	$C = \frac{k_s \cdot (1 + b \cdot \theta_c)}{\theta_c \cdot (Y \cdot k - b) - 1}$
Concentrația nămolului activat în bazinul de aerare	$X = \frac{Y \cdot (C_0 - C)}{1 + b \cdot \theta_c}$	$X = \frac{Y \cdot (C_0 - C)}{1 + b \cdot \theta_c}$
Producția de nămol activat excedentar	$N_{\alpha} = \frac{Y \cdot Q \cdot (C_0 - C)}{1 + b \cdot \theta_c}$	$N_{\alpha} = \frac{Y \cdot Q \cdot (C_0 - C)}{1 + b \cdot \theta_c}$
Timpul de retenție hidraulic	$\theta = \theta_c$	$\theta = \theta_c \cdot (1 + r - r \cdot \frac{X_r}{X})$
Timpul de retenție celular	$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Y \cdot k \cdot C}{k_s + C} - b$	$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Y \cdot k \cdot C}{k_s + C} - b$
Timpul de retenție celular limită	$[\theta_{cm}]_{\text{lim}} = \frac{1}{Y \cdot k - b}$	$[\theta_{cm}]_{\text{lim}} = \frac{1}{Y \cdot k - b}$
Volumul bazinului de aerare		$V = \frac{Q \cdot Y \cdot \theta_c \cdot (C_0 - C)}{X \cdot (1 + b \cdot \theta_c)}$

4.6. MODELAREA PROCESULUI DE NITRIFICARE

Modelele cinetice dezvoltate până în prezent pentru nitrificarea apelor uzate [108], care, ca și în cazul reducerii substanțelor organice se bazează pe modelul creșterii bacteriene și bilanțului de materiale din reactor dezvoltat de Monod.

De asemenea trebuie avut în vedere faptul că în bazinele de activare în care au loc procesele de nitrificare, cantitatea microorganismelor nitrificatoare este foarte mică în raport cu cantitatea microorganismelor consumatoare de carbon. În consecință, în multe cazuri nu sunt determinați coeficienții cinetici pentru bacteriile nitrificatoare, aceștia fiind estimați pentru nămolul activat cu proprietăți nitrificatoare.

4.6.1. MODELUL LUI DOWNING

Pe baza bilanțului de materiale și a unei relații empirice pentru producție nămolului în exces, Downing propune o formulă prin care se determină timpul minim de retenție hidraulică θ_{\min} necesar realizării nitrificării într-un bazin cu nămol activat, exploatat în stare de echilibru, pentru o concentrație de suspensii volatile, debit recirculat și încărcare organică date [108]:

$$\theta_{\min} = \frac{\Delta X}{\mu_{mV} X} = \frac{L \cdot \left(0,1 + 0,9 \cdot \theta_{\min}^{\frac{1}{2}} \right)}{1 + r} \cdot \frac{1}{\mu_{mV}} \cdot \frac{1}{X} \quad (4.52)$$

în care:

X este concentrația inițială în suspensii volatile la capătul aval al bazinului de activare, cu dimensiunile ML^{-3} ;

ΔX – creșterea substanțelor volatile în bazin, cu dimensiunile ML^{-3} ;

μ_{mN} – viteza de creștere specifică maximă a bacteriilor nitrificatoare, cu dimensiunea T^{-1} ;

r – raportul de recirculare al nămolului față de debitul influent;

L – consumul biochimic de oxigen (CBO_5) influent.

Prin determinarea experimentală a valorilor coeficientului de creștere, Downing a reușit să prevadă gradul de nitrificare în instalațiile cu nămol activat.

4.6.2. MODELUL LUI LAWRENCE ȘI BROWN

Acest model se bazează pe modelul matematic al lui Lawrence și McCarty [80] pentru modelarea epurării biologice în bazine cu nămol activat, nitrificarea în acest caz reprezentând doar o aplicare a modelului.

Pe lângă relațiile referitoare la creșterea microorganismelor, Lawrence și Brown introduc relația pentru cunoașterea consumului de oxigen al sistemului de nitrificare, relația fiind de forma:

$$R_o = (1 - 1,42 \cdot Y) \cdot \frac{dC}{dt} + 4,57 \cdot (dNH_3/dt) + 1,42 \cdot bX \quad (4.53)$$

în care:

R_o este viteza consumului de oxigen bacterian, cu dimensiunile $ML^{-3}T^{-1}$;

dC/dt – viteza asimilării substratului organic, cu dimensiunile $ML^{-3}T^{-1}$;

(dNH_3/dt) – viteza reacției de oxidare a amoniacului, cu dimensiunile $ML^{-3}T^{-1}$

4.7. MODELAREA PROCESULUI DE DENITRIFICARE – CINETICA DENITRIFICĂRII

Procesul de denitrificare poate fi descris folosind relațiile cinetice ale lui Monod. Dezvoltarea unor relații cinetice pentru procesul de denitrificare nu este posibilă datorită naturii variate a cazurilor folosite pentru a realiza denitrificarea, precum și a diferitelor substraturi organice folosite.

Expresia cinetică tip Monod care face legătura între rata de creștere a microorganismelor denitrificatoare și concentrația azotaților este [58]:

$$\mu_D = \mu_{maxD} \left(\frac{D}{k_D + D} \right) \quad (4.54)$$

în care:

μ_D este rata specifică de dezvoltare a biomasei denitrificatoare, cu dimensiunea T^{-1} ;

μ_{maxD} – rata specifică maximă de dezvoltare a biomasei denitrificatoare, cu dimensiunea T^{-1} ;

D – concentrația azotaților, cu dimensiunile ML^{-3} ;

k_D – coeficientul de saturație.

Rata specifică netă de dezvoltare a microorganismelor este inversul timpului de retenție.

$$\frac{1}{\theta_r} = \mu' \quad (4.55)$$

în care:

θ_c este timpul de retenție, cu dimensiunea T;

μ' – rata specifică netă de dezvoltare a biomasei denitrificatoare, cu dimensiunea T⁻¹;

Rata de reducere a azotaților poate fi legată de rata de dezvoltare a biomasei prin utilizarea eficienței biomasei ca un factor de conversie:

$$q_D = \frac{\mu_D}{Y_D} = q_{\max D} \cdot \left(\frac{D}{k'_D + D} \right) \quad (4.56)$$

în care:

q_D este rata de reducere a nitraților, cu dimensiunile MM⁻¹ T⁻¹;

Y_D – coeficientul de randament real al biomasei denitrificatoare;

$q_{\max D}$ – rata maximă de reducere a nitraților, cu dimensiunile MM⁻¹ T⁻¹;

k'_D – concentrația de substrat la jumătatea ratei specifice maxime de utilizare a substratului, cu dimensiunile ML⁻³;

Similar se poate corela timpul de retenție cu ratele de reducere a azotaților:

$$\frac{1}{\theta_c} = Y_D \cdot q_D - b_d \quad (4.57)$$

în care:

b_d este factorul de reducere a biomasei denitrificatoare, cu dimensiunea T⁻¹;

CAP. 5. MODERNIZAREA STAȚIILOR DE EPURARE

5.1. ASPECTE DE ORDIN GENERAL

Tehnologiile de epurare se bazează pe reținerea materiilor în suspensie și reducerea compușilor pe bază de carbon (CBO_5), azot (N) și fosfor (P) utilizând metode mecanice, mecano – chimice și biologice. Prin folosirea acestor metode într-o linie tehnologică de epurare substanțele impurificatoare sunt reținute prin sedimentare și mineralizare fiind îndepărtate din apă sub formă de nămol.

Nămolul rezultat în cadrul acestor tehnologii este neutralizat prin procedee mecano – fizice, fizico – chimice și biologice. Stabilizarea lui se poate face aerob prin insuflare de aer sau anaerob prin fermentare mezofilă cu producere de biogaz.

Metodele clasice de epurare biologică se bazează pe reducerea compușilor organici (exprimați indirect prin CBO_5 , CCO sau COT) prin procese biologice aerobe în care carbonul organic este folosit drept hrană de către microorganismele existente în nămolul activat. În acest proces bacteriile aerobe, pe lângă oxigenul necesar respirației, asimilează și o cantitate de nutrienți (azot și fosfor), cantitate insuficient de mare pentru ca efluentii stațiilor de epurare să îndeplinească normele actuale de protecție a mediului.

Metodele moderne de epurare se bazează pe efectul reducerii compușilor azotului și fosforului din apele uzate, utilizând pentru aceasta procese aerobe și anaerobe, cu ajutorul bacteriilor nitrificatoare și denitrificatoare (Nitrosomonas și Nitrobacter), procese în urma cărora compușii azotului sunt descompuși rezultând azot liber (gaz) iar fosforul este redus biologic și chimic (precipitare).

Epurarea avansată reprezintă ansamblul de mecanisme de epurare, bazate pe o serie de microorganisme și reactivi, capabile să reducă și să elimine din apele uzate substanțele poluante ce nu pot fi descompuse prin procedee clasice de epurare.

Prin intermediul procedeelor clasice de epurare biologică sunt descompuse substanțele organice pe bază de carbon existente în apele uzate menajere, iar prin epurarea biologică avansată se urmărește eliminarea în continuare a produselor poluante, prin utilizarea acestora ca și hrană pentru anumite tipuri de microorganisme.

Poluanții care trebuie eliminați prin intermediul treptelor avansate de epurare pot fi combinații ale azotului și fosforului (care în exces produc eutrofizarea emisarilor), săruri anorganice (îngrășăminte), combinații ale amoniacului care descompus în emisar consumă oxigenul acestuia punând în pericol viața acvatică. [1], [21], [40], [56], [69], [107].

Azotul și fosforul reprezintă nutrienți pentru microorganismele din apă, fiind asimilați de către acestea prin descompunerea substanțelor în componența cărora aceștia intră. Atunci când în apele uzate ce intră în stațiile de epurare acești nutrienți sunt deficitari, apar disfuncționalități în procesele de creștere și reproducere a microorganismelor care realizează procesul biologic de epurare, mergând chiar până la încetarea acestora. Cantitatea de nutrient necesară pentru a reduce 1 kg CBO_5 este de 0,05 kg N_2 (5 % CBO_5) și 0,01 kg P (1 % CBO_5). Pentru ca procesele biologice să decurgă normal trebuie să fie asigurat raportul CBO_5 : **NUPT**

$P = 100 : 5 : 1$. Dacă încărcarea apelor uzate nu poate asigura acest raport în treapta biologică apar disfuncționalități datorită compoziției nămolului, iar dacă azotul și fosforul sunt excedentari, în procesul tehnologic de epurare trebuie să prevăzute construcții și instalații pentru eliminarea acestora. [44], [46], [58], [156].

Cantitatea de azot și fosfor care se reîntoarce în bazinele de activare odată cu nămolul în recirculat este: azot 12,8 % din azotul intrat în treapta biologică (2,5 % din CBO_5) și fosfor 25,4 % din fosforul intrat în treapta biologică (0,5 % din CBO_5). De asemenea cantitatea de azot și fosfor eliminați cu nămolul în exces reprezintă în cazul azotului cca. 20 % din CBO_5 iar în cel al fosforului cca. 51,4 % din cantitatea de fosfor intrată în bazinul de activare. [133].

Epurarea biologică avansată a apelor uzate menajere are drept scop. [87], [93], [111]:

- eliminarea prin descompunere a substanțelor organice cu ajutorul microorganismelor aerobe;

- oxidarea combinațiilor anorganice ale azotului (NH^+ , NO_2^-) prin transformarea lor în nitrați de către microorganisme (nitrificare);

- denitrificarea prin intermediul căreia nitriții (NO_2^-) și nitrații (NO_3^-) sunt transformați pe cale biologică în substanțe volatile;

- eliminarea fosforului pe cale chimică sau biologică.

Metodele aplicate pentru epurarea avansată sunt de natură fizică, chimică și biologică.

În apele uzate menajere azotul se regăsește prin două componente: o componentă minerală (azot molecular dizolvat N_2 , ion de nitrit NO_2^- , ion de nitrat NO_3^- , amoniu NH_4^+ , amoniac NH_3 , oxid de azot NO) și o componentă organică (proteine, aminoacizi, amine). [76], [141].

Trebuie menționat faptul că în cazul compușilor organici sau anorganici ai azotului, dizolvați în apele uzate, nu s-au identificat reacții de precipitare cu ajutorul produselor chimice de uz curent.

În principiu, eliminarea azotului se poate realiza prin următoarele procedee:

- reținerea compușilor de azot organic prin schimburi de ioni sau adsorbție pe carbon activ. Acest procedeu nu a cunoscut o largă răspândire datorită costurilor ridicate.

- aducerea compușilor de azot la forma de nitriți, respectiv nitrați (nitrificare) și reducerea oxigenului prin respirația microorganismelor (denitrificare) rezultând azot liber care se volatilizează.

- aducerea compușilor de azot la forma de amoniu și reducerea la forma de amoniac, care se volatilizează.

În general aceste combinații ale azotului sunt transformate, încă din rețeaua de canalizare, prin hidroliza azotului în compuși organici și amoniu, iar nitriții sunt transformați în nitrați și apoi în azot gazos. Având în vedere aceste fenomene, la intrarea apelor uzate în stațiile de epurare, azotul se găsește sub formă redusă de azotat de amoniu și sub formă de combinații organice. [123], [130].

Apele uzate provenite de la aglomerările urbane au concentrații excedentare de azot, astfel, dacă pentru reducerea încărcării organice este necesar un raport CBO_5/N de aproximativ 20, în general în influentul stațiilor de epurare acest raport este aproximativ 4.

Eliminarea din apele uzate a compușilor azotului se realizează prin procesele de nitrificare – denitrificare. Atunci când procesul tehnologic nu include aceste două procese, după epurarea biologică, în efluentul stației de epurare se găsesc următoarele procente de compuși azotici (tabelul 5.1): [114].

Tabelul 5.1

Forma de azot	Azot rezidual după treapta biologică	
	fără nitrificare	cu nitrificare
Azot total N_{total}	100 %	100 %
Amoniu NH_4^+	70 %	3 %
Nitriți și nitrați NO_2^- , NO_3^-	10 %	92 %
Azot organic $N_{organic}$	20 %	5 %

Procesul de nitrificare – denitrificare reprezintă oxidarea compușilor pe bază de azot prin folosirea unei cantități suplimentare de oxigen față de cea necesară oxidării $CBO_5 - C$ iar apoi reducerea oxigenului, din componența nitriților și nitraților rezultați, într-un mediu anoxic de către bacteriile denitrificatoare și eliberarea azotului molecular $N_2 \uparrow$.

Aceste procese pot avea loc în stații de epurare clasice în cazul în care în procesul tehnologic se creează condiții favorabile desfășurării lor. Nitrificarea necontrolată conduce la mărirea consumului de oxigen din bazinele de aerare iar denitrificarea necontrolată poate duce la formarea de nămol plutitor în decantoarele secundare. [34].

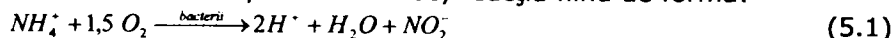
5.2. NITRIFICAREA

Reprezintă procesul de oxidare a ionului de amoniu, cu ajutorul bacteriilor autotrofe (Nitrosomanas) și heterotrofe (Nitrobacter), în nitrit și apoi în nitrat. Aceste bacterii sunt prezente în aproape toate procesele biologice aerobe, de aceea oxigenul folosit trebuie să acopere atât necesarul pentru oxidarea substanțelor organice pe bază de carbon cât și pe cele pe bază de azot. [51].

Necesarul de oxigen pentru reducerea unui kilogram de azot din nitrit este de 4,3 kg O_2 /kg N. [38], [65], [98], [134].

Procesul de oxidare se desfășoară în două faze:

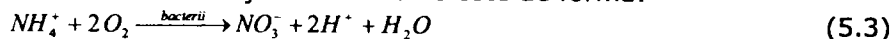
- o primă fază în care are loc oxidarea amoniului la faza de nitrit, sub acțiunea bacteriilor aerobe, Nitrosomanas, reacția fiind de forma:



- în faza a doua are loc oxidarea nitriților la nitrați, realizată de bacterii de tipul Nitrobacter, având reacția de forma:



Per ansamblu reacția de nitrificare este de forma:



Parametrii care condiționează procesul de nitrificare sunt [37]:

- temperatura influențează atât viteza de creștere a microorganismelor cât și viteza lor de reacție (Figura 5.1). La temperaturi mai reduse procesul de oxidare a amoniului este lent ceea ce impune ca vârsta nămolului să fie mai mare adică volume mai mari și implicit investiții mai ridicate. Temperatura minimă necesară pentru o nitrificare completă este de peste 20 °C;

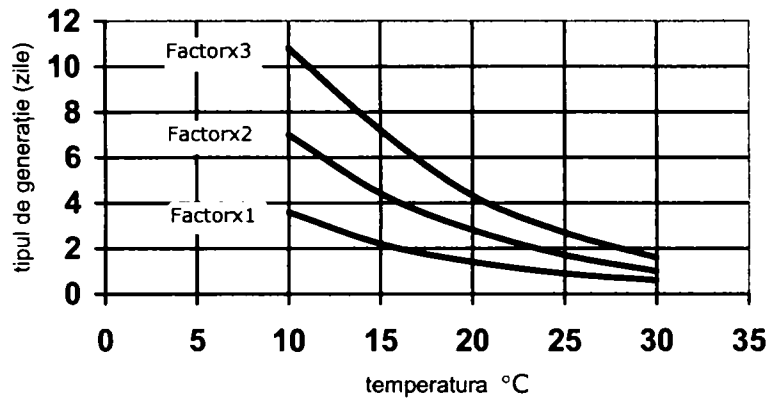


Figura 5.1 - Dependența timpului de înmulțire funcție de temperatură

- pH - ul trebuie menținut la nivelul optim pentru a permite bacteriilor să se dezvolte, acestea fiind sensibile la medii foarte acide sau foarte bazice preferând mediile apropiat neutre. Studiile arată faptul că nivelul optim al pH - ului pentru desfășurarea nitrificării este situat între valorile 8 - 8,4 (Figura 5.2).

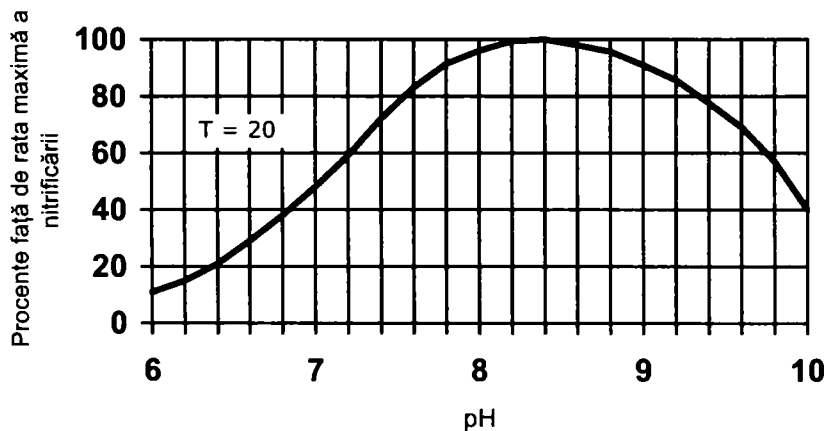


Figura 5.2 - Variația nitrificării în funcție de pH

Deoarece procesul de nitrificare distruge alcalinitatea trebuie luate măsuri de corectare a pH - ului prin introducerea în apa uzată a laptelui de var. De asemenea atunci când în procesul tehnologic se folosesc reactivi care cresc aciditatea apei sunt necesare cantități suplimentare de var stins pentru corectarea pH - ului;

- oxigenul dizolvat trebuie să fie în cantitate suficient de mare pentru a asigura funcționarea proceselor aerobe. Experiențele practice arată că pentru oxidarea unui kilogram $CBO_5 - C$ sunt necesare 1,5 kg. O_2 , iar pentru oxidarea unui kilogram $CBO_5 - N$ sunt necesare 4,6 kg. O_2 .

Schemele tehnologice de epurare pentru realizarea nitrificării pot fi:

- scheme într-o singură fază (Figura 5.3) în care același bazin de aerare este folosit atât pentru reducerea $CBO_5 - C$ cât pentru eliminarea compușilor pe bază de azot ($CBO_5 - N$). Deoarece viteza de consum a oxigenului la nitrificare este mai lentă decât la oxidarea substanțelor organice pe bază de carbon, la această schemă este necesară o creștere a duratei de aerare a apelor uzate de unde rezultă și un volum necesar de aerare mai mare;

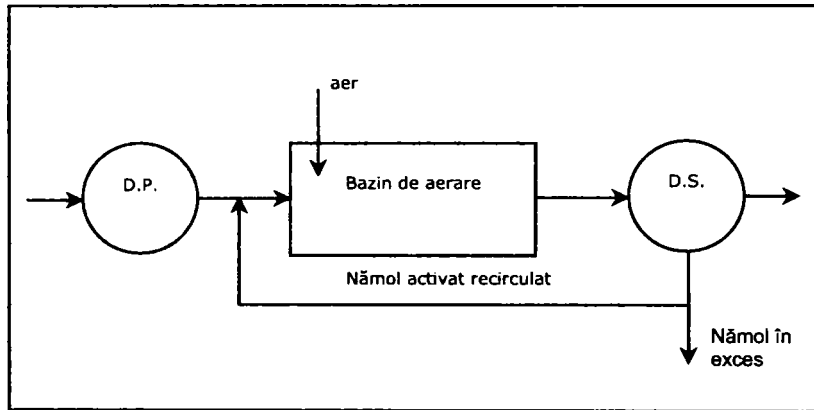


Figura 5.3 – Schema unei instalații de nitrificare într-o singură fază

- schemă în două faze în care cele două procese, de reducere a încărcărilor organice $CBO_5 - C$ și $CBO_5 - N$, au loc în bazine separate (Figura 5.4). Această schemă, pe lângă dezavantajul unei investiții inițiale mai mari, prezintă avantajul unei protecții mai mari a microorganismelor nitrificatoare față de schema într-o singură fază.

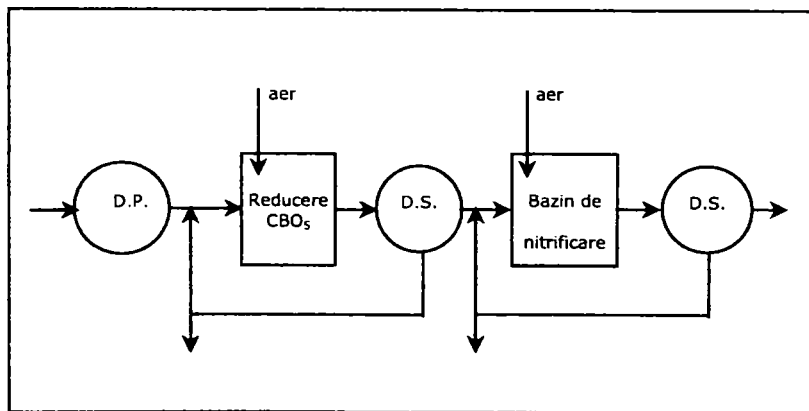
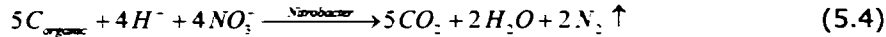


Figura 5.4 – Schema unei instalații de nitrificare în două faze

În funcție de calitățile emisarului, de concentrațiile de nitrați (NO_3^-) ai efluentului și de normele interne (NTPA – 001/2005) și cele externe (ATV – A 131/2000) de protecția mediului, schemele tehnologice care conțin nitrificare pot fi sau nu prevăzute cu bazine pentru denitrificare. [134], [151].

5.3. DENITRIFICAREA

Denitrificarea reprezintă consumul oxigenului din nitriți, respectiv nitrați de către bacteriile denitrificatoare din nămolul activ, care sunt capabile să utilizeze NO_2^- sau NO_3^- în loc de O_2 în lanțul respirator în prezența unei surse de carbon asimilabil. Reacția chimică echivalentă denitrificării este următoarea [10], [45], [61]:



În acest proces acționează bacteriile reducătoare (Pseudomonas, Micrococcus, Achrobacter etc.) a căror colonii se formează destul de rapid, deoarece adaptarea lor de la faza aerobă la cea anaerobă se face fără dificultăți majore. [96].

Denitrificarea fiind un proces de reducere pe cale anaerobă a nitraților din apă, procesul se desfășoară în bazine anoxice care pot fi descoperite sau acoperite. În bazinele descoperite are loc o agitare a amestecului pentru a permite menținerea substanțelor solide în suspensie, dar suficient de lentă pentru a preveni contactul cu oxigenul atmosferic cât mai mult cu putință. În acest caz se poate vorbi de o *denitrificare incompletă* datorită faptului că, oricât de silențioasă ar fi agitarea mecanică, la suprafața apei există totuși un contact cu aerul atmosferic și un transfer de oxigen înspre apa uzată. Pentru crearea unui mediu anoxic total se pot folosi bazine acoperite în care contactul apei uzate cu oxigenul atmosferic nu există, putându-se vorbi în acest fel de o *denitrificare completă*.

Tehnologic, denitrificarea se poate realiza în instalațiile existente de epurare biologică cu nămol activ la care se efectuează unele modificări, pentru a obține zona anoxică, sau în bazine speciale independente care reprezintă epurarea terțiară. [9].

Pentru realizarea denitrificării există mai multe variante de bazine de activare în funcție de modul de execuție și exploatare al acestora, după cum urmează [39]:

- **predenitrificarea** în care amestecarea apei uzate, a nămolului activat și a apei de recirculare internă se face în bazinul de denitrificare (Figura 5.5).

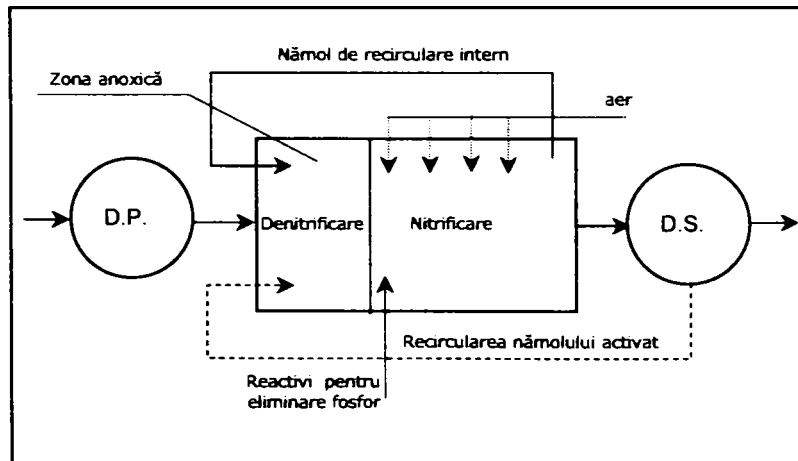


Figura 5.5 – Schemă tehnologică de predenitrificare într-o singură treaptă

În acest caz bazinul de denitrificare este urmat de unul de nitrificare care poate fi dezvoltat în cascadă sau ca bazin independent. Recircularea internă trebuie redusă la minim pentru evitarea reducerii capacității de denitrificare prin introducerea de cantități mari de oxigen dizolvat.

Nitrații necesari procesului de denitrificare sunt introduși în bazin prin intermediul nămolului recirculat și a debitului de recirculare internă, sursa de energie necesară eliminării azotului fiind asigurată prin intermediul întregii încărcări organice din efluentul decantării primare.

Volumul nămolului recirculat și volumul necesar denitrificării trebuie corelate în așa fel încât la ieșirea din bazinul de denitrificare concentrația nitraților să tindă spre zero. Substanțele pe bază de carbon care ajung în bazinul de aerare vor fi oxidate, iar cantitatea de amoniu care traversează bazinele de denitrificare rămâne neschimbată. La ieșirea din bazinele de aerare cantitatea de amoniu este aproape zero iar cantitățile de nitriți și nitrați este crescută.

Pentru ca eliminarea azotului din apele uzate menajere să depindă numai de volumul de recirculare este necesar ca încărcarea apelor uzate să asigure un raport $CBO_5 : N > 3 : 1$.

- **denitrificarea în cascadă** în care două sau mai multe bazine de activare, fiecare cu predenitrificare sau denitrificare simultană sunt parcurse concomitent, apa uzată fiind distribuită fiecărui bazin de denitrificare în parte (Figura 5.6).

Prin această metodă recircularea internă este eliminată dar denitrificarea este afectată negativ de conținutul ridicat de oxigen transmis din bazinul de nitrificare în bazinul de denitrificare următor. Acest procedeu poate fi echivalent din punctul de vedere al eliminării azotului cu predenitrificarea. Datorită modului de distribuție al apei în aceste bazine, conținutul de substanță uscată a nămolului în primul bazin este mai ridicată decât în ultimul. [83].

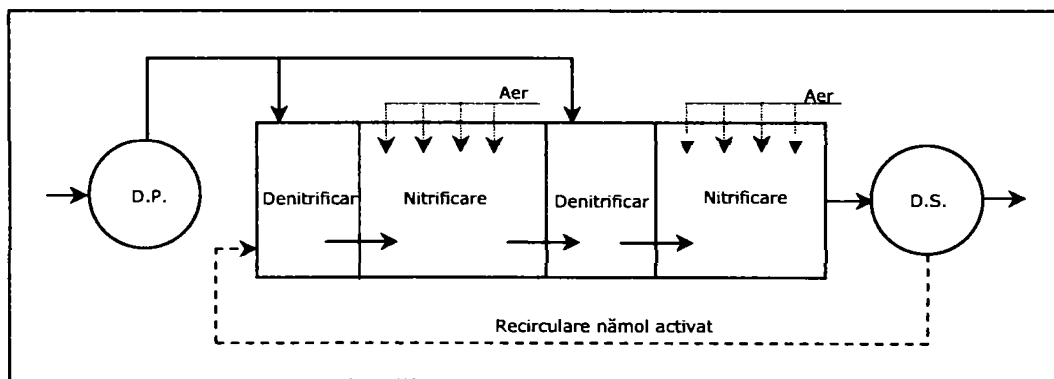


Figura 5.6 – Schemă tehnologică de predenitrificare în cascadă

- **denitrificarea simultană** se realizează în bazine de circuit în care apa parcurge zone de denitrificare și nitrificare (Figura 5.7). Această metodă poate fi privită ca predenitrificare cu un raport ridicat de recirculare internă. În acest caz este necesară posibilitatea reglării aerării în funcție de conținutul de nitrat, amoniu, punctul de inflexiune al potențialului Redox și a conținutului de oxigen.

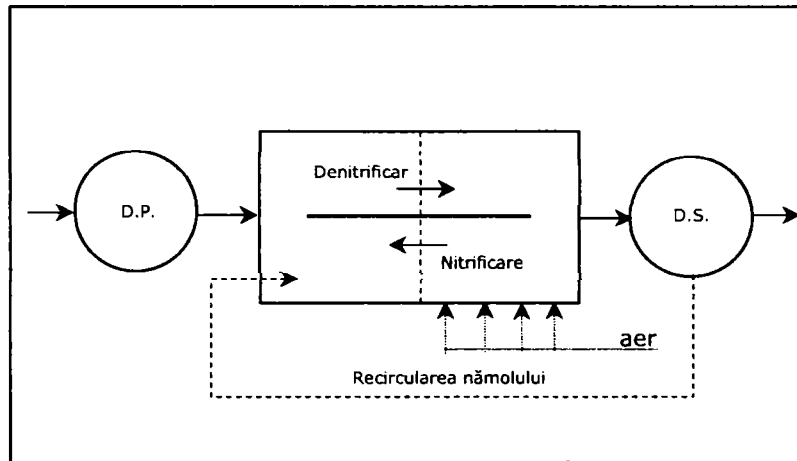
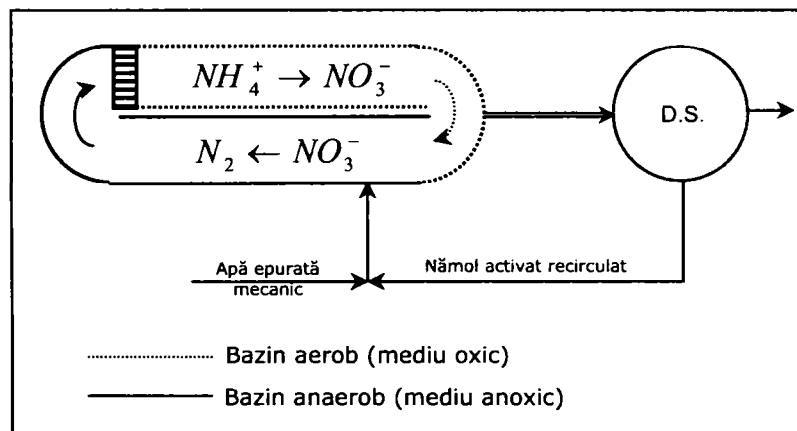


Figura 5.7 – Schemă tehnologică de denitrificare simultană

Pentru realizarea denitrificării simultane pot fi folosite și șanțurile de oxidare (Figura 5.8). În cazul șanțurilor de oxidare oxigenarea apei uzate se realizează într-un singur punct prin intermediul aeratoarelor mecanice cu palete. În spatele aeratoarelor se creează zone oxice în care are loc reducerea amoniului la forma de nitrat cât și reducerea carbonului organic. După consumarea oxigenului, în apă se creează condiții anaerobe propice descompunerii nitraților.



Dezavantajul acestei metode constă în faptul că la capătul amonte al bazinului, unde sunt condiții anaerobe și o concentrație mare de substanțe organice pe bază de carbon, există condiții favorabile pentru denitrificare. Dezavantajul constă în faptul că un proces de nitrificare dispăre în timp, deci în acest capăt debitul recirculat va avea o concentrație redusă de nitrat. Privind invers acest proces, la capătul aval al bazinului concentrația de nitrat este mare, în schimb cea a CBO₅-ului este mică datorită aerării.

- **denitrificarea intermitentă** în care fazele de nitrificare și denitrificare au loc în același bazin dar la momente diferite (Figura 5.9). În acest scop se alternează aerarea în cele două părți ale bazinului, rezultând periodic mediul

necesar proceselor de nitrificare, respectiv denitrificarea. Oxigenul introdus în zona aerobă realizează oxidarea substanțelor organice după care, prin întreruperea aerării, în această zonă se creează condiții anaerobe în care sunt reduși nitrații. Durata fazelor este dată în funcție de conținutul de nitrați, amoniu sau consumul de oxigen.

În dezavantaj în cazul folosirii acestui procedeu ar fi acela că denitrificarea este influențată negativ de conținutul ridicat de oxigen de la sfârșitul fazei de nitrificare, fază în care sunt reduși și compușii organici pe bază de carbon necesari denitrificării. La acest tip de denitrificare trebuie avută în vedere posibilitatea aportului suplimentar de carbon printr-o sursă externă.

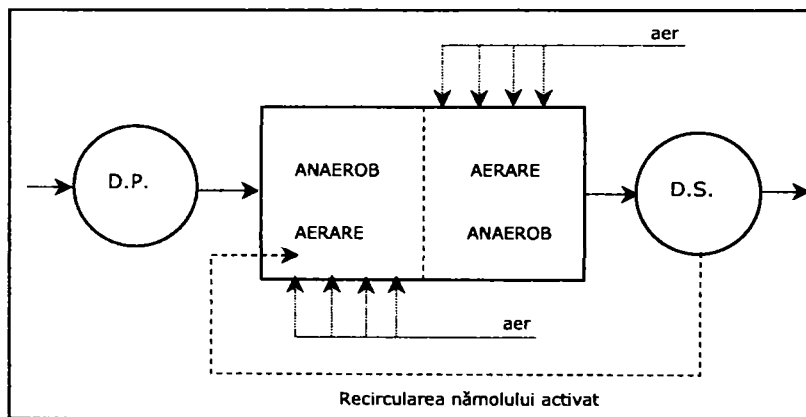


Figura 5.9 - Schemă tehnologică pentru denitrificare intermitentă

- **denitrificarea alternantă** constă din două bazine identice, aerate intermitent, la care principiul de funcționare este cel al inversării direcției de curgere a apei între cele două bazine (Figura 5.10).

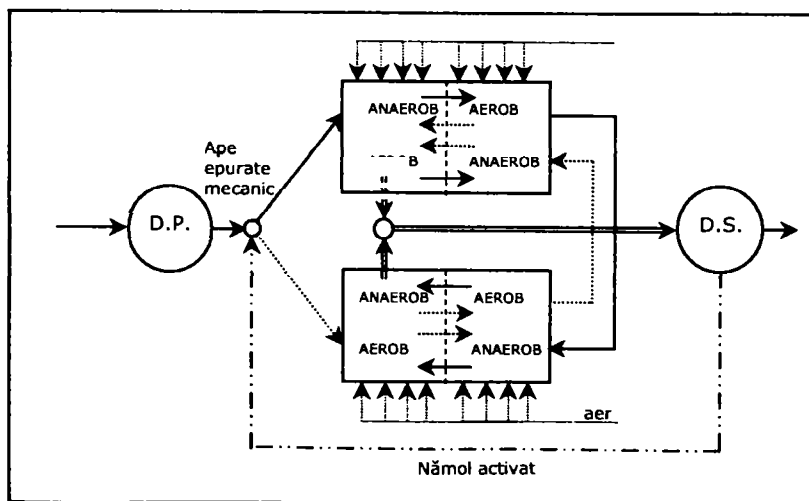


Figura 5.10 - Schemă tehnologică pentru denitrificare alternantă

Acest procedeu este asemănător, din punctul de vedere al eliminării compușilor azotului, cu procedeu de denitrificare simultană, dar reclamă costuri de investiție și exploatare mai mari.

Tempul de alimentare a bazinelor cât și timpii fazelor de nitrificare și denitrificare trebuie să decurgă după un procedeu de temporizare. Și în acest caz denitrificarea este influențată negativ de conținutul ridicat de oxigen de la sfârșitul fazei de nitrificare.

- **postdenitrificarea** se aplică atunci când, datorită conținutului foarte mic de carbon și a unui raport scăzut carbon/azot din apele de scurgere, este necesară utilizarea unei surse externe de carbon. Postdenitrificarea apelor uzate se poate face într-o singură treaptă (Figura 5.11) sau în două trepte (Figura 5.12). [19].

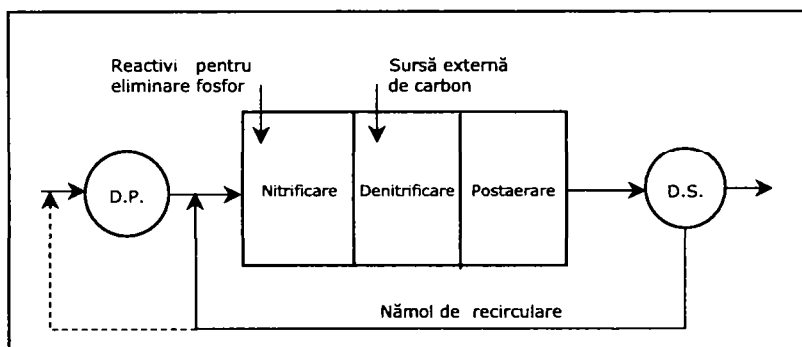


Figura 5.11 – Postdenitrificarea apelor uzate într-o singură treaptă

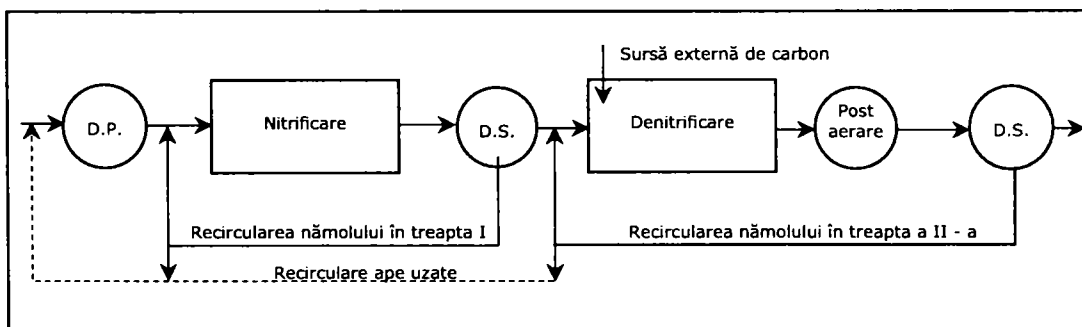


Figura 5.12 – Postdenitrificarea apelor uzate în două trepte

În cazul postdenitrificării, bazinul de denitrificare trebuie să urmeze unui bazin de nitrificare, deoarece pentru a putea denitrifica, este necesar în primul rând să existe o cantitate suficientă de nitrați.

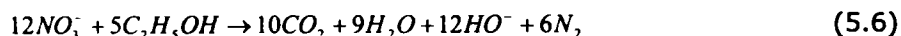
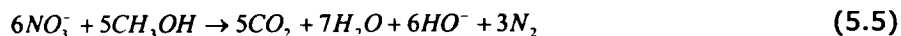
Întrucât în efluentul fazei de nitrificare substanțele pe bază de carbon sunt prezente în cantități mici, fiind descompuse la nitrificare, este necesar, fie să se administreze un donator de electroni (de exemplu metanol) ca sursă exterioară de energie.

Apa provenită din decantorul primar este supusă aerării, realizându-se în acest fel reducerea CBO₅ simultan cu nitrificarea. Tot aici se pot introduce reactivi pentru eliminarea fosforului.

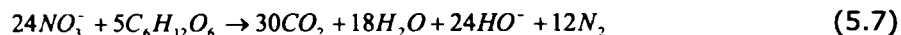
Deoarece în efluentul nitrificării substanțele organice pe bază de carbon sunt în număr mic, datorită oxidării acestora în bazinul de aerare, este necesar ca în

influențului bazinului de denitrificare să se adauge o sursă externă de carbon organic pentru a furniza energia necesară intensificării acestor reacții. Ca sursă de carbon se folosesc substanțele organice ușor asimilabile cum ar fi: metanolul, etanol, glucoza etc.

Reacțiile de denitrificare – cu surse de carbon metanolul și etanolul – sunt de forma:



Pentru glucoză ca sursă de carbon, reacția totală de denitrificare este următoarea:



Pentru a preîntâmpina continuarea denitrificării în decantoarele secundare de multe ori este indicat ca după bazinul de denitrificare să se prevadă o reaerare a apei și astfel procesul de denitrificare este întrerupt.

În cazul postdenitrificării în două trepte, nitrificarea, denitrificarea și postaerarea au loc în bazine diferite, cu recircularea nămolului după fiecare treaptă.

Cercetările experimentale au arătat că în procesul de postdenitrificare este posibilă o reducere de până la 90 % a azotului din apele uzate menajere. Volumele de bazin necesare postdenitrificării sunt de regulă mai mari, cu valori cuprinse între 100 % și 200 %, față de volumele necesare doar pentru reducerea CBO₅-ului. [68], [119].

Procesele de nitrificare – denitrificare pot fi controlate prin modul de conectare al blocurilor de aerare din bazinului cu nămol activat, astfel, dacă se dorește o denitrificare avansată este recomandat ca aerarea să se concentreze într-un capăt al bazinului, pentru a crea o zonă cât mai mare lipsită de oxigen. Pentru aceasta ordinea de conectare a blocurilor de aerare poate fi 6, 5, 7, 4, 3, 8, 2, 1 (Figura 5.13).

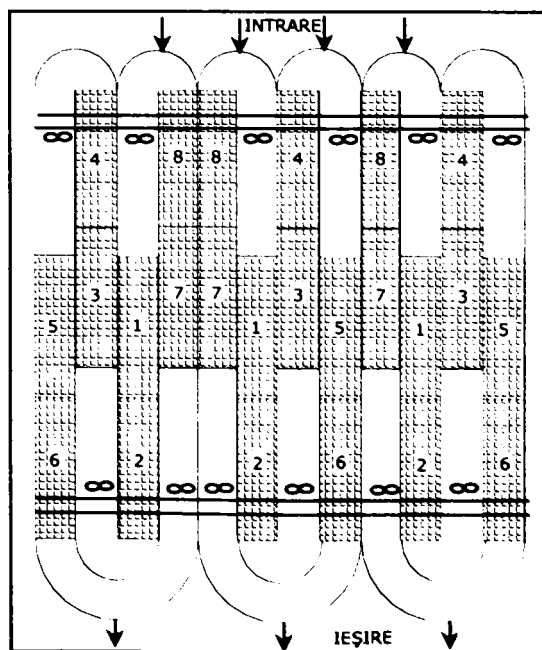


Figura 5.13 – Bazin cu nămol activat.
Amplasarea blocurilor de aerare

Prin conectarea blocurilor de aerare după schema prezentată mai sus se urmărește obținerea de concentrații cât mai scăzute de O_2 la intrare, volum neaerat cât mai mare după intrare și concentrații cât mai ridicate de oxigen la ieșire pentru a împiedica reactivarea procesului de denitrificare în decantoarele secundare.

Dacă se urmărește o nitrificare avansată, trebuie urmărite obiective cum ar fi volumul de aerare cât mai mare, o alimentare cât mai bună cu oxigen și o concentrație ridicată de oxigen la ieșire. Pentru aceasta blocurile de aerare pot fi conectate în următoarea ordine: 6, 4, 2, 8, 5, 3, 1, 7. În plus se recomandă punerea în funcțiune a cât mai multor aeratoare cu o admisie cât mai mică.

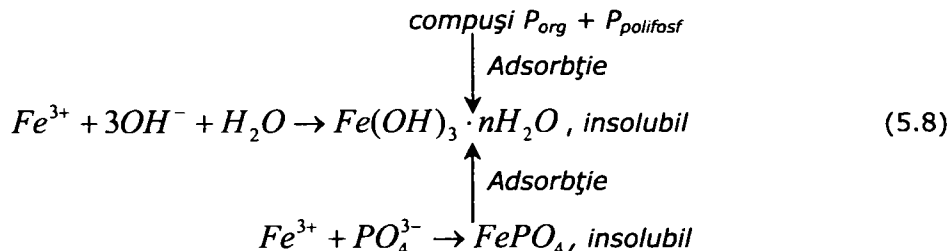
5.4. DEFOSFORIZAREA

5.4.1. DEFOSFORIZAREA CHIMICĂ

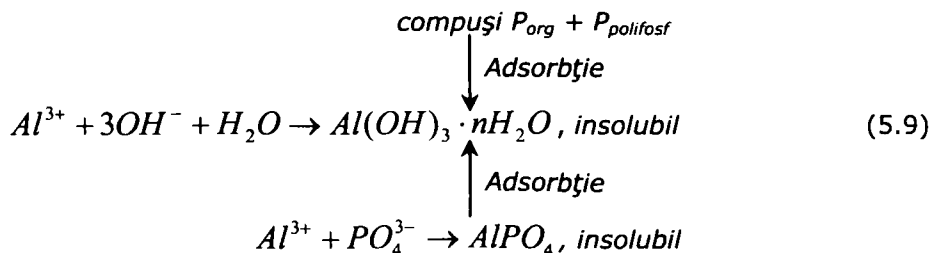
Reducerea fosforului total după treapta biologică este de ordinul 20 – 35 %, în funcție de condițiile de exploatare din stația de epurare și de compoziția apelor uzate.

Tehnica cea mai uzuală în reținerea fosforului este fizico-chimică, având la bază procese de precipitare și adsorbție cu ajutorul coagulanților. În acest scop se folosesc ionii de Fe^{+3} , Al^{+3} și Ca^{+2} proveniți din soluții de clorură ferică ($FeCl_3$), sulfat de aluminiu ($Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$) și sau var stins ($Ca(OH)_2$). Transformarea compușilor fosforului cu ajutorul acestor reactivi de precipitare duce la formarea unor fosfați (PO_4^{-3}) greu solubili, floculanți și ușor sedimentabili. [3], [6], [15], [19], [121].

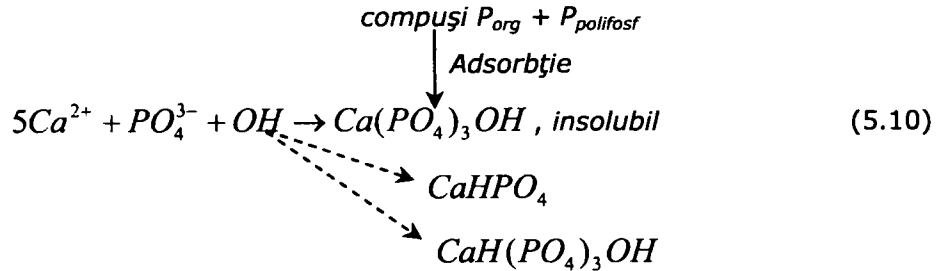
Clorura ferică ($FeCl_3$) prezintă unele avantaje față de ceilalți coagulanți, că este ieftină, iar fosforul feric obținut este greu solubil. Acțiunea clorurii ferice nu se limitează la fosforul mineral, ci se extinde și asupra fosforului organic. Reacțiile de precipitare au loc în condițiile unui pH = 7 – 8, iar stoechiometria procesului este de forma [37]:



Sulfatul de aluminiu folosit în soluție apoasă cu conținut ridicat de aluminiu, la un pH = 6 – 7, conduce la următoarea reacție de precipitare:



Varul, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, sub forma pulverulentă sau sub formă de lapte de var, necesită pentru precipitare un $\text{pH} = 10,5 - 11$, iar reacția de precipitare se prezintă astfel:



Cantitățile de Fe, Al sau Ca, teoretic necesare, se bazează pe conversia stoechiometrică a (PO_4^{-3}). Este însă necesar să se dozeze cantități suplimentare de reactivi până la obținerea de hidroxihidrați buni floculanți și care să poată adsorbi compușii fosfați reziduali.

Pentru a asigura formarea flocoanelor se recomandă ca reactivii introduși în bazin să fie permanent agitați, prin aerare sau agitare mecanică, după care se lasă un timp corespunzător pentru reacție și decantare. [16], [17], [77], [122].

În principiu, se dispune de mai multe posibilități de introducere a reactivului de precipitare (RP) în schema tehnologică a unei stații de epurare, rezultând ca posibilități: precipitarea preliminară (precoagularea), precipitarea simultană și precipitarea secundară (postcoagularea), posibilități indicate în (Figura 5.14). [37].

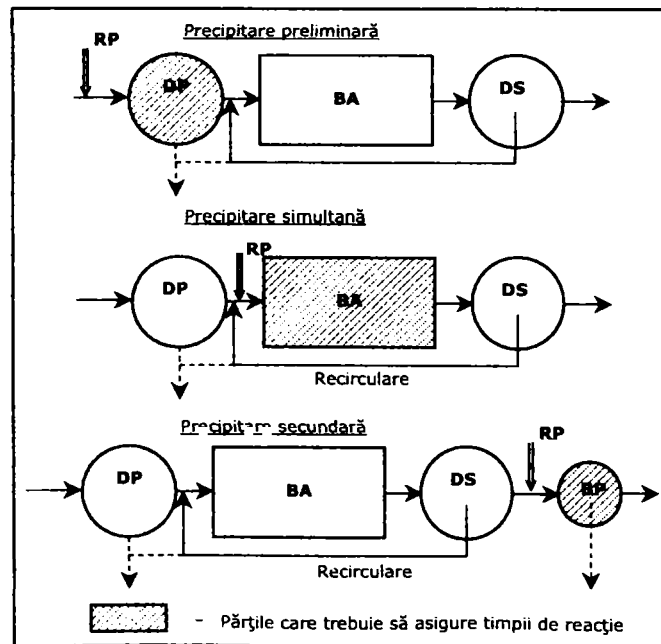


Figura 5.14 - Moduri de precipitare a fosforului

În cazul precoagulării reactivul se adaugă în fața decantoarelor primare respectiv în zona de curgere turbulentă din canalul de alimentare a decantoarelor

primare, a canalelor de legătură sau în deznisipator. Decantarea se produce în decantoarele primare.

La coagularea simultană reactivul se adaugă la intrarea în bazinul de aerare, în bazinul de aerare propriu zis sau în nămolul recirculat. Coagularea are loc în bazinul de aerare, odată cu epurarea biologică. Produsele coagulării sunt îndepărtate odată cu nămolul în exces. Coagularea simultană influențează și calitatea nămolului îmbunătățind condițiile de decantare și eliminare a apei.

Postcoagularea necesită o cameră de reacție amplasată după decantoarele secundare și o treaptă suplimentară de decantare.

În cazul în care defosforizarea se realizează pe cale chimică, trebuie să se aibă în vedere cantitățile suplimentare de nămol ce se rețin și să se dimensioneze corespunzător decantoarele și gospodăria de nămol.

5.4.2. DEFOSFORIZAREA BIOLOGICĂ

Eliminarea fosforului pe cale biologică are loc prin consumarea unei părți din combinațiile fosforului de către microorganisme în timpul transformărilor care au loc, iar cealaltă parte este acumulată de către acestea.

Multe microorganisme sunt capabile să acumuleze cantități suplimentare de fosfor. Această acumulare de fosfor se realizează de multe ori după o perioadă de lipsă de fosfor, care apoi însă este din nou descompusă. [47].

Pe baza cercetărilor referitoare la circuitul fosforului la bacteriile acumulative de fosfor, se pornește de la următoarele ipoteze:

- într-o treaptă anaerobă, bacteriile facultativ anaerobe, heterotrofe, transformă substanțele organice ușor de descompus (polimerii din încărcarea în CBO_5) în acizii organici (acid acetic, acetaji) care servesc ca substrat pentru alte microorganisme. Bacteriile capabile să acumuleze fosfați, asimilează aceste substanțe, și cu un consum energetic, produc substanțe de rezervă. Energia necesară în acest scop o obțin din descompunerea acumulărilor de fosfați (polifosfați), proces ce este însoțit de o redizolvare a fosfaților acumulați anterior.

- într-o treaptă aerobă, fosfatul din apă este preluat de microorganisme și acumulat în special de bacteriile capabile să acumuleze fosfor, sub formă de polifosfat. Energia necesară pentru aceste transformări se obține prin descompunerea substanțelor de rezervă și a celor organice.

Pentru eliminarea biologică a fosforului instalațiile de activare se prevăd cu un bazin de amestec anaerob amplasat amonte, în care are loc amestecarea apelor epurate mecanic cu nămolul activat recirculat (Figura 5.15).

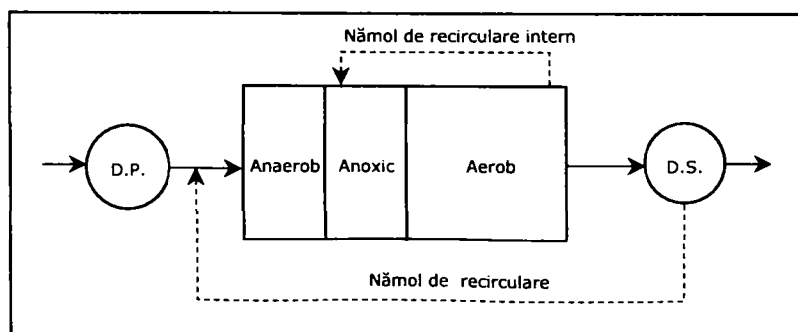


Figura 5.15 – Schemă tehnologică de defosforizare biologică

Eficiența eliminării biologice a fosforului poate fi mărită prin dezvoltarea în cascadă a bazinului de amestec, în primul bazin fiind eliminați nitrații din nămolul recirculat creându-se astfel în al doilea mediul anoxic propice eliminării fosforului.

La multe instalații de eliminare a azotului se observă o eliminare pronunțată a fosforului, chiar și fără un bazin anaerob preconnectat. Bazinul de amestec poate fi cuplat la schemele de eliminare a azotului (predenitrificare) și chiar la instalațiile care servesc numai la eliminarea carbonului.

În figura 5.16 este prezentată o instalație de defosforizare biologică de încărcare redusă, astfel că în bazinul de aerare se produce și nitrificare iar, pentru ca nitratul rezultat să nu deranjeze procesul tehnologic, se impune realizarea suplimentară a unei denitrificări. Datorită acestui fapt, această instalație poate fi considerată ca schemă de epurare biologică avansată cu nitrificare – denitrificare și defosforizare. În acest caz, tipul de trecere a apei prin decantoarele secundare trebuie să fie scurt pentru a nu se produce o redizolvare a fosfatului.

În România astfel de tehnologii nu cunosc o răspândire foarte largă, implementarea lor devenind o necesitate pentru realizarea unei afluențe de epurare care să respecte atât normele interne cât și cele internaționale de protecție a mediului. [5], [22], [30], [33], [36], [57], [102], [108], [110], [129].

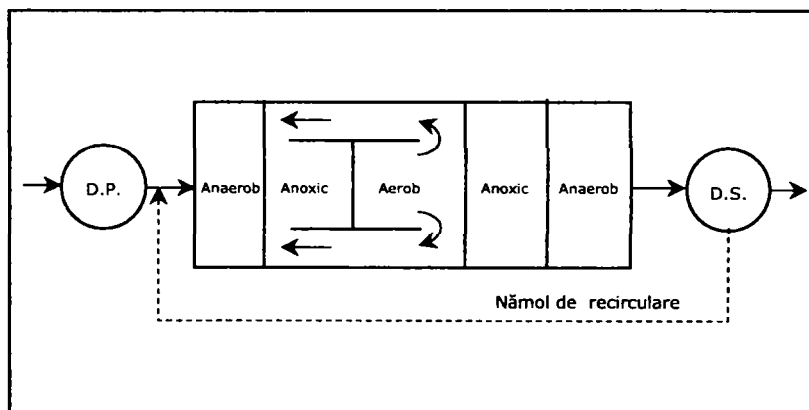


Figura 5.16 – Schemă tehnologică de nitrificare – denitrificare și defosforizare biologică

Eliminarea biologică a fosforului poate fi făcută și în bazinele de activare care sunt realizate numai pentru eliminarea carbonului, atunci când vârsta nămolului este de cel puțin 2 – 3 zile.

Tehnologiile prezentate mai sus sunt deja aplicate în țările Comunității Europene, stațiile de epurare proiectate pe baza lor realizând efluenți care respectă cerințele actuale de protecție a mediului.

5.5. TEHNOLOGII ȘI UTILAJE MODERNE DE EPURARE

Alegerea schemei de epurare se face pe baza analizei mai multor factori tehnico – economici având ca scop principal îndepărtarea substanțelor poluante din apa uzată și deversarea acesteia în emisari, fără pericolul afectării negative a mediului înconjurător.

Schemele tehnologice pentru stațiile de epurare trebuie particularizate pentru fiecare caz în parte datorită faptului că apele uzate au o compoziție care

variază de la o localitate la alta funcție de mai mulți factori (tipul sistemului de canalizare, industria din zonă, gradul de dotare al consumatorilor etc.). În funcție de tipul sistemului de canalizare, în figurile 5.17 și 5.18 sunt redată două scheme de principiu pentru stații de epurare care deservește o canalizare în sistem separativ, respectiv sistem unitar sau mixt.

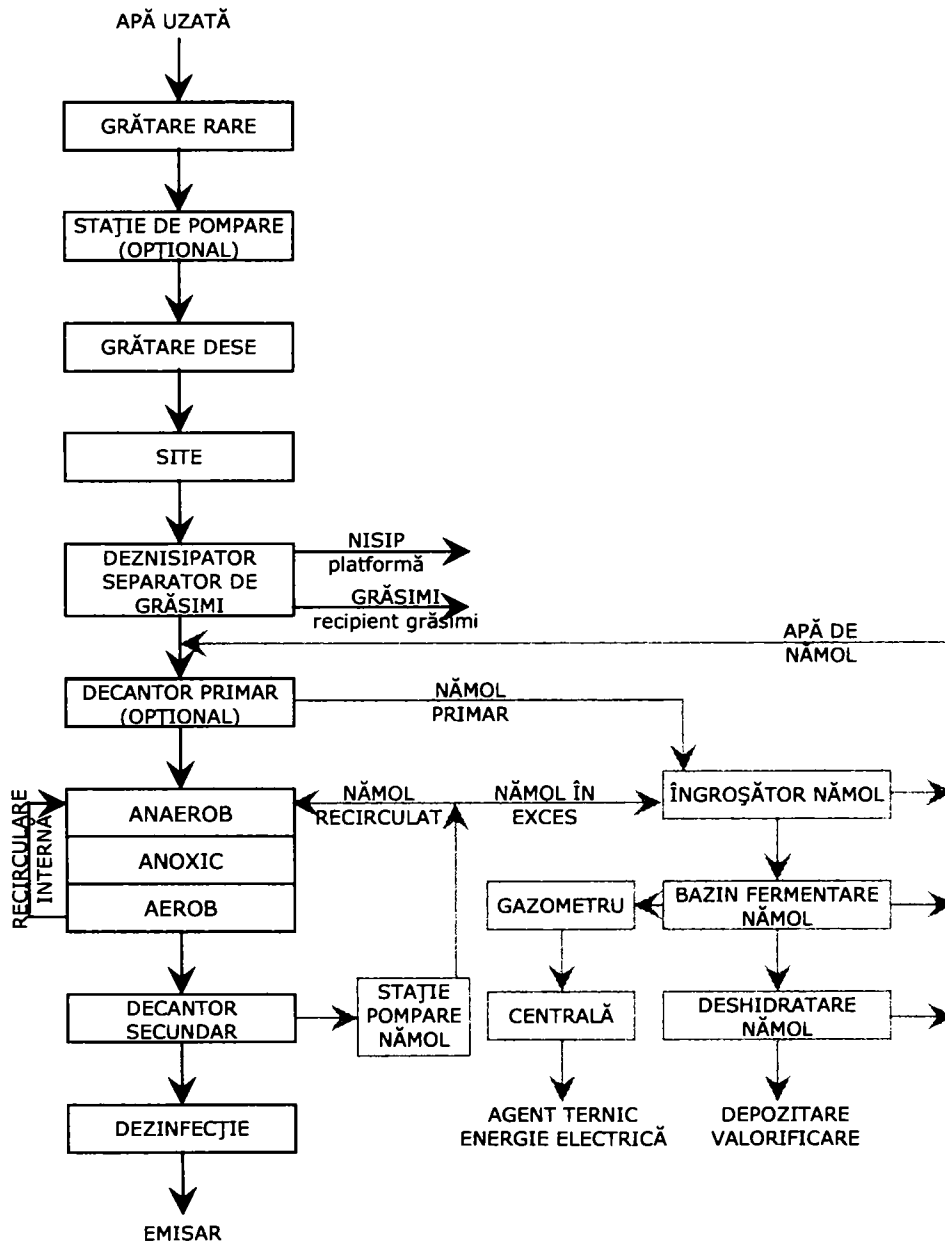


Figura 5.17 – Schema de principiu a unei stații de epurare pentru sistem de canalizare separativ

Particularitatea schemei de epurare pentru sistemul unitar sau mixt poate fi decantorul pentru apele pluviale, care în cazul precipitațiilor va acumula debitul suplimentar care are un grad de diluție foarte mare, debit care dacă ar pătrunde în linia tehnologică ar putea afecta procesele biologice ale nămolului activat. Volumul de apă acumulat va fi ulterior introdus în circuitul de epurare sau după caz după o prealabilă decantare deversat direct în emisar.

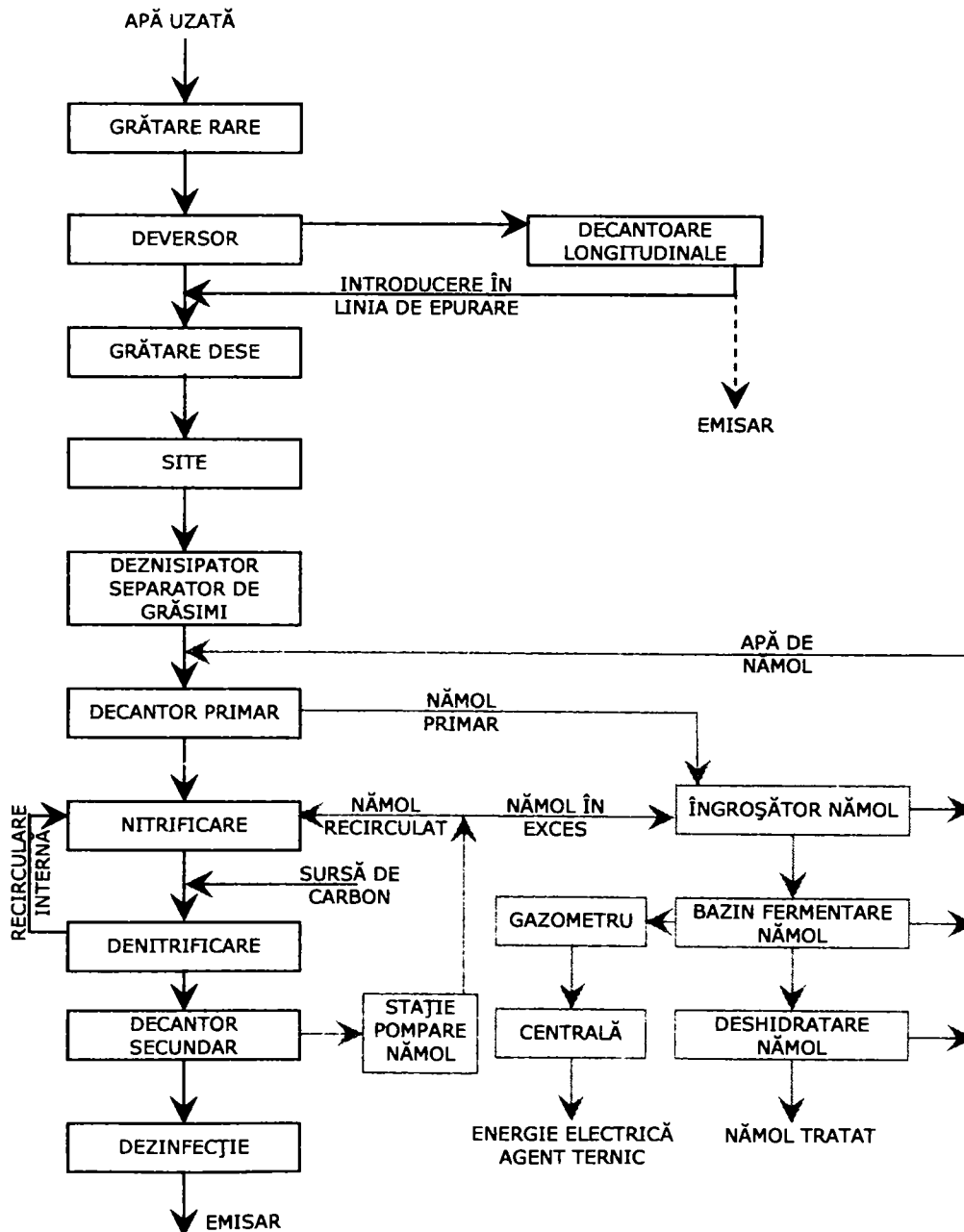


Figura 5.18 - Schema de principiu a unei stații de epurare pentru sistem de canalizare unitar

În funcție de mărimea localității și de spațiul de care se dispune pentru stația de epurare, bazinele de retenție se pot amplasa și pe vatra localității, de unde apoi apa se va reintroduce în rețeaua de canalizare la un debit constant.

Pentru uniformizarea debitelor de alimentare a stațiilor de epurare, bazinele de retenție pot fi utilizate și în cazul stațiilor de epurare care deservește sisteme separate de canalizare.

Pentru epurarea apelor uzate menajere orășenești se folosesc trei metode de epurare, denumite după procesele principale pe care se bazează și anume: mecanică, mecano – chimică și mecano – biologică. [29], [49], [50].

5.5.1 CONSTRUCȚII ȘI ECHIPAMENTE PENTRU EPURAREA MECANICĂ

Grătarele sunt construcții cu rolul de reținere a corpurilor mari din apele uzate. Datorită sistemelor de canalizare degradate cât și a mentalității celor care beneficiază de aceste sisteme, în apele uzate orășenești pătrund diverse diverse obiecte mari cum ar fi pungii și saci de nailon, materiale textile, sticle, lemne, PET-uri etc., motiv pentru care grătarele sunt construcții indispensabile într-o linie tehnologică de epurare a apelor uzate orășenești.

Grătarele folosite în stațiile de epurare construite înainte de anul 1995 prezintă multe dezavantaje cum ar fi: lipsa automatizării și a curățirii automatizate, lipsa posibilității de deshidratare și compactare a reținerilor, funcționarea defectuasă în perioadele friguroase datorită înghețului, realizarea acestora din materiale cu rezistență mică la coroziunea apelor uzate etc.

Grătarele moderne elimină aceste neajunsuri, prin automatizarea curățirii, echipării acestora cu senzori de nivel amonte și aval, existența sistemului de deshidratare și compactare a reținerilor, posibilitatea încălzirii electrice pe timp de iarnă a instalațiilor care funcționează în aer liber. Un astfel de grătar este prezentat în figura 5.19 iar dimensiunile tipizate ale acestuia în tabelul 5.2.

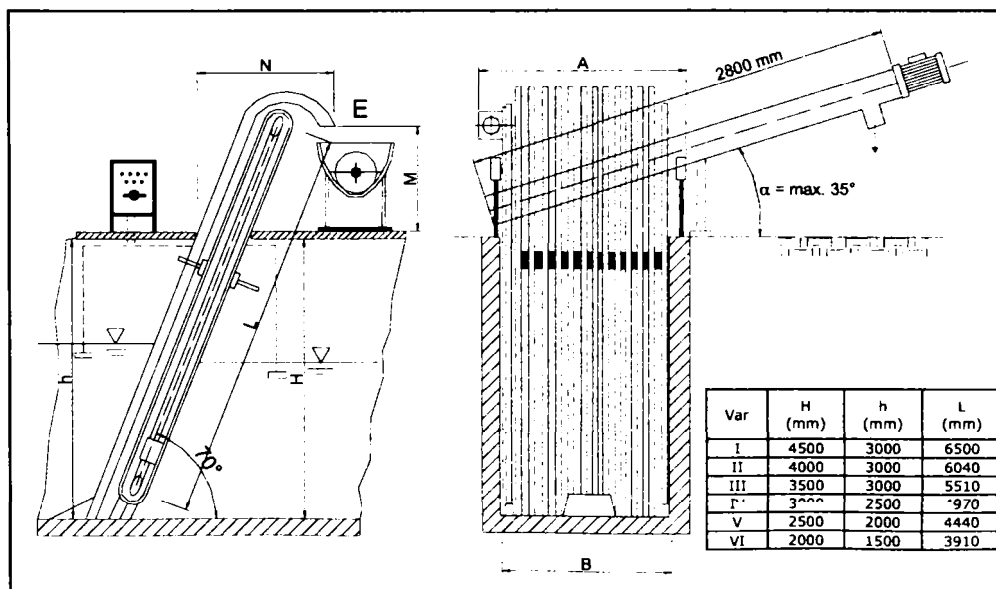


Figura 5.19 – Grătar automat cu curățire mecanică, transportor elicoidal și presa pentru rețineri

Tabelul 5.2

Dimensiuni grătar automat (mm)										
A	B	M	N	distanța între barele grătarului, în mm						
900	500	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
1000	600	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
1200	800	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
1400	1000	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
1650	1250	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
1900	1500	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
2000	1600	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
2300	1900	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
2400	2000	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60
2700	2300	1600	1080	6	10	16	20	30	40	60

După modul de transport al reținerilor, grătarele moderne pot fi echipate cu transportoare cu racleți sau elicoidale, acestea din urmă realizând pe lângă presarea materialului reținut și deshidratarea acestuia. După forma lor, grătarele pot fi plane (Figura 5.19) sau cilindrice (Figura 5.20).

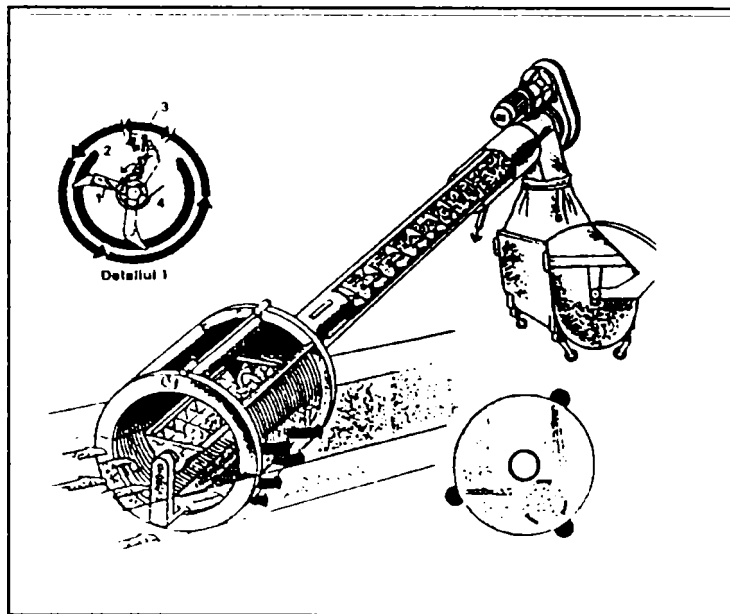


Figura 5.20 – Grătar cilindric cu transportor elicoidal

Sitele sunt instalații de epurare ce se pot clasifica din punctul de vedere al formei în site cilindrice (Figura 5.21) sau site pășitoare (Figura 5.22).

Sitele cilindrice conțin un element central alcătuit dintr-un transportor elicoidal (melcat) care are pe exteriorul melcului, pe porțiunea de sitare, montate perii de curățire a sitei. Transportorul melcat are pas variabil fiind folosit și ca presă pentru materialul reținut. În timpul rotației melcul transportă materialul reținut, îl comprimă, îl deshidratează (deshidratarea este de până la 40 % substanță solidă) și apoi îl evacuează direct în containere sau saci. Curățirea sitei este comandată de o pereche de senzori de nivel montați înainte și după sită, care în funcție de gradul de înfundare a ochiurilor comandă viteza de rotație a melcului și implicit curățirea sitei.

Ca și în cazul grătarelor, avantajele sitelor moderne față de cele clasice folosite în prezent în stațiile de epurare orășenești sunt cele legate de un consum mic de energie electrică, automatizarea, posibilitatea încălzirii pe timp friguros în cazul funcționării în aer liber, deshidratarea și compactarea materialului reținut precum și materialele foarte rezistente la coroziune din care sunt realizate.

Dimensiunile tipizate ale sitelor cilindrice sunt redată în tabelul 5.3.

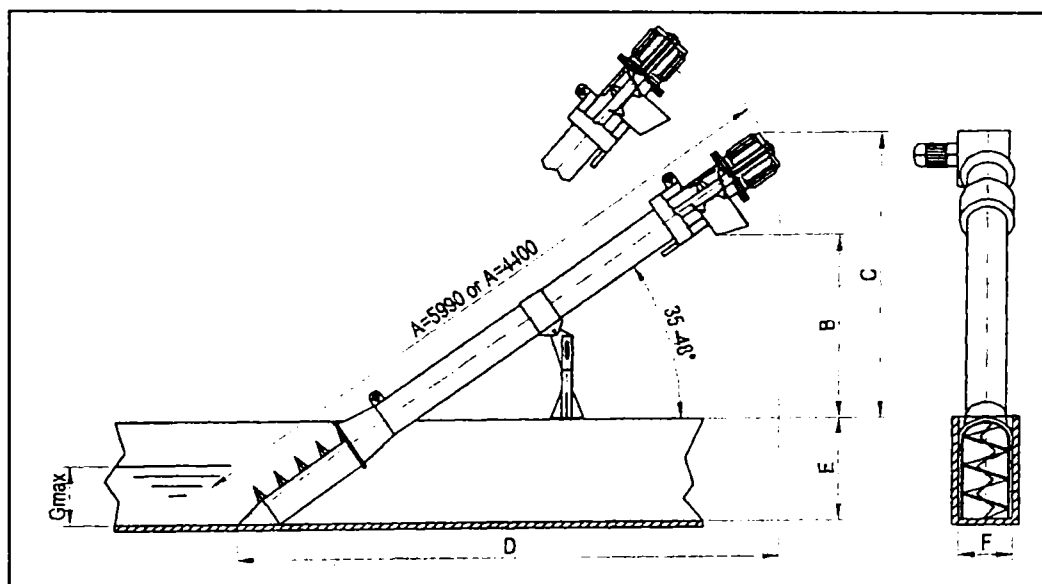


Figura 5.21 - Instalație de sitare cu transportor elicoidal și presarea reținerilor

Tabelul 5.3

Înclinare sită	Dimensiuni instalație de sitare automată (mm)										
	G _{max}	L = 5990					L = 4400				
		B	C	D	E	F	B	C	D	E	F
35 °	800	1400	2500	5290	1100	700	800	1900	3390	1100	700
36,5 °	830	1510	2625	5215	1100	700	880	1995	3925	1100	700
38 °	860	1620	2750	5135	1100	700	950	2088	3855	1100	700
40 °	895	1760	2915	5025	1100	700	1050	2205	3760	1100	700
41,5 °	925	1865	3030	4940	1100	700	1120	2385	3685	1100	700
43 °	950	1965	3150	4860	1100	700	1190	2375	3605	1100	700
45 °	985	2095	3300	4740	1100	700	1280	2485	3500	1100	700
46,5 °	1010	2190	3405	4640	1100	700	1350	2565	3420	1100	700
48 °	1035	2285	3510	4550	1100	700	1410	2635	3335	1100	700

Instalațiile de sitare pășitoare funcționează pe principiul „step screen” care constă în faptul că particulele aflate în suspensie se depun pe „ecranul” instalației și formează o peliculă de depuneri care la rândul ei contribuie la filtrarea apelor impurificate. Filtrarea astfel făcută este mult mai eficientă decât cea realizată prin sitele clasice.

Ecranul instalației este sub formă de trepte, fiecare treaptă este alcătuită din lamele paralele, din două lamele una fiind rotativă. Prin rotirea lamelor, depunerile sunt antrenate înspre partea superioară, iar la ultima treaptă se produce descărcarea lor. Sistemul se completează cu o presă pentru compactarea materialului reținut.

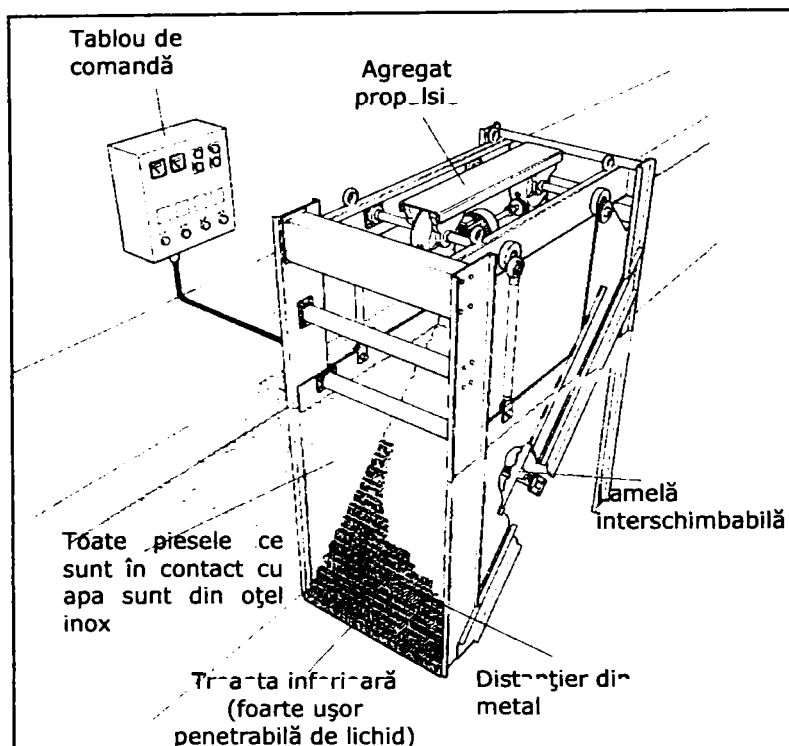


Figura 5.22 – Instalație de sitare pășitoare (step scren)

Deznisipatoarele cuplate cu separatoare de grăsimi realizează reținerea nisipului din apele uzate se poate face în paralel cu reținerea grăsimilor, prin folosirea de deznisipatoare aerate cuplate cu separatoare de grăsimi. Acest tip de construcții, pe lângă o eficiență ridicată în reținerea nisipurilor și a grăsimilor, prezintă avantajul economic oferit de reducerea cheltuielilor de construcție și prin suprafața de teren mai mică ocupată în comparație cu cazul realizării a două construcții distincte.

Insufierea aerului cu bule medii în volumul de apă al deznisipatoarelor, se realizează într-o parte a bazinului, imprimând astfel apei o mișcare de rotație în plan vertical, rezultând o mișcare sub formă de spirală în lungul construcției. Rezultatul este o separare a nisipului prin centrifugare, grăsimile ridicându-se la suprafață prin flotare.

Un astfel de deznisipator cuplat cu separator de grăsimi (tip Huber) este prezentat în figura 5.23 iar dimensiunile tipizate ale acestuia în tabelul 5.4.

Decantoarele primare sunt construcții din beton armat, cu rolul de a reține din apele uzate substanțele în suspensie sedimentabile gravitațional, care nu au fost reținute de construcțiile situate în amonte. În funcție de modul de curgere a apei decantoarele se clasifică în decantoare orizontale (longitudinale – Figura 5.24 și radiale – Figura 5.25) și decantoare verticale.

Folosirea decantoarelor primare în liniile tehnologice de epurare a apelor uzate orășenești este recomandată, dar nu reprezintă o necesitate, putându-se în unele cazuri renunța la acest tip de construcții (stații ce deserveșc mai puțin de 5.000 locuitori echivalenți, sisteme de canalizare separate, încărcări organice mici).

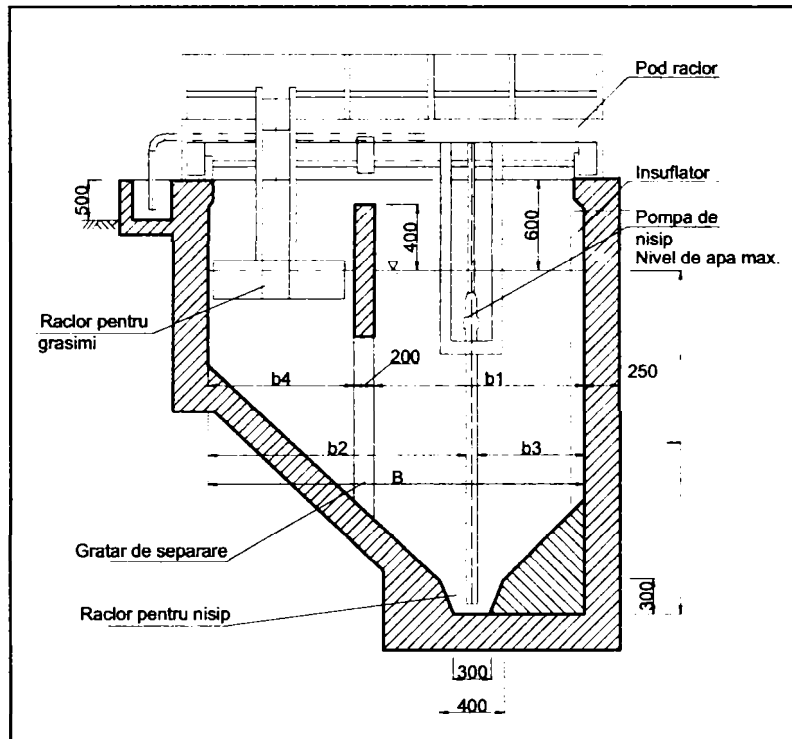


Figura 5.23 – Deznisipator cuplat cu separator de grăsimi

Tabelul 5.4

Deznisipator cuplat cu separator de grăsimi										
$Q_{uz\ max}$		Volum (m ³)		Dimensiuni DSG (m)						Aria DSG (m ²)
l/s	mc/h	Deznis.	Sep. gr.	(b ₁)	(b ₄)	(B)	(L)	H _{apă} (t)	H _{total}	
60	216	16,8	10,5	0,80	0,60	1,60	11,0	1,95	2,55	17,6
100	360	19,8	12,4	0,80	0,60	1,60	13,0	1,95	2,55	20,8
160	576	47,5	29,8	1,20	1,00	2,40	15,0	2,70	3,30	36,0
210	756	50,6	31,8	1,20	1,00	2,40	16,0	2,70	3,30	38,4
330	1188	73,8	46,4	1,40	1,20	2,80	18,0	3,00	3,60	50,4
450	1620	104,6	65,8	1,60	1,40	3,20	20,0	3,35	3,95	64,0
520	1872	109,8	69,1	1,60	1,40	3,20	21,0	3,35	3,95	67,2
660	2376	186,3	117,1	2,00	1,80	4,00	23,0	4,15	4,75	92,0
740	2664	194,3	122,2	2,00	1,80	4,00	24,0	4,15	4,75	96,0
920	3312	241,6	151,9	2,20	2,00	4,40	25,0	4,50	5,10	110,0
1000	3600	251,3	157,9	2,20	2,00	4,40	26,0	4,50	5,10	114,4
1200	4320	324,3	204,3	2,40	2,20	4,80	28,0	4,95	5,55	134,4
1500	5400	414,5	261,0	2,60	2,40	5,20	30,0	5,45	6,05	156,0

Pentru asigurarea masei organice necesare desfășurării epurării biologice, în condițiile unor grade de diluție mari, atunci când situația existentă nu permite renunțarea completă la treapta de decantare primară, timpul de decantare de 1,5 ore recomandat de normativele românești poate fi redus la 0,5 ore, timp suficient pentru reținerea nămolului grosier.

Nămolul primar reținut de decantoare este adunat într-o pâlnie de nămol cu ajutorul lamelor podurilor racloare sau a benzilor transportoare, de unde este evacuat prin pompare de câteva ori pe zi într-un bazin de nămol sau este pompat continuu direct în bazinele de fermentare.

Chiar dacă eficiența decantării primare nu este influențată de tipul decantorului primar folosit, decantoarele radiale nefiind superioare celor longitudinale nici economic și nici tehnic, folosirea decantoarelor primare longitudinale este mai recomandată de folosit la timpi de decantare mici, datorită avantajului în ceea ce privește ocuparea spațiului și realizarea volumului de decantare prin flexibilitatea modificării atât a raportului lățime - lungime ($b : l$) cât și a raportului adâncime - lungime ($h : l$).

Dimensiunile tipizate ale decantoarelor primare longitudinale sunt reproduse în tabelul 5.5 iar pentru decantoarele primare radiale în tabelul 5.6.

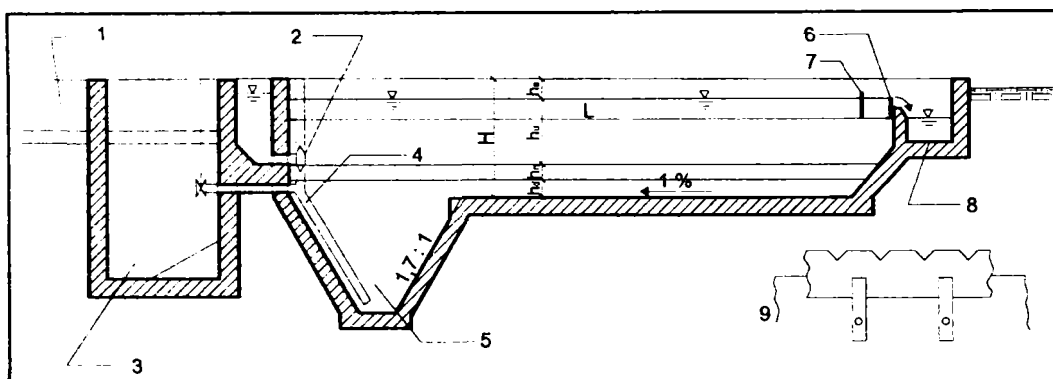


Figura 5.24 - Decantor primar longitudinal. 1-canal intrare, 2-alimentare decantor, 3-cămin nămol, 4-conductă evacuare nămol, 5-pâlnie nămol, 6-preaplin, 7-perete semiscufundat, 8-jgheab evacuare, 9-deversor „dinți de fierăstrău” cu prag reglabil.

Tabelul 5.5

Dimensiuni caracteristice ale decantoarelor primare longitudinale						
Lățime compartiment (m)	Lungime compartiment L (m)	Aria orizontală A_{o1} (m^2)	Aria transversală A_{v1} (m^2)	Înălțime utilă h_u (m)	Înălțime decantor H (m)	Volum decantor (m^3)
3,0	20 ... 30	60 ... 90	5,40	1,80	2,60	108 ... 162
4,0	25 ... 40	100 ... 160	8,00	2,00	2,80	195 ... 312
5,0	30 ... 50	150 ... 250	11,00	2,20	3,00	322 ... 537
6,0	40 ... 55	240 ... 330	15,00	2,50	3,40	540 ... 835
7,0	45 ... 60	315 ... 420	18,55	2,65	3,60	835 ... 1130
8,0	50 ... 65	400 ... 520	22,40	2,80	3,80	1120 ... 1456
9,0	55 ... 70	495 ... 630	26,55	2,95	4,00	1460 ... 1860

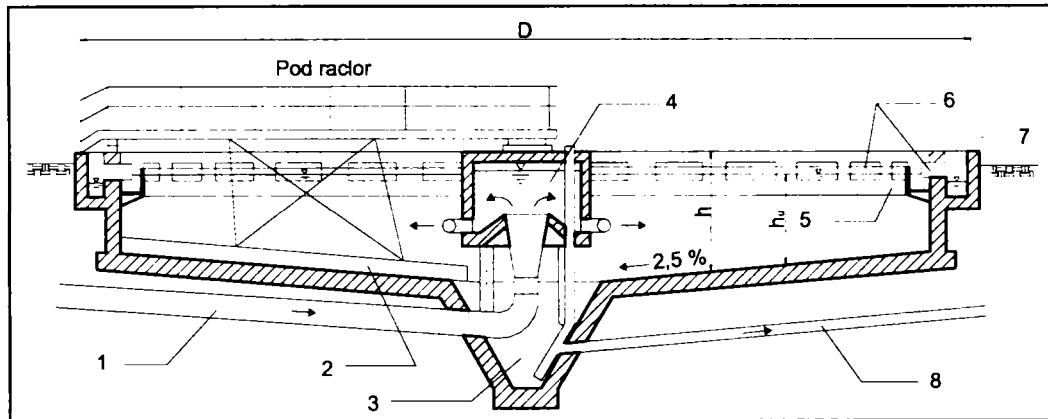


Figura 5.25 – Decantor primar orizontal radial. 1-conductă alimentare decantor, 2-lamă raclor, 3-pâlnie nămol, 4-cilindru central, 5-perete semiscufundat, 6-evacuare apă decantată, 7-jgheab evacuare, 8-conductă evacuare nămol.

Tabelul 5.6

Dimensiuni caracteristice ale decantoarelor primare radiale								
Diametru Decantor (D) (m)	Diametru util (m)	Diametru cilindru (m)	Aria decantor (mp)	Înălțime siguranță (m)	Înălțime utilă (h_u) (m)	Înălțime depuneri (m)	Înălțime dec. (h) (m)	Volum decantor (mc)
16	14,7	3,0	165	0,3	1,6	0,43	1,90	264
18	16,7	3,0	214	0,3	1,6	0,50	1,90	342
20	18,5	3,0	264	0,3	1,6	0,57	1,90	422
22	20,5	4,0	320	0,3	1,6	0,60	1,90	512
25	23,5	4,0	423	0,4	2,0	0,70	2,40	846
28	26,1	4,0	524	0,4	2,0	0,80	2,40	1048
30	28,1	4,0	610	0,4	2,0	0,87	2,40	1220
32	30,1	5,0	695	0,4	2,0	0,90	2,40	1390
35	33,1	5,0	843	0,4	2,0	1,00	2,40	1686
40	37,7	6,0	1091	0,4	2,5	1,13	2,90	2728
45	42,7	6,0	1407	0,4	2,5	1,30	2,90	3518

Se recomandă folosirea materialelor anticorozive în executarea părților metalice ale podurilor raclor sau a sistemelor de evacuare prin sucțiune, elementele submersate trebuind realizate din oțel inox iar restul din oțel galvanizat la cald, mărindu-se în acest fel durata de viață a acestor instalații prin eliminarea în totalitate a corozionii.

5.5.2 CONSTRUCȚII ȘI ECHIPAMENTE PENTRU EPURAREA BIOLOGICĂ

Filtrele biologice (Figura 5.26) sunt bazinele pătrate, hexagonale, octogonale, sau circulare în plan, având în interior material poros de umplutură

alcătuit din: calupuri de lemn, șipci, piatră spartă, cărbune, tuf vulcanic, cocs, zgură de furnal, ceramică, cărămidă spartă, inele Rarching, baloane de sticlă spongioasă sau materialele sintetice care formează un suport de suprafață cât mai mare pentru microorganismele din substanțele organice. Ele sunt aerate în mod natural și se încarcă cu ape decantate continuu sau intermitent (în salve). [23].

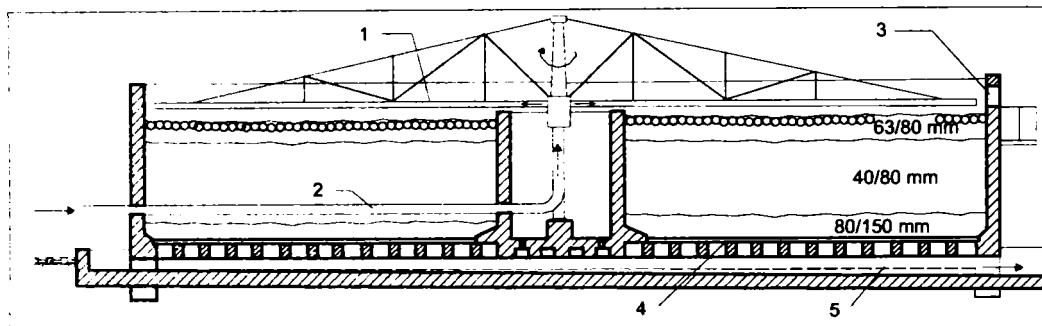


Figura 5.26 – Filtru biologic. 1-sistem distribuție prin picurare (rotativ), 2-alimentare filtru, 3-gură de acces (întreținere), 4-placă drenantă, 5-jgheab colector.

În stațiile de epurare existente echipate înainte de anul 1995, bazinele biologice erau echipate doar pentru reducerea compușilor carbonului din apele uzate menajere. În acest scop aceste bazine erau dotate cu sisteme de aerare submersate cu bule medii sau cu aeratoare mecanice, care nu realizau un contact uniform între aerul insuflat și apa uzată.

Capacitatea de încărcare cu poluanți organici ai bazinului de activare este dată de conținutul în substanță uscată a nămolului activ și de volumul bazinului. Cantitatea de substanță uscată depinde de capacitatea de reacție a bazinului de activare la variațiile de debit, indicii de nămol și de recircularea nămolului.

Retehnologizarea bazinelor de activare trebuie să se facă ținând cont de adâncimile minime de apă necesare pentru realizarea denitrificării $H_{\min} = 3,5$ m (Figura 5.27). La adâncimi mici de apă, în momentul funcționării mixerelor, oxigenul ajuns în apă prin contactul cu aerul atmosferic poate perturba mediul anoxic necesar reducerii azotaților.

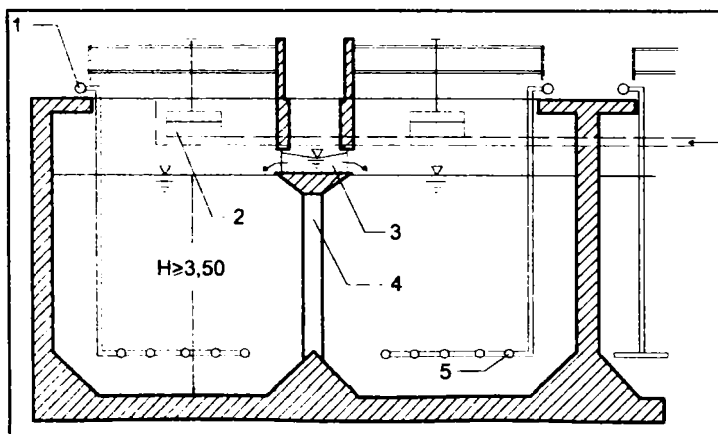


Figura 5.27 – Bazin de activare cu aerare pneumatică. 1-conductă de aducțiune aer, 2-intrare nămol recirculat, 3-sistem de distribuție apă uzată.

Bazinele de activare pot fi re tehnologizate prin introducerea de instalații și echipamente pentru aerare cu bule fine (membrane) și dotarea lor cu mixere pentru realizarea unei omogenizări a conținutului apă – nămol activat. Viteza de rotire a mixerelor, chiar și pentru adâncimi suficiente de apă, trebuie reglată în așa fel încât agitarea să realizeze un amestec bun între nămolul activat și apa uzată, dar nu trebuie să faciliteze transferul de oxigen atmosferic înspre volumul de apă.

O soluție pentru această problemă, dar care reclamă costuri mai ridicate ale investiției precum și dificultăți de acces la instalațiile din bazin, este acoperirea suprafeței orizontale a bazinelor de activare cu plăci din materiale ușoare (de exemplu fibră de sticlă sau materiale plastice), reducând astfel posibilitatea contactului apei uzate cu aerul atmosferic, putându-se realiza în acest fel o denitrificare avansată.

Realizarea aerării este recomandabil să se realizeze prin intermediul aerării cu bule fine de tip ciupercă sau panouri de aerare. Modurile de aerare cu bule medii, prin intermediul plăcilor poroase sau a țevilor perforate sau aerarea mecanică realizată cu agitatoare de suprafață sunt neeficiente datorită realizării unui randament mic de aerare și a unor consumuri mari de energie.

Bazinul de activare și decantorul secundar formează un ansamblu, cele două piese influențându-se reciproc. [160].

Încărcarea reziduală a apelor de scurgere din decantorul secundar, măsurată în CBO_5 sau CCO , este dată de substanțele în soluție sau coloidale și de nămolul în suspensie ce se află în apa epurată evacuată. Cercetările au arătat că la 1 mg substanță filtrată din scurgerea decantorului secundar corespunde 0,3 – 0,1 mg CBO_5 respectiv 0,8 – 1,6 mg CCO . [134].

La dimensionarea, alcătuirea și execuția decantorului secundar trebuie respectate următoarele cerințe:

- separarea nămolului activ de apa uzată prin decantare;
- îngroșarea și evacuarea nămolului activ pentru recircularea la bazinul de activare;
- acumularea intermediară de nămol activ decantat, care în urma șocurilor de debit, de exemplu la ploaie, poate fi evacuat forțat din bazinul de activare;
- evitarea de curenți care ar produce evacuarea nămolului.

Pentru evacuarea nămolurilor decantate, în afară de sistemele de evacuare a nămolului cu lamă racloare, se mai pot utiliza și sistemele pe bază de aspirație (Figura 5.28).

Un dezavantaj al folosirii sistemelor de evacuare prin aspirație este că imposibilitatea delimitării debitului de evacuare și a debitului de scurtcircuit. La acest tip de sisteme de evacuare nămolul depus la baza decantorului este parțial diluat cu apă limpezită. Viteza în tuburile de aspirație se recomandă să fie între 0,6 și 0,8 m/s iar distanța între tuburi să nu depășească 3 – 4 m. Viteza sistemului de aspirație V_{SR} este aceeași ca la sistemele cu racloare. Viteza de deplasare a sistemului de aspirație se recomandă să fie între 36 ... 72 m/h. Sistemele de evacuare prin aspirație aplicate la decantoarele longitudinale duc inevitabil la încărcări hidraulice suplimentare ciclice ale decantării secundare. Capacitatea de aspirație trebuie să fie reglabilă de la centrul bazinului spre periferie pentru a evita încărcări hidraulice suplimentare.

Procesul de decantare în decantorul secundar este influențat de procesul de floculare la intrare, de condițiile hidraulice, de mărimea raportului de recirculare a nămolului și de modul de evacuare din decantor. Nămolul decantat se concentrează în stratul de deasupra radierului bazinului. Îngroșarea (concentrarea)

astfel obținută depinde de proprietățile nămolului, grosimea stratului de nămol, timpul de depozitare și de modul de evacuare.

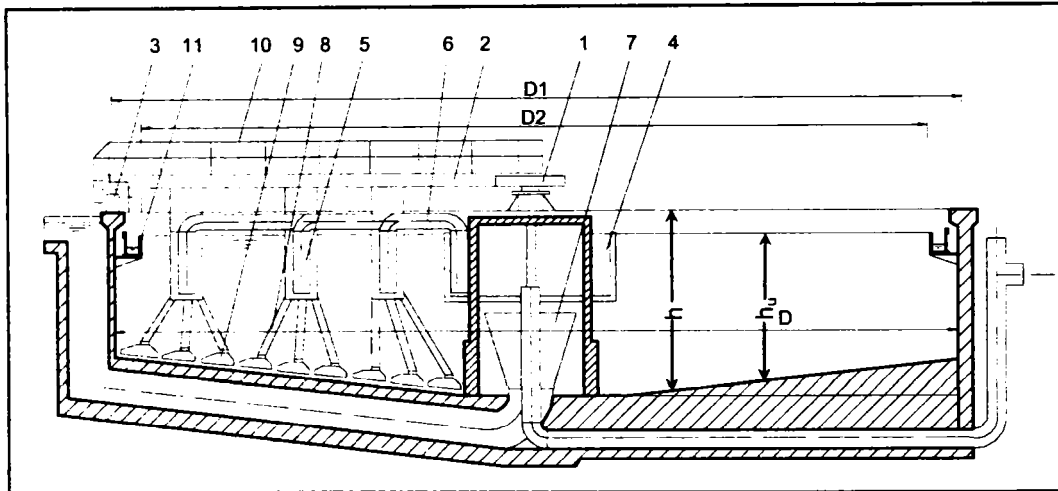


Figura 5.28 - Decantor secundar radial cu evacuarea nămolului prin sucțiune.
1-pivot central, 2-grindă, 3-mecanism antrenare, 4-colector fix, 5-colector mobil,
6-sifon, 7-dispozitiv de alimentare, 8-tronson refulare, 9-gură aspirație,
10-balustradă, 11- lamă deversoare

În cazul aportului de apă pluvială se va transpune o cantitate mărită de nămol activ din bazinul de activare spre decantorul secundar. În această situație, decantorul secundar trebuie să poată prelua cantitatea de nămol secundar transmisă din bazinul de activare. Pentru aceasta trebuie prevăzut un spațiu de depozitare suficient de mare, care se determină prin suprafața stabilită și adâncimea decantorului.

Îmbunătățirea eficienței decantoarelor secundare poate fi făcută prin:

- adoptarea unei adâncimi de decantare în concordanță cu încărcarea volumică de nămol. În cazul decantoarelor orizontale adâncimea totală trebuie să se realizeze pe 2/3 din parcursul scurgerii, respectiv al razei. În cazul decantoarelor orizontale longitudinale, adâncimea la capătul aval al bazinului trebuie să fie de minim 3,0 m iar în cazul decantoarelor secundare orizontale radiale, adâncimea periferică se recomandă de minim 2,5 m;

- distribuția apei prin intermediul unor sisteme de distribuție care să realizeze o reducere a energiei cinetice a nămolului activat și o curgere foarte lină a acestuia în decantor. Un astfel de dispozitiv este „laleaua Coandă” (Figura 5.29) prin intermediul căruia se realizează o reducere a vitezei de intrare a apei în decantor, se mărește lungimea curbei de sedimentare de circa două ori datorită mișcării curbe imprimată apei în plan orizontal, curentul de apă având o curgere uniformă în tot bazinul. Utilizarea acestui tip de distribuitor conduce la o creștere a eficienței decantării cu circa 20 %. [115], [117];

- realizarea de evacuări prin intermediul unor jgheaburi dotate cu deversoare tip „dinți de fierăstrău” cu prag reglabil pentru uniformizarea debitului. La decantoarele cu lungimi sau diametre mari, pentru evacuarea apei decantate se recomandă utilizarea tuburilor de evacuare submersate care prezintă avantaje cum ar fi cel de compensare a efectelor perturbatoare produse de vânt, diferențe de densitate și încărcări superficiale neuniforme;

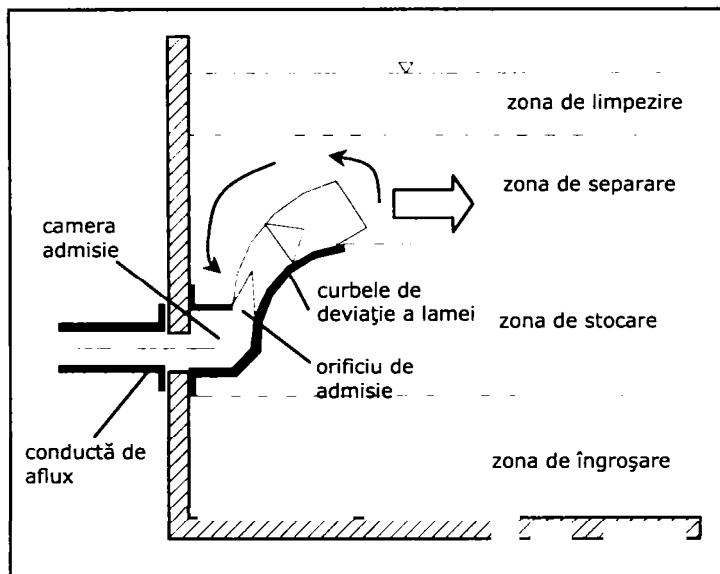


Figura 5.29 – Schema de funcționare a „lalelei Coandă”

- pentru a evita o alimentare neuniformă a decantoarelor, trebuie prevăzută posibilitatea de măsurare a parametrilor hidraulici la intrare, ieșire și fluxul nămolului recirculat;

Timpii de decantare se recomandă de maxim 2 ore (excepțional 2,5 ore pentru indici ai nămolului scăzuți și un raport mic de recirculare) [134]. Depășirea unui timp de două ore conduce la o denitrificare foarte avansată în decantoarele secundare și la formarea nămolului de fermentare datorat dezvoltării microorganismelor filamentoase. Acest nămol, datorită particulelor de gaz care se formează, se poate ridica la suprafață ca nămol plutitor. Dacă totuși se formează, acest strat de nămol poate fi destabilizat prin intermediul unui jet de apă cu care se împrăștie nămolul aflat în plutire.

Nămolul de recirculație cu umiditatea de 99,3 % se pompează în mod continuu și uniform și reprezintă după Imhoff 24 % din debitul de apă de canalizare care trece prin bazinele de aerare, iar nămolul în exces reprezintă circa 2 – 3 % din debitul de canalizare afluent la stația de epurare. [66].

5.5.3 CONSTRUCȚII ȘI ECHIPAMENTE PENTRU PRELUCRAREA NĂMOLULUI

Caracteristicile nămolurilor diferă în funcție de proveniența lor și de gradul de prelucrare. Astfel, nămolurile proaspete provenite din apele uzate orășenești au o culoare cenușie deschisă și un miros aproape insesizabil. Nămolurile fermentate au o culoare cenușie și miros de gudron.

Greutatea specifică a nămolurilor variază în funcție de proveniența lor între 1,002 – 1,118 t/m³. Nămolurile provenite din decantoarele primare amestecate cu cele provenite din decantoarele secundare au o greutate specifică situată între 1,004 – 1,010 t/m³ iar nămolurile în exces au greutatea specifică de 1,001 t/m³.

Depunerile proaspete sau fermentate se transportă prin pompare. În cadrul stațiilor de epurare se amenajează stații de pompare cu pompe de nămol, pompele funcționând continuu sau intermitent. De obicei pompele se grupează într-o stație

centrală de unde sunt folosite la pomparea nămolului rezultat în urma procesului tehnologic în construcțiile și instalațiile stației de epurare.

Nămolul în exces, datorită umidității foarte mari 99 ... 99,3 %, nu fermentează în stare proaspătă, el trebuind îngroșat.

Bazinele de îngroșare (Figura 5.30) realizează o îngroșare a nămolului în exces de 4 ... 6 % SU, înainte de introducerea acestuia în metantancuri.

Bazinele de îngroșare a nămolurilor se construiesc și se dimensionează asemănător cu decantoarele verticale sau radiale. Dimensiunile tipizate ale acestor construcții sunt redată în tabelul 5.6.

Debitul de calcul al acestor bazine este debitul de pompare al nămolului în exces (2 ... 3 % din debitul de apă uzată intrată în stația de epurare) iar timpul de îngroșare se consideră 6 ore.

Aceste bazine se amplasează lângă rezervoarele de fermentare mecanică sau lângă decantoarele secundare.

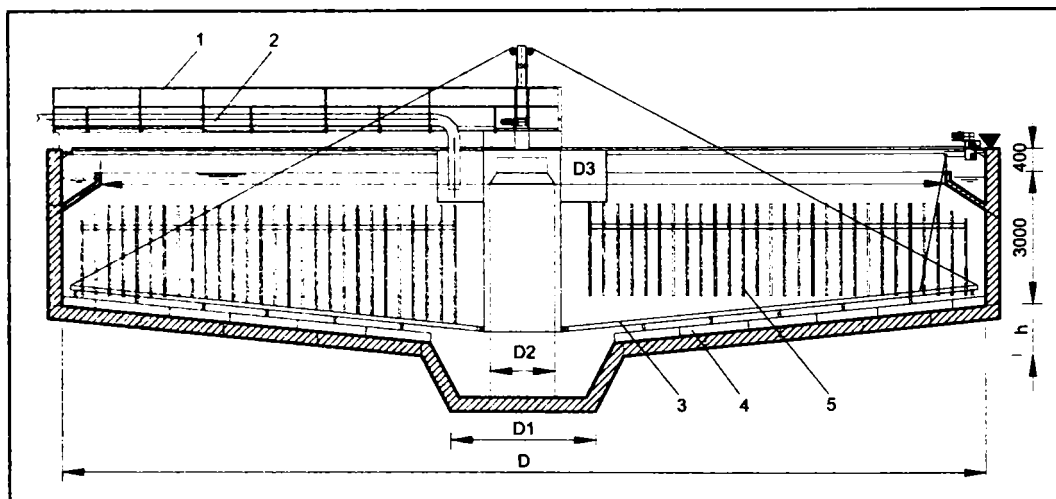


Figura 5.30 - Bazin de îngroșare a nămolului în exces. 1-pasarelă fixă de acces, 2-conductă alimentară, 3-ferma susținere lame, 4-lame racloare, 5-grătar, D-diametru nominal, D₁-diametru pâlnie, D₂-diametru tub central, D₃-diametru util

Tabelul 5.7

D (m)	D ₁ (m)	D ₂ (m)	D ₃ (m)	h (m)	Nr. lame
8,0	1,60	1,30	6,90	0,32	2 x 4
10,0	2,00	1,30	6,90	0,40	2 x 5
12,0	2,40	1,30	10,90	0,48	2 x 6
14,0	2,80	1,30	12,70	0,56	2 x 7
16,0	3,20	1,30	14,70	0,64	2 x 8
18,0	3,60	1,46	16,70	0,72	2 x 9
20,0	4,00	1,52	18,70	0,80	2 x 10
30,0	-	-	-	-	2 x 15

Tehnologiile moderne de epurare implică, pe lângă un grad ridicat de epurare a apelor uzate, și o reducere a costurilor de exploatare a stațiilor de epurare prin valorificarea energetică a produselor rezultate în urma procesului de epurare. Astfel, valorificarea biogazului rezultat în urma procesului de fermentare a nămolurilor prin transformarea sa în energie electrică este una din metodele de reducere a costurilor.

Rezervoarele de fermentare metanică (Figura 5.31) asigură fermentarea anaerobă mezofilă a a nămolurilor din stația de epurare cu formare de metan (75 %) și oxid de carbon și hidrogen sulfurat (25 %). Odată cu obținerea biogazului se realizează și o neutralizare a nămolurilor care după deshidratare pot fi folosite în agricultură sau ca materiale inerte. [171].

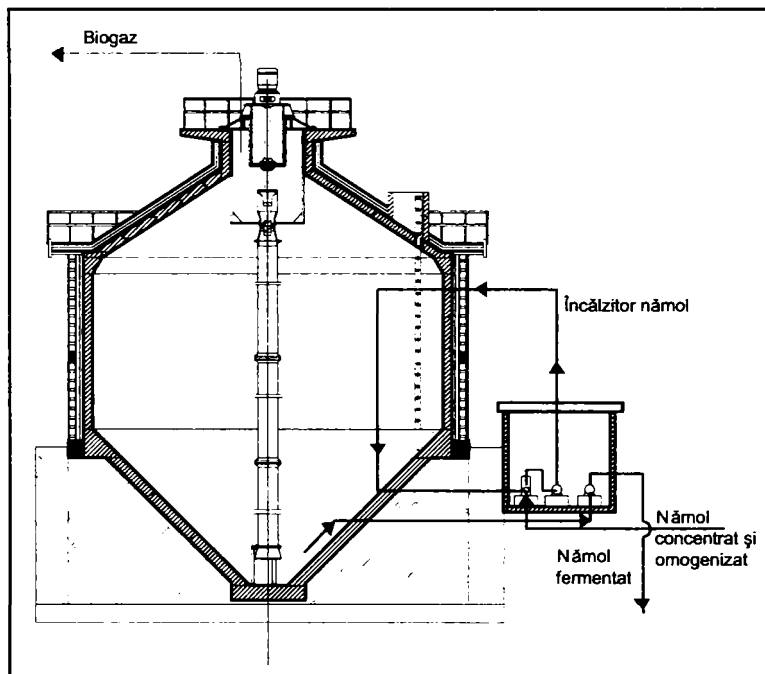


Figura 5.31 - Rezervor de fermentare metanică

Deshidratarea nămolurilor în majoritatea stațiilor de epurare se face prin intermediul platformelor de uscare care prezintă dezavantaje prin suprafețele de teren care le ocupă și prin timpul mare necesar deshidratării.

O alternativă mai scumpă din cauza utilizării de coagulanți dar și mai eficientă în ceea ce privește deshidratarea, este utilizarea filtrelor presă (Figura 5.32) care realizează un nămol dehidratat a cărui umiditate este de cca. 45 ... 50 % și care poate fi încărcat și transportat la locul de depozitare (haldă de gunoi sau folosit în agricultură).

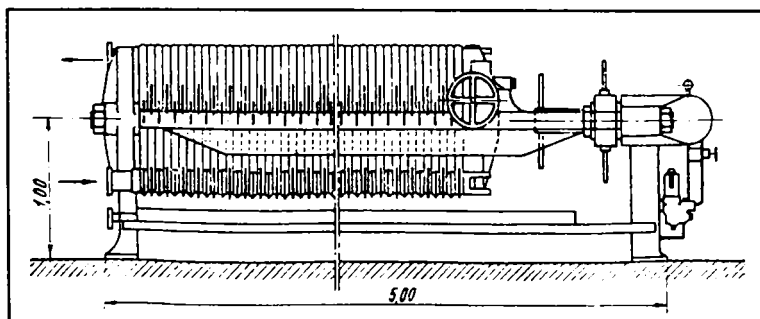


Figura 5.32 – Filtru presă

Procedeul cu filtre presă are eficiență mai mare la deshidratarea nămolului proaspăt, în timp ce nămolul fermentat necesită o prealabilă îngroșare.

Gazometrele sunt construcții cu rol de înmagazinare a biogazului produs prin fermentarea nămolurilor (Figura 5.33). Conceptul de epurare modernă include și diminuarea cheltuielilor de epurare a apelor uzate prin valorificarea energetică a nămolurilor rezultate, fapt care implică în mod automat folosirea gazometrelor în liniile tehnologice de epurare.

Biogazul produs poate fi convertit în energie electrică, poate fi folosit la prepararea apei calde pentru nevoile interne ale stației de epurare, iar în funcție de cantitatea rezultată acesta putând fi chiar comercializat.

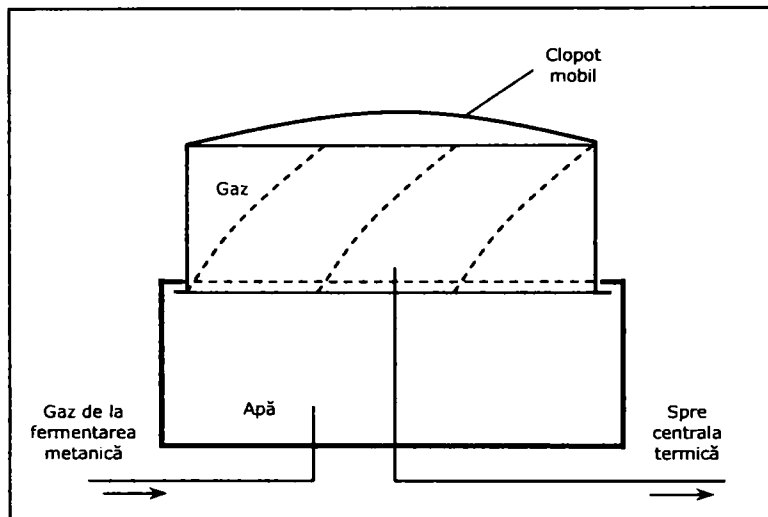


Figura 5.33 – Gazometru umed

5.5.4. DEZINFECTAREA APELOR DE SCURGERE

Dezinfecția apelor de scurgere se face în scopul distrugerii bacteriilor existente în aceste ape. Se disting metodele chimice bazate pe utilizarea unor reactivi cum ar fi halogenii, clorul, bromul, iodul, ozonul, permanganatul de potasiu și metodele fizice bazate pe acțiunea luminii (razele ultraviolete). [32], [124], [131].

În prezent dezinfecția apelor uzate epurate se face în majoritatea cazurilor folosind ca dezinfecțant clorul deoarece în funcție de modul de administrare și de costul fiecăruia dintre metodele chimice folosite la dezinfecția apelor uzate epurate, utilizarea clorului și a compușilor acestuia implică costurile cele mai mici.

Eficiența dezinfecției apelor reziduale folosind clorul depinde în mare măsură de metoda de epurare utilizată și de gradul de epurare realizat, deoarece murdăriile organice din lichidul de scurgere au o mare capacitate de absorbție pentru clor. Este puțin eficientă clorarea apelor de scurgere nelimpzite, deoarece bacteriile aflate în interiorul materiilor în suspensie nu dispar decât după câteva zile în contact cu substanța dezinfecțantă. Trebuie asigurat un contact între clor și lichidul de scurgere de minim de 30 minute, iar după contact în lichidul de scurgere trebuie să mai rămână un exces de clor de 0,2... 1,0 mg / l.

Se mai introduce clor în lichidul de scurgere pentru a înlătura mirosul și pentru protecția temporară contra putrefacției. Doza de clor pentru înlăturarea mirosului este de 5...10 mg / l.

Unul din dezavantajele dezinfecției cu clor este acela că dezinfectantul rămâne remanent în efluentul stației de epurare și pătrunde în emisar putând afecta flora și fauna din acesta.

Ca metode alternative la dezinfecția cu clor poate fi ozonizarea sau permanganatul de potasiu, metode care au ca avantaj că odată cu îndepărtarea bacteriilor se obține și o reducere a mirosului dar au ca dezavantaj costurile ridicate, motiv pentru care sunt folosite numai pentru debite mici. [76].

O altă metodă de dezinfecție foarte eficientă dar costisitoare este dezinfecția prin lumină care se bazează pe acțiunea distrugătoare a radiațiilor ultraviolete. Eficiența dezinfecției cu radiații ultraviolete este influențată de prezența în apa uzată a suspensiilor, substanțelor fenolice, detergenților de tip alchil – benzen și a altor substanțe organice absorbante de radiații ultraviolete.

Sursa cea mai comună de raze ultraviolete generate în mod artificial este lampa cu vapori de mercur. Ca și în cazul folosirii ozonului, acest procedeu este recomandat pentru debite mici de apă datorită dezavantajului costului ridicat.

Datorită creșterii continue a cerințelor pentru protecția mediului și pentru protecția emisarilor, este recomandat ca pentru dezinfecția apelor epurate să se folosească metoda cu raze ultraviolete care, chiar dacă implică costuri mai mari de utilizare, este foarte eficientă în reducerea microorganismelor vii din apa epurată și nu prezintă riscuri pentru flora și fauna emisarilor.

CAP. 6. ELEMENTE DE CALCUL PENTRU PROIECTAREA STAȚIILOR DE EPURARE

În prezent majoritatea stațiilor de epurare din România sunt realizate în sistem clasic, constând din treaptă mecanică pentru eliminarea suspensiilor grosiere și a materiilor în suspensie sedimentabile gravitațional și treaptă biologică pentru eliminarea compușilor carbonului. Aceste stații de epurare, datorită lipsei unei trepte de epurare avansată, au eficiență scăzută în ceea ce privește eliminarea compușilor azotului și a fosforului, efluenții acestora nerespectând parametrii impuși de legislația actuală de protecție a emisarilor.

6.1 DATE DE CALCUL

Debitele de calcul pentru dimensionarea stațiilor de epurare sunt identice cu cele folosite la dimensionarea rețelelor de canalizare. Pentru dimensionarea stațiilor de epurare se va lua în considerare dezvoltarea în perspectivă a centrului populat pe o perioadă de maxim 25 ani.

Debitele folosite la dimensionarea și verificarea construcțiilor și instalațiilor de epurare sunt redate în tabelul 6.1 funcție de sistemul de canalizare. Acestea sunt: debitul uzat zilnic maxim ($Q_{uz\ zi\ max}$), debitul uzat orar maxim ($Q_{uz\ orar\ max}$) și debitul uzat orar minim ($Q_{uz\ orar\ min}$).

Tabelul 6.1

Nr. crt.	Obiectul tehnologic sau elementul de legătură dintre obiectele tehnologice	Sistemul de canalizare				Treapta de epurare
		Separativ		Unitar și mixt		
		de calcul	de verificare	de calcul	de verificare	
1	Bazinul de retenție al apelor meteorice	-	-	Q_d	Q_T	Mecanică
2	Grătare	$Q_{uz\ orar\ max}$	$Q_{uz\ orar\ min}$	$n \cdot Q_{uz\ orar\ max}$	$Q_{uz\ orar\ min}$	
3	Deznisipatoare	$Q_{uz\ orar\ max}$	$Q_{uz\ orar\ min}$	$n \cdot Q_{uz\ orar\ max}$	$Q_{uz\ orar\ min}$	
4	Separatoare de grăsimi	$Q_{uz\ zi\ max}$	$Q_{uz\ orar\ max}$	$Q_{uz\ zi\ max}$	$n \cdot Q_{uz\ orar\ max}$	
5	Decantoare primare	$Q_{uz\ zi\ max}$	$Q_{uz\ orar\ max}$	$Q_{uz\ zi\ max}$	$n \cdot Q_{uz\ orar\ max}$	
6	Bazine de activare	$Q_{uz\ zi\ max}$	$Q_{uz\ orar\ max} + Q_{NR\ max}$	$Q_{uz\ zi\ max}$	$Q_{uz\ orar\ max} + Q_{NR\ max}$	Biologică
7	Decantoare secundare	$Q_{uz\ zi\ max}$	$Q_{uz\ orar\ max} + Q_{NR\ max}$	$Q_{uz\ zi\ max}$	$Q_{uz\ orar\ max} + Q_{NR\ max}$	

unde: $Q_T = Q_{uz\ orar\ max} + Q_p$; $Q_d = Q_T - n \times Q_{uz\ orar\ max}$

Debitul uzat zilnic maxim și debitul uzat orar maxim reprezintă 80 % din debitele similare de alimentare cu apă, iar debitul orar minim se stabilește în funcție de numărul locuitorilor (N) pentru care se efectuează calculul [163]:

$$Q_{uz\ orar\ min} = p \times Q_{uz\ zi\ max}$$

în care:

$p = 0,18$ pentru $N \leq 1.000$ locuitori

$p = 0,25$ pentru $1.000 < N \leq 10.000$ locuitori

$p = 0,35$ pentru $10.000 < N \leq 50.000$ locuitori

$p = 0,60$ pentru $50.000 < N \leq 100.000$ locuitori

$p = 0,75$ pentru $N > 100.000$ locuitori

Dacă nu se dispune de măsurători ale debitelor de apă uzată, acestea se pot calcula în funcție de norma de evacuare (l/om.zi) și numărul locuitorilor echivalenți deserviți de stația de epurare.

Norma de evacuare conform legislației germane în domeniu (legislație agreată de statele comunității europene) este de 200 l/om.zi. [63], [112].

Calculul numărului de locuitori echivalenți pentru fiecare poluant în parte nu-și are sensul deoarece pentru fiecare parametru ar rezulta alt număr de locuitori. Pentru stabilirea clasei de mărime a stației de epurare, numărul de locuitori echivalenți se va stabili numai pentru parametrul CBO_5 , conform relației:

$$N_{equiv} = \frac{C_{CBO_5}}{I_{CBO_5}} \quad (6.1)$$

în care:

C_{CBO_5} este cantitatea totală de CBO_5 , în kg/zi

I_{CBO_5} – încărcarea specifică de CBO_5 , în kg/om.zi (Tabelul 6.2).

Încărcările apelor uzate cu poluanți se stabilesc prin măsurători directe sau se preiau din normativele pentru dimensionarea stațiilor de epurare. Încărcările pe baza cărora se dimensionează stațiile de epurare sunt materiile totale în suspensie (MTS), consumul biochimic de oxigen (CBO_5), azotul total (N_t) și fosforul total (P_t). Legislația Comunității Europene în domeniu, stabilește valori pentru toate aceste încărcări (tabelul 6.2). [134], [144].

Tabelul 6.2

Poluant	U.M.	Cantitate
Materii totale în suspensie (MTS)	g/om.zi	70
Consum biochimic de oxigen (CBO_5)	g/om.zi	60
Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)	g/om.zi	120
Azot total (N_t)	g/om.zi	11
Fosfor total (P_t)	g/om.zi	1,8

Cantitățile totale de impurități se determină pentru fiecare poluant în funcție de numărul de locuitori:

$$L_x = Z_x \cdot N \quad (6.2)$$

în care:

L_x este cantitatea totală de impurități pentru poluantul X , în kg/zi;

Z_x – încărcarea apelor uzate cu poluantul X , în kg/om.zi;

N – numărul de locuitori.

Concentrațiile de poluanți în apa uzată reprezintă cantitatea de poluant existentă în unitatea de volum:

$$C_x = \frac{L_x}{Q_c} \quad (6.3)$$

în care:

C_X este concentrația poluantului X , în mg/l;

L_X - cantitatea totală de impurități pentru poluantul X ;

Q_C - debitul de calcul ($Q_{uz\ zi\ max}$).

Cantitatea totală de poluant se poate determina cu relația:

$$X = C_X \cdot Q_C \quad (6.4)$$

în care:

X este cantitatea de poluant pentru care se face determinarea, în kg/zi;

C_X - concentrația poluantului X ;

Q_C - debitul de calcul ($Q_{uz\ zi\ max}$).

Limitele admise la deversare sunt stabilite de normele și normativele de protecția emisarilor sau de organele abilitate în acest sens și reprezintă cantitatea maximă dintr-un poluant X admisă la deversarea unei ape epurate în emisar. Limitele admise la deversare pentru cei mai importanți poluanți sunt redate în tabelul 2.3.

Gradul de epurare necesar reprezintă procentul dintr-un poluant conținut de o apă uzată care trebuie îndepărtat prin procesul de epurare, astfel încât la deversarea efluentului în emisar acesta să îndeplinească condițiile de calitate impuse de legislația în domeniu. [104], [151].

Gradul de epurare se stabilește cu relația:

$$G = \frac{X - x}{X} \cdot 100 \quad (6.5)$$

în care:

G este gradul de epurare necesar pentru poluantul X , în %;

X - cantitatea inițială de poluant în apa uzată, în mg/l;

x - cantitatea aceluiași poluant admisă la deversare.

La calculul gradului de epurare principalii poluanți luați în calcul sunt MTS, CBO₅, N_t și P_t.

6.2 CALCULUL TREPTEI MECANICE

Calculul grătarelor

Grătarele sunt obiecte tehnologice cu rolul de a reține suspensiile grosiere și corpurile mari din apele de canalizare (Figura 2.3).

Într-o tehnologie de epurare modernă europeană, de regulă, se folosesc grătare rare (50 - 150 mm între bare) și grătare fine (20 mm între bare) și se prevăd minim două linii. Fiecare grătar are un canal de ocolire prevăzut cu un grătar rar (80 - 100 mm între bare) cu curățire manuală.

Cantitățile de substanță reținută pe grătare (l/om.an) se stabilesc după cum urmează: conform normelor europene aceste cantități se stabilesc în funcție de distanța dintre bare pentru materialul presat și nepresat (Tabelul 6.3) iar după normele românești se stabilesc în funcție de tipul de curățire, manuală sau mecanică (Tabelul 6.4). [112], [155], [164].

Tabelul 6.3

Norme europene	Distanța între bare (mm)	Cantitatea de rețineri (l/om.an)	
		nepresat	presat
	< 1	20 ... 40	15 ... 20
	1 ... 2	20 ... 25	7 ... 10
	3 ... 6	12 ... 20	5 ... 7
	15 ... 20	8 ... 12	3 ... 5

Tabelul 6.4

Norme românești	Distanța între bare (mm)	Cantitatea de rețineri (l/om.an)	
		curățire manuală	curățire mecanică
	16	5,0	6,0
	20	4,0	5,0
	25	3,0	3,5
	30	2,5	3
	40	2,0	2,5
	50	1,5	2

Spre deosebire de normele europene, cele românești fac referire la modul de curățire al grătarelor și nu la modul de colectare și depozitare al materialului reținut (nepresat sau presat). În tehnicile moderne de epurare, indiferent de tipul grătarului, curățirea acestuia se face mecanic, curățirea manuală prevăzându-se doar în cazul grătarelor rare amplasate pe canalele de ocolire (avarie).

Aria secțiunii de trecere a apei, în m²:

$$A = \frac{Q_c}{v_0} \quad (6.6)$$

în care:

Q_c este debitul de dimensionare al grătarelor (Tabelul 5.1);

v_0 – viteza de curgere a apei printre barele grătarului ($v_0 = 1,0 \dots 1,3$ m/s).

Înălțimea apei în canal, în m:

$$H_a = \frac{A}{B} \quad (6.7)$$

în care:

A este aria secțiunii de trecere a apei;

B – lățimea canalului (lățimi tipizate 0,6, 0,8, 1,0, 1,25, 1,6 m).

Pierderea de sarcină printre barele grătarului, în m:

$$h = k_i \cdot \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^3 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g} \quad (6.8)$$

în care:

β este coeficient de formă a barei (cu valoarea 2,42 pentru bare cu secțiunea transversală dreptunghiulară) [169];

s – grosimea barei în mm;

b – distanța dintre barele grătarului în mm;

$\alpha = 60^\circ \dots 70^\circ$ – unghiul de înclinare al grătarului față de orizontală ;

v_i – viteza apei în amonte de grătar ($v_i = 0,7 \dots 0,9$ m/s);

g – accelerația gravitațională în m/s^2 ;

$k_i = 3$ - coeficient de înfundare parțială a grătarului;

Înălțimea totală a grătarului, în m:

$$H = H_a + H_s + h \quad (6.9)$$

în care:

H_a este înălțimea apei în canal;

H_s – înălțimea de siguranță;

h – pierderea de sarcină;

Folosind rezultatele de mai sus, pe baza figurii 5.19 și a tabelului 5.2, se stabilește tipul și caracteristicile grătarelor.

Volumul de rețineri pe grătar, în m^3/zi :

$$V_r = \frac{a \cdot N}{1000 \cdot 365} \quad (6.10)$$

în care:

a este cantitatea specifică de rețineri (Tabelul 6.2);

N – numărul de locuitori.

Cantitatea de rețineri pe grătar, în kg/zi :

$$G_r = \gamma_r \cdot V_r \quad (6.11)$$

în care:

$\gamma_r = 750 \dots 950 \text{ kg/m}^3$ – greutatea specifică a reținerilor de pe grătar.

Volumul de substanță uscată reținută pe grătare, în m^3/zi :

$$V_n = V_r \cdot \frac{100 - \omega}{100} \quad (6.12)$$

în care:

ω = umiditatea reținerilor.

Cantitatea de substanță uscată din rețineri, în kg/zi :

$$G_n = \gamma_w \cdot V_n \quad (6.13)$$

în care:

$\gamma_w = 1600 \dots 2000 \text{ kg/m}^3$ – greutatea specifică a reținerilor uscate.

Sitele sunt instalații de epurare care datorită ochiurilor foarte mici (0,25 ... 6 mm) sunt folosite la îndepărtarea corpurilor și suspensiilor mai fine din apele uzate. În prezent sitele sunt utilizate foarte rar, introducerea lor în circuitul de epurare făcându-se doar când compoziția în materii fine în suspensie o impune. Cantitatea de rețineri pe site variază în funcție de mărimea ochiurilor între 6 ... 30 l/om-an. [55].

Dispozitivul de reținere a suspensiilor fine, prezentat în figura 5.21, este o sită automată, din oțel inox, tipizată pentru debite de 48 l/s, 80 l/s, 110 l/s și 170 l/s. [31].

Calculul deznisipatoarelor cuplate cu separatoare de grăsimi

În stațiile de epurare a apelor uzate orășenești, cele mai utilizate tipuri de deznisipatoare sunt: deznisipatoare orizontale longitudinale; deznisipatoare

orizontale tangențiale; deznisipatoare verticale; deznisipatoare aerate; deznisipatoare – separatoare de grăsimi;

Dintre aceste tipuri, cele mai recomandate în prezent sunt deznisipatoarele tangențiale pentru debite reduse (în general sub 150 – 200 l/s) și deznisipatoare – separatoare de grăsimi aerate pentru debite mijlocii și mari (peste 150 l/s). În România cel mai utilizat tip de deznisipator a fost cel orizontal longitudinal. [59], [60].

Evacuarea nisipului reținut în compartimentele deznisipatoare se face în mod curent prin intermediul unor air – lifturi sau electropompe cu ax vertical montate pe o grindă mobilă ce se mișcă în lungul deznisipatorului.

În prezent cele mai fiabile instalații pentru reținerea grăsimilor și a nisipurilor din apele uzate orășenești sunt deznisipatoarele cuplate cu separatoare de grăsimi (Figura 5.23) ale căror caracteristici principale sunt prezentate în tabelul 5.4.

Pentru dimensionarea bazinelor de deznisipare cuplate cu separatoare de grăsimi normele europene recomandă următoarele date constructive [108]:

- cantitatea de nisip care intră: 2 ... 6 l/om.an;
- viteza orizontală de curgere: < 0,2 m/s;
- timpul de trecere a apei prin bazin: \cong 10 minute;
- cantitatea de aer insuflată în bazin: 0,5 ... 1,3 m³ aer/ m³ bazin.

Volumul necesar deznisipării, în m³:

$$V = Q_c \cdot t \quad (6.14)$$

în care:

Q_c este debitul de calcul al deznisipatorului;

t – timpul de trecere a apei prin deznisipator (30 s pentru $Q_c < 30.000 \text{ m}^3/\text{zi}$; 50 s pentru $Q_c > 50.000 \text{ m}^3/\text{zi}$).

Aria orizontală necesară, în m²:

$$A = \frac{Q_c}{v_s} = \frac{Q_c}{\sqrt{v_0^2 - (0,05 \cdot v)^2}} \quad (4.15)$$

în care:

v_s este viteza de sedimentare;

v_0 – mărimea hidraulică a particulelor de nisip (Tabelul 6.5);

v – viteza orizontală de curgere a apei ($v = 0,3 \text{ m/s}$ pentru $Q_{uz \text{ orar max}}$ și $0,05 \text{ m/s}$ pentru $Q_{uz \text{ orar min}}$).

Tabelul 6.5

Dimensiunea particulei de nisip în mm	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
V_0	0,0187	0,0242	0,0297	0,0351	0,0407	0,0516

Dimensiunile bazinului, în m:

$$H_u = \frac{V}{A} ; \quad L = V \cdot t ; \quad B = \frac{A}{L} \quad (6.16)$$

în care:

H_u este înălțimea utilă a deznisipatorului;

L – lungimea deznisipatorului;

B – lățimea deznisipatorului.

Alegerea deznisipatoarelor separatoare de grăsimi se poate face și folosind construcții tipizate de acest fel. Din tabelul 5.4 se alege mărimea și caracteristicile geometrice ale deznisipatorului separator de grăsimi în funcție de debitul de calcul.

Numărul de deznisipatoare cuplate cu separatoare de grăsimi necesar (minim 2 bucăți):

$$n = \frac{Q_c}{Q_{DSG}} \quad (6.17)$$

în care:

Q_c este debitul de dimensionare al deznisipatoarelor (Tabelul 6.1);

Q_{DSG} – debitul aferent deznisipatorului separator de grăsimi conform tabelului 5.4.

Încărcarea superficială efectivă pentru debitul de calcul al deznisipatorului, în mm/s ($u_{ef} < 19 \dots 20$ mm/s):

$$u_{ef} = \frac{Q_{cd}}{n \cdot A_{DSG} \cdot 1000} \quad (6.18)$$

în care:

Q_{cd} este debitul de dimensionare al deznisipatorului (tabelul 6.1);

A_{DSG} – aria deznisipatorului separator de grăsimi (tabelul 5.4);

n – numărul deznisipatoarelor separatoare de grăsimi.

Încărcarea superficială efectivă pentru debitul zilnic maxim, în mm/s ($u_{ef} < 9 \dots 9,5$ mm/s):

$$u_{ef} = \frac{Q_{vz\ zi\ max}}{n \cdot A_{DSG} \cdot 1000} \quad (6.19)$$

în care:

A_{DSG} este aria deznisipatorului separator de grăsimi (Tabelul 5.4);

n – numărul deznisipatoarelor separatoare de grăsimi.

Debitul de aer insuflat, în m^3 aer/h:

$$Q_{aer} = q_{aer} \cdot (V_D + V_{SG}) \cdot n \quad (6.20)$$

în care:

q_{aer} este cantitatea de aer insuflată ($0,5 \dots 1,3$ m^3 aer/ m^3 bazin);

V_D – volumul deznisipatorului (Tabelul 5.4);

V_{SG} – volumul separatorului de grăsimi (Tabelul 5.4);

n – numărul deznisipatoarelor separatoare de grăsimi.

Volumul de nisip reținut în deznisipatoare, în m^3 /zi:

$$V_{nis} = \frac{c \cdot N}{1000 \cdot 365} \quad (6.21)$$

în care:

$c = 2 \dots 6$ l/om.an – cantitatea de nisip care intră în stația de epurare.

Cantitatea de nisip reținută, în kg/zi:

$$C_{nis} = \gamma \cdot V \quad (6.22)$$

în care:

$\gamma = 1,5$ kg/l este greutatea specifică a nisipului.

Conform normelor românești, cantitatea specifică de nisip reținută este de [144], [155]:

- 4 ... 6 m³ nisip/100.000 m³ apă uzată în cazul sistemelor de canalizare separate;

- 8 ... 12 m³ nisip/100.000 m³ apă uzată în cazul sistemelor de canalizare unitare și mixte.

Normele europene fac referire doar la cantitatea specifică de nisip reținută este de în cazul sistemelor separate (2 ... 6 l/om.an), în Uniunea Europeană existând tendința de renunțare la sistemele de canalizare unitare și mixte.

Calculul decantoarelor primare

Pe baza experienței acumulate de-a lungul timpului, cercetătorii austrieci au ajuns la concluzia că eficiența decantării primare nu este influențată de tipul decantorului primar folosit, decantoarele radiale nefiind superioare celor longitudinale nici economic și nici tehnic.

Cu toate acestea decantoarele primare longitudinale sunt tot mai des utilizate în tehnologiile moderne europene datorită avantajului în ceea ce privește ocuparea spațiului, realizarea volumului de decantare putându-se face atât prin modificarea raportului lățime - lungime ($b : l$) cât și a raportului adâncime - lungime ($h : l$). [71].

În privința eficienței decantării primare, literatura de specialitate din România face referire doar la materiile totale în suspensie ($\eta_{MTS} = 40 \dots 60 \%$) și consumul biochimic de oxigen ($\eta_{CBO_5} = 20 \dots 30 \%$) în timp ce literatura de specialitate germană face referiri și la eficiența asupra azotului (η_N) și fosforului (η_P). [48].

Conform ATV A 131/2000, eficiența epurării primare funcție de încărcările orientative pentru dimensionare și timpul de trecere a apei uzate prin decantoarele primare, este redată în tabelul 6.7. [134].

Tabelul 6.7

Parametru (g/om.zi)	Încărcarea apei brute (g/om.zi)	Timpul de trecere la debitul de calcul (ore)	
		0,5 ... 1,0	1,5 ... 2,0
MTS	70	35	25
CBO ₅	60	45	40
CCO	120	90	80
N _t	11	10	10
P _t	1,8	1,6	1,6

Datele constructive pentru decantoarele primare recomandate de normativele europene sunt redate în tabelul 6.8. [112].

Tabelul 6.8

Date constructive	Decantoare orizontale longitudinale	Decantoare orizontale radiale
Încărcarea superficială (m ³ /m ² ·h)	1 ... 4	0,8 ... 4
Timp de trecere a apei t _d (ore)	0,5 ... 1,5	0,5 ... 2,0
Adâncimea decantoarelor (m)	1,5 ... 3,0	1,5 ... 2,5
Lățime : lungime (b : l)	1 : 3 ... 1 : 6	-
Adâncime : lungime (h : l)	1 : 10 ... 1 : 25	-
Adâncime : diametru (h : D)	-	1 : 15 ... 1 : 25

Calculul decantoarelor primare orizontale longitudinale (Figura 5.24)

Volumul decantării primare, în m^3 :

$$V_o = Q_c \cdot t_d \quad (6.23)$$

în care:

Q_c este debitul de dimensionare al decantoarelor primare (tabelul 6.1);

t_d – timpul de trecere a apei prin decantor (tabelul 6.8).

Aria orizontală necesară, în m^2 :

$$A_o = \frac{Q_c}{u} \quad (6.24)$$

în care:

Q_c este debitul de dimensionare al decantoarelor primare (Tabelul 6.1);

u – viteza de sedimentare se stabilește în funcție de eficiența de sedimentare a suspensiilor și cantitatea de suspensii (Tabelul 6.9). [48].

Tabelul 6.9

Eficiența reținerii suspensiilor η_{MTS} (%)	Concentrația inițială a suspensiilor C_{MTS} (mg/l)		
	$C_{MTS} < 200$	$200 \leq C_{MTS} < 300$	$C_{MTS} \geq 300$
Viteza de sedimentare u ($m^3/m^2 \cdot h$)			
40 ... 45	2,3	2,7	3,0
46 ... 50	1,8	2,3	2,6
51 ... 55	1,2	1,5	1,9
56 ... 60	0,7	1,1	1,5

Aria verticală necesară, în m^2 :

$$A_v = \frac{Q_c}{v_o} \quad (6.25)$$

în care:

Q_c este debitul de dimensionare al decantoarelor primare (Tabelul 6.1);

v_o – viteza de curgere a apei prin decantor ($v_o \leq 10$ mm/s). [155].

Adâncimea utilă, în m:

$$h_u = u \cdot t_d \quad (6.26)$$

Lungimea necesară, în m:

$$L_o = v_o \cdot t_d \quad (6.27)$$

Ținând cont de valorile stabilite anterior se va stabili numărul compartimentelor de decantare (n), minim 2 bucăți, și dimensiunile geometrice ale acestora (lățimea b , lungimea L , adâncimea h), cu respectarea condițiilor din tabelul 6.8 și a lățimilor caracteristice (b) de 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16 m recomandate de normele de proiectare europene [63], [71], [112].

Stabilirea caracteristicilor geometrice ale decantoarelor primare se mai poate face utilizând dimensiunile tipizate pentru astfel de construcții (Tabelul 5.5).

Aria verticală a unui compartiment, în m^2 :

$$A_{v,1} = b \cdot h \quad (6.28)$$

Aria totală orizontală de decantare, în m²:

$$A = n \cdot A_{O1} \quad (6.29)$$

Volumul unui compartiment, m³:

$$V_1 = A_{O1} \cdot h \quad (6.30)$$

Volumul total de decantare, în m³:

$$V = n \cdot V_1 \quad (6.31)$$

Înălțimea totală a decantoarelor, în m:

$$h = h_s + h_u + h_n + h_d \quad (6.32)$$

în care:

h_s este înălțimea de siguranță care se consideră 0,3 ... 1,0 m;

h_u – adâncimea utilă;

h_n – înălțimea stratului neutru dintre stratul de decantare și cel de depunere a nămolului, se consideră 0,3 m;

h_d – înălțimea depunerilor se consideră în calcul 0,2 ... 0,3 m.

Timpul de decantare efectiv, în ore:

$$t_d = \frac{V}{Q_C} \quad (6.33)$$

Viteza de sedimentare, în m/s:

$$v_s = \frac{Q_C}{A} \quad (6.34)$$

Cantitatea zilnică de materii reținute, în kg/zi:

$$N_p = Q_C \cdot C_{MTS} \cdot \left(1 - \frac{\eta_{MTS}}{100}\right) \quad (6.35)$$

în care:

Q_C este debitul de calcul;

C_{MTS} – cantitatea de materii în suspensie intrată în treapta mecanică;

η_{MTS} – eficiența de reținere a materiilor în suspensie, în %.

Volumul nămolului primar, în m³/zi:

$$V_{np} = \frac{N_p}{\gamma_{np}} \cdot \frac{100}{100 - \omega_p} \quad (6.36)$$

în care:

γ_{np} este greutatea specifică a nămolului primar (1008 ... 1200 kg/m³);

ω_p – umiditatea nămolului primar pompat continuu (95 ... 96 %).

Calculul decantoarelor primare orizontale radiale (Figura 5.25)

Volumul decantării primare, în m³:

$$V_o = Q_C \cdot t_d \quad (6.37)$$

în care:

Q_C este debitul de dimensionare al decantoarelor primare (tabelul 6.1);

t_d – timpul de trecere a apei prin decantor (tabelul 6.8).

Aria orizontală necesară, în m²:

$$A_0 = \frac{Q_c}{u} \quad (6.38)$$

în care:

Q_c este debitul de dimensionare al decantoarelor primare (tabelul 6.1);

u – viteza de sedimentare se stabilește în funcție de eficiența de sedimentare a suspensiilor și cantitatea de suspensii (Tabelul 6.9).

Adâncimea utilă, în m:

$$h_0 = u \cdot t_d \quad (6.39)$$

Respectând condițiile din tabelul 6.8 și diametrele de 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60 m, recomandate pentru decantoarele primare radiale sau folosind dimensiunile tip pentru aceste construcții (Tabelul 5.6), în funcție de valorile stabilite anterior, se va determina numărul decantoarelor radiale și caracteristicile acestora.

6.3 CALCULUL TREPTEI BIOLOGICE

Epurarea apelor uzate prin procedeul de activare presupune, din punct de vedere al procedurii, al exploatării și al eficienței economice următoarele cerințe legate de bazinul de activare:

- sporirea suficientă a biomasei, măsurată simplu prin cantitatea de substanță uscată a nămolului activ;
- agitarea intensă a amestecului apă uzată – nămol;
- aerarea suficientă pentru acoperirea consumului de oxigen și posibilitatea de reglare pentru adaptarea la diferitele moduri de exploatare și încărcare;
- viteze ale curentului deasupra radierului bazinului suficient de mari, cel puțin 15 cm/s la nămolul ușor și până la 30 cm/s la nămolul greu, pentru evitarea depunerilor;
- funcționarea uniform distribuită a instalației de aerare la diferite condiții de exploatare, posibilitatea de funcționare intermitentă pentru denitrificare;
- posibilitatea de adaptare a tuturor componentelor instalației la variațiile de debit afluent și a încărcării apei uzate;
- consum redus de energie pentru aerare, amestecare, agitare;
- costuri mici de construcție și exploatare;
- să nu apară incomodări prin miros, aerosoli, zgomot și vibrații;
- siguranță în exploatare.

Aceste cerințe pot fi îndeplinite prin diferite modalități de construcție, moduri de exploatare și sisteme de aerare. Pentru modul de exploatare trebuie stabilite bine condițiile de funcționare (aerobe, anoxice, anaerobe), și modul de parcurgere al bazinului, (parcurgere longitudinală, curgere în cascadă, recirculare).

Metoda de calcul prezentată parcurge practic o succesiune de etape care după finalizare, în funcție de situația dată se pot relua într-o nouă ipoteză:

1. Determinarea încărcării de bază a apelor uzate epurate mecanic;
2. Alegerea procedurii de epurare biologică: dacă se urmărește eliminarea azotului trebuie stabilit care procedeu se va aplica pentru nitrificare și denitrificare. Se poate opta între utilizarea unui selector pentru îmbunătățirea caracteristicilor

decantării sau un bazin anaerob pentru eliminarea biologică a fosforului, ambele prevăzându-se în varianta preconectată.

3. La instalațiile la care se prevede eliminarea azotului în baza bilanțului azotului se va determina masa nitratului supus denitrificării. Dacă nu trebuie respectată o valoare procentuală de eliminare a azotului ci trebuie respectată o concentrație, atunci concentrația în influent este de mai mare importanță;

4. Stabilirea capacității de denitrificare (C_D) dacă se prevede instalație pentru eliminarea nitraților;

5. În funcție de procedeul de denitrificare se va stabili volumul necesar de denitrificare din volumul bazinului de activare (V_D/V_{BA});

6. Se va determina vârsta nămolului (t_N) în funcție de procedeul de epurare ales. În cazul stabilizării aerobe comune a nămolului, vârsta nămolului se va stabili în funcție de temperatura determinată a apei de scurgere;

7. Dacă încărcările apei uzate impun necesitatea eliminării fosforului prin precipitare chimică, se va calcula balanța fosforului;

8. Stabilirea cantității de nămol rezultată din reducerea biologică a carbonului (N_{eC}) și precipitarea chimică a fosforului (N_{eP}) și determinarea producției totale de nămol (N_e);

9. Determinarea încărcării volumetrice (I_{OB}) și a încărcării organice (I_{ON}) a nămolului din bazinul de activare;

10. Calculul volumului bazinului de activare (V_{BA}) respectiv volumele necesare proceselor de nitrificare (V_N) și denitrificare (V_D);

11. Stabilirea cantității totale de oxigen (O_T) necesară aerării, a cantității de oxigen care trebuie introdusă în bazinul de activare (C_O) funcție de coeficientul α ($\alpha = 0,5 \dots 1,0$) și a debitului de aer (Q_{aer});

12. Stabilirea indicelui de nămol (ISV) prin luarea în considerare a caracteristicilor apei uzate, a configurării și a caracteristicilor de amestec a bazinului de activare cât și după caz a unui selector sau bazin de amestec anaerob preconectat;

13. Alegerea tipului de îngroșare (t_E) pentru decantarea secundară în funcție de procedeul adoptat și determinarea cantității de substanță uscată în nămolul depus la radier (C_{DS}) ca funcție de ISV și t_E ;

14. Calculul raportului de recirculare (R) funcție de concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat (C_N) și cantitatea de nămol recirculat (C_{SR}) și determinarea încărcării superficiale a decantoarelor (u_S);

15. Determinarea suprafeței orizontale a decantorului secundar (A) în funcție de încărcarea superficială (u_S);

16. Determinarea adâncimii (h) a decantorului secundar în funcție de adâncimile parțiale (h_1, h_2, h_3, h_4) ale zonelor funcționale;

17. Calculul volumului (V) bazinului de activare;

18. Stabilirea timpului efectiv de decantare (t_D) funcție de volumul de decantare (V) determinat;

19. Determinarea volumelor de nămol primar (V_{NP}) și în exces (V_{ex}) rezultat în urma procesului de epurare;

Parametrii de dimensionare se pot deduce din studiul pe model, experiență practică și determinării făcute la fața locului.

Cantitatea poluanților în influentul treptei biologice, în kg/zi:

$$C_x^M = C_x \cdot (1 - \eta_x) \quad (6.40)$$

în care:

- C_X^M este cantitatea de poluantul X după treapta mecanică;
 C_X – cantitatea de poluantul X care intră în stația de epurare;
 η_X – eficiența treptei mecanice funcție de poluantul X .

Concentrația totală de poluanți în influentul treptei biologice, în mg/l:

$$X^B = \frac{C_X^M}{Q_C} \quad (6.41)$$

în care:

- X^B este cantitatea de poluant X ;
 Q_C – debitul de calcul ($Q_{uz\ z\ i\ max}$);
 C_X^M – concentrația de poluantul X după treapta mecanică;

Balanța azotului reprezintă cantitatea totală de azot care trebuie eliminat din apa uzată prin procese de nitrificare – denitrificare și care se poate calcula cu relația [134]:

$$N_D = N_T^B - N_{orgE} - NH_{4E}^+ - NO_{3E}^- - N_{BM} \quad (6.42)$$

în care:

- N_D este cantitatea de azot care trebuie denitrificată, în kg/zi;
 N_T^B – azotul total intrat în treapta biologică;
 N_{orgE} – cantitatea totală de azot organic admisă în efluent ($N_{orgE} = 2\ mg/l$);
 NH_{4E}^+ – cantitatea de azot amoniacal admisă în efluent (de regulă pentru dimensionare se consideră $NH_{4E}^+ = 0$);
 NO_{3E}^- – cantitatea de nitrat admisă în efluent;
 N_{BM} – cantitatea de azot organic conținută de biomasă ($N_{BM} = 0,05 \cdot C_{CBOS}^M$).

La calculul balanțelor azotului și a fosforului se vor mai lua în considerare și azotul și fosforul conținuți de apa de nămol (cca. 10 % din cantitățile totale de azot și fosfor intrate în treapta biologică).

Capacitatea de denitrificare reprezintă raportul dintre cantitatea de azot care trebuie denitrificat și cantitatea de CBO_5 intrată în treapta biologică:

$$C_D = \frac{N_D}{C_{CBOS}^M} \quad (6.43)$$

în care:

- N_D este cantitatea de azot care trebuie denitrificată, în kg/zi;
 C_{CBOS}^M – cantitatea de CBO_5 intrată în treapta biologică, în kg/zi.

Raportul V_D/V_{BA} sau raportul dintre volumul de denitrificare și volumul total al bazinului de activare (la o temperatură situată între 10 – 12 °C) se stabilește pe baza tabelului 6.10, în funcție de capacitatea de denitrificare și procedeul de denitrificare ales. Pentru valori intermediare ale capacității de denitrificare, calculul raportului de volume se poate stabili prin interpolare.

Tabelul 6.10

V_D/V_{BA}	Capacitatea de denitrificare C_D	
	Predenitrificare sau procedee asemănătoare	Denitrificare simultană sau intermitentă
0,1	0,08	0,03
0,2	0,11	0,06
0,3	0,13	0,09
0,4	0,14	0,12
0,5	0,15	0,15

Vârsta nămolului reprezintă raportul dintre masa uscată a nămolului existent în bazinul de activare ($V_{BA} \times C_N$) și masa uscată a nămolului produs și îndepărtat ca medie zilnică.

Vârsta nămolului necesară pentru dimensionare, în zile, în concordanță cu obiectivul de epurare, temperatură și mărimea instalației de epurare se poate determina din tabelul 6.11 (valorile intermediare se vor estima).

Tabelul 6.11

Obiectivul de epurare	Mărimea instalației în funcție de CBO_5			
	până la 1200 kg/zi		peste 6000 kg/zi	
Temperatura de dimensionare	10 °C	12 °C	10 °C	12 °C
Fără nitrificare	5		4	
Cu nitrificare	10	8,2	8	6,6
V_D/V_{BA}	0,2	12,5	10,3	8,3
	0,3	14,3	11,7	9,4
	0,4	16,7	13,7	11,0
	0,5	20,0	16,4	13,2
Stabilizarea nămolului inclusiv eliminarea azotului	25		nerecomandat	

Instalațiile de activare fără nitrificare se vor dimensiona pentru vârsta nămolului cuprinsă între 4 și 5 zile.

La instalațiile de activare cu nitrificare, vârsta nămolului (aerobă) necesară dimensionării, în zile, se determină cu relația:

$$t_N = SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)} \quad (6.44)$$

în care:

SF este factor de siguranță care pentru o populație mai mică de 20.000 locuitori echivalenți, datorită variațiilor pronunțate ale încărcărilor influente, are valoarea $SF = 1,8$ iar pentru o populație mai mare de 100.000 locuitori echivalenți $SF = 1,45$, valorile intermediare se estimează;

3,4 – valoare care se compune din rata de creștere a bacteriilor reducătoare de azot (Nitrosomanas) la temperatura de 15 °C (2,13 zile) și un coeficient de 1,6 prin care se asigură o dezvoltare suficientă și o supraviețuire a nitrificanților în nămol;

T – temperatura la care se produce eliminarea azotului (conform legislației europene $T = 12$ °C).

La instalațiile prevăzute cu nitrificare și denitrificare, vârsta nămolului necesară dimensionării se calculează cu relația:

$$t_v = SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)} \cdot \frac{1}{(1 - V_D/V_{BA})} \quad (6.45)$$

Balanța fosforului reprezintă cantitatea de fosfor, în kg/zi, care trebuie eliminată din apa uzată prin precipitare chimică. Se poate determina cu relația [131]:

$$P_p = P_i - P_E - P_{BM} - P_{bio} \quad (6.46)$$

în care:

P_p este cantitatea de fosfor care trebuie precipitată pe zi;

P_i - cantitatea totală de fosfor care intră în treapta biologică;

P_E - cantitatea de fosfor admisă în efluent;

$P_{BM} = 0,01 \cdot CBO_5^B$ - fosforul redus biologic sau cantitatea de fosfor necesară dezvoltării biomasei (reprezintă 1 % din cantitatea de CBO_5 intrată în treapta biologică);

P_{bio} - cantitatea de fosfor eliminată biologic (0,01 ... 0,015 % din cantitatea de CBO_5 intrată în treapta biologică. Dacă se utilizează procedeul de predenitrificare sau denitrificare în cascadă $P_{bio} \leq 0,005 \cdot CBO_5$).

Nămolul rezultat în urma procesului de epurare cu nămol activat se compune din nămolul rezultat prin eliminarea compușilor organici și cel rezultat prin reducerea fosforului. Pentru determinarea producției de nămol, în kgSU/kg CBO_5 , rezultată din eliminarea carbonului se poate utiliza următoarea relație empirică și coeficienții Hartwig [140]:

$$N_{nc} = 0,75 + 0,6 \cdot \frac{MTS^B}{CBO_5^B} - \frac{0,8 \cdot 0,17 \cdot 0,75 \cdot t_N \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot t_N \cdot F_T} \quad (6.47)$$

în care:

F_T este factorul temperatură pentru respirația endogenă ($F_T = 1,072^{(T-15)}$).

Pentru calculul producției de nămol rezultată din eliminarea carbonului (în kgSU/kg CBO_5), la temperaturi între 10 °C și 12 °C, poate fi utilizat tabelul 6.12, în care valorile intermediare se vor aproxima.

Tabelul 6.12

$\frac{MTS^B}{CBO_5^B}$	Vârsta nămolului în zile					
	4	8	10	15	20	25
0,4	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
0,6	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
0,8	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
1	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
1,2	1,27	1,17	1,13	1,07	1,04	1,01

Producția de nămol rezultată din eliminarea fosforului reprezintă suma dintre cantitatea de nămol rezultată din reducerea biologică a fosforului și fosforul precipitat chimic. Prin eliminarea biologică a fosforului se obțin 3 g de substanță solidă pentru fiecare gram de fosfor eliminat. La precipitarea chimică, pentru eliminarea unui kilogram de fosfor, este necesară o doză de 2,7 kg fier sau 1,3 kg aluminiu iar cantitatea de nămol rezultată este de 2,5 kg SU pentru 1 kg fier sau 4 kg SU pentru 1 kg aluminiu. Dacă se utilizează varul ca reactiv de precipitare, atunci producția de nămol va fi de 1,35 kgSU/kg $Ca(OH)_2$.

Cantitatea de nămol rezultată în urma eliminării fosforului, în kgSU/kgCBO₅, se poate calcula cu relația 6.48, în care unul din ultimii doi termeni numărătorului este zero, funcție de tipul reactivului de precipitare utilizat.

$$N_{eP} = (3 \cdot P_{bio} + 2,7 \cdot 2,5 \cdot P_{PFe} + 1,3 \cdot 4 \cdot P_{PAI}) / CBO_5^B \quad (6.48)$$

în care:

N_{eP} este cantitatea de nămol rezultată din eliminarea fosforului;

P_{bio} – cantitatea de fosfor redusă biologic;

P_{PFe} – cantitatea de fosfor ce trebuie precipitată folosind un reactiv de precipitare pe bază de fier;

P_{PAI} – cantitatea de fosfor ce trebuie precipitată folosind un reactiv de precipitare pe bază de aluminiu.

Cantitatea de reactiv, în kg/zi, necesară precipitării chimice:

$$C_{RP} = P_p \cdot C_r \quad (6.49)$$

în care:

P_p este cantitatea de fosfor care trebuie precipitat;

C_r – doza de reactiv necesară precipitării (2,7 kg fier sau 1,3 kg aluminiu).

Producția specifică de nămol, în kgSU/kgCBO₅, reprezintă suma dintre cantitățile de nămol rezultate prin reducerea carbonului și fosforului.

$$N_s = N_{cC} + N_{eP} \quad (6.49)$$

Producția totală de nămol, în kgSU/zi, se poate determina cu următoarea relație:

$$N_e = N_s \cdot C_{CBO5}^M \quad (6.50)$$

Încărcarea volumetrică a nămolului din bazinul de activare, în kg/m³.zi, reprezintă cantitatea de substanță organică biodegradabilă dintr-un metru cub de bazin.

$$I_{OB} = \frac{C_N}{t_N \cdot N_s} \quad (6.51)$$

în care:

C_N este concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat (Tabelul 6.13).[130];

t_N – vârsta nămolului;

N_s – producția specifică de nămol.

Tabelul 6.13

Tipul epurării	C_N (kg/m ³)	
	cu decantare primară	fără decantare primară
Fără nitrificare	2,5 ... 3,5	3,5 ... 4,5
Cu nitrificare (și denitrificare)	2,5 ... 3,5	3,5 ... 4,5
Cu stabilizare de nămol	-	4,0 ... 5,0
Cu eliminarea fosforului (precipitare simultană)	3,5 ... 4,5	4,0 ... 5,0

Încărcarea organică a nămolului activat, în kg/kg.zi, reprezintă cantitatea de substanță organică biodegradabilă care revine unui kilogram de substanță uscată existentă în bazinul de activare:

$$I_{ON} = \frac{I_{OB}}{C_N} \quad (6.52)$$

Volumul bazinului cu nămol activat (nitrificare + denitrificare), în m³:

$$V_{BA} = \frac{CBO_5^p}{I_{OB}} \quad (6.53)$$

Volumul de denitrificare, în m³:

$$V_D = (V_D/V_{BA}) \cdot V_{BA} \quad (6.54)$$

Volumul de nitrificare, în m³:

$$V_N = V_{BA} - V_D \quad (6.55)$$

Volumul necesar reducerii biologice a fosforului, în m³ [170]:

$$V_{bioP} = Q_i \cdot (1 + R) \cdot t_p \quad (6.56)$$

în care:

$Q_t = Q_C/16$ este debitul zilnic maxim calculat la 16 ore;

$R = 0,78 \dots 1,0$;

$t_p = 0,75$ h – timpul necesar defosforizării.

Raportul de recirculare internă, conform ATV A 131/2000, pentru denitrificare se calculează cu relația:

$$R_i = \frac{N_D}{NO_{3E}^-} - 1 \quad (6.57)$$

în care:

N_D este cantitatea de azot care se denitrifică;

NO_{3E}^- - cantitatea de nitrat admisă în efluent.

Randamentul maxim al denitrificării, în %:

$$\eta_D = 1 - \frac{1}{1 + R_i} \quad (6.58)$$

Eficiența denitrificării funcție de raportul de recirculare internă R_i , poate fi stabilită pe baza tabelului 6.14. Valorile intermediare se pot estima prin interpolare liniară.

Tabelul 6.14

Raportul de recirculare internă	Eficiența denitrificării (%)
0,5	33
1,0	50
2,0	67
4,0	80

Atunci când se utilizează denitrificarea în cascadă, randamentul se determină pentru încărcarea x atribuită fiecărei trepte:

$$\eta_D = 1 - \frac{1}{x \cdot (1 + R_i)} \quad (6.59)$$

în care:
x este încărcarea atribuită fiecărei trepte.

Timpu *unui ciclu*, în ore, pentru denitrificarea intermitentă:

$$t_{ci} = \frac{V_{BA}}{Q_{ic\ orar\ max}} \cdot \frac{NO_{3E}^-}{N_D} \quad (6.60)$$

Oxigenul necesar pentru oxidarea compușilor carbonului, în kgO₂/zi, se calculează cu relația 6.61 și nu poate avea valoarea maximă de 1,6 kgO₂/kgCBO₅.

$$O_C = CBO_5^B \cdot \left(0,56 + \frac{0,15 \cdot t_N \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot t_N \cdot F_T} \right) \quad (6.61)$$

Oxigenul necesar pentru oxidarea compușilor azotului, pentru nitrificare se va considera un consum de oxigen de 4,3 kg O₂/kg N oxidat ținându-se cont și de metabolismul nitrificanților iar la denitrificare se consideră 2,9 kg O₂/kg N denitrificat:

$$O_N = 4,3 \cdot (N_D - NO_{3BA}^- + NO_{3E}^-) \quad (6.62)$$

$$O_D = 2,9 \cdot NO_{3E}^- \quad (6.63)$$

în care:

O_N este cantitatea de oxigen necesară nitrificării, în kgO₂/zi;

O_D - cantitatea de oxigen necesară denitrificării, în kgO₂/zi;

N_D - cantitatea de nitrat supusă denitrificării;

NO_{3BA}^- - cantitatea de nitrat la intrarea în bazinul de activare.

În calcul se adoptă $NO_{3BA}^- = 0$;

NO_{3E}^- - cantitatea de nitrat admisă în efluentul decantoarelor secundare.

Cantitatea totală de oxigen necesară aerării, kgO₂/h:

$$O_T = \frac{C_S}{C_S - C_X} \cdot \frac{(O_C - O_D) \cdot f_C + O_N \cdot f_N}{24} \quad (6.64)$$

în care:

C_S este concentrația oxigenului la saturație, în mg/l (Tabelul 6.15). [164];

C_X - cantitatea de oxigen în zona aerată a bazinului de activare ($C_X = 2$ mg/l);

f_C - factor tampon pentru eliminarea carbonului, reprezintă raportul dintre consumul de oxigen pentru eliminarea carbonului în ora de vârf și media zilnică a consumului de oxigen;

f_N - factor tampon pentru eliminarea azotului, este egal cu raportul încărcării TKN, ca vârf la 2 ore, și media încărcării la 24 ore.

Tabelul 6.15

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
C_S (mg/l)	11,6	12,8	11,3	10,2	9,2	8,4	7,6

Pentru bazinele aerate intermitent, cantitatea totală de oxigen necesară aerării, kgO₂/h, se va calcula cu relația:

$$O_T = \frac{C_s}{C_s - C_x} \cdot \frac{(O_C - O_D) \cdot f_C + O_N \cdot f_N}{24} \cdot \frac{1}{1 - (V_D/V_{BA})} \quad (6.65)$$

În tabelul 6.16 este prezentat consumul specific de oxigen în funcție de vârsta nămolului și diferite valori ale temperaturii. [134].

Tabelul 6.16

T (°C)	Vârsta nămolului în zile					
	4	8	10	15	20	25
10	0,85	0,99	1,04	1,13	1,18	1,22
12	0,87	1,02	1,07	1,15	1,21	1,24
15	0,92	1,07	1,12	1,19	1,24	1,27
18	0,96	1,11	1,16	1,23	1,27	1,30
20	0,99	1,14	1,18	1,25	1,29	1,32

Deoarece vârful consumului de oxigen pentru nitrificare apare înaintea vârfului consumului de oxigen pentru eliminarea carbonului, calculele prin relația 6.64 se vor face în două ipoteze: $f_C = 1$ și valoarea determinată pentru f_N și $f_N = 1$ și valoarea determinată pentru f_C . Se adoptă valoarea cea mai mare obținută pentru O_T .

Dacă nu se dispune de măsurători, pentru determinarea factorului tampon se poate folosi tabelul 6.17.

Tabelul 6.17

	Vârsta nămolului (t_N)					
	4	6	8	10	15	25
f_C	1,30	1,25	1,20	1,20	1,15	1,10
f_N pentru $CBO_5^B \leq 1200 \text{ kg/zi}$	-	-	-	2,5	2,0	1,5
f_N pentru $CBO_5^B > 6000 \text{ kg/zi}$	-	-	2,0	1,8	1,5	-

Cantitatea de oxigen care trebuie introdusă în bazinele de activare, în kgO_2/h :

$$C_o = \frac{O_T}{\alpha} \quad (6.66)$$

în care:

α - coeficient de transfer a oxigenului ($\alpha = 0,5 \dots 1,0$). [130].

Debitul de aer necesar, în m^3/h :

$$Q_{\text{aer}} = \frac{C_o \cdot 1000}{C \cdot (h_a - 0,15)} \quad (6.67)$$

în care:

C este capacitatea specifică de oxigenare ($C = 20 \text{ gO}_2/\text{m}^3 \cdot \text{m}$);
 h_a - adâncimea apei în bazinul de activare.

Lungimea de furtun necesară, în m:

$$M = \frac{Q_{\text{aer}}}{Q_f} \quad (6.68)$$

în care:

Q_f este debitul specific de aer pe metru de furtun ($Q_f = 3 \text{ m}^3/\text{h}$).

Indicele de nămol (ISV), în ml/g, reprezintă raportul dintre volumul de nămol activat (φ_s) și cantitatea de substanță uscată conținută de acesta (C_N). Modul de determinare al valorii φ_s este prezentat în figura 6.1.

$$ISV = \frac{\varphi_s \text{ (ml/l)}}{C_N \text{ (g/l)}} \quad (6.69)$$

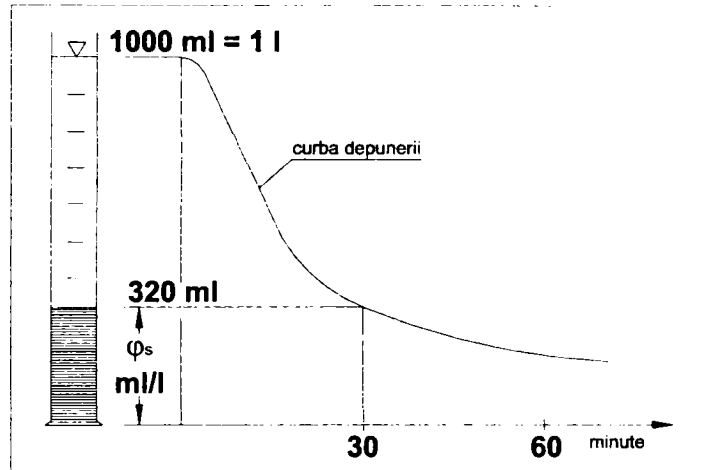


Figura 6.1 – Curba de depunere pentru nămolul activat

Indicele nămolului depinde de caracteristicile apei uzate și de caracteristicile de amestec din bazinul de activare. Pentru cantități mari de substanțe organice ușor biodegradabile vor rezulta indici ai nămolului ridicați.

Valorile minime ale indicelui de nămol pot fi aplicate dacă:

- se renunță la decantarea primară;
- se dispune de un selector sau un bazin de amestec anaerob preconnectat;
- bazinul de activare este dezvoltat în cascadă.

Dacă nu se dispune de date utilizabile se recomandă pentru dimensionare valorile din tabelul 6.18, date care corespund situațiilor critice de exploatare.

Tabelul 6.18

Tipul de epurare	ISV (l/kg)	
	Favorabil ($I_{ON} > 0,05$)	Nefavorabil ($I_{ON} \leq 0,05$)
Fără nitrificare	100 ... 150	120 ... 180
Cu nitrificare (și denitrificare)	100 ... 150	120 ... 180
Cu stabilizare de nămol	75 ... 120	100 ... 150

Indicele de nămol poate fi determinat și grafic, în funcție de concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat C_N , utilizând graficul din figura 6.2. [134]

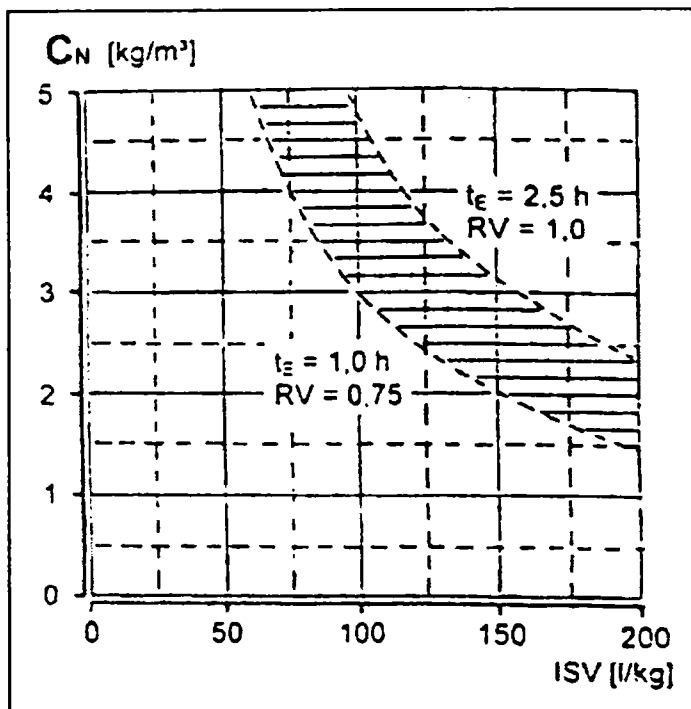


Figura 6.2 - Determinarea concentrației nămolului în bazinul de activare în funcție de ISV

Decantoarele secundare se dimensionează la debitul uzat maxim ($Q_C = Q_{uz\ z\ i\ max}$), la un timp de îngroșare a nămolului t_E (vezi tabelul 6.19) și o încărcare cu nămol a suprafeței decantării secundare $u_N \leq 500\ l/m^2 \cdot h$.

Tabelul 6.19

Tipul epurării	Timpul de îngroșare t_E în ore
Instalații de activare fără nitrificare	1,5 - 2,0
Instalații de activare cu nitrificare	1,0 - 1,5
Instalații de activare cu denitrificare	2,0 - (2,5)

Cantitatea de substanță uscată, în kg/m^3 , din nămolul depus pe radierul decantoarelor secundare:

$$C_{DS} = \frac{1000}{ISV} \cdot \sqrt[3]{t_E} \quad (6.70)$$

în care:

ISV este indicele nămolului (Tabelul 6.18);

t_E - timpul de decantare (Tabelul 6.19).

Cantitatea de substanță uscată poate fi calculată și grafic folosind figura 6.3. [134]

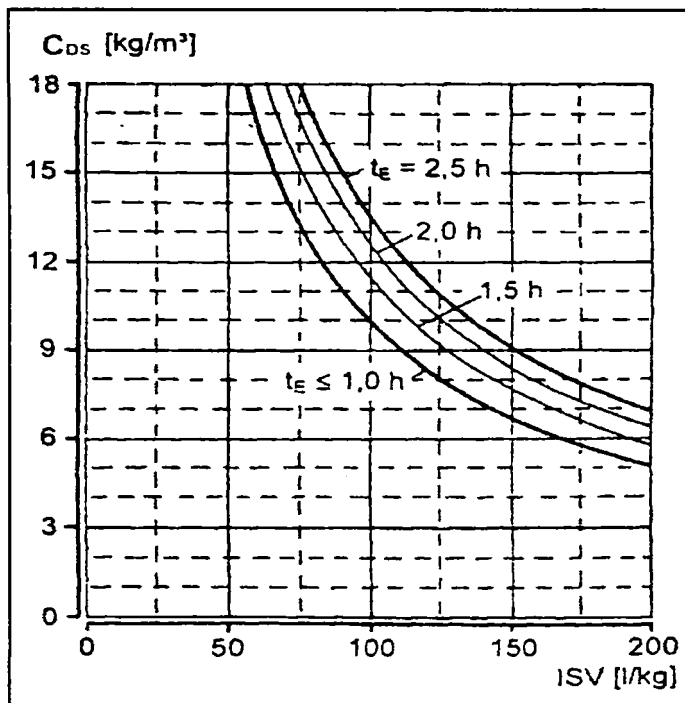


Figura 6.3 – Calculul grafic al cantității de substanță uscată din nămolul depus în decantorul secundar

Raportul de recirculare pentru dimensionarea decantării secundare se va considera de maxim $0,75 \cdot Q_C$ și se poate calcula cu următoarea relație:

$$RV = \frac{C_N}{C_{SR} - C_N} \quad (6.71)$$

în care:

C_N este concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat (tabelul 6.13);

$C_{SR} = 0,7 \cdot C_{DS}$ - cantitatea de substanță uscată recirculată se poate determina cu ajutorul figurii 6.4. [131]

Încărcarea superficială a decantoarelor, în m^3/h :

$$u_s = \frac{u_N}{C_N \cdot ISV} \quad (6.72)$$

în care:

u_N este încărcare cu nămol a suprafeței decantării secundare ($\leq 500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$).

Aria decantării secundare, în m^2 :

$$A_{DS} = \frac{Q_C}{u_s} \quad (6.73)$$

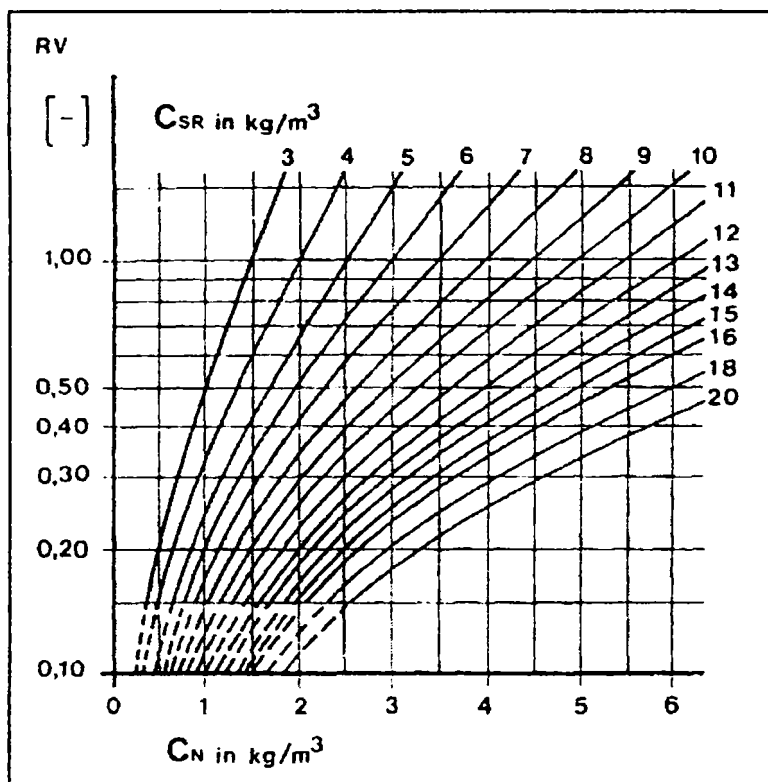


Figura 6.4 - Determinarea raportului de recirculare RV funcție de cantitățile de substanțe solide din nămolul recirculat C_{SR} și din bazinul de activare C_N

Adâncimea necesară decantării secundare se compune din 4 zone. Pentru decantoarele secundare orizontale radiale zonele de adâncime sunt schițate în figura 6.5. Aceste zone sunt similare și pentru decantoarele orizontale longitudinale.

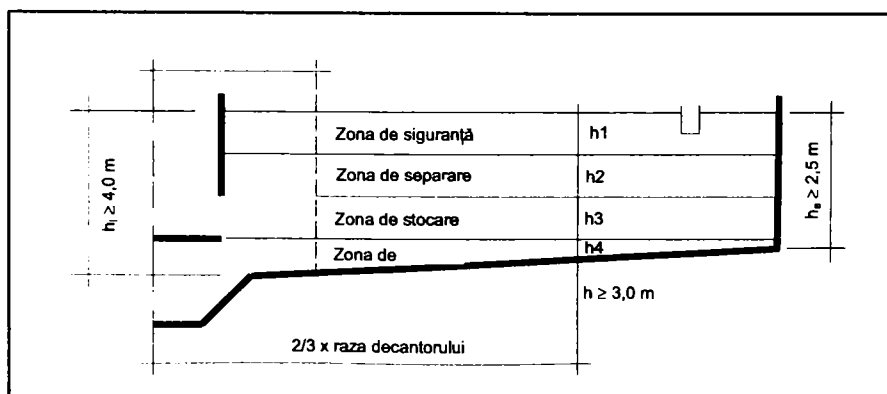


Figura 6.5 - Zonele de separare pentru decantoarele secundare radiale

- *zona cu apă limpezită* sau zona de siguranță cu o adâncime 0,5 m. Această zonă are rolul de a compensa efectele perturbatoare produse de vânt, diferență de densitate și încărcare superficială neuniformă. Zona de apă limpezită de regulă se află sub influența unor curenți de întoarcere.

$$h_1 = 0,5 \text{ m} \quad (6.74)$$

- *zona de separare* se va dimensiona astfel încât influentul incluzând debitul recirculat, raportat la volumul liber al apei să aibă un timp de parcurgere de minim 0,5 ore. De aici rezultă h_2 , în m:

$$h_2 = \frac{0,5 \cdot u_s \cdot (1 + RV)}{1 - (C_N \cdot ISV)/1000} \quad (6.75)$$

- *zona de stocare* datorită densității sale ridicate, se scufundă până la nivelul stratului de nămol depus și curge aici spre marginea exterioară a bazinului. Aici se realizează vitezele cele mai mari în bazin. În ea se va depune nămolul provenit de la bazinul de activare, chiar și la alegerea unui raport ridicat de recirculare.

Zona h_3 , în m, se va dimensiona astfel încât volumul de nămol provenit din apa uzată decantată timp de 1,5 ore, $(0,3 \cdot C_N \cdot ISV)$ cu o concentrație de 500 l/m^3 să poată fi stocat în ea. În acest timp nămolul activat se va considera uniform distribuit pe suprafața orizontală a bazinului. Adâncimea h_3 rezultă din relația:

$$h_3 = \frac{1,5 \cdot 0,3 \cdot u_N \cdot (1 + RV)}{500} \quad (6.76)$$

- *zona de îngroșare* este zona aflată la radier și în care are loc concentrarea nămolului activat depus. În această zonă ia naștere un start de nămol în care vitezele de curgere sunt foarte mici. În ipoteza unei distribuții uniforme a masei de nămol influentă în decantorul secundar, h_4 , în m, rezultă din relația:

$$h_4 = \frac{C_N \cdot u_s \cdot (1 + RV) \cdot t_E}{C_{DS}} \quad (6.77)$$

- adâncimea totală necesară decantării secundare h , în m, rezultă:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (6.78)$$

Volumul decantării secundare, în m^3 :

$$V_{DS} = A_{DS} \cdot h \quad (6.79)$$

Timpul de decantare efectiv, în ore:

$$t_d = \frac{V_{DS}}{Q_C} \quad (6.80)$$

6.4. CALCULUL LINIEI NĂMOLULUI

Cantitatea de nămol primar, în kg/zi:

$$N_p = Q_{uz \text{ max}} \cdot C_{MIS} \cdot (1 - \eta_{MIS}) \quad (6.81)$$

Volumul nămolului primar, în m^3 /zi:

$$V_{np} = \frac{N_p}{\gamma_{np}} \cdot \frac{100}{100 - \omega_p} \quad (6.82)$$

în care:

γ_{np} este greutatea specifică a nămolului primar ($1008 \dots 1200 \text{ kg/m}^3$);

ω_p – umiditatea nămolului primar ($95 \dots 96 \%$).

Cantitatea de nămol în exces, în kgSU/zi:

$$N_{\alpha} = N_s \cdot C_{CBOS}^M \quad (6.83)$$

Volumul nămolului în exces, în m³/zi:

$$V_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{\gamma_{\alpha}} \cdot \frac{100}{100 - \omega_{\alpha}} \quad (6.84)$$

în care:

g_{ex} este greutatea specifică a nămolului în exces (1001 kg/m³);

w_{ex} – umiditatea nămolului în exces (99 ... 99,3 %).

Volumul nămolului în exces concentrat 6 % ($\omega_{exC} = 94$ %), în m³/zi:

$$V_{\alpha}^c = \frac{N_{\alpha}}{\gamma_{\alpha}} \cdot \frac{100}{100 - \omega_{\alpha C}} \quad (6.85)$$

Cantitatea totală de nămol, în kg/zi:

$$N_T = N_p + N_{\alpha} \quad (6.86)$$

Volumul total de nămol primar și în exces, în m³/zi:

$$V_T^c = V_{np} + V_{\alpha}^c \quad (6.87)$$

Volumul îngroșătorului de nămol, în m³:

$$V_i = Q_{ne} \cdot t_i \quad (6.88)$$

în care:

Q_{ne} este debitul de nămol în exces 2 .. 3 % din $Q_{uz\ zi\ max}$. [48], [64];

$t_i = 6$ ore – timpul de îngroșare

Aria de îngroșare necesară, în m²:

$$A_i = \frac{Q_{ne}}{u} \quad (6.89)$$

în care:

u este încărcarea de suprafață cu valori de 0,5 m³/m².h pentru concentrații a nămolului de 0,2 ... 3,0 kg/m³ sau 0,3 m³/m².h pentru concentrații a nămolului de 5,0 ... 8,0 kg/m³. [48].

Înălțimea de îngroșare necesară, în m:

$$H = \frac{V_i}{A_i} \quad (6.90)$$

Pe baza figurii 5.30 și a dimensiunilor tip din tabelului 5.7 se stabilesc caracteristicile geometrice ale bazinului de îngroșare.

Durata între două evacuări, în ore:

- la decantoarele radiale corespunde unei durate de parcurs complete a raclorului

$$t_{ev} = \frac{\pi \cdot D}{v_p} \quad (6.91)$$

în care:

D este diametrul decantorului, în m;

v_p - viteza podului raclor, ≈ 2 rotații/minut.

- la decantoarele longitudinale

$$t_{ev} = \frac{l}{v_p} + \frac{l}{v_{pr}} + t_r \quad (6.92)$$

în care:

l este lungimea decantoarelor, în m;

v_{pr} - viteza de revenire a lamei racloare în poziția inițială, în m/h;

t_r - timpul de ridicare și coborâre a lamei, în m.

Debitul de nămol evacuat, în m³/h:

- decantoare radiale

$$Q_{nev} = \frac{h_{lr} \cdot v_{pr} \cdot D}{4 \cdot f_E} \quad (6.93)$$

în care :

h_{lr} este înălțimea lamei racloare (conf. tabel 6.20);

v_{pr} - viteza podului raclor (conf. tabel 6.20);

f_E - factorul de evacuare care reprezintă raportul dintre volumul teoretic și practic evacuat din sistem (conform tabelului 6.20);

D - diametrul decantorului, în m.

Tabelul 6.20

Sistem de evacuare cu raclor	Notație	U.M.	Decantoare radiale	Decantoare longitudinale	
			raclor	raclor	bandă
Înălțimea lamei racloare	h_{lr}	m	0,4...0,6	0,4...0,9	0,15...0,30
Viteza podului raclor	v_{pr}	m/h	72...144	≤ 108	36...108
Factor de evacuare	f_E	-	1,5	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$

- decantoare longitudinale

$$Q_{nev} = \frac{h_{lr} \cdot b_{lr} \cdot l_{lr}}{t_E \cdot f_E} \quad (6.94)$$

în care:

h_{lr} este înălțimea lamei racloare;

b_{lr} - lățime lamă racloare, la decantoare cu pereți verticali se consideră egală cu lățimea bazinului;

l_{lr} - distanța de la lama racloare până la punctul de absorbție a nămolului, se consideră de aproximativ $1,5 \times h_{lr}$.

f_E - factorul de evacuare care reprezintă raportul dintre volumul teoretic și practic evacuat din sistem ;

t_E - timpul de evacuare ;

Umiditatea medie ponderată a nămolului amestecat, în %:

$$U = \frac{V_{np} \cdot \omega_p + V_{\alpha}^c \cdot \omega_{\alpha c}}{V_T^c} \quad (6.95)$$

Cantitatea de substanță volatilă, în kg/zi:

$$C_{sv} = 0,7 \cdot N_T \quad (6.96)$$

Volumul necesar fermentării metanice, în m³:

$$V_M = \frac{C_{sv}}{I_{OS}} \quad (6.97)$$

în care:

I_{OS} este încărcarea organică a nămolului (2 ... 3 kg/m³.zi).

Timpul de fermentare, în zile:

$$t_f = \frac{V_M}{V_T^c} \quad (6.98)$$

Cantitatea de substanță uscată, în kg/zi:

$$N_f = (1 - L_f) \cdot C_{sv} + 0,3 \cdot N_T \quad (6.99)$$

în care:

L_f este limita de fermentare (40 – 50 %).

Umiditatea nămolului fermentat, în %:

$$U_{nf} = \frac{N_f}{\delta_{nf}} \cdot \frac{100}{V_T^c} \quad (6.100)$$

în care:

$\delta_{nf} = 1010 \text{ kg/m}^3$ este greutatea specifică a nămolului fermentat.

Cantitatea de gaz fermentat, în m³/zi:

$$C = C_G \cdot C_{sv} \quad (6.101)$$

în care:

C_G este volumul de gaz rezultat dintr-un kilogram de substanță volatilă (0,5 m³/kg).

Producția efectivă de biogaz, în m³/zi:

$$C_b = 0,85 \cdot C \quad (6.102)$$

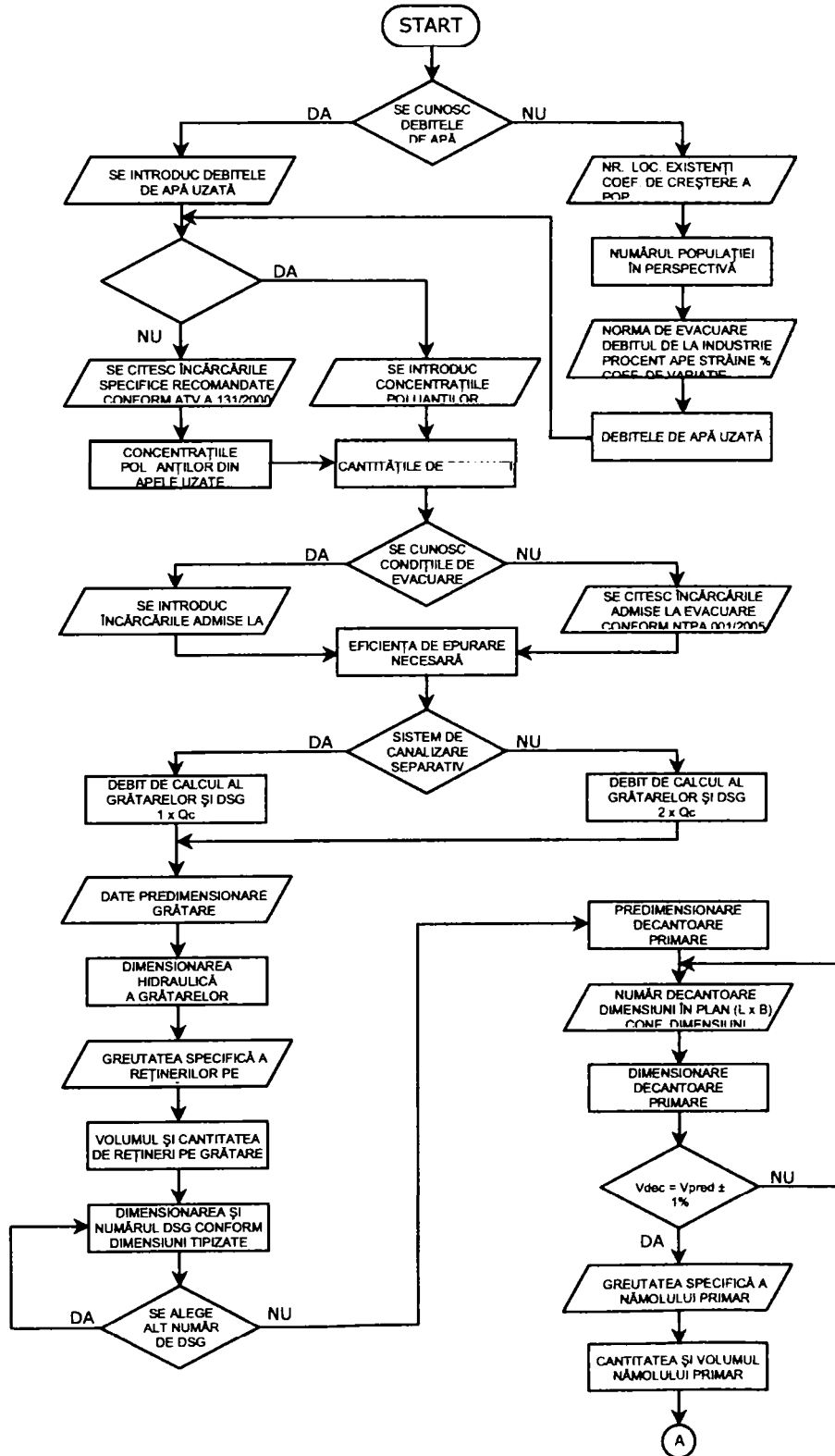
Volumul gazometrului, în m³:

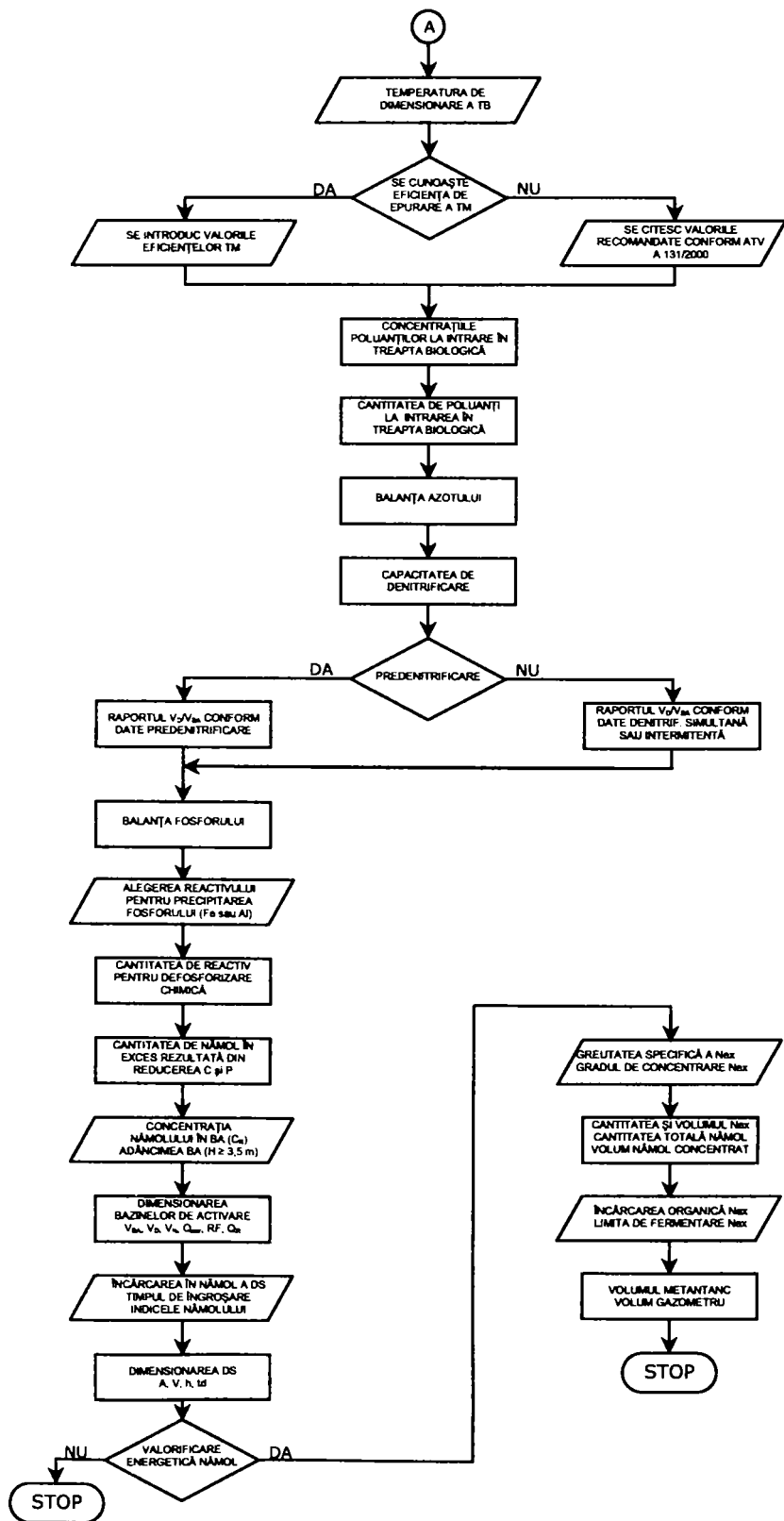
$$V_G = (0,25 \dots 0,40) \cdot C_b \quad (6.103)$$

6.5. PROGRAM DE CALCUL PENTRU DIMENSIONAREA HIDRAULICĂ A OBIECTELOR DIN LINIA TEHNOLOGICĂ DE EPURARE

Pentru o mai ușoară utilizare, a modul de dimensionare prezentat la punctul 6.4 s-a transpus în programul Microsoft Excel, rezultând posibilitatea de dimensionare hidraulică rapidă a obiectelor componente din linia tehnologică de epurare. Cu ajutorul programului de calcul realizat, s-a făcut dimensionarea hidraulică a obiectelor stațiilor de epurare Pitești și Brașov, iar verificarea acestui program s-a realizat pe stația de epurare a localității Graz – Austria, comparând rezultatele obținute cu cele rezultate din dimensionarea stației de epurare Graz [72].

Schema logică a programului de calcul este prezentată în cele ce urmează:





CAP. 7. STUDII DE CAZ

7.1. STAȚIA DE EPURARE PITEȘTI

Pentru exemplificare se consideră stația de epurare din municipiul Pitești, stație amplasată pe malul drept al râului Argeș care are și rol de emisar. Populația orașului Pitești în anul 2000 era de circa 190.000 locuitori iar în anul 2025 se estimează că aceasta va ajunge la 245.000 locuitori. Compoziția apelor uzate la intrarea și ieșirea din stație, pentru principalii indicatori, este redată în tabelul 7.1. [153].

Tabelul 7.1

Caracteristici	U.M.	2000 (valori măsurate)	2025 (valori estimate)	Valori admise (conform acordului de gospodărirea apelor)
$Q_{uz\ zi\ max.}$	l/s	2050	2250	-
MTS	mg/l	112	180	25
CBO ₅	mg/l	121	210	20
N _{total}	mg/l	25	30	1
P _{total}	mg/l	2,32	2,4	0,1

La ora actuală funcționarea stației este deficitară, neasigurându-se o epurare corespunzătoare conform cerințelor actuale de protecția mediului, conducând la impurificarea emisarului din care la 60 km aval, prin priza Ogrezeni, se captează apă pentru alimentarea Bucureștiului.

7.1.1. SITUAȚIA ACTUALĂ A STAȚIEI DE EPURARE

În figura 7.1 este prezentată schema tehnologică actuală a stației de epurare din Pitești.

Treapta mecanică este alcătuită din:

- 4 grătare rare de tip plan cu curățire mecanică;
- 2 grătare dese de tip plan cu curățire mecanică;
- 4 grătare dese de tip curb curățite mecanic;
- deznisipatoare longitudinale cu evacuarea nisipului prin intermediul instalațiilor cu airlift care deversează într-un jgheab lateral;
- canale de măsură debite, de tip Parshall;
- 4 separatoare de grăsimi cu evacuarea hidraulică a grăsimilor într-un puț colector de formă cilindrică;
- 3 decantoare primare radiale.

La intrarea în stație există o stație de pompare și două bazine de retenție pentru ape pluviale.

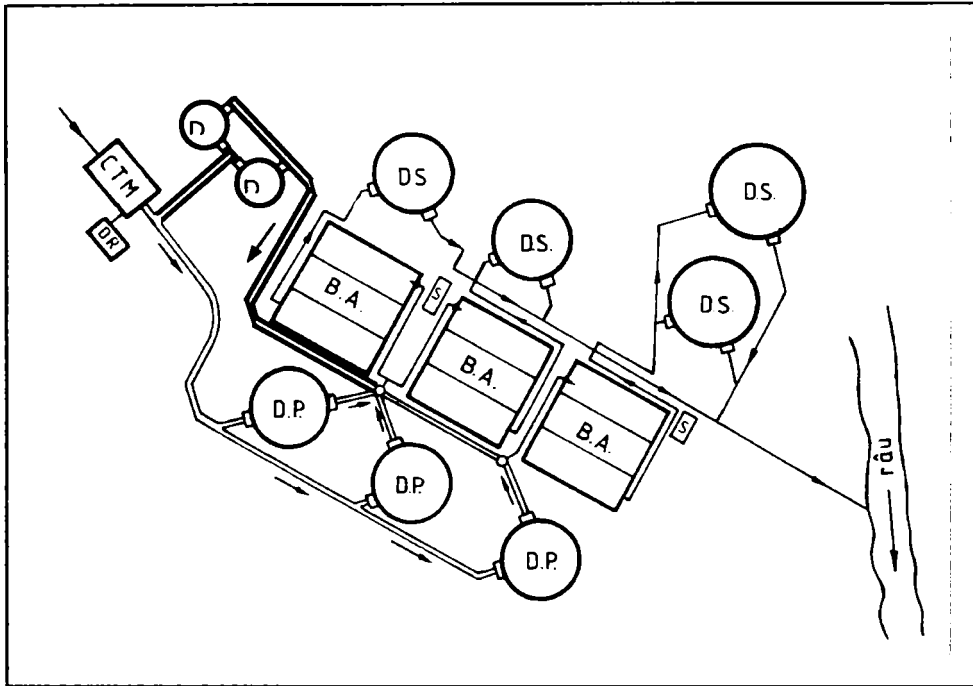


Figura 7.1 – Schema tehnologică a stației de epurare din Pitești – situația actuală. CTM – construcție treaptă mecanică; DP – decantor primar; BA – bazin de aerare; DS – decantor secundar.

Treapta biologică cuprinde următoarele obiecte:

- 3 bazine cu nămol activ. Distribuirea nămolului în exces se face la capătul amonte al fiecărui bazin, iar aerarea bazinelor se face prin insuflare de aer cu bule medii prin țevi, submersate la 0,8 m, prevăzute cu orificii cu $\phi = 2,5$ mm;
- 4 decantoare secundare radiale din care apa se varsă direct în emisar;
- 3 stații de pompare a nămolului activ de recirculare și în exces;
- instalație de aer sub presiune prevăzută cu 2 + 1 ventilatoare;
- colector pentru evacuarea apelor epurate.

Linia nămolului este prevăzută cu următoarele obiecte tehnologice:

- stație de pompare pentru nămolul primar brut cu (3+1) pompe cu ax orizontal montate în cameră uscată și (1+1) pompe montate în cameră umedă;
- îngroșător pentru nămolul primar;
- stație de pompare pentru nămolul îngroșat (1+1) pompe;
- îngroșătoare pentru nămolul în exces, în număr de 3 bucăți;
- stație de pompare pentru nămolul biologic în exces îngroșat;
- 6 metantancuri pentru fermentare mezofilă;
- îngroșătoare pentru nămolul fermentat 2 bucăți;
- stație de pompare pentru nămolul fermentat îngroșat (2+1) pompe cu ax orizontal;
- hală de condiționare chimică și deshidratare mecanică a nămolului, prevăzută cu instalații pentru prepararea și dozarea reactivilor. Deshidratarea mecanică a nămolului fermentat se face cu ajutorul filtrelor presă. Aceste instalații sunt nefuncționale;
- haldă de nămol deshidratat;

- platforme de uscare a nămolului;
- gazometre în număr de 4 bucăți.

În incinta stației mai există și construcții auxiliare: centrală termică pe biogaz, grupul de exploatare, atelier mecanic, posturi de transformare, drumuri și alei.

7.1.2. RETEHNOLOGIZAREA STAȚIEI DE EPURARE

Având în vedere situația actuală a stației de epurare din Pitești și ținând cont de normele de protecția mediului impuse de NTPA – 001/2005, se propune realizarea unei scheme de epurare mecano – biologică cu nitrificare – denitrificare – defosforizare și prelucrarea nămolului și a biogazului.

Fluxul tehnologic va conține:

- treaptă de epurare mecanică (grătare mecanizate, site, deznisipatoare cuplate cu separatoare de grăsimi, decantoare primare);
- treaptă de epurare biologică (defosforizare biologică sau chimică, bazine cu nămol activat și aerare cu bule fine, decantoare secundare);
- stații de pompare a nămolului recirculat și în exces;
- stație de suflante;
- linia de prelucrare a nămolului (construcții pentru concentrarea nămolului primar și a celui în exces, fermentarea și deshidratarea mecanică a nămolului, prelucrarea biogazului).

În cadrul re tehnologizării se propune construirea unei noi trepte de curățire mecanică cu capacitatea de 2700 l/s, împărțită în 4 sublinii, fiecare alcătuită din grătar, sită și deznisipator cuplat cu separator de grăsimi.

Grătarele vor fi în număr de patru, cu fante de 20 mm, curățate mecanic și construite din materiale cu rezistență mare la coroziune.

Sitele prevăzute vor fi automate de tip NSI, din oțel inox și amplasate după grătare.

Deznisipatoarele cuplate cu separatoare de grăsimi aerate vor fi în număr de patru. Aceste instalații compacte dispun fiecare de o suflantă proprie care asigură aerul comprimat.

Grătarele, sitele, DSG cât și suflantele care deservesc DSG vor fi amplasate într-o clădire închisă.

În cazul stației de epurare de la Pitești reducerea fosforului se poate face atât pe cale biologică cât și pe cale chimică.

Defosforizarea biologică poate fi făcută în decantoarele primare prin modificarea acestora, transformând și echipând podurile racloare cu mixere pentru defosforizare. (Figura 7.2).

Defosforizarea chimică se poate face prin reactivi chimici cum ar fi clorura ferică (FeCl_3) și sulfatul de aluminiu ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). În acest caz se păstrează decantoarele primare cu funcția lor inițială, urmând a se introduce reactivul de precipitare în canalele de distribuție a apei uzate la deznisipatoarele orizontale și a polimerilor înainte de decantoarele primare.

În cazul defosforizării chimice în clădirea ce acoperă linia mecanică se vor amenaja instalațiile pentru dozarea clorurii ferice și a polimerilor.

Procesele de nitrificare – denitrificare se pot desfășura simultan sau separat de defosforizare.

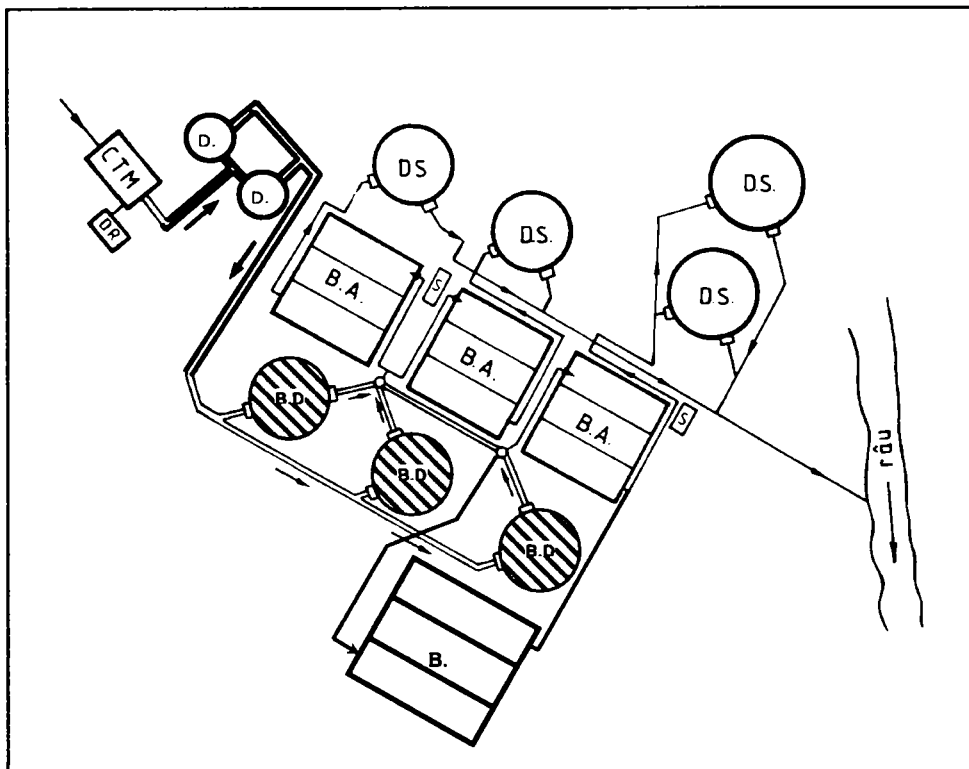


Figura 7.2 – Schema tehnologică a stației de epurare din Pitești cu nitrificare – denitrificare și defosforizare biologică. CTM – construcție treaptă mecanică; BD – bazin defosforizare chimică; BA – bazin de aerare; DS – decantor secundar.

În urma calculului făcute în funcție de temperatura la care au loc procesele de nitrificare – denitrificare, au rezultat diferite volume necesare acestor procese.

La temperatura de 12 °C rezultă un volum necesar de 56.473 m³. Folosindu-se actualele bazine de aerare reamenajate, care au un volum de 42.000 m³, rezultă că pentru t = 12 °C este necesar un volum suplimentar de 14.473 m³.

Actualele bazine de aerare se vor reamenaja prin introducerea sistemului de aerare cu bule fine și se va construi un bazin de aerare suplimentar de 14.500 m³ (Figura 7.2).

În cazul în care nitrificarea – denitrificarea și defosforizarea au loc simultan, acestea vor avea loc în actualele bazine de aerare și într-un bazin de aerare suplimentar de 14.500 m³, prin funcționarea simultană sau alternativă.

Funcționarea simultană se poate realiza în cele trei spații distincte ale fiecărui bazin de aerare realizându-se astfel zonele aerobe, anaerobe și anoxice.

Funcționarea alternativă se poate realiza prin insuflare de aer cu bule fine timp de trei ore în bazinele prevăzute, după care aerarea se va opri de o oră, timp în care vor funcționa mixerele pentru crearea zonelor anaerobe și anoxice. Procesul se va repeta astfel încât pe parcursul unei zile vor exista 18 ore de funcționare cu o perioadă de staționare de 6 ore.

În cazul prezentei stației de epurare, defosforizarea chimică este mai avantajoasă din punct de vedere economic și tehnic, nefiind nevoie de construcții sau amenajări suplimentare de bazine.

Apa provenită din bazinele de aerare se dirijează către decantoarele secundare care vor fi renovate iar pentru creșterea eficienței acestea vor fi dotate cu lalele „Coandă” și țevi de evacuare submersibile.

Nămolul rezultat în treapta primară și nămolul în exces din treapta biologică vor fi trimise spre îngroșătoarele mecanice. După îngroșare acestea se vor amesteca și pompa la instalații de preîncălzit înaintea introducerii lor în metantancuri. Nămolul fermentat se tratează cu soluție de polielectroliți și apoi se deshidratează mecanic cu presă melc până la obținerea unei concentrații de 24 – 28 % substanță uscată. Nămolul deshidratat se depozitează în containere și se va transporta la locul de depozitare.

Instalațiile de deshidratare și îngroșare mecanică se vor amplasa în hala de deshidratare mecanică existentă.

Introducerea deshidratării mecanice este soluția tehnologică pentru eliminarea platformelor de uscare care sunt o soluție inefficientă, poluantă și depășită moral.

Metantancurile existente vor fi retehnologizate în vederea fermentării de nămoluri cu un conținut de 3 – 6 % substanță uscată, mixării continue a conținutului, funcționării automate, creșterii producției de biogaz. Biogazul rezultat va fi stocat în gazometre de unde se va folosi pentru producerea de energie electrică și termică.

7.1.3. BREVIAR DE CALCUL STAȚIE DE EPURARE PITEȘTI

Pe baza datelor de intrare, folosind programul de dimensionare, au rezultat următoarele caracteristici pentru obiectele proiectate ale stației de epurare Pitești:

BREVIAR DE CALCUL

1. Determinarea numărului de locuitori echivalenți

Numărul de locuitori existenți în prezent	=	<input type="text" value=""/>	loc.
Procentul mediu de creștere a populației	=	<input type="text" value=""/>	%
Numărul de ani pentru care se proiectează lucrările	=	<input type="text" value=""/>	ani
Cantitatea de CBO5 estimată a proveni de la activitățile industriale	=	<input type="text" value=""/>	kg/zi
Numărul de locuitori rezultați pentru etapa de perspectivă	=	<input type="text" value=""/>	loc.
Numărul de locuitori echivalenți	=	<input type="text" value="680400"/>	loc.

2. Debite specifice

Norma de evacuare	=	<input type="text" value=""/>	l/or. zi
Debitul de ape uzate provenit de la activitățile industriale	=	<input type="text" value=""/>	l/s
Procentul de ape străine ajunse în rețeaua de canalizare	=	<input type="text" value=""/>	%
Debitul uzat zilnic maxim	<input type="text" value="2250"/> l/s = <input type="text" value="8100"/> mc/h	=	<input type="text" value="194400"/> mc/zi
Debitul uzat orar maxim	<input type="text" value="2700"/> l/s = <input type="text" value="9720"/> mc/h	=	<input type="text" value="233280"/> mc/zi
Debitul uzat minim	<input type="text" value="1688"/> l/s = <input type="text" value="6077"/> mc/h	=	<input type="text" value="145843"/> mc/zi

3. Încărcările apelor uzate

Cantitatea de MTS admisă la evacuare	=	<input type="text" value="25"/>	mg/l
Cantitatea de CBOs admisă la evacuare	=	<input type="text" value="20"/>	mg/l
Cantitatea de N_{total} admisă la evacuare	=	<input type="text" value="2"/>	mg/l
Cantitatea de P_{total} admisă la evacuare	=	<input type="text" value="0,1"/>	mg/l
Concentrația de MTS la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="180"/>	mg/l
Concentrația de CBOs la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="210"/>	mg/l
Concentrația de N_{total} la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="30"/>	mg/l
Concentrația de P_{total} la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="2,4"/>	mg/l
Cantitatea totală de MTS intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="34992"/>	kg/zi
Cantitatea totală de CBOs intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="40824"/>	kg/zi
Cantitatea totală de N_{total} intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="5832"/>	kg/zi
Cantitatea totală de P_{total} intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="466,56"/>	kg/zi

4. Eficiențe de epurare necesare

4.1 Gradul de epurare necesar funcției de MTS	=	<input type="text" value="86,1"/>	%
4.2 Gradul de epurare necesar funcției de CBOs	=	<input type="text" value="90,5"/>	%
4.3 Gradul de epurare necesar funcției de N_{total}	=	<input type="text" value="93,3"/>	%
4.4 Gradul de epurare necesar funcției de P_{total}	=	<input type="text" value="95,8"/>	%

5. Dimensionarea grătarelor dese

Tipul sistemului de canalizare:	SISTEM DE CANALIZARE UNITAR SAU MIXT
Debitul de calcul al grătarelor: $Q_c = n \times Q_{izolat\ max}$	= <input type="text" value="5400"/> l/s
Debitul de verificare: $Q_v = Q_{total}$	= <input type="text" value="1688"/> l/s

5.1 Caracteristici geometrice și hidraulice ale grătarelor

Viteza apei printre barele grătarului	=	<input type="text" value="1"/>	m/s
Numar grătare	=	<input type="text" value="4"/>	buc.
Lățime canal/grătar	=	<input type="text" value="1,2"/>	m
Distanța între barele grătarului sau mărimea ochiurilor	=	<input type="text" value="20"/>	mm

Grosimea barelor grătarului	=	<input type="text" value="5"/>	mm
Viteza apei înainte de grătar	=	<input type="text" value="0,9"/>	m/s
Unghiul de înclinare al grătarului	=	<input type="text" value="70"/>	°
Aria secțiunii de trecere a apei/grătar (A)	=	<input type="text" value="1,35"/>	mp
Pierderea de sarcină printre barele grătarului (h)	=	<input type="text" value="0,04"/>	m
Înălțimea apei în canalul amonte (H _a)	=	<input type="text" value="1,13"/>	m
Înălțimea camerei grătarului în amonte (H _{am})	=	<input type="text" value="1,63"/>	m
Înălțimea camerei grătarului în aval (H _{av})	=	<input type="text" value="1,67"/>	m

5.2 Reținerile pe grătare

Greutatea specifică a reținerilor umede	=	<input type="text" value="950"/>	kg/mc
Greutatea specifică a reținerilor uscate	=	<input type="text" value="1600"/>	kg/mc
Volumul zilnic de rețineri pe grătar (V _r)	=	<input type="text" value="9,32"/>	mc/zi
Cantitatea zilnică de rețineri umede (G _r)	=	<input type="text" value="8854,00"/>	kg/zi
Volumul zilnic de substanță uscată reținută cu w = 80 % (V _{ru})	=	<input type="text" value="1,86"/>	mc/zi
Cantitatea zilnică de substanță uscată reținută (G _{ru})	=	<input type="text" value="2982,40"/>	kg/zi

6. Dimensionarea deznisipatoarelor cuplate cu separatoare de grăsimi

Debit de calcul deznisipator	=	<input type="text" value="5400"/>	l/s
Debit de calcul separator	=	<input type="text" value="2250"/>	l/s
Debit de verificare deznisipator	=	<input type="text" value="1688"/>	l/s
Debit de verificare separator	=	<input type="text" value="2700"/>	l/s
Număr deznisipatoare cuplate cu separatoare de grăsimi	=	<input type="text" value="4"/>	buc.
Debit deznisipator	=	<input type="text" value="1300"/>	l/s
Lățime deznisipator cuplat cu separator de grăsimi (B)	=	<input type="text" value="5200"/>	mm
Lungime deznisipator L _{oz}	=	<input type="text" value="29000"/>	mm
Adâncimea apei în deznisipator H _{oz}	=	<input type="text" value="5450"/>	mm
Înălțimea totală a deznisipatorului (H)	=	<input type="text" value="6050"/>	mm
Volumul bazin deznisipator V _{oz}	=	<input type="text" value="400,6"/>	mc
Volumul bazin separator V _{sc}	=	<input type="text" value="251,9"/>	mc
Arie deznisipator (A _{oz})	=	<input type="text" value="150,8"/>	mp
Încărcarea superficială pentru Q _{uz or max}	=	<input type="text" value="0,009"/>	mm/s
Încărcarea superficială pentru Q _{uz zi max}	=	<input type="text" value="0,0037"/>	mm/s
Timpul de staționare a apei în bazin	=	<input type="text" value="8,1"/>	min.
Debit de aer (1 mc aer/mc bazin)	=	<input type="text" value="652,5"/>	mc/h
Cantitatea de nisip reținută în deznisipatoare	=	<input type="text" value="3,7282"/>	mc/zi

7. Dimensionarea decantoarelor primare orizontale longitudinale

Timpul de decantare (t _d)	=	<input type="text" value="0,5"/>	ore
Viteza de curgere a apei prin decantor (v _d)	=	<input type="text" value="10"/>	mm/s
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul MTS	=	<input type="text" value="45"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul CBO5	=	<input type="text" value="17"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul Ntotal	=	<input type="text" value="9"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul Ptotal	=	<input type="text" value="8"/>	%

7.1 Predimensionarea decantoarelor primare

Debitul de calcul (Q _c = Q _{uz zi max})	=	<input type="text" value="8100"/>	mc/h
--------------------------------------------------------------	---	-----------------------------------	------

Concentrația inițială a suspensiilor	=	<input type="text" value="180"/>	mg/l
Încărcarea de suprafață (u)	=	<input type="text" value="2,3"/>	mc/mp.h
Volumul de decantare la t_d ales este ($V_d = Q_c \times t_d$)	=	<input type="text" value="4050"/>	mc
Aria secțiunii orizontale a decantoarelor ($A_o = Q_c/u$)	=	<input type="text" value="3522"/>	mp
Aria secțiunii transversale ($A_{tr} = Q_c/v_o$)	=	<input type="text" value="810"/>	mp
Înălțimea utilă a decantoarelor ($h_u = u \times t_d$)	=	<input type="text" value="1,2"/>	m
Lungimea decantoarelor ($L = v_o \times t_d$)	=	<input type="text" value="18"/>	m

7.2 Dimensionarea decantoarelor primare

Numărul de compartimente (n)	=	<input type="text" value="4"/>	buc
Lățimea unui compartiment (b_1)	=	<input type="text" value="8"/>	m
Lungimea unui compartiment (L)	=	<input type="text" value="45"/>	m
Înălțimea utilă (h_u)	=	<input type="text" value="2,8"/>	m
Înălțimea totală (h_t)	=	<input type="text" value="3,8"/>	m
Aria orizontală a unui compartiment (A_{o1})	=	<input type="text" value="360"/>	mp
Aria transversală a unui compartiment (A_{tr1})	=	<input type="text" value="22,4"/>	mp
Aria orizontală totală (A)	=	<input type="text" value="1440"/>	mp
Volumul util a unui compartiment (V_{u1})	=	<input type="text" value="1008"/>	mc
Volumul total de decantare (V)	=	<input type="text" value="4032"/>	mc
Timpu de decantare efectiv	=	<input type="text" value="0,5"/>	ore
Viteza de sedimentare (v_s)	=	<input type="text" value="2,8"/>	m/h

7.3 Nămolul primar rezultat

Greutatea specifică a nămolului	=	<input type="text" value="1008"/>	kg/mc
Cantitatea zilnică de depuneri (N_p)	=	<input type="text" value="15746,4"/>	kg/zi
Volumul de nămol evacuat zilnic cu umiditatea de 96 % (V_{Np})	=	<input type="text" value="390,54"/>	mc/zi

8 Reducerea azotului și fosforului

Tipul denitrificării ales pentru reducerea azotului:	DENITRIFICARE SIMULTANĂ SAU INTERMITENTĂ
Temperatura de dimensionare	= <input type="text" value="12"/> °C

8.1 Concentrația și cantitatea poluanților la intrarea în treapta biologică

Concentrația de MTS la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="99"/>	mg/l
Concentrația de CBOs la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="174,3"/>	mg/l
Concentrația de N_{NH_4} la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="27,3"/>	mg/l
Concentrația de P_{PO_4} la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="2,208"/>	mg/l
Cantitatea totală de MTS intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="19245,6"/>	kg/zi
Cantitatea totală de CBOs intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="33883,92"/>	kg/zi
Cantitatea totală de N_{NH_4} intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="5307,12"/>	kg/zi
Cantitatea totală de P_{PO_4} intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="429,24"/>	kg/zi

8.2 Balanța azotului

Azotul din apa de nămol	=	<input type="text" value="530,71"/>	kg/zi
Azot organic admis în efluent	=	<input type="text" value="388,8"/>	kg/zi
Azot total admis în efluent	=	<input type="text" value="388,8"/>	kg/zi
Azot necesar dezvoltării biomasei	=	<input type="text" value="1694,2"/>	kg/zi
Azot care trebuie denitrificat	=	<input type="text" value="3366,03"/>	kg/zi

Randamentul necesar la nitrificare	=	<input type="text" value="92,67"/>	%
Capacitatea de denitrificare	=	<input type="text" value="0,0993"/>	
Raportul VD/VN rezultat prin interpolare	=	<input type="text" value="0,33"/>	
Factorul de siguranță SF (1,8 - N<20000; 1,45 - N>100000)	=	<input type="text" value="1,45"/>	
Vârsta nămolului (t_N)	=	<input type="text" value="9,87"/>	zile

8.3 Balanța fosforului

Fosfor returnat cu apa de nămol ($P_R = 10 \% \times P_{totB}$)	=	<input type="text" value="42,92"/>	kg/zi
Fosfor admis în efluent (P_{EF})	=	<input type="text" value="19,44"/>	kg/zi
Fosfor necesar dezvoltării biomasei ($P_{bio} = 1 \% \text{ din } CBO_{5B}$)	=	<input type="text" value="338,84"/>	kg/zi
Fosfor care trebuie precipitat (P_{PR})	=	<input type="text" value="113,88"/>	kg/zi
Volumul necesar reducerii biologice a fosforului (pentru $R = 0,78$)	=	<input type="text" value="16220"/>	mc
Volumul necesar reducerii biologice a fosforului (pentru $R = 1$)	=	<input type="text" value="18225"/>	mc

8.4 Cantitatea de reactiv necesară reducerii chimice a fosforului funcție de reactiv

Reactiv pe bază de fier (clorura ferică)	=	<input type="text" value="307,5"/>	kg/zi
Reactiv pe bază de aluminiu (sulfatul de aluminiu)	=	<input type="text" value="....."/>	kg/zi

8.5 Nămolul rezultat

Nămolul rezultat în urma reducerii fosforului (N_{exP})	=	<input type="text" value="0,05"/>	kgSU/kgCBO5
Nămolul datorat eliminării carbonului (N_{exC})	=	<input type="text" value="0,63"/>	kgSU/kgCBO5
Producția totală specifică de nămol în exces ($N_{exT} = N_{exP} + N_{exC}$)	=	<input type="text" value="0,68"/>	kgSU/kgCBO5
Cantitatea totală de nămol în exces ($N_T = N_{exP} \times CBO_{5B}$)	=	<input type="text" value="23041,07"/>	kgSU/zi

9. Dimensionarea bazinelor de activare

Concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat (C_M)	=	<input type="text" value="4"/>	kg/mc
Adâncimea apei în bazinului de activare (min. 3,5 m)	=	<input type="text" value="4"/>	m
Aria orizontală a bazinului de activare	=	<input type="text" value="14118"/>	mp
Volumul bazinului cu nămol activat ($V_{BA} = CBO_{5B}/lo_B$)	=	<input type="text" value="56473"/>	mc
Volumul necesar denitrificării ($V_D = V_D/V_N \times V_{BA}$)	=	<input type="text" value="18636"/>	mc
Volumul necesar nitrificării ($V_N = V_{BA} - V_D$)	=	<input type="text" value="37837"/>	mc
Încărcarea volumică (lo_B)	=	<input type="text" value="0,6"/>	kg/mc zi
Încărcarea organică a nămolului activat ($lo_M = lo_B/C_M$)	=	<input type="text" value="0,15"/>	kg/kg zi
Raportul de recirculare internă (RF)	=	<input type="text" value="7,66"/>	
Debitul recirculat (Q_R)	=	<input type="text" value="62046"/>	mc/h
Timpu de recirculare (t_R)	=	<input type="text" value="0,09"/>	ore
Oxigenul necesar pentru oxidarea carbonului (O_C)	=	<input type="text" value="17240,48"/>	kgO ₂ /zi
Oxigenul necesar pentru nitrificare (O_N)	=	<input type="text" value="12602,09"/>	kgO ₂ /zi
Oxigenul necesar pentru denitrificare (O_D)	=	<input type="text" value="9,76"/>	kgO ₂ /zi
Factorul tampon pentru eliminarea carbonului (f_C)	=	<input type="text" value="1,2"/>	
Factorul tampon pentru eliminarea azotului (f_N)	=	<input type="text" value="1,81"/>	
Cantitatea totală de oxigen pentru aerare (O_T)	=	<input type="text" value="2089,1"/>	kgO ₂ /h
Cantitatea de oxigen care trebuie introdusă în bazinele de aerare	=	<input type="text" value="2984,4"/>	kgO ₂ /h
Debitul de aer necesar (Q_{aer})	=	<input type="text" value="38758,4"/>	mc/h

10. Dimensionarea decantoarelor secundare

Încărcarea în nămol a decantoarelor secundare	=	<input type="text" value="400"/>	l/mp.h
-----------------------------------------------	---	----------------------------------	--------

Timpul de îngroșare a nămolului (t_E)	=	<input type="text" value="2"/>	ore
Indicele de nămol (ISV)	=	<input type="text" value="100"/>	l/kg
Debitul de calcul ($Q_c = Q_{uz \text{ a max}}$)	=	<input type="text" value="8100"/>	mc/h
Cantitatea de nămol pe radierul decantorului secundar (C_{os})	=	<input type="text" value="13"/>	kg/mc
Cantitatea de substanță uscată a nămolului recirculat (C_{sr})	=	<input type="text" value="9,1"/>	kg/mc
Raportul de recirculare (R)	=	<input type="text" value="0,78"/>	
Încărcarea superficială a decantorului secundar (u_s)	=	<input type="text" value="1"/>	m/h
Ana decantării secundare (A)	=	<input type="text" value="8100"/>	mp
Înălțimea zonei de apă limpezită (h_1)	=	<input type="text" value="0,5"/>	m
Înălțimea zonei de separare (h_2)	=	<input type="text" value="1,48"/>	m
Înălțimea zonei de stocare (h_3)	=	<input type="text" value="0,64"/>	m
Înălțimea zonei de îngroșare (h_4)	=	<input type="text" value="1,1"/>	m
Adâncimea necesară decantării secundare	=	<input type="text" value="3,72"/>	m
Volumul decantării secundare	=	<input type="text" value="30132"/>	mc
Timp de decantare efectiv	=	<input type="text" value="3,72"/>	ore
Încărcarea specifică	=	<input type="text" value="1"/>	mc/mp.h

11. Nămolul rezultat

11.1 Nămolul primar

Greutatea specifică a nămolului primar ($Y_p=1008...1200$ kg/mc)	=	<input type="text" value="1008"/>	kg/mc
Cantitatea de nămol primar (N_p)	=	<input type="text" value="15746,4"/>	kg/zi
Volumul de nămol primar (V_{NP}) cu umiditatea $w = 96$ %	=	<input type="text" value="390,54"/>	mc/zi

11.2 Nămolul secundar

Greutatea specifică a nămolului în exces ($Y_{ne}=1001$ kg/mc)	=	<input type="text" value="1001"/>	kg/mc
Gradul de concentrare al nămolului în exces	=	<input type="text" value="6"/>	%
Încărcarea organică a nămolului ($l_{os} = 2 - 3$ kg/mc.zi)	=	<input type="text" value="2"/>	kg/mc.zi
Limita de fermentare ($L_f = 45 - 50$ %)	=	<input type="text" value="45"/>	%
Greutatea specifică a nămolului fermentat	=	<input type="text" value="1010"/>	kg/mc
Cantitatea totală de nămol în exces (N_{re})	=	<input type="text" value="23041,07"/>	kg/zi
Volumul nămolului în exces (V_{er}) cu umiditatea $w = 99,3$ %	=	<input type="text" value="3288,29"/>	mc/zi
Volumul nămolului în exces concentrat	=	<input type="text" value="383,63"/>	mc/zi
Cantitatea totală de nămol (N_{tr})	=	<input type="text" value="38787,47"/>	kg/zi
Volumul total al nămolului concentrat (V_{nr})	=	<input type="text" value="774,17"/>	mc/zi
Umiditatea medie ponderată a nămolului amestecat (U_m)	=	<input type="text" value="97,6"/>	%
Cantitatea de substanță volatilă (C_{cs})	=	<input type="text" value="27151,23"/>	kg/zi
Volumul necesar pentru fermentare (V_M)	=	<input type="text" value="13575,62"/>	mc
Timpul de fermentare	=	<input type="text" value="17,54"/>	zile
Cantitatea de substanță uscată (N_r)	=	<input type="text" value="26569"/>	kg/zi
Umiditatea nămolului fermentat (U_f)	=	<input type="text" value="3,4"/>	%
Cantitatea de gaz fermentat (C_G)	=	<input type="text" value="13576"/>	mc/zi
Producția efectivă de biogaz (C_B)	=	<input type="text" value="11539,6"/>	mc/zi
Volumul minim pentru stocare pentru biogaz (volum gazometru)	=	<input type="text" value="2885"/>	mc
Volumul maxim pentru stocare pentru biogaz (volum gazometru)	=	<input type="text" value="4616"/>	mc

7.2. STAȚIA DE EPURARE BRAȘOV

În prezent stația de epurare a municipiului Brașov tratează apele uzate menajere și industriale de pe vatra localității Brașov cât și apele uzate provenite de la localitățile limitrofe (Cristian, Râșnov, Ghimbav și Săcele), deservind un număr de circa 400.000 locuitori. [154].

Rețeaua de canalizare a municipiului Brașov este concepută în sistem mixt (circa 80 % din suprafața orașului fiind concepută în sistem unitar iar restul de 20 % în sistem separativ).

Datele de intrare pentru stația de epurare sunt: [165]

- materii totale în suspensie în influent (MTS) 150 mg/l;
- consum biochimic de oxigen în influent (CBO₅) 100 mg/l;
- azot total în influent (N_{total}) 20 mg/l;
- fosfor total în influent (P_{total}) 2 mg/l;
- materii totale în suspensie în efluent (MTS) 25 mg/l;
- consum biochimic de oxigen în efluent (CBO₅) 20 mg/l;
- azot în efluent (N) 2 mg/l;
- fosfor total în efluent (P) 1 mg/l;

7.2.1. SITUAȚIA ACTUALĂ A STAȚIEI DE EPURARE

În figura 7.3 este prezentată schema tehnologică actuală a stației de epurare din Brașov.

Treapta mecanică este alcătuită din:

- 4 grătare rare cu curățire mecanică;
- 4 grătare dese cu curățire mecanică;
- 7 deznisipatoare grupate pe două linii (4 buc. + 3 buc.);
- separator de grăsimi constituit din 6 compartimente;
- 4 decantoare primare radiale;

Alimentarea decantoarelor primare se face de la un cămin de distribuție cu scopul de a asigura o distribuție uniformă a debitelor.

Treapta biologică cuprinde următoarele obiecte:

- 3 bazine de aerare echipate cu sistem pneumatic de difuzoare poroase tip discuri pentru realizarea de bule fine, amplasat pe radierul bazinului și echipament de măsură a oxigenului dizolvat, pentru reglarea automată a cantității de oxigen;

- stație de suflante;
 - 5 decantoare secundare cu lamele deversoare reglabile;
- Linia nămolului este prevăzută cu următoarele obiecte tehnologice:

- stație de pompare nămol primar;
- stație de pompare nămol activat;
- stație de deshidratare nămol;
- 4 metantancuri;
- 2 gazometre;
- centrală termică și de conversie a biogazului.

Stația de epurare cuprinde și construcții auxiliare constând din pavilion de exploatare pe două nivele compus din: dispecerat, birouri, laborator, depozit de materiale și substanțe chimice, atelier mecanic, drumuri și alei, împrejmuire stație de epurare.

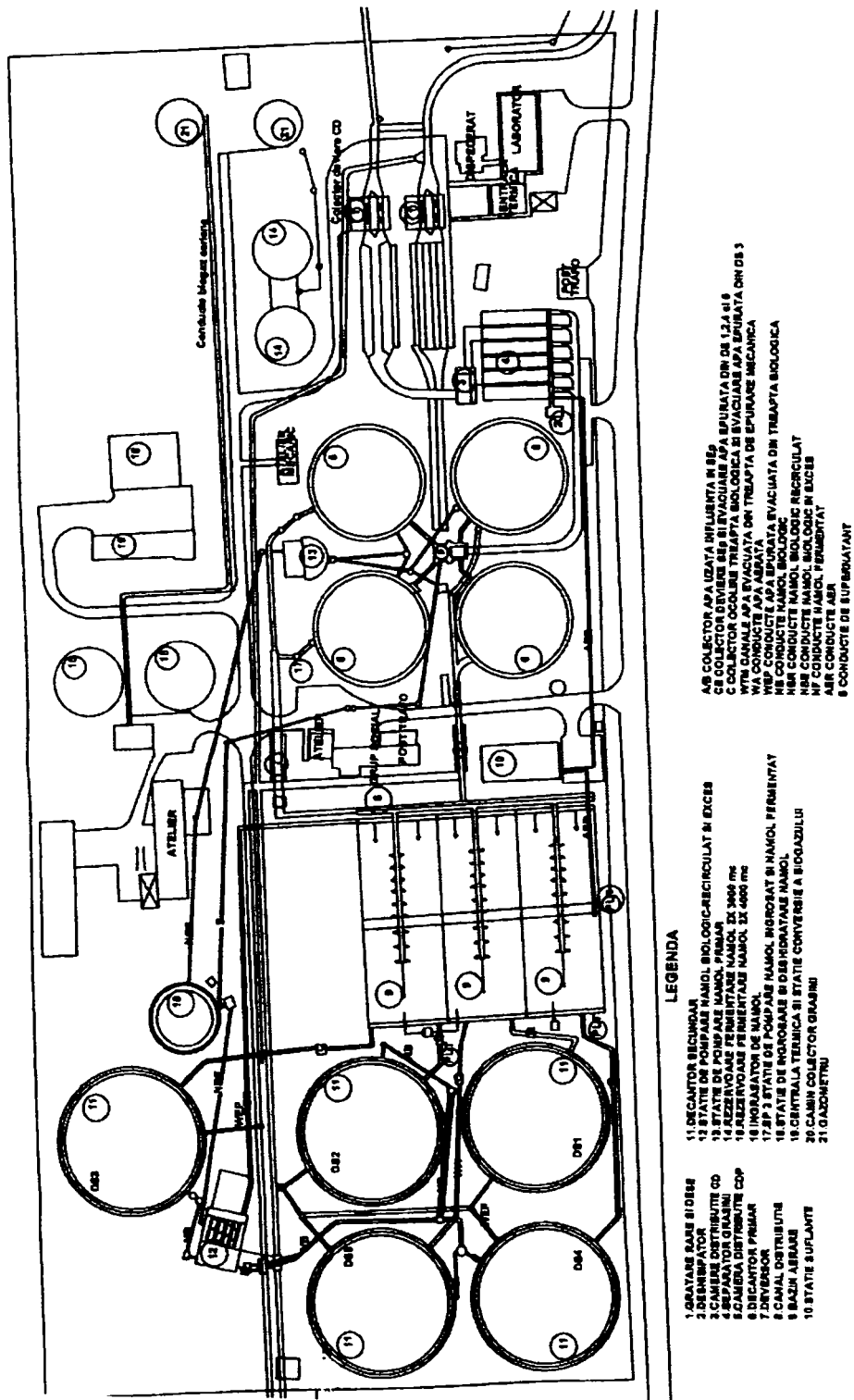


Figura 7.3 – Schema tehnologică actuală a stației de epurare din Brașov

7.2.2. RETEHNOLIZAREA STAȚIEI DE EPURARE (Figura 7.4)

Tehnologia actuală de epurare se apreciază ca fiind incompletă din punctul de vedere al reducerii nutrienților din apele uzate. Treapta biologică existentă, constituită din bazine de aerare și decantoare secundare soluționează doar parțial procesele de nitrificare. Tehnologia actuală nu rezolvă problemele legate de denitrificarea și de defosforizarea apelor uzate colectate de pe vatra municipiului Brașov.

Noua re tehnologizare va stabili modalitățile de rezolvare a neajunsurilor semnalate la tehnologia existentă, astfel încât apele epurate să corespundă cerințelor de calitate impuse prin legislația în vigoare, după cum urmează:

- funcționarea în permanență a stației de epurare la parametrii proiectați;
- reducerea concentrațiilor la compușii de azot și fosfor din apele uzate, prin introducerea proceselor de nitrificare – denitrificare și de defosforizare;
- mărirea siguranței în funcționare a stației prin introducerea de utilaje și echipamente cu fiabilitate mare.

Se propun patru grătare dese plane, cu curățire mecanică, automate, din oțel inox, cu interspații de 20 mm. Lățimea canalului este de 1200 mm iar înălțimea apei este de 1,38 m. Grătarele sunt echipate cu senzori amonte-aval, care vor măsura pierderea de presiune și vor comanda curățirea.

După grătarele rare plane s-au prevăzut patru grătare fine din oțel inox și zincat cu interspații de 6 mm, cu curățire mecanică automată. Și aceste grătare sunt prevăzute cu senzori amonte-aval, pentru funcționarea automată a spălării.

Materialul reținut este colectat, spălat și deshidratat în prese speciale din oțel inox .

Grătarele vor fi amplasate într-o hală în care se vor găsi toate dulapurile de automatizare. Lățimea canalului de amplasare a grătarelor rare și dese este de 1200 mm.

Se propune renunțarea la construirea a două obiective separate: deznisipator, separator de grăsimi și înlocuirea acestora cu un obiect comun care să asigure concomitent deznisiparea și separarea grăsimilor, ambele fiind aerate.

Se vor folosi echipamente (pod raclor) automate din oțel zincat și inox, care vor asigura colectarea și evacuarea grăsimilor și a nisipului. Funcționarea echipamentelor se va controla printr-un sistem de automatizare.

Se propun patru deznisipatoare cuplate cu separatoare de grăsimi.

În urma dimensionării a rezultat un volum necesar pentru procesele de nitrificare – denitrificare de 49.584 m³.

Se propune transformarea celor trei bazine de aerare existente cu capacitatea $V = 14.000 \text{ m}^3$ în bazine de nitrificare – denitrificare și amenajarea fiecărui bazin cu o zonă anoxică în care să se monteze mixerele pentru denitrificare.

Pentru diferența de volume necesare proceselor de nitrificare – denitrificare, s-au prevăzut 4 bazine de activare noi, cu un volum total de $V = 35.500 \text{ m}^3$.

Bazinele de activare vor fi prevăzute cu mixere lente pentru denitrificare, mixere de circulație și difuzoare poroase, cu insuflare de bule fine.

Pentru eliminarea fosforului din apele uzate se folosește defosforizarea chimică cu sulfat de aluminiu. Dozarea reactivului se face cu pompe cu dozare automate, direct în canalul de legătură dintre deznisipatoare și căminul de distribuție a apei uzate în decantoarele primare.

Volumul decantării secundare rezultat din calcul este de 31.504 m³. Acest volum se va asigura în actualele decantoare secundare prin înălțarea acestora, astfel încât adâncimea lor să fie 4,5 m.

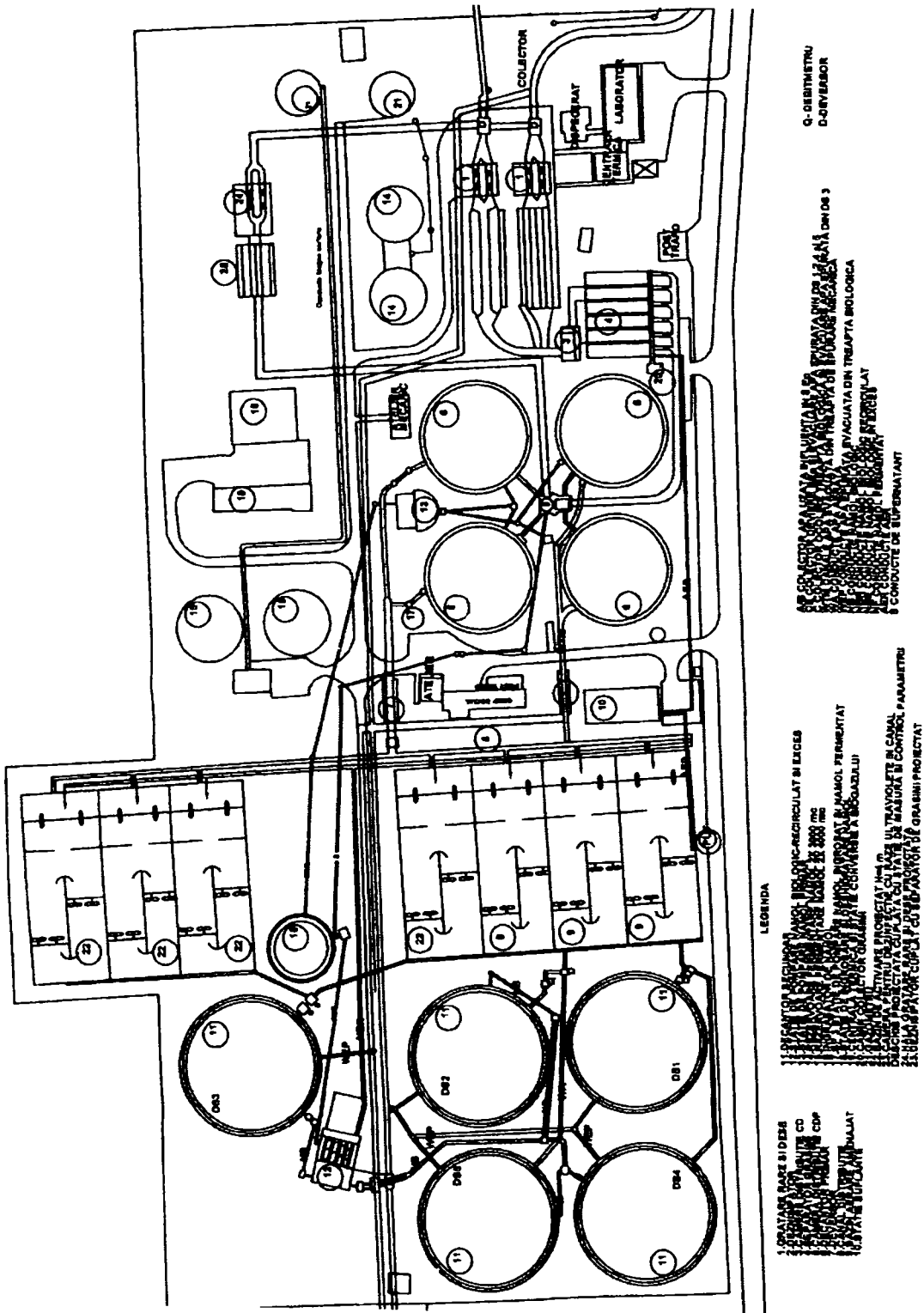


Figura 7.4 – Schema re tehnologicată a stației de epurare din Brașov

Metantancurile actuale (2 buc. x 4000 m³ și 2 buc. x 3000 m³) vor fi echipate cu tuburi de circulație din oțel inox, amortizoare cu senzori de nivel și termometre, cu schimbătoare de căldură din oțel inox și cu pompe de recirculare.

Cele două gazometre ($V = 2 \times 1000 \text{ m}^3$) vor fi echipate cu câte un clopot cu membrană, cu filtre de desulfatare a biogazului, manometre și debitmetre de biogaz.

Stația de îngroșare și deshidratare a nămolului va fi echipată cu câte o instalație automată de îngroșat nămolul în exces, inclusiv cu stație automată de preparare și dozare polielectroliți și respectiv cu o stație automată, din oțel inox, de deshidratare a nămolului fermentat, inclusiv stația de preparare polielectrolit, stație de spălare și transport elicoidal, evacuare.

7.2.3. BREVIAR DE CALCUL STAȚIE DE EPURARE BRAȘOV

Pe baza acestor date de intrare au rezultat următoarele caracteristici pentru obiectele proiectate ale stației de epurare Brașov:

BREVIAR DE CALCUL

1 Determinarea numărului de locuitori echivalenți

Numărul de locuitori existenți în prezent	=	<input type="text" value=""/>	loc.
Procentul mediu de creștere a populației	=	<input type="text" value=""/>	%
Numărul de ani pentru care se proiectează lucrările	=	<input type="text" value=""/>	ani
Cantitatea de CBO5 estimată a proveni de la activitățile industriale	=	<input type="text" value=""/>	kg/zi
Numărul de locuitori rezultați pentru etapa de perspectivă	=	<input type="text" value=""/>	loc.
Numărul de locuitori echivalenți	=	<input type="text" value="348480"/>	loc.

2. Debite specifice

Norma de evacuare	=	<input type="text" value=""/>	l/or. zi
Debitul de ape uzate provenit de la activitățile industriale	=	<input type="text" value=""/>	l/s
Procentul de ape străine ajunse în rețeaua de canalizare	=	<input type="text" value=""/>	%
Debitul uzat zilnic maxim	<input type="text" value="2420"/> l/s =	<input type="text" value="8712"/> mc/h	= <input type="text" value="209088"/> mc/zi
Debitul uzat orar maxim	<input type="text" value="3300"/> l/s =	<input type="text" value="11880"/> mc/h	= <input type="text" value="285120"/> mc/zi
Debitul uzat minim	<input type="text" value="1815"/> l/s =	<input type="text" value="6534"/> mc/h	= <input type="text" value="156816"/> mc/zi

3. Încărcările apelor uzate

Cantitatea de MTS admisă la evacuare	=	<input type="text" value="25"/>	mg/l
Cantitatea de CBOs admisă la evacuare	=	<input type="text" value="20"/>	mg/l
Cantitatea de N_{total} admisă la evacuare	=	<input type="text" value="2"/>	mg/l
Cantitatea de P_{total} admisă la evacuare	=	<input type="text" value="1"/>	mg/l
Concentrația de MTS la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="150"/>	mg/l
Concentrația de CBOs la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="100"/>	mg/l
Concentrația de N_{total} la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="20"/>	mg/l
Concentrația de P_{total} la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="2"/>	mg/l
Cantitatea totală de MTS intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="31363,2"/>	kg/zi
Cantitatea totală de CBOs intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="20908,8"/>	kg/zi
Cantitatea totală de N_{total} intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="4181,76"/>	kg/zi
Cantitatea totală de P_{total} intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="418,18"/>	kg/zi

4. Eficiențe de epurare necesare

4.1 Gradul de epurare necesar funcției de MTS	=	<input type="text" value="83,3"/>	%
4.2 Gradul de epurare necesar funcției de CBOs	=	<input type="text" value="80"/>	%
4.3 Gradul de epurare necesar funcției de N_{total}	=	<input type="text" value="90"/>	%
4.4 Gradul de epurare necesar funcției de P_{total}	=	<input type="text" value="50"/>	%

5 Dimensionarea grătarelor dese

Tipul sistemului de canalizare:	SISTEM DE CANALIZARE UNITAR SAU MIXT
Debitul de calcul al grătarelor: $Q_c = n \times Q_{uzat orar max}$	= <input type="text" value="6600"/> l/s
Debitul de verificare: $Q_v = Q_{uzat min}$	= <input type="text" value="1815"/> l/s

5.1 Caracteristici geometrice și hidraulice ale grătarelor

Viteza apei printre barele grătarului	=	<input type="text" value="1"/>	m/s
Numar grătare	=	<input type="text" value="4"/>	buc.
Lățime canal/grătar	=	<input type="text" value="1,2"/>	m
Distanța între barele grătarului sau mărimea ochiurilor	=	<input type="text" value="20"/>	mm

Grosimea barelor grătarului	=	<input type="text" value="5"/>	mm
Viteza apei înainte de grătar	=	<input type="text" value="0,9"/>	m/s
Unghiul de înclinare al grătarului	=	<input type="text" value="70"/>	°
Aria secțiunii de trecere a apei/grătar (A)	=	<input type="text" value="1,65"/>	mp
Pierderea de sarcină printre barele grătarului (h)	=	<input type="text" value="0,04"/>	m
Înălțimea apei în canalul amonte (H _a)	=	<input type="text" value="1,38"/>	m
Înălțimea camerei grătarului în amonte (H _{am})	=	<input type="text" value="1,88"/>	m
Înălțimea camerei grătarului în aval (H _{av})	=	<input type="text" value="1,92"/>	m

5.2 Reținerile pe grătare

Greutatea specifică a reținerilor umede	=	<input type="text" value="950"/>	kg/mc
Greutatea specifică a reținerilor uscate	=	<input type="text" value="1600"/>	kg/mc
Volumul zilnic de rețineri pe grătar (V _r)	=	<input type="text" value="4,77"/>	mc/zi
Cantitatea zilnică de rețineri umede (G _r)	=	<input type="text" value="4531,50"/>	kg/zi
Volumul zilnic de substanță uscată reținută cu w = 80 % (V _w)	=	<input type="text" value="0,95"/>	mc/zi
Cantitatea zilnică de substanță uscată reținută (G _w)	=	<input type="text" value="1526,40"/>	kg/zi

6. Dimensionarea deznisipatoarelor cuplate cu separatoare de grăsimi

Debit de calcul deznisipator	=	<input type="text" value="6600"/>	l/s
Debit de calcul separator	=	<input type="text" value="2420"/>	l/s
Debit de verificare deznisipator	=	<input type="text" value="1815"/>	l/s
Debit de verificare separator	=	<input type="text" value="3300"/>	l/s
Număr deznisipatoare cuplate cu separatoare de grăsimi	=	<input type="text" value="4"/>	buc
Debit deznisipator	=	<input type="text" value="1500"/>	l/s
Lățime deznisipator cuplat cu separator de grăsimi (B)	=	<input type="text" value="5200"/>	mm
Lungime deznisipator L _{dz}	=	<input type="text" value="30000"/>	mm
Adâncimea apei în deznisipator H _{dz}	=	<input type="text" value="5450"/>	mm
Înălțimea totală a deznisipatorului (H)	=	<input type="text" value="6050"/>	mm
Volumul bazin deznisipator V _{dz}	=	<input type="text" value="414,5"/>	mc
Volumul bazin separator V _{sc}	=	<input type="text" value="261"/>	mc
Arie deznisipator (A _{dz})	=	<input type="text" value="156"/>	mp
Încărcarea superficială pentru Q _{dz or max}	=	<input type="text" value="0,0106"/>	mm/s
Încărcarea superficială pentru Q _{dz zi max}	=	<input type="text" value="0,0039"/>	mm/s
Timpul de staționare a apei în bazin	=	<input type="text" value="6,8"/>	min.
Debit de aer (1 mc aer/mc bazin)	=	<input type="text" value="675,5"/>	mc/h
Cantitatea de nisip reținută în deznisipatoare	=	<input type="text" value="1,9095"/>	mc/zi

7. Dimensionarea decantoarelor primare orizontale longitudinale

Timpul de decantare (t _d)	=	<input type="text" value="0,5"/>	ore
Viteza de curgere a apei prin decantor (w)	=	<input type="text" value="10"/>	mm/s
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul MTS	=	<input type="text" value="45"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul CBO5	=	<input type="text" value="17"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul Ntotal	=	<input type="text" value="9"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul Ptotal	=	<input type="text" value="8"/>	%

7.1 Predimensionarea decantoarelor primare

Debitul de calcul (Q _c = Q _{uz zi max})	=	<input type="text" value="8712"/>	mc/h
--------------------------------------------------------------	---	-----------------------------------	------

Concentrația inițială a suspensiilor	=	<input type="text" value="150"/>	mg/l
Încărcarea de suprafață (u)	=	<input type="text" value="2,3"/>	mc/mp.h
Volumul de decantare la t_d ales este ($V_d = Q_c \times t_d$)	=	<input type="text" value="4356"/>	mc
Aria secțiunii orizontale a decantoarelor ($A_o = Q_c/u$)	=	<input type="text" value="3788"/>	mp
Aria secțiunii transversale ($A_{tr} = Q_c/v_o$)	=	<input type="text" value="871,2"/>	mp
Înălțimea utilă a decantoarelor ($h_u = u \times t_d$)	=	<input type="text" value="1,2"/>	m
Lungimea decantoarelor ($L = v_o \times t_d$)	=	<input type="text" value="18"/>	m

7.2 Dimensionarea decantoarelor primare

Numărul de compartimente (n)	=	<input type="text" value="4"/>	buc
Lățimea unui compartiment (b_1)	=	<input type="text" value="8"/>	m
Lungimea unui compartiment (L)	=	<input type="text" value="49"/>	m
Înălțimea utilă (h_u)	=	<input type="text" value="2,8"/>	m
Înălțimea totală (h_t)	=	<input type="text" value="3,8"/>	m
Aria orizontală a unui compartiment (A_{o1})	=	<input type="text" value="392"/>	mp
Aria transversală a unui compartiment (A_{tr1})	=	<input type="text" value="22,4"/>	mp
Aria orizontală totală (A)	=	<input type="text" value="1568"/>	mp
Volumul util a unui compartiment (V_{u1})	=	<input type="text" value="1098"/>	mc
Volumul total de decantare (V)	=	<input type="text" value="4390"/>	mc
Timpu de decantare efectiv	=	<input type="text" value="0,5"/>	ore
Viteza de sedimentare (v_s)	=	<input type="text" value="2,8"/>	m/h

7.3 Nămolul primar rezultat

Greutatea specifică a nămolului	=	<input type="text" value="1008"/>	kg/mc
Cantitatea zilnică de depuneri (N_p)	=	<input type="text" value="14113,4"/>	kg/zi
Volumul de nămol evacuat zilnic cu umiditatea de 96 % (V_{NP})	=	<input type="text" value="360,03"/>	mc/zi

8. Reducerea azotului și fosforului

Tipul denitrificării ales pentru reducerea azotului:	DENITRIFICARE SIMULTANĂ SAU INTERMITENTĂ
Temperatura de dimensionare	= <input type="text" value="12"/> °C

8.1 Concentrația și cantitatea poluanților la intrarea în treapta biologică

Concentrația de MTS la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="82,5"/>	mg/l
Concentrația de CBOs la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="83"/>	mg/l
Concentrația de N_{NH_4} la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="18,2"/>	mg/l
Concentrația de P_{PO_4} la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="1,84"/>	mg/l
Cantitatea totală de MTS intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="17249,76"/>	kg/zi
Cantitatea totală de CBOs intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="17354,3"/>	kg/zi
Cantitatea totală de N_{NH_4} intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="3805,4"/>	kg/zi
Cantitatea totală de P_{PO_4} intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="384,72"/>	kg/zi

8.2 Balanța azotului

Azotul din apa de nămol	=	<input type="text" value="380,54"/>	kg/zi
Azot organic admis în efluent	=	<input type="text" value="418,18"/>	kg/zi
Azot total admis în efluent	=	<input type="text" value="418,18"/>	kg/zi
Azot necesar dezvoltării biomasei	=	<input type="text" value="867,72"/>	kg/zi
Azot care trebuie denitrificat	=	<input type="text" value="2481,86"/>	kg/zi

Randamentul necesar la nitrificare	=	<input type="text" value="89,01"/>	%
Capacitatea de denitrificare	=	<input type="text" value="0,143"/>	
Raportul VD/VN rezultat prin interpolare	=	<input type="text" value="0,48"/>	
Factorul de siguranță SF (1,8 - N<20000; 1,45 - N>100000)	=	<input type="text" value="1,45"/>	
Vârsta nămolului (t _N)	=	<input type="text" value="12,72"/>	zile

8.3 Balanța fosforului

Fosfor returnat cu apa de nămol ($P_R = 10 \% \times P_{totB}$)	=	<input type="text" value="38,47"/>	kg/zi
Fosfor admis în efluent (P_{EF})	=	<input type="text" value="209,09"/>	kg/zi
Fosfor necesar dezvoltării biomasei ($P_{bio} = 1 \% \text{ din } CBO_{5B}$)	=	<input type="text" value="173,54"/>	kg/zi
Fosfor care trebuie precipitat (P_{PR})	=	<input type="text" value="40,56"/>	kg/zi
Volumul necesar reducerii biologice a fosforului (pentru $R = 0,78$)	=	<input type="text" value="17446"/>	mc
Volumul necesar reducerii biologice a fosforului (pentru $R = 1$)	=	<input type="text" value="19602"/>	mc

8.4 Cantitatea de reactiv necesară reducerii chimice a fosforului funcție de reactiv

Reactiv pe bază de fier (clorura ferică)	=	<input type="text" value="-----"/>	kg/zi
Reactiv pe bază de aluminiu (sulfatul de aluminiu)	=	<input type="text" value="52,7"/>	kg/zi

8.5 Nămolul rezultat

Nămolul rezultat în urma reducerii fosforului (N_{exP})	=	<input type="text" value="0,05"/>	kgSU/kgCBO5
Nămolul datorat eliminării carbonului (N_{exC})	=	<input type="text" value="0,84"/>	kgSU/kgCBO5
Producția totală specifică de nămol în exces ($N_{exT} = N_{exP} + N_{exC}$)	=	<input type="text" value="0,89"/>	kgSU/kgCBO5
Cantitatea totală de nămol în exces ($N_T = N_{exP} \times CBO_{5B}$)	=	<input type="text" value="15445,33"/>	kgSU/zi

9. Dimensionarea bazinelor de activare

Concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat (C_M)	=	<input type="text" value="4"/>	kg/mc
Adâncimea apei în bazinului de activare (min. 3,5 m)	=	<input type="text" value="4"/>	m
Aria orizontală a bazinului de activare	=	<input type="text" value="12396"/>	mp
Volumul bazinului cu nămol activat ($V_{MA} = CBO_{5B}/C_M$)	=	<input type="text" value="49584"/>	mc
Volumul necesar denitrificării ($V_D = V_D/V_M \times V_{MA}$)	=	<input type="text" value="23800"/>	mc
Volumul necesar nitrificării ($V_M = V_{MA} - V_D$)	=	<input type="text" value="25784"/>	mc
Încărcarea volumică (l_{ov})	=	<input type="text" value="0,35"/>	kg/mc zi
Încărcarea organică a nămolului activat ($l_{ov} = l_{ov}/C_M$)	=	<input type="text" value="0,088"/>	kg/kg zi
Raportul de recirculare internă (RF)	=	<input type="text" value="4,93"/>	
Debitul recirculat (Q_R)	=	<input type="text" value="42950"/>	mc/h
Timpul de recirculare (t _R)	=	<input type="text" value="0,16"/>	ore
Oxigenul necesar pentru oxidarea carbonului (O_c)	=	<input type="text" value="9755,67"/>	kgO ₂ /zi
Oxigenul necesar pentru nitrificare (O_N)	=	<input type="text" value="8873,82"/>	kgO ₂ /zi
Oxigenul necesar pentru denitrificare (O_D)	=	<input type="text" value="7,2"/>	kgO ₂ /zi
Factorul tampon pentru eliminarea carbonului (f_c)	=	<input type="text" value="1,17"/>	
Factorul tampon pentru eliminarea azotului (f_N)	=	<input type="text" value="1,64"/>	
Cantitatea totală de oxigen pentru aerare (O_T)	=	<input type="text" value="1256,8"/>	kgO ₂ /h
Cantitatea de oxigen care trebuie introdusă în bazinele de aerare	=	<input type="text" value="1795,1"/>	kgO ₂ /h
Debitul de aer necesar (Q_{aer})	=	<input type="text" value="23313"/>	mc/h

10. Dimensionarea decantoarelor secundare

Încărcarea în nămol a decantoarelor secundare	=	<input type="text" value="500"/>	l/mp.h
-----------------------------------------------	---	----------------------------------	--------

Timpul de îngroșare a nămolului (t_E)	=	<input type="text" value="2"/>	ore
Indicele de nămol (ISV)	=	<input type="text" value="100"/>	l/kg
Debitul de calcul ($Q_c = Q_{uz\ z\ max}$)	=	<input type="text" value="8712"/>	mc/h
Cantitatea de nămol pe radierul decantorului secundar (C_{os})	=	<input type="text" value="13"/>	kg/mc
Cantitatea de substanță uscată a nămolului recirculat (C_{sr})	=	<input type="text" value="9,1"/>	kg/mc
Raportul de recirculare (R)	=	<input type="text" value="0,78"/>	
Încărcarea superficială a decantorului secundar (u_s)	=	<input type="text" value="1,25"/>	m/h
Aria decantării secundare (A)	=	<input type="text" value="6970"/>	mp
Înălțimea zonei de apă limpezită (h_1)	=	<input type="text" value="0,5"/>	m
Înălțimea zonei de separare (h_2)	=	<input type="text" value="1,85"/>	m
Înălțimea zonei de stocare (h_3)	=	<input type="text" value="0,8"/>	m
Înălțimea zonei de îngroșare (h_4)	=	<input type="text" value="1,37"/>	m
Adâncimea necesară decantării secundare	=	<input type="text" value="4,52"/>	m
Volumul decantării secundare	=	<input type="text" value="31504"/>	mc
Timp de decantare efectiv	=	<input type="text" value="3,62"/>	ore
Încărcarea specifică	=	<input type="text" value="1,25"/>	mc/mp h

11. Nămolul rezultat

11.1 Nămolul primar

Greutatea specifică a nămolului primar ($Y_n=1008 \dots 1200$ kg/mc)	=	<input type="text" value="1008"/>	kg/mc
Cantitatea de nămol primar (N_p)	=	<input type="text" value="14113,4"/>	kg/zi
Volumul de nămol primar (V_{NP}) cu umiditatea $w = 96$ %	=	<input type="text" value="350,03"/>	mc/zi

11.2 Nămolul secundar

Greutatea specifică a nămolului în exces ($Y_{ne}=1001$ kg/mc)	=	<input type="text" value="1001"/>	kg/mc
Gradul de concentrare al nămolului în exces	=	<input type="text" value="6"/>	%
Încărcarea organică a nămolului ($I_{os} = 2 - 3$ kg/mc.zi)	=	<input type="text" value="2"/>	kg/mc.zi
Limita de fermentare ($L_f = 45 - 50$ %)	=	<input type="text" value="45"/>	%
Greutatea specifică a nămolului fermentat	=	<input type="text" value="1010"/>	kg/mc
Cantitatea totală de nămol în exces (N_{Te})	=	<input type="text" value="15445,33"/>	kg/zi
Volumul nămolului în exces (V_{ex}) cu umiditatea $w = 99,3$ %	=	<input type="text" value="2204,27"/>	mc/zi
Volumul nămolului în exces concentrat	=	<input type="text" value="257,17"/>	mc/zi
Cantitatea totală de nămol (N_T)	=	<input type="text" value="29558,73"/>	kg/zi
Volumul total al nămolului concentrat (V_{NT})	=	<input type="text" value="607,2"/>	mc/zi
Umiditatea medie ponderată a nămolului amestecat (U_m)	=	<input type="text" value="97,4"/>	%
Cantitatea de substanță volatilă (C_{cs})	=	<input type="text" value="20691,11"/>	kg/zi
Volumul necesar pentru fermentare (V_M)	=	<input type="text" value="10345,56"/>	mc
Timpul de fermentare	=	<input type="text" value="17,04"/>	zile
Cantitatea de substanță uscată (N_f)	=	<input type="text" value="20248"/>	kg/zi
Umiditatea nămolului fermentat (U_f)	=	<input type="text" value="3,3"/>	%
Cantitatea de gaz fermentat (C_g)	=	<input type="text" value="10346"/>	mc/zi
Producția efectivă de biogaz (C_g)	=	<input type="text" value="8794,1"/>	mc/zi
Volumul minim pentru stocare pentru biogaz (volum gazometru)	=	<input type="text" value="2199"/>	mc
Volumul maxim pentru stocare pentru biogaz (volum gazometru)	=	<input type="text" value="3518"/>	mc

7.3. STAȚIA DE EPURARE GRAZ - AUSTRIA

Stația de epurare existentă în localitatea Graz este realizată în sistem clasic de epurare (doar eliminarea compușilor carbonului) și funcționează la parametrii proiectați. Această stație deservește o populație de cca. 285.000 locuitori și în prezent este în curs de modernizare în vederea alinierii la noile cerințe europene în ceea ce privește eliminarea nutrienților din apele uzate.

Parametrii de încărcare cu poluanți la intrarea și ieșirea din stația de epurare din Graz – Austria, în anul 2001, sunt redați în Anexa 1 și Anexa 2 sub formă de medii săptămânale iar în graficele din Anexele 3 ÷ 10 se poate urmări variația principalilor indicatori de calitate a apei la intrarea și ieșirea din stația de epurare.

Din analiza graficelor se poate constata că o stație de epurare realizată în sistem clasic, chiar dacă aceasta funcționează în parametrii proiectați, nu poate realiza o reducere a nutrienților reprezentată de compușii azotului și fosforului, astfel încât efluentul stației de epurare să îndeplinească cerințele actuale de protecție a mediului, fiind necesară modificarea liniei tehnologice de epurare, motiv pentru care stația de epurare din Graz este în curs de re tehnologizare.

Configurația stației de epurare Graz re tehnologizată, cu volumele pentru principalele obiecte, poate fi urmărită în figura 7.5. [72].

Cu datele rezultate din dimensionarea stației de epurare re tehnologizate din Graz s-a făcut verificarea programului de calcul prezentat în capitolul 6, rezultatele obținute fiind comparabile (vezi tabelul 7.2).

7.3.1. SITUAȚIA EXISTENTĂ

Debitele de apă uzată intrate în stația de epurare din Graz sunt [72]:

- debitul orar minim 1.600 l/s
- debitul zilnic maxim 3.200 l/s
- debitul orar maxim 6.700 l/s

Încărcările apelor uzate pentru principalii indicatori sunt:

- materii totale în suspensie în influent (MTS) 35000 kg/zi;
- consum biochimic de oxigen în influent (CBO₅) 30000 kg/zi;
- azot total în influent (N_{total}) 5500 kg/zi;
- fosfor total în influent (P_{total}) 900 kg/zi;

7.3.2. DIMENSIUNILE PRINCIPALELOR OBIECTE RETEHNologIZATE DIN TREAPTA DE EPURARE BIOLOGICĂ DE LA STAȚIA DE EPURARE GRAZ

Tabelul 7.2

	Valori Graz (m ³)	Valori program (m ³)
Volum bazine activare	54.600	53.878
Volum decantoare secundare	44.650	44.625

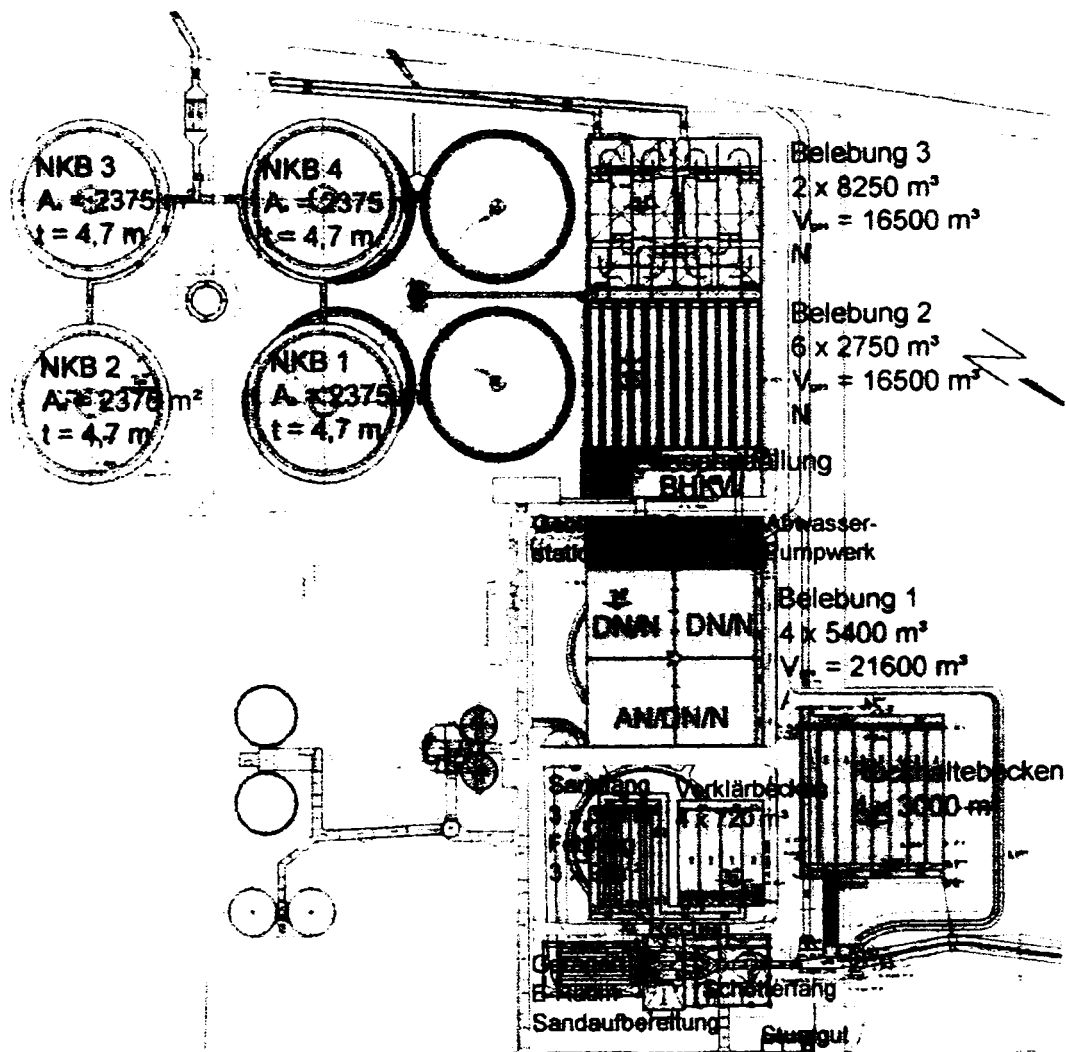


Figura 7.5 Stația de epurare Graz – Austria re tehnologizată.

7.3.3. BREVIAR DE CALCUL STAȚIE DE EPURARE GRAZ

Pe baza acestor date de intrare au rezultat următoarele caracteristici hidraulice pentru principalele obiecte ale stației de epurare:

BREVIAR DE CALCUL

1. Determinarea numărului de locuitori echivalenți

Numărul de locuitori existenți în prezent	=	<input type="text" value=""/>	loc
Procentul mediu de creștere a populației	=	<input type="text" value=""/>	%
Numărul de ani pentru care se proiectează lucrările	=	<input type="text" value=""/>	ani
Numărul de locuitori rezultați pentru etapa de perspectivă	=	<input type="text" value=""/>	loc.
Numărul de locuitori echivalenți	=	<input type="text" value="497664"/>	loc

2. Debite specifice

Norma de evacuare	=	<input type="text" value=""/>	l/or. zi
Debitul de ape uzate provenit de la activitățile industriale	=	<input type="text" value=""/>	l/s
Procentul de ape străine ajunse în rețeaua de canalizare	=	<input type="text" value=""/>	%
Debitul uzat zilnic maxim	<input type="text" value="3200"/> l/s =	<input type="text" value="11520"/> mc/h	= <input type="text" value="276480"/> mc/zi
Debitul uzat orar maxim	<input type="text" value="6700"/> l/s =	<input type="text" value="24120"/> mc/h	= <input type="text" value="578880"/> mc/zi
Debitul uzat minim	<input type="text" value="1600"/> l/s =	<input type="text" value="5760"/> mc/h	= <input type="text" value="138240"/> mc/zi

3. Încărcările apelor uzate

Cantitatea de MTS admisă la evacuare	=	<input type="text" value="25"/>	mg/l
Cantitatea de CBOs admisă la evacuare	=	<input type="text" value="15"/>	mg/l
Cantitatea de N_{total} admisă la evacuare	=	<input type="text" value="2"/>	mg/l
Cantitatea de P_{total} admisă la evacuare	=	<input type="text" value="1"/>	mg/l
Concentrația de MTS la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="126"/>	mg/l
Concentrația de CBOs la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="108"/>	mg/l
Concentrația de N_{total} la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="20"/>	mg/l
Concentrația de P_{total} la intrarea în stația de epurare	=	<input type="text" value="3"/>	mg/l
Cantitatea totală de MTS intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="34836,48"/>	kg/zi
Cantitatea totală de CBOs intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="29659,84"/>	kg/zi
Cantitatea totală de N_{total} intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="5529,6"/>	kg/zi
Cantitatea totală de P_{total} intrată în stația de epurare	=	<input type="text" value="829,44"/>	kg/zi

4. Eficiențe de epurare necesare

4.1 Gradul de epurare necesar funcției de MTS	=	<input type="text" value="80,2"/>	%
4.2 Gradul de epurare necesar funcției de CBOs	=	<input type="text" value="86,1"/>	%
4.3 Gradul de epurare necesar funcției de N_{total}	=	<input type="text" value="90"/>	%
4.4 Gradul de epurare necesar funcției de P_{total}	=	<input type="text" value="66,7"/>	%

5. Dimensionarea grătarelor dese

Tipul sistemului de canalizare:	SISTEM DE CANALIZARE SEPARATIV
Debitul de calcul al grătarelor: $Q_G = n \times Q_{12 \text{ orar max}}$	= <input type="text" value="6700"/> l/s
Debitul de verificare: $Q_G = Q_{0 \text{ orar max}}$	= <input type="text" value="1600"/> l/s

5.1 Caracteristici geometrice și hidraulice ale grătarelor

Viteza apei printre barele grătarului	=	<input type="text" value="1"/>	m/s
Numar grătare	=	<input type="text" value="4"/>	buc
Lățime canal/grătar	=	<input type="text" value="1,2"/>	m
Distanța între barele grătarului sau mărimea ochiurilor	=	<input type="text" value="20"/>	mm
Grosimea barelor grătarului	=	<input type="text" value="5"/>	mm

Viteza apei înainte de grătar	=	<input type="text" value="0,9"/>	m/s
Unghiul de înclinare al grătarului	=	<input type="text" value="70"/>	°
Aria secțiunii de trecere a apei/grătar (A)	=	<input type="text" value="1,68"/>	mp
Pierderea de sarcină printre barele grătarului (h)	=	<input type="text" value="0,04"/>	m
Înălțimea apei în canalul amonte (H_u)	=	<input type="text" value="1,4"/>	m
Înălțimea camerei grătarului în amonte (H_{am})	=	<input type="text" value="1,9"/>	m
Înălțimea camerei grătarului în aval (H_{av})	=	<input type="text" value="1,94"/>	m

5.2 Reținerile pe grătare

Greutatea specifică a reținerilor umede	=	<input type="text" value="950"/>	kg/mc
Greutatea specifică a reținerilor uscate	=	<input type="text" value="1600"/>	kg/mc
Volumul zilnic de rețineri pe grătar (V_r)	=	<input type="text" value="6,82"/>	mc/zi
Cantitatea zilnică de rețineri umede (G_r)	=	<input type="text" value="6479,00"/>	kg/zi
Volumul zilnic de substanță uscată reținută cu $w = 80\%$ (V_{ru})	=	<input type="text" value="1,36"/>	mc/zi
Cantitatea zilnică de substanță uscată reținută (G_{ru})	=	<input type="text" value="2182,40"/>	kg/zi

6. Dimensionarea deznisipatoarelor cuplate cu separatoare de grăsimi

Debit de calcul deznisipator	=	<input type="text" value="6700"/>	l/s
Debit de calcul separator	=	<input type="text" value="3200"/>	l/s
Debit de verificare deznisipator	=	<input type="text" value="1600"/>	l/s
Debit de verificare separator	=	<input type="text" value="6700"/>	l/s
Număr deznisipatoare cuplate cu separatoare de grăsimi	=	<input type="text" value="5"/>	buc.
Debit deznisipator	=	<input type="text" value="1300"/>	l/s
Lățime deznisipator cuplat cu separator de grăsimi (B)	=	<input type="text" value="5200"/>	mm
Lungime deznisipator L_{dz}	=	<input type="text" value="29000"/>	mm
Adâncimea apei în deznisipator H_{dz}	=	<input type="text" value="5450"/>	mm
Înălțimea totală a deznisipatorului (H)	=	<input type="text" value="6050"/>	mm
Volumul bazin deznisipator V_{dz}	=	<input type="text" value="400,6"/>	mc
Volumul bazin separator V_{sc}	=	<input type="text" value="251,9"/>	mc
Arie deznisipator (A_{dz})	=	<input type="text" value="150,8"/>	mp
Încărcarea superficială pentru $Q_{12000max}$	=	<input type="text" value="0,0089"/>	mm/s
Încărcarea superficială pentru $Q_{12000max}$	=	<input type="text" value="0,0042"/>	mm/s
Timpu de staționare a apei în bazin	=	<input type="text" value="8,1"/>	min.
Debit de aer (1 mc aer/mc bazin)	=	<input type="text" value="652,5"/>	mc/h
Cantitatea de nisip reținută în deznisipatoare	=	<input type="text" value="2,7269"/>	mc/zi

7. Dimensionarea decantoarelor primare orizontale longitudinale

Timpu de decantare (t_d)	=	<input type="text" value="0,5"/>	ore
Viteza de curgere a apei prin decantor (v_w)	=	<input type="text" value="10"/>	mm/s
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul MTS	=	<input type="text" value="45"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul CBO5	=	<input type="text" value="17"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul Ntotal	=	<input type="text" value="9"/>	%
Eficiența decantoarelor primare pentru poluantul Ptotal	=	<input type="text" value="8"/>	%

7.1 Predimensionarea decantoarelor primare

Debitul de calcul ($Q_c = Q_{uz\ z\ max}$)	=	<input type="text" value="11520"/>	mc/h
Concentrația inițială a suspensiilor	=	<input type="text" value="126"/>	mg/l

Încărcarea de suprafață (u)	=	<input type="text" value="2,3"/>	mc/mp.h
Volumul de decantare la t_d ales este ($V_d = Q_c \times t_d$)	=	<input type="text" value="5760"/>	mc
Aria secțiunii orizontale a decantoarelor ($A_o = Q_c/u$)	=	<input type="text" value="5009"/>	mp
Aria secțiunii transversale ($A_{tr} = Q_c/v_o$)	=	<input type="text" value="1152"/>	mp
Înălțimea utilă a decantoarelor ($h_u = u \times t_d$)	=	<input type="text" value="1,2"/>	m
Lungimea decantoarelor ($L = v_o \times t_d$)	=	<input type="text" value="18"/>	m

7.2 Dimensionarea decantoarelor primare

Numărul de compartimente (n)	=	<input type="text" value="4"/>	buc
Lățimea unui compartiment (b_1)	=	<input type="text" value="9"/>	m
Lungimea unui compartiment (L)	=	<input type="text" value="54"/>	m
Înălțimea utilă (h_u)	=	<input type="text" value="2,95"/>	m
Înălțimea totală (h_t)	=	<input type="text" value="4"/>	m
Aria orizontală a unui compartiment (A_{o1})	=	<input type="text" value="486"/>	mp
Aria transversală a unui compartiment (A_{tr1})	=	<input type="text" value="26,55"/>	mp
Aria orizontală totală (A)	=	<input type="text" value="1944"/>	mp
Volumul util a unui compartiment (V_{u1})	=	<input type="text" value="1434"/>	mc
Volumul total de decantare (V)	=	<input type="text" value="5736"/>	mc
Timpul de decantare efectiv	=	<input type="text" value="0,5"/>	ore
Viteza de sedimentare (v_s)	=	<input type="text" value="2,95"/>	m/h

7.3 Nămolul primar rezultat

Greutatea specifică a nămolului	=	<input type="text" value="1008"/>	kg/mc
Cantitatea zilnică de depuneri (N_p)	=	<input type="text" value="15676,4"/>	kg/zi
Volumul de nămol evacuat zilnic cu umiditatea de 96 % (V_{NP})	=	<input type="text" value="388,8"/>	mc/zi

8. Reducerea azotului și fosforului

Tipul denitrificării ales pentru reducerea azotului: DENITRIFICARE SIMULTANĂ SAU INTERMITENTĂ	
Temperatura de dimensionare	= <input type="text" value="12"/> °C

8.1 Concentrația și cantitatea poluanților la intrarea în treapta biologică

Concentrația de MTS la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="69,3"/>	mg/l
Concentrația de CBOs la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="89,64"/>	mg/l
Concentrația de N_{NH_4} la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="18,2"/>	mg/l
Concentrația de P_{PO_4} la intrarea în treapta biologică	=	<input type="text" value="2,76"/>	mg/l
Cantitatea totală de MTS intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="19160,06"/>	kg/zi
Cantitatea totală de CBOs intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="24783,67"/>	kg/zi
Cantitatea totală de N_{NH_4} intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="5031,94"/>	kg/zi
Cantitatea totală de P_{PO_4} intrată în treapta biologică	=	<input type="text" value="763,08"/>	kg/zi

8.2 Balanța azotului

Azotul din apa de nămol	=	<input type="text" value="503,19"/>	kg/zi
Azot organic admis în efluent	=	<input type="text" value="562,96"/>	kg/zi
Azot total admis în efluent	=	<input type="text" value="562,96"/>	kg/zi
Azot necesar dezvoltării biomasei	=	<input type="text" value="1239,18"/>	kg/zi
Azot care trebuie denitrificat	=	<input type="text" value="3190,03"/>	kg/zi
Randamentul necesar la nitrificare	=	<input type="text" value="89,01"/>	%

Capacitatea de denitrificare	=	<input type="text" value="0,1287"/>
Raportul VDA/N rezultat prin interpolare	=	<input type="text" value="0,43"/>
Factorul de siguranță SF (1,8 - N<20000; 1,45 - N>100000)	=	<input type="text" value="1,45"/>
Vârsta nămolului (t_N)	=	<input type="text" value="11,61"/> zile

8.3 Balanța fosforului

Fosfor returnat cu apa de nămol ($P_R = 10 \% \times P_{totB}$)	=	<input type="text" value="76,31"/> kg/zi
Fosfor admis în efluent (P_{EF})	=	<input type="text" value="276,48"/> kg/zi
Fosfor necesar dezvoltării biomasei ($P_{bio} = 1 \% \text{ din } CBO_5B$)	=	<input type="text" value="247,84"/> kg/zi
Fosfor care trebuie precipitat (P_{PR})	=	<input type="text" value="315,07"/> kg/zi
Volumul necesar reducerii biologice a fosforului (pentru $R = 0,78$)	=	<input type="text" value="23069"/> mc
Volumul necesar reducerii biologice a fosforului (pentru $R = 1$)	=	<input type="text" value="25920"/> mc

8.4 Cantitatea de reactiv necesară reducerii chimice a fosforului funcție de reactiv

Reactiv pe bază de fier (clorura ferică)	=	<input type="text" value="-----"/> kg/zi
Reactiv pe bază de aluminiu (sulfatul de aluminiu)	=	<input type="text" value="409,6"/> kg/zi

8.5 Nămolul rezultat

Nămolul rezultat în urma reducerii fosforului (N_{exP})	=	<input type="text" value="0,12"/> kgSU/kgCBO5
Nămolul datorat eliminării carbonului (N_{exC})	=	<input type="text" value="0,72"/> kgSU/kgCBO5
Producția totală specifică de nămol în exces ($N_{exT} = N_{exP} + N_{exC}$)	=	<input type="text" value="0,84"/> kgSU/kgCBO5
Cantitatea totală de nămol în exces ($N_T = N_{exP} \times CBO_{5B}$)	=	<input type="text" value="20818,28"/> kgSU/zi

9 Dimensionarea bazinelor de activare

Concentrația nămolului în bazinul cu nămol activat (C_N)	=	<input type="text" value="4,5"/> kg/mc
Adâncimea apei în bazinul de activare (min. 3,5 m)	=	<input type="text" value="4"/> m
Aria orizontală a bazinului de activare	=	<input type="text" value="13470"/> mp
Volumul bazinului cu nămol activat ($V_{NA} = CBO_{5B}/l_{oB}$)	=	<input type="text" value="53878"/> mc
Volumul necesar denitrificării ($V_D = V_D/V_N \times V_{NA}$)	=	<input type="text" value="23168"/> mc
Volumul necesar nitrificării ($V_N = V_{NA} - V_D$)	=	<input type="text" value="30710"/> mc
Încărcarea volumică (l_{oB})	=	<input type="text" value="0,46"/> kg/mc zi
Încărcarea organică a nămolului activat ($l_{oN} = l_{oB}/C_N$)	=	<input type="text" value="0,102"/> kg/kg zi
Raportul de recirculare internă (RF)	=	<input type="text" value="4,77"/>
Debitul recirculat (Q_R)	=	<input type="text" value="54950"/> mc/h
Timpul de recirculare (t_R)	=	<input type="text" value="0,14"/> ore
Oxigenul necesar pentru oxidarea carbonului (O_C)	=	<input type="text" value="13464,63"/> kgO ₂ /zi
Oxigenul necesar pentru nitrificare (O_N)	=	<input type="text" value="11339,4"/> kgO ₂ /zi
Oxigenul necesar pentru denitrificare (O_D)	=	<input type="text" value="9,25"/> kgO ₂ /zi
Factorul tampon pentru eliminarea carbonului (f_C)	=	<input type="text" value="1,18"/>
Factorul tampon pentru eliminarea azotului (f_N)	=	<input type="text" value="1,7"/>
Cantitatea totală de oxigen pentru aerare (O_T)	=	<input type="text" value="1692,5"/> kgO ₂ /h
Cantitatea de oxigen care trebuie introdusă în bazinele de aerare	=	<input type="text" value="2417,9"/> kgO ₂ /h
Debitul de aer necesar (Q_{aer})	=	<input type="text" value="31401,3"/> mc/h

10. Dimensionarea decantoarelor secundare

Încărcarea în nămol a decantoarelor secundare	=	<input type="text" value="450"/> l/mp.h
Timpul de îngroșare a nămolului (t_E)	=	<input type="text" value="2"/> ore

Indicele de nămol (ISV)	=	<input type="text" value="90"/>	l/kg
Debitul de calcul ($Q_c = Q_{uz \text{ a max}}$)	=	<input type="text" value="11520"/>	mc/h
Cantitatea de nămol pe radierul decantorului secundar (C_{os})	=	<input type="text" value="14"/>	kg/mc
Cantitatea de substanță uscată a nămolului recirculat (C_{sr})	=	<input type="text" value="9,8"/>	kg/mc
Raportul de recirculare (R)	=	<input type="text" value="0,85"/>	
Încărcarea superficială a decantorului secundar (u_s)	=	<input type="text" value="1,11"/>	m/h
Aria decantării secundare (A)	=	<input type="text" value="10378"/>	mp
Înălțimea zonei de apă limpezită (h_1)	=	<input type="text" value="0,5"/>	m
Înălțimea zonei de separare (h_2)	=	<input type="text" value="1,73"/>	m
Înălțimea zonei de stocare (h_3)	=	<input type="text" value="0,75"/>	m
Înălțimea zonei de îngroșare (h_4)	=	<input type="text" value="1,32"/>	m
Adâncimea necesară decantării secundare	=	<input type="text" value="4,3"/>	m
Volumul decantării secundare	=	<input type="text" value="44625"/>	mc
Timp de decantare efectiv	=	<input type="text" value="3,87"/>	ore
Încărcarea specifică	=	<input type="text" value="1,11"/>	mc/mp.h

11. Nămolul rezultat

11.1 Nămolul primar

Greutatea specifică a nămolului primar ($Y_p=1008...1200$ kg/mc)	=	<input type="text" value="1008"/>	kg/mc
Cantitatea de nămol primar (N_p)	=	<input type="text" value="15676,4"/>	kg/zi
Volumul de nămol primar (V_{NP}) cu umiditatea $w = 96$ %	=	<input type="text" value="388,8"/>	mc/zi

11.2 Nămolul secundar

Greutatea specifică a nămolului în exces ($Y_{ne}=1001$ kg/mc)	=	<input type="text" value="1001"/>	kg/mc
Gradul de concentrare al nămolului în exces	=	<input type="text" value="6"/>	%
Încărcarea organică a nămolului ($l_{os} = 2 - 3$ kg/mc.zi)	=	<input type="text" value="2"/>	kg/mc.zi
Limita de fermentare ($L_f = 45 - 50$ %)	=	<input type="text" value="45"/>	%
Greutatea specifică a nămolului fermentat	=	<input type="text" value="1010"/>	kg/mc
Cantitatea totală de nămol în exces (N_{re})	=	<input type="text" value="20818,28"/>	kg/zi
Volumul nămolului în exces (V_{ex}) cu umiditatea $w = 99,3$ %	=	<input type="text" value="2971,07"/>	mc/zi
Volumul nămolului în exces concentrat	=	<input type="text" value="346,62"/>	mc/zi
Cantitatea totală de nămol (N_r)	=	<input type="text" value="36494,68"/>	kg/zi
Volumul total al nămolului concentrat (V_{nr})	=	<input type="text" value="735,42"/>	mc/zi
Umiditatea medie ponderată a nămolului amestecat (U_m)	=	<input type="text" value="97,6"/>	%
Cantitatea de substanță volatilă (C_{cs})	=	<input type="text" value="25546,28"/>	kg/zi
Volumul necesar pentru fermentare (V_M)	=	<input type="text" value="12773,14"/>	mc
Timpul de fermentare	=	<input type="text" value="17,37"/>	zile
Cantitatea de substanță uscată (N_f)	=	<input type="text" value="24999"/>	kg/zi
Umiditatea nămolului fermentat (U_f)	=	<input type="text" value="3,37"/>	%
Cantitatea de gaz fermentat (C_g)	=	<input type="text" value="12773"/>	mc/zi
Producția efectivă de biogaz (C_b)	=	<input type="text" value="10857,05"/>	mc/zi
Volumul minim pentru stocare pentru biogaz (volum gazometru)	=	<input type="text" value="2714"/>	mc
Volumul maxim pentru stocare pentru biogaz (volum gazometru)	=	<input type="text" value="4343"/>	mc

CAP. 8. CONCLUZII

8.1. CONCLUZII GENERALE

Primele probleme apărute în proiectarea și exploatarea stațiilor de epurare din România apar datorită gradului mare de diluție al apelor uzate, procesul de epurare fiind îngreunat datorită volumelor mari de bazin rezultate din calcule în comparație cu valorile mici ale concentrațiilor substanțelor organice existente în realitate în apele uzate supuse epurării biologice, substanțe folosite în metabolismul bacteriilor ce compun nămolul activat.

Problemele ridicate la proiectarea stațiilor noi de epurare și la modernizarea celor existente sunt determinate de:

- tipul sistemului de canalizare (separativ sau unitar);
- calitatea rețelelor de canalizare existente;
- încărcările apelor uzate;
- consumurile specifice de apă.

Stațiile de epurare realizate în sistem clasic, chiar dacă acestea funcționează în parametri proiectați, nu pot asigura reducerea/eliminarea nutrienților reprezentați de compușii azotului și fosforului, astfel încât efluentul stației de epurare să îndeplinească cerințele actuale impuse de legislația de mediu. Simpla înlocuire a utilajelor și instalațiilor într-o linie tehnologică clasică de epurare, cu utilaje de generație recentă, nu rezolvă problema eliminării nutrienților. Procesul de modernizare și re tehnologizare al unei stații de epurare trebuie să includă obligatoriu o reproiectare a liniei tehnologice de epurare și adoptarea unei scheme care să permită realizarea proceselor de nitrificare – denitrificare și defosforizare.

Modernizarea stațiilor de epurare din România, astfel încât acestea să poată realiza o reținere eficientă a poluanților și realizarea unor efluenți care să respecte normele actuale de protecția mediului, reprezintă o necesitate care poate fi obținută prin înlocuirea completă sau parțială a prezentelor construcții și instalații de epurare, depășite fizic și moral, folosite în liniile tehnologice de epurare.

Construcțiile și instalațiile moderne de epurare vor asigura, pe lângă realizarea indicatorilor de calitate impuși de normativele de protecția mediului, avantaje economice care se materializează prin:

- reducerea costurilor de exploatare și întreținere a construcțiilor și instalațiilor componente ale stației, prin introducerea de utilaje și instalații performante și competitive pe plan mondial cu fiabilitate ridicată și rezistență mare la coroziune;
- reducerea costului la consumul de energie electrică și termică, acestea fiind asigurate de instalațiile proprii prin conversia biogazului rezultat;
- monitorizarea centralizată a întregului flux tehnologic;
- măsurarea automată a principalilor indicatori;
- posibilități de control asupra proceselor tehnologice;
- ușurință în luarea deciziilor de exploatare a stației de epurare;
- protecția sanitară a personalului de exploatare prin eliminarea contactului direct cu apa uzată și nămolul rezultat;

- reducerea personalului de exploatare ca urmare a automatizării proceselor tehnologice și a funcționării automate a utilajelor;

Automatizarea stațiilor de epurare reprezintă parte integrantă și obligatorie a procesului de re tehnologizare, ea trebuind să conțină:

- stație automată de măsurare a principalilor parametri de intrare (Q, MTS, CBO₅, CCO, N, P, pH, T);

- măsurarea automată pe întreg fluxul tehnologic a principalilor parametri;

- stație automată de măsurare a parametrilor apei epurate la ieșirea din stație (Q, MTS, CBO₅, pH, N₂, P);

- centru de conducere automată a stației de epurare, cu monitorizarea continuă a parametrilor proceselor tehnologice.

O cerință obligatorie pentru o funcționare sigură și eficientă a stațiilor de epurare, dotate cu tehnologii moderne de epurare, este încadrarea de personal de exploatare calificat și consiliat tehnic.

8.2. CONȚINUTUL LUCRĂRII

Lucrarea este structurată pe 8 capitole, dezvoltată pe 195 pagini, conține 10 anexe, 56 figuri, 177 relații, 36 tabele și o listă bibliografică cu 164 titluri din care 118 publicații de dată recentă.

În primul capitol „Introducere” se face clasificarea stațiilor de epurare funcție de numărul de locuitori echivalenți deserviți și se pune în evidență importanța procesului de epurare cu eliminarea nutrienților din apele uzate. De asemenea în acest capitol sunt evidențiate și obiectivele cercetării și anume de a realiza un program de calcul pentru proiectarea stațiilor mari de epurare a apelor uzate menajere – faza de proiectare Studiu de fezabilitate - bazat pe experiența și legislația europeană în acest domeniu..

În cel de al doilea capitol „Caracteristicile apelor uzate și condiții de evacuare în emisar” este pusă în evidență compoziția apelor uzate menajere precum și proprietățile fizico-chimico-biologice și bacteriologice ale acestor ape. Tot în acest capitol este prezentată legislația care reglementează normele actuale de evacuare ale apelor uzate epurate în emisari, precum și gradele minime de epurare recomandate de legislația în vigoare.

În cel de al treilea capitol „Stadiul actual al tehnologiilor de epurare de epurare” este prezentată situația actuală a tehnologiilor de epurare precum și tipurile de epurare folosite în prezent. Se descriu procesele fizice, fizico-chimice și fizico-biologice de îndepărtare a poluanților din apele uzate menajere. De asemenea se face prezentarea unor scheme tehnologice pentru fiecare treaptă de epurare: mecanică, mecano-chimică și mecano-biologică. Tot aici sunt prezentate metode de prelucrare a nămolurilor reținute din apele epurate în stațiile actuale.

Capitolul patru „Modelarea matematică a proceselor de epurare a apelor uzate” prezintă cinetica dezvoltării bacteriene care pornește de la cercetările lui Monod efectuate asupra unei monoculturi bacteriene cultivate în condiții statice, în reactor, în care se introduce un substrat conținând o singură substanță organică. Tot în acest capitol este prezentată cinetica consumului de substrat care, asemănător cineticii dezvoltării microorganismelor, este descrisă de o relație fundamentală, derivată din mecanismul unei reacții enzimatică în care dintr-un singur substrat se obține un singur produs, relația lui Michaelis - Menten. În continuarea capitolului este prezentată schema generală a procesului de epurare cu nămol activat, modelul

matematic al lui Lawrence și McCarty și modelarea proceselor de nitrificare și denitrificare.

În capitol cinci „Modernizarea stațiilor de epurare” se prezintă ansamblul mecanismelor de epurare capabile de a reduce sau de a elimina poluanții din apele uzate care nu se pot descompune prin procedeele clasice de epurare. Sunt descrise modalitățile de reducere/eliminare a compușilor de azot și fosfor din apele uzate prin procese de nitrificare-denitrificare și defosforizare. Sunt prezentate de asemenea și două scheme pentru epurarea apelor uzate în funcție de tipul sistemului de canalizare unitar sau separativ.

În cel de al șaselea capitol „Elemente de calcul pentru proiectarea stațiilor de epurare” prezintă un modul de dimensionare a liniilor tehnologice de epurare, pentru epurarea apelor uzate orășenești, în raport cu reglementările românești corelate cu pe legislația europeană (ATV A 131/2000). Se prezintă de asemenea modalitățile de dimensionare a obiectelor componente al liniei de epurare, în vederea stabilirii dimensiunilor și a volumelor necesare proceselor de epurare a apelor uzate menajere, oferind prin aceasta toate datele necesare acestui scop. Tot în acest capitol este prezentată schema logică a programului de dimensionare realizat.

În cadrul celui de al șaptelea capitol „Studii de caz” se prezintă, pe baza modelului de dimensionare evidențiat la capitolul anterior, rezultatele dimensionării hidraulice cu programul conceput pentru obiectele componente din cadrul liniilor de epurare ale stațiilor de epurare ale localităților Pitești și Brașov, rezultate care s-au verificat cu datele primite de la stația de epurare a orașului Graz din Austria.

În ultimul capitol „Concluzii generale” sunt prezentate problemele specifice abordate în cadrul prezentei lucrări, elemente de originalitate, propuneri și recomandări pentru proiectarea stațiilor de epurare.

8.3. CONTRIBUȚII ȘI ELEMENTE DE ORIGINALITATE

1. Sinteza documentară care poate fi folosită ca și ghid de proiectare;
2. Evidențierea caracteristicilor fizice, chimice și biologice ale apelor de scurgere colectate de pe vetrele centrelor populate;
3. Evidențierea parametrilor de calitate pentru apele epurate și preepurate, legiferate prin legislația românească și europeană;
4. Evidențierea modelelor matematice în cadrul proceselor de nitrificare – denitrificare;
5. Stabilirea schemelor tehnologice a stațiilor de epurare în funcție de sistemul de canalizare și gradul de încărcare organică;
6. Elaborarea programului de calcul pentru dimensionarea hidraulică a obiectelor tehnologice din cadrul stațiilor de epurare;
7. Aplicarea programului conceput pentru studiile de fezabilitate la stațiile de epurare Pitești și Brașov;
8. Verificarea programului de calcul elaborat cu rezultatele obținute de la stația de epurare a localității Graz – Austria, rezultate similare cu cele obținute prin programul propus de autor;
9. Adaptarea programului conceput pentru diferite situații și scheme tehnologice, fiind util îndeosebi pentru studiile de fezabilitate, program care permite evidențierea parametrilor tehnologici necesari pentru evaluarea costurilor de investiție necesare pentru construcțiile și echipamentele din linia de epurare;

10. Evidențierea elementelor necesare pentru proiectarea stațiilor de epurare în raport cu cerințele normativului european ATV A 131/2000;
11. Oportunitatea reducerii/eliminării decantoarelor primare din fluxul tehnologic în cazul apelor uzate cu încărcare organică redusă;
12. Utilizarea în cadrul proceselor de re tehnologizare a decantoarelor primare pentru procesele de defosforizare sau pentru retenția/limpezirea apelor pluviale în cazul sistemelor unitare de canalizare;
13. Oportunitatea înlocuirii decantoarelor radiale cu decantoare orizontale longitudinale, construcții care se adaptează mai bine pe platformele stațiilor de epurare modernizate, cu suprafețe limitate;
14. Oportunitatea utilizării decantoarelor primare longitudinale și pentru tratarea apelor meteorice colectate de sistemele de canalizare unitare;
15. Refolosirea în cadrul proceselor de re tehnologizare a unora din construcțiile existente (bazine de aerare și decantoare secundare) prin supraînălțarea lor în vederea economisirii suprafețelor construite;
16. Evidențierea construcțiilor, instalațiilor și a utilajelor necesare în procesul de modernizare a stațiilor de epurare.

8.4. PROPUNERI ȘI RECOMANDĂRI

Toate stațiile de epurare, existente sau urmând a fi realizate, trebuie integrate în conceptul de epurare privind reducerea, pe lângă poluanții organici, a compușilor azotului și fosforului.

Re tehnologizarea unei stații de epurare trebuie să includă în mod obligatoriu o reproiectare a liniei tehnologice de epurare și adoptarea unei scheme care să permită realizarea proceselor de nitrificare-denitrificare și defosforizare. Simpla înlocuire într-o stație de epurare clasică a utilajelor existente cu utilaje noi, superioare ca și performanță, nu rezolvă problema eliminării nutrienților din apele uzate.

Pentru o reducere a costurilor de epurare, tratarea nămolurilor din stațiile de epurare pentru apele uzate orășenești se propune a se realiza printr-un tratament biologic cu valorificarea energetică a nămolului și prin obținere de biogaz și ca fertilizant pentru terenurile agricole.

Pentru nămolurile din stațiile de epurare orășenești în care sunt colectate ape uzate industriale ce conțin metale grele (Hg, Pb, Cu, Zn, Cd, Co etc.), se recomandă tratarea termică fără utilizarea în agricultură. Aceste nămoluri pot fi folosite ca materiale inerte în haldele de gunoi.

La sistemele de canalizare unitare apele meteorice în amestec cu apele uzate se recomandă a fi reținute într-un bazin de retenție, după care vor fi reintroduse treptat în linia tehnologică de epurare fără a diminua gradul de încărcare organică a apelor uzate, sau după caz deversarea acestor ape direct în emisar. În raport cu mărimea vetrei canalizate se recomandă ca apele meteorice să fie reținute în bazine de retenție amplasate pe vetrele localităților sau pe platformele stațiilor de epurare, urmând ca după sedimentarea materialelor în suspensie, apa să fie trecută prin stația de epurare împreună cu apele uzate pentru a se realiza înlăturarea poluanților;

Creșterea eficienței și fiabilității stațiilor de epurare, pe lângă o reproiectare a liniilor tehnologice se face și prin re tehnologizarea instalațiilor de epurare, depășite fizic și moral, folosite în prezent în liniile de epurare.

Pentru apele menajere orășenești, a căror încărcări se încadrează în limitele impuse de NTPA 002/2005, este suficientă folosirea unui grătar rar și a unui grătar des, prevăzute cu canale de ocolire pentru cazuri de avarie în care se postează grătare rare cu curățire manuală.

Materialele din care sunt construite grătarele trebuie să aibă rezistență mare la agresivitatea apelor uzate pentru a se evita degradarea părților sale metalice. Modul de curățire trebuie să fie mecanic, cu deshidratarea, compactarea și depozitarea în saci sau containere a materialului reținut. De asemenea, mecanizarea curățirii grătarelor trebuie extinsă și la stațiile de epurare care deserveșc sub 5.000 locuitori, aceasta fiind posibilă datorită diversității mari de instalații de grătare și sitare disponibile pe piață la momentul actual. În acest fel, pe lângă creșterea eficienței acestor instalații, se reduce și contactul personalului de exploatare cu apa uzată și materialele conținute de aceasta.

Este recomandat postarea grătarelor într-o construcție închisă pentru a se evita problemele apărute iarna datorită temperaturilor scăzute și a înghețului.

Indiferent de mărimea stației de epurare sau de tipul sistemului de canalizare, folosirea grătarelor într-o linie tehnologică de epurare este obligatorie.

În ceea ce privește reținerea nisipului din apele uzate, aceasta se poate face în paralel cu reținerea grăsimilor, prin folosirea de deznisipatoare aerate cuplate cu separatoare de grăsimi. Acest tip de construcții, pe lângă o eficiență ridicată în reținerea nisipurilor și a grăsimilor, prezintă avantajul economic oferit de reducerea cheltuielilor de construcție și prin suprafața de teren mai mică ocupată în comparație cu cazul realizării a două construcții distincte.

Insufierea aerului cu bule medii în volumul de apă al deznisipatoarelor, este indicat să se realizeze într-o parte a bazinului, imprimând astfel apei o mișcare de rotație în plan vertical, rezultând o mișcare sub formă de spirală în lungul construcției. Rezultatul este o separare a nisipului prin centrifugare, grăsimile ridicându-se la suprafață prin flotare.

Se recomandă ca deznisipatoarele cuplate cu separatoare de grăsimi să fie amplasate în spații închise, încălzite pe timp friguros.

În cazul stațiilor de epurare mari, indiferent de tipul sistemului de canalizare, nu se poate renunța la folosirea deznisipatoarelor și a separatoarelor de grăsimi.

Folosirea decantoarelor primare în liniile tehnologice de epurare a apelor uzate orășenești este recomandată, dar nu reprezintă o necesitate, putându-se în unele cazuri renunța la acest tip de construcții (stații ce deserveșc mai puțin de 5.000 locuitori echivalenți, sisteme de canalizare separate, încărcări organice mici).

Se recomandă eliminarea decantoarelor primare atunci când încărcarea organică a apelor uzate este redusă, urmând ca în treapta mecanică prin intermediul grătarelor și a deznisipatoarelor cuplate cu separatoare de grăsimi să se rețină cu precădere materiile anorganice și grăsimile.

Pentru asigurarea masei organice necesare desfășurării epurării biologice, în condițiile unor grade de diluție mari, atunci când situația existentă nu permite renunțarea completă la decantarea primară, timpul de decantare de 1,5 ore recomandat de normativele românești poate fi redus la 0,5 ore, timp suficient pentru reținerea nămolului grosier. [153], [154].

Chiar dacă eficiența decantării primare nu este influențată de tipul decantorului primar folosit, decantoarele radiale nefiind superioare celor longitudinale nici economic și nici tehnic, folosirea decantoarelor primare longitudinale este mai recomandată de folosit la timpi de decantare mici, datorită

avantajului în ceea ce privește ocuparea spațiului și realizarea volumului de decantare prin flexibilitatea modificării atât a raportului lățime - lungime ($b : l$) cât și a raportului adâncime - lungime ($h : l$).

Retehnologizarea bazinelor de activare trebuie să se facă ținând cont de adâncimile minime de apă necesare pentru realizarea denitrificării ($H_{\min} = 3,5$ m). La adâncimi mici de apă, în momentul funcționării mixerelor, oxigenul ajuns în apă prin contactul cu aerul atmosferic poate perturba mediul anoxic necesar reducerii azotaților.

O soluție pentru această problemă, dar care reclamă costuri mai ridicate ale investiției precum și dificultăți de acces la instalațiile din bazin, este acoperirea suprafeței orizontale a bazinelor de activare cu plăci din materiale ușoare (de exemplu fibră de sticlă sau materiale plastice), reducând astfel posibilitatea contactului apei uzate cu aerul atmosferic, putându-se realiza în acest fel o denitrificare avansată.

Realizarea aerării este recomandabil să se realizeze prin intermediul aerării cu bule fine de tip ciupercă sau panouri de aerare. Modurile de aerare cu bule medii, prin intermediul plăcilor poroase sau a țevilor perforate sau aerarea mecanică realizată cu agitatoare de suprafață sunt neeficiente datorită realizării unui randament mic de aerare și a unor consumuri mari de energie.

Îmbunătățirea eficienței decantoarelor secundare poate fi făcută prin:

- adoptarea unei adâncimi de decantare în concordanță cu încărcarea volumică de nămol. - în cazul decantoarelor orizontale adâncimea totală trebuie să se realizeze pe 2/3 din parcursul scurgerii, respectiv al razei. În cazul decantoarelor orizontale longitudinale, adâncimea la capătul aval al bazinului trebuie să fie de minim 3,0 m iar în cazul decantoarelor secundare orizontale radiale, adâncimea periferică se recomandă de minim 2,5 m;

- distribuția apei prin intermediul unor sisteme de distribuție care să realizeze o reducere a energiei cinetice a nămolului activat și o curgere foarte lină a acestuia în decantor. Un astfel de dispozitiv este „laleaua Coandă” prin intermediul căruia se realizează o reducere a vitezei de intrare a apei în decantor, se mărește lungimea curbei de sedimentare de circa două ori datorită mișcării curbe imprimată apei în plan orizontal, curentul de apă având o curgere uniformă în tot bazinul. Utilizarea acestui tip de distribuitor conduce la o creștere a eficienței decantării cu circa 20 %;

- realizarea de evacuări prin intermediul unor jgheaburi dotate cu deversoare tip „dinți de fierăstrău” cu prag reglabil pentru uniformizarea debitului. La decantoarele cu lungimi sau diametre mari, pentru evacuarea apei decantate se recomandă utilizarea tuburilor de evacuare submersate care prezintă avantaje cum ar fi cel de compensare a efectelor perturbatoare produse de vânt, diferențe de densitate și încărcări superficiale neuniforme;

- pentru a evita o alimentare neuniformă a decantoarelor, trebuie prevăzută posibilitatea de măsurare a parametrilor hidraulici la intrare, ieșire și fluxul nămolului recirculat;

- timpii de decantare se recomandă de maxim 2 ore (excepțional 2,5 ore pentru indici ai nămolului scăzuți și un raport mic de recirculare). Depășirea unui timp de două ore conduce la o denitrificare foarte avansată în decantoarele secundare și la formarea nămolului de fermentare datorat dezvoltării microorganismelor filamentoase. Acest nămol, datorită particulelor de gaz care se formează, se poate ridica la suprafață ca nămol plutitor.

BIBLIOGRAFIE

1. **AITKEN, D. M.**, 1993, Batch biological treatment of inhibitory substrates. *Journal of Environmental Engineering*, vol. 119;
2. **AKCA, L.**, 1993, A model for optimum design of activated sludge plants. *Water Resources*, vol. 27, 9;
3. **ANDREW, M., ș.a.**, 2000, The fate of phosphorus, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
4. **BĂLĂUCĂ, N., ARIZON, D.**, 1993, Cercetări privind depoluarea apelor reziduale prin procedee biotehnologice. Editura Calistrat Hogaș, București;
5. **BALABAN, M.**, 1999, Aspecte privind epurarea apelor uzate din municipiul Brăila, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
6. **BALABAN, M.**, 2000, Eliminarea azotului și fosforului în epurarea convențională, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
7. **BAUMANN, E.R., HUANG, J.Y.**, 1974, Granular Filters for Tertiary Wastewater Treatment, *J. Wat. Poll. Constr. Fed.*, 46;
8. **BLĂGOI, O.**, 1998, Construcții Hidroedilitare, Editura Dosoței Iași;
9. **BURTICĂ, G., VLAICU, I.**, 2000, Tehnologii de tratare a efluenților reziduali. Editura Politehnica, Timișoara;
10. **BLANCHE, M.**, 1989, Weitergehende Biologische Abwasserreinigung. Passavant für Entwic-klung und Umweltanalytik GmSH;
11. **BLITZ, E.**, 1966, Epurarea apelor uzate menajere și orășenești, Editura Tehnică București;
12. **BUCUR, A.**, 1999, Elemente de chimia apei. Editura HGA, București;
13. **BÖCKLE, R.**, 2000, The preussag nitrostrip-system a profitable and efficient solution to the return nitrogen load problem through process water from sludge treatment, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
14. **BÖHNKE, B., BILI, V.**, 1995, Zwestufige Anlagen zur Stickstoffimination. *Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Umweltschutz Fördern Bürokratie Abbauen Eigenverantwortung stärken, Essen, Tagung für Wasser-und Abfallwirtschaft*, Nr. 152, Aachen;
15. **BOLLER, M.**, 1976, Flockungsfiltration zur Elimination von Phosphor aus Kommunioleus Abwasser, *Gas Wasser, Abwasser* 56;
16. **BOLLER, M., GUJER, W.**, 1979, Flockungsfiltration zur Etfernung von Phosphaten; Kriterien zur Dimensionierung, *Zeischrift für Wasser und Abwasserforschung*, nr.12;
17. **BOLLER, M.**, 1979, Flockungsfiltration zur Phosphorelimination, 9, *Abwassertechn*, Seminar, Techn. Univ. München, nor. 25;
18. **BOLLER, M., ENGSTER, I., WEBER, A.**, 1980, Bericht über Versuchsbetrieb der Abwasserfiltrationsanlagen Hochdorf, EAWAG;

19. **BOLLER, M.**, 1980, Flockungsfiltration zur Reinigung von Abwasser- verfahrenstechnische Optimierung zur Elimination von Phosphor und Suspendienten Stoffen, Diss. E. T. H., Zürich;
20. **BOONEN, I., ș.a.**, 2000, How to save money with modelling, the case bruges, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
21. **BORU, L.**, 2000, Necesitatea reținerii nutrienților și a dezinfecției apelor uzate într-un oraș de graniță, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
22. **BOZETATU, L., SAVICI L.I., TOMA M.**, 2000, Soluții tehnice prevăzute pentru denitrificare defosforizare la stația de epurare Arad, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
23. **BOURDELLOT, J. C.**, 2000, Combined used of high-rate clarifier/thickener and upflow biofiltration. Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
24. **CARABEȚ, A.**, 1999, Protecția resurselor de apă subterană. Editura Mirton Timișoara;
25. **CARABEȚ, A.**, 2001, Procese poluante în apele de suprafață și subterană. Editura Mirton Timișoara;
26. **CHEREMISINOFF, N.P.**, 1996, Biotechnology for waste and wastewater treatment. Noyes Publication, USA;
27. **COCECI, V., MARTIN, A., VLAD, L., JALEA, V.**, 1984, Bazele tehnologiei chimice, I.P.T.V. Timișoara;
28. **CHIRU, E.**, 2000, Some considerations about influence of the environmental factors on nitrification / denitrification processes, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
29. **CHIVEREANU, D., CARABEȚ, A.**, 1995, Exemple de calcul în canalizări, Lito. U.P.T.;
30. **CRÂNGAȘ, A. G.**, 1999, Retehnologizarea stației de epurare a municipiului Sibiu, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
31. **DAMIAN, C., RAȚ, C.**, 1999, Soluții „ADISS” de retehnologizare stații de epurare, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
32. **DAMIAN, C., RAȚ, C.**, 2000, Dezinfecția apelor epurate cu echipamente cu raze ultraviolete ale firmei Trojan – Canada. Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
33. **DAMIAN, C., ș.a.**, 2000, Implementarea tehnologiilor de defosforizare biologică și nitrificare – denitrificare în cadrul stației de epurare Timișoara, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
34. **DAMIAN, C., BARBUL, A.**, 2000, Tehnologii noi pentru încadrarea în normativul NTPA 001, nitrificare, denitrificare, defosforizare în treapta biologică, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;

35. **DECUN, M., CRĂINICEANU, E., TIBRU, I., NICHITA, I.**, 1993, Procedeu microbiologic de teren pentru detecția poluării fecale a apei. Revista română de medicină veterinară, vol. 3, m 1;
36. **DEDU, M. O.**, 1999, Retehnologizarea stației de epurare a municipiului Bistrița, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
37. **DIMA, M.**, 1998, Epurarea apelor uzate urbane. Editura Junimea Iași;
38. **DIMA M., MEGLEI V., BADEA C.**, 2000, Unele aspecte asupra teoriei procesului de nitrificare – denitrificare, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
39. **DIMA, M., MEGLEI V., DIMA, B., BADEA C.**, 2002, Bazele epurării biologice a apelor uzate. Ed. Tehnopress, Iași;
40. **DRAGNE, M., TEMEREANCA, G., PARASCHIV, S.**, 2000, Poluare cu azot amoniacal consecințe și soluții, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
41. **EAWAG**, 1977, Bericht über Versuche zur Chemischbiologischen Abwasserreinigung mit Nitrification im var-und Simultanfällungsverfahren;
42. **ECKENFELDER, W. W., O'Connor, D. J.**, 1961, Biological wastewater treatment. Ed. Pergamon Press, New York;
43. **ECKENFELDER, W. W., CECIL, L.**, 1972, Application of new concept of physical-chemical wastewater treatment. Ed. Pergamon Press, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee;
44. **ENE, M.**, 1999, Retehnologizarea treptei biologice la stații de epurare a apelor uzate industriale și orășenești, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
45. **ENGLISH, J. N., CARRY, C. W., MASSE, A. W., PITKIN, I. B., DRYDEN, F.D.**, 1974, Denitrification in granular carbon and sand columns, Journ. WPCE, vol. 46;
46. **FAIR, G. M., GEYER, J. C., OKUN, I.**, 1996, Water Purification and Waste Water Treatment, vol. 2, U.S.A;
47. **FAIR, G.M., GEYER, I.C.**, 1968, Elements of water supply and waste water disposal. Ed. John Wiley, New York;
48. **FIRK, W.**, 1995, Erfahrungen beim Einfahrbetrieb von klärstufen zur erhöhten biologischen Phosphorelimination. Gewässerschutz, Wasser, Abwasser. Umweltschutz Färden Bürokratie Abbauen Eigenverantwortung stärken, Essen Fagung für Wasser-und Abfallwirtschaft, Nr. 152, Aachen;
49. **GIURCONIU, M.**, 1973, Canalizări vol. II, Lito I.P.T.V.;
50. **GROGNET, G.**, 1989, Epurarea apelor uzate menajere, Tribune de L'eau, nr. 38;
51. **HARTMAN, L.**, 1992, Biologische Abwasserreinigung, Berlin;
52. **HAUG, R. T., MCKARTY, P. L.**, 1972, Nitrification with submerged filters, Journ. WPCF, vol. 44;
53. **IANCULESCU, S., ș.a.**, 1982, Studiu privind automatizarea controlului și conducerii în stații de epurare orășenești. Studiu ICPGA;
54. **IANCULESCU, S.**, 1982, Procedee de epurare avansată a apelor uzate. Referat de doctorat nr. 1, I.C. București;
55. **IANCULESCU, S.**, 1994, Responsabilitatea față de mediu – realitate politică și imperativ de viitor. Seminar internațional 5 – 7 iunie, București;

56. **IANCULESCU, O., ș.a.**, 2001, Epurarea apelor uzate. Editura Matrix Rom, București;
57. **IANCULESCU, O., SIMION R.**, 2000, Tendințe actuale în adoptarea tehnologiilor de reținere a compușilor pe bază de azot și fosfor din apele uzate orășenești, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, București;
58. **IANULI, S.**, 2002, Optimizarea instalațiilor pentru nitrificarea și denitrificarea apelor uzate. Teză de doctorat. București;
59. **IANULI, V.**, 2000, Factori care influențează procesele biologice de nitrificare – denitrificare și performanțele acestora. Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
60. **IANULI, V.**, 2000, Evacuarea, separarea și spălarea nisipurilor reținute în stațiile de epurare. Buletinul Științific al U.P. Timișoara, Tom 46 (59);
61. **IANULI, V., RUSU, Gh.**, 1983, Stații de epurare a apelor uzate orășenești. Exemple de calcul. Partea I. Editura I.C.B., București;
62. **IANULI, S., MAXUT, I.**, 2000, Procese de nitrificare și denitrificare a apelor uzate, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
63. **ILIAȘ, S.**, 1999, Echipamente pentru retehnologizarea treptei mecanice de epurare, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
64. **IMHOFF, K.R., ș.a.**, 1998, Epurarea apelor reziduale. Stații comunale de epurare. Exemple de calcul. Editura Tehnică București;
65. **IMHOFF, K.**, 1972, Taschenbrech der Stadtentwässerung, 23 Aufl., Verlag von R. Oldenbourg, München;
66. **IMHOFF, K. R.**, 1990, Taschenbrech der Stadtentwässerung, 27 Aufl., Verlag von R. Oldenbourg, München;
67. **IMHOFF, K.**, 1966, Taschenbrech der Stadtentwässerung, München, Wien;
68. **JANSSENS, M., APOSTOL, P.**, 2000, Utilizarea echipamentului AQUA TURBO pentru îndepărtarea biologică a nutrienților, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;
69. **JOGO, P. H.**, 1978, Tertiary Sewage Treatment by Rapid Filtration. U. K. Practice Nordforsk Seminar, Helsingor, Denmark;
70. **JOHNSTON, H. K., LIM, h. S.**, Treatment of Persistent Contaminants from Municipal Effluents by Reverse Osmosis. Accord Canada – Ontario, rapport de recherche no. 84, Project no. 73-3-14 (volume II) 1978a;
71. **KAINZ, H.**, 2002, Extinderea stației de epurare a orașului Viena. Simpozionul cu tema „Realizări în hidrotehnică”. U.P. Timișoara;
72. **KAINZ, H.**, 2003, Kläranlage Graz - Erweiterung und Anpassung an den Stand der Technik. Facultatea de Hidrotehnică din Timișoara;
73. **KAINZ, H., KAUCH, E.P., RENNER, H.**, 2002, Siedlungswasserbau und Abfallwirtschaft, Manz Verlag Schulbuch, Wien;
74. **KISHI, H.**, 1997, Hibrid lagoon automatic control technology. J.W.P.C.F., 5;
75. **KISSELEFF, W., SCHILD, H.**, 1987, Betriebskosten von Kläralangen mit Filtration im Knoten Zürich. Gas. -Wasser - Abwasser, 11;
76. **KOLTUNKI, E., PLUMRIDGE J.**, 2000, Ozonul ca agent de dezinfectare în reutilizarea apelor uzate, Seminar Științific – Tehnologii pentru

reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;

77. **KOCK, M., KOPPLER, I., JOST, B.,** 1991, Erfahrung mit der Flockungsfiltration in der Schweiz. Wiener Mitteilungen. Wasser, Abwasser, Gewässer. Entfernung von Phosphorverbindungen bei der Abwasserreinigung. Band 97, Wien;

78. **KROISS, H.,** 1994, Importanța bilanțului de masă pentru exploatarea stațiilor de epurare privind eliminarea azotului. Korespondenz Abwasser, vol. 41, nr.3;

79. **LIXANDRU, B., TIBRU, I., DRAGOMIR, FL., SĂVESCU, E.,** 1996, Cercetări privind efectele poluării biologice asupra ecosistemelor acvatice. Sesiunea anuală de comunicări științifice, Facultatea de protecție a mediului înconjurător, U. Oradea;

80. **LAWRENCE, A. W., BROWN, C.G.,** 1976, J.W.P.C.F., 48/1779;

81. **MANDT, M. G., BELL, A. B.,** 1993, Oxidation in Wastewater treatment. Quebec, Montreal;

82. **MEGLEI, V., DIMA, M.,** 2000, Epurarea avansată a apelor uzate în condițiile impuse de un receptor fără debit de diluție, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;

83. **MEYER, U.,** 2000, The NDN separation cascade a major step forward towards advanced nitrification and denitrification, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;

84. **MIOC D., ROBESCU N.,** 2000, Echilibre ale ecuațiilor epurării apei uzate, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate, U.T.C. București;

85. **MIREL, I., GIURCONIU, M., PĂCURARU, M., JURA, D.,** 1987, Procedeu și instalație de filtrare biologică rapidă a apelor reziduale cu conținut ridicat de materii organice. Brevet de invenție nr. 93789;

86. **MIREL, I.,** 1988, Betrachtung über die optimierung von schnellen Filteranlagen. Bul. Șt. și Teh. Seria Construcții, Tom. 33(48);

87. **MIREL, I.,** 1989, Werwandung von mit Sand und Hydroantrazit versehen schnellen Filtranlagen zwecke reinigung von Abwasser. Bul. Șt. și Teh. Seria Construcții, Tom. 34 (48);

88. **MIREL, I.,** 1993, Epurarea apelor uzate de la gospodării și unități izolate. Revista „Instalatorul” nr. 3;

89. **MIREL, I., IANCULESCU, S., CARABEȚ, A., SĂVESCU, E.,** 1996, Epurarea apelor uzate prin procedee avansate. Sesiunea jubiliară „75 de ani de la înființarea Universității Politehnica”, Timișoara;

90. **MIREL, I.,** 1997, Filtrarea umedă și uscată utilizată pentru tratarea și epurarea apei. Conferința cu participare internațională „Instalații pentru construcții și confort ambiental” Ed. 6, Timișoara;

91. **MIREL, I., NACU, A.,** 1998, Consideration on waste water whit hight level of organic matter treatment, Lucrările Sesiunii de Comunicări U. Bacău;

92. **MIREL, I.,** 1998, Epurarea apelor de scurgere de la haldinele de gunoi. Buletinul Științific sesiunea anuală de comunicări științifice – U. Oradea;

93. **MIREL, I., CARABEȚ A., CHIVEREANU D., BONDOC M.,** 1998, Considerații privind epurarea apelor uzate de la complexele porcine de tip industrial, Bul. Șt. al Universității „Politehnica” din Timișoara tom 43 (57);

94. **MIREL, I.**, 1998, Utilizarea iazurilor biologice la epurarea avansată a apelor uzate provenite de la localitățile rurale, Conferința cu participare internațională „Instalații pentru construcții și confort ambiental”, Ed. 7, 23-24 apr. Timișoara;
95. **MIREL, I., IONESCU, G., NACU, A., MITRAȘCĂ, M.**, 1999, Consideration regarding the waste water biological treatment, Conferința Internațională Drebecen;
96. **MIREL, I.**, 2000, Considerații cu privire la alcătuirea și re tehnologizarea stațiilor de epurare în raport cu cerințele impuse prin normele naționale și europene. Simpozionul ECOTIM, Timișoara;
97. **MIREL, I., POPESCU, D., CARDOȘ, T., SĂVESCU, E., SEGNEANU, E.**, 2000, Considerații cu privire la oportunitatea dezinfecării apelor epurate mecano – biologic, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecării apelor epurate, U.T.C. București;
98. **MIREL, I., CARABEȚ, A., FLORESCU, C., ARIMIA, F., SEGNEANU, E.**, 2000, Unele considerații cu privire la reținerea azotului și fosforului din apele uzate menajere, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecării apelor epurate, U.T.C. București;
99. **MIREL, I., CREȚ, Z., MITRAȘCĂ, M., GHITEA, V.**, 2000, Separarea, neutralizarea și valorificarea deșeurilor din stațiile de epurare. Sesiune comunicări Univ. Oradea 25 – 27 mai 2000. Buletinul științific Univ. din Oradea;
100. **MIREL, I., SĂVESCU, E.**, 2000, Issues concerning fast sand filtration for advanced waste water treatment. Congres IWA Paris;
101. **MIREL, I., STARKL, M., STĂNILOIU, C., GÂRBACIU, I.A.**, 2003, Valorificarea nutrienților din apele reziduale. Buletinul Științific al U.P.Timișoara, Tom 48(62)
102. **MUREȘAN, A. M.**, 1989, Retehnologizarea stației de epurare a municipiului Iași, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;
103. **NEGULESCU, A.L.C.**, 2004, Exploatarea stațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Editura Agrotehnica București;
104. **NEGULESCU, M.**, 1979, Epurarea apelor uzate orășenești, Editura Tehnică București;
105. **NEGULESCU, M.**, 1981, Epurarea apelor uzate industriale, Editura Tehnică București;
106. **NEGULESCU, M., VAICUM, L.M., PĂTRU, C., IANCULESCU, S., BONCIU, G., PĂTRU, O.**, 1995, Protecția mediului înconjurător, E.T. București;
107. **NEGULESCU, C.A., ș.a.**, 2000, Rezultate experimentale privind îndepărtarea elementelor cu caracter fertilizant din apele uzate orășenești prin aplicarea unor tehnologii de epurare avansate, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecării apelor epurate, U.T.C. București;
108. **OGNEAN, T., VAICUM, L.M.**, 1987, Modelarea proceselor de epurare biologică. Editura Academiei RSR, București;
109. **PANTEA, D.**, 2006, Soluții optime de tratare a nămolurilor reținute în instalațiile de epurare mari. Teză de doctorat, București;
110. **POTCOAVĂ, L.**, 1999, Retehnologizarea stației de epurare Glina – București, Seminar Științific – Retehnologizarea uzinelor de apă și stațiilor de epurare din România, vol. II, București;

111. **REFLING, D. R., ș.a.**, 1992, Eliminarea azotului și fosforului pentru a obține un afluent de calitate foarte bună și un cost scăzut, *Water Env. and Technology*, vol. 4, nr. 12;
112. **RENER, H., KAUCH, P., SCHLACHTER, H.**, 2001, *Abwasser -und Abfalltechnik*. Manz Gmbh, Wien;
113. **REVCENCO, P., BOSCORNEA, P.**, 1992, Metodologie de conducere și control a procesului biologic cu nămol activ în stațiile de epurare a apelor uzate orășenești, industriale și din zootehnie. ICIM, București;
114. **ROBESCU, D., ROBESCU, N.**, 1999, Procedee, instalații și echipamente pentru epurarea fizică a apelor uzate. București;
115. **ROBESCU, D., ș.a.**, 2000, Tehnologii și echipamente pentru epurarea apei. Editura Tehnică București;
116. **ROBESCU, N.**, 2000, Corelarea parametrilor hidrodinamici și biologici factor de bază în modelarea proceselor de epurare avansată a apelor uzate, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
117. **ROBESCU, D., LANYI, S., CONSTANTINESCU, I., ROBESCU, N., VERESTOY, A.**, 2001, *Wastewater treatment. Technologies, Installations and Equipment*. Editura Tehnică București;
118. **ROMÂN, A., ș.a.**, 2000, Considerații asupra stațiilor de epurare mecano – biologice modulate pentru $Q = 100 - 600 \text{ m}^3/\text{zi}$ pentru localitățile rurale, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
119. **SĂVESCU, E., HORHAT, M.**, 1999, Evaluarea indicatorilor de calitate a apelor uzate la intrarea în Stația de epurare Timișoara, simpozionul național pentru instalații și confort ambiental, Timișoara;
120. **SCHRIBERTSCHING, W., RENNER, H., KAUCH, P. E., SCHLACHTER, H., NEMECEK, E.**, 1995, *Abwasser und Abfalltechnik*. Manz Velog Schulbrunch, Wien;
121. **SEDLAK, R.**, 1991, *Phosphorus and nitrogen removal from municipal Watewater*, 2e ed. Lewis Publ., Boca Raton;
122. **SUTTON, P., MURPHY, K. L., JANK, B. E.**, 1978, *Nitrification System with Integrated Phosphorus Precipitation*, *Waster and Pollution Control*, 116(4);
123. **UNGUREANU, D.**, 2000, Eliminarea compușilor de azot din apele uzate orășenești și industriale, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
124. **UNGUREANU, D., LEU, D.**, 2000, Cu privire la dezinfecția apelor uzate epurate biologic, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
125. **VAICUM, L. M.**, 1981, *Epurarea apelor uzate cu nămol activ*. Editura Academiei, București;
126. **VAICUM, L. M., OCNEAN, T.**, 1984, *Epurarea biologică a apelor reziduale, ramură modernă a biotehnologiei*, vol. II, Timișoara;
127. **VARUGA, A.**, 1999, *Protecția calității apelor*. Editura *H*G*A*, București;
128. **VASS, A. C.**, 2000, Posibilitatea re tehnologizării bazinelor de aerare convenționale în vederea obținerii eliminării de nutrienți (nitrificare – denitrificare – defosforizare), Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;

129. **VASS, A. C., POPA, M.**, 2000, Studiu pe instalație pilot privind epurarea biologică cu nitrificare – denitrificare a apelor menajere din mun. Târgu – Mureș, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
130. **ZALETOVA, N. A.**, 1993, Despre eliminarea azotului și fosforului din apele uzate de epurare urbane, *Vodosnobjenia Sanit. Tehnika*, nr. 9;
131. **WOLF, D. M., APOSTOL P.**, 2000, Dezinfecția apelor uzate cu ultraviolete - soluția Wedeco, Seminar Științific – Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfecției apelor epurate, U.T.C. București;
132. ***** AEV für kommunales Abwasser. Mai 1996.
133. ***** ATV – A 131. Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 Einwohnerwerten. Februarie 1991;
134. ***** ATV – DVWK – A 131. Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. Mai 2000;
135. ***** ATV – M 271. Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen. August 1998;
136. ***** ATV – A 122. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe für Anschlusswerte zwischen 50 und 500 Einwohnern. Iunie 1991;
137. ***** ATV – A 126. Grundsätze für die Abwasserbehandlung in Kläranlagen nach dem Belebungsverfahren mit gemeinsamer Schlammstabilisierung bei Anschlußwerten zwischen 500 und 5.000 Einwohnerwerten. Decembrie, 1993;
138. ***** ATV – A 135. Grundsätze für die Bemessung von Tropfkörpern und Tauchkörpern mit Anschlußwerten über 500 Einwohnergleichwerten;
139. ***** ATV – M 208. Biologische Phosphorentfernung bei Belebungsanlagen. Septembrie, 1994;
140. ***** Handbuch „Biologische und weiter gehende Abwasserreinigung“. 4 Auflage, Ed. Ernst & Sohn, Berlin, 1997;
141. ***** U. S. EPA Nitrogen control. EPA/625/R-93/010, 1993. Published by United States Environmental Protection Agency.;
142. ***** Momento technique de l' eau – Degrement, Paris, 1990;
143. ***** ***** DIN 4261, Teil 2/Teil 4. Kleinkläralangen mit Abwasserbelüftung – Anwendung, Bemessung, Ausführung und Prüfung/Betrieb und Wartung;
144. ***** P28 – 84. Normativ pentru proiectarea tehnologică a stațiilor de epurare a apelor uzate orășenești, treptele de epurare mecanică și biologică și linia de prelucrare și valorificare a nămolurilor. I.S.L.G.C. 1984;
145. ***** Ordin 1146 din 10.12.2002 – Clasificarea apelor de suprafață;
146. ***** Directiva Consiliului Europei 91/271 C.E.E., 21 mai 1991;
147. ***** Centrul de informare al ONU pentru România, „Apa pentru toți”, comunicat de presă, 19 martie 1994;
148. ***** Ordonanța de urgență privind protecția mediului, nr. 195/2005. Monitorul Oficial al României nr. 1196 din 30 decembrie, 2005;
149. ***** Legea apelor nr. 107/1996 completată și modificată;
150. ***** NTPA 011/2005, Normele tehnice privind colectarea, evacuarea și epurarea apelor uzate orășenești. Anexa Nr. 1 din Monitorul Oficial al României Nr. 187/20.03.2002;
151. ***** NTPA 001/2005, Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate evacuate în resursele de apă. Anexa Nr. 3 din Monitorul Oficial al României Nr. 187/20.03.2002;

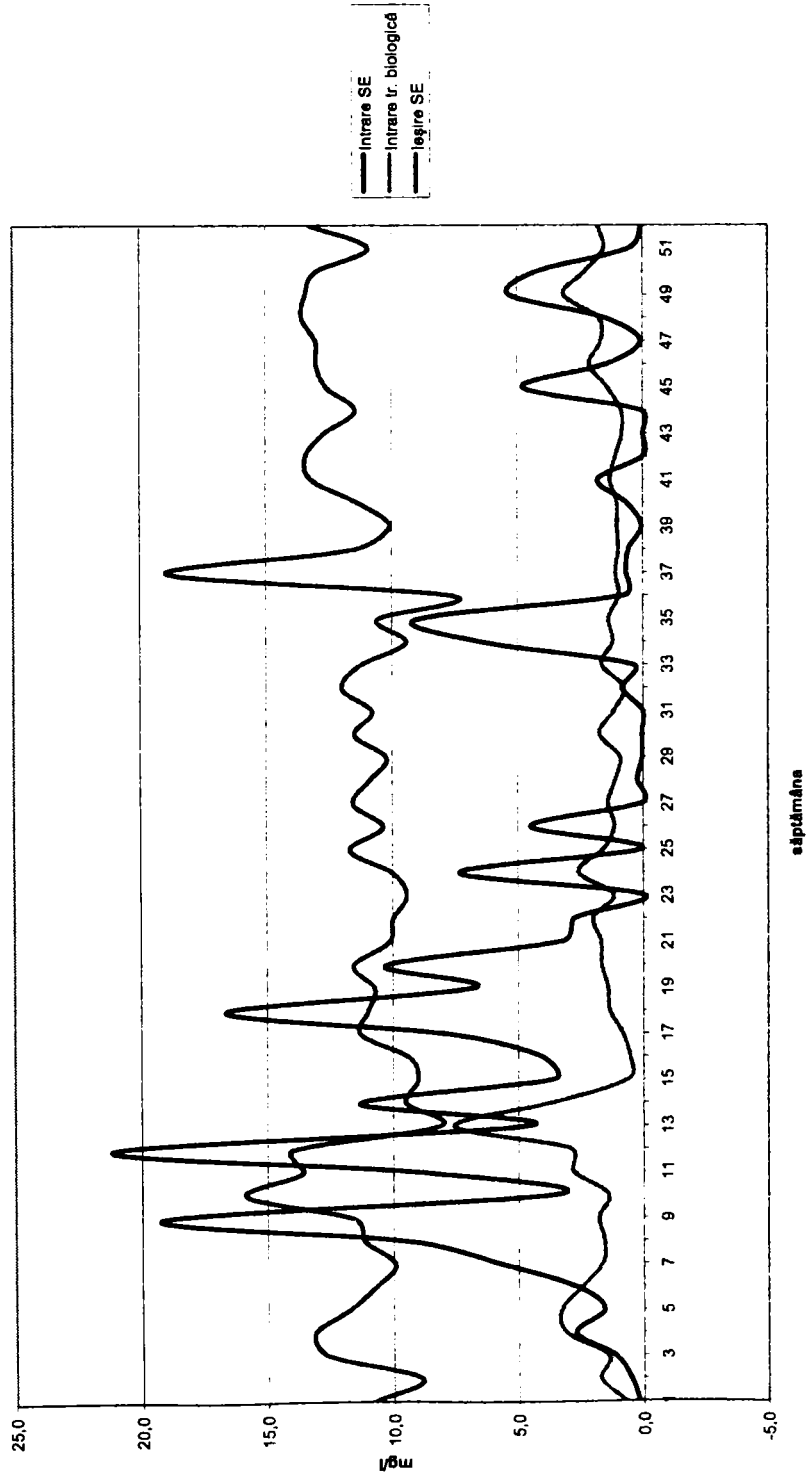
- 152.***** NTPA 002/2005, Normativ privind evacuarea apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților. Anexa Nr. 3 din Monitorul Oficial al României Nr. 187/20.03.2002;
- 153.***** C 424/1999. Studiu de soluție pentru stația de epurare Pitești. Contract Universitatea „Politehnica” din Timișoara;
- 154.***** C 670/2001. Studiu de soluție privind extinderea și epurarea avansată a apelor uzate de la stația de epurare Brașov. Contract Universitatea „Politehnica” din Timișoara;
- 155.***** Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare orășenești – Partea I. 1999;
- 156.***** Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare orășenești – Partea II. 2003;
157. Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare orășenești – Partea IV. 2005;
- 158.***** STAS 4162/1 – 89. Decantoare primare. Prescripții de proiectare. Institutul Național de Standardizare, București;
- 159.***** STAS 11568 – 91. Bazine cu nămol activat. Prescripții de proiectare. Institutul Național de Standardizare, București;
- 160.***** STAS 4162/2 – 89. Decantoare secundare. Institutul Național de Standardizare, București;
- 161.***** STAS 12278 – 84. Bazine de fermentare a nămolurilor la stațiile de epurare ale centrelor populate. Institutul Național de Standardizare, București;
- 162.***** STAS 11565 – 90. Platforme pentru uscarea nămolului fermentat din stațiile de epurare orășenești. Institutul Național de Standardizare, București;
- 163.***** STAS 1846 – 90. Determinarea debitelor de apă de canalizare. Institutul Național de Standardizare, București;
- 164.***** STAS 12431 – 90. Grătare pentru stațiile de epurare a apelor uzate. Institutul Național de Standardizare, București;

Săptămâna	Debite				Temperatura	pH		MTS		CBO ₅				CCO ITOC				
	Q intrare m ³	Q ieșire m ³	Q Min. intrare m ³	Q Min. ieșire m ³		Intrare militiv.	Ieșire militiv.	Intrare m/lt	Intrare r. biologică	Intrare SE m/lt	Intrare r. biologică	Ieșire SE m/lt	Eficiența %	Intrare SE m/lt	Intrare r. biologică	Ieșire SE m/lt	Eficiența %	
																		Intrare militiv.
1	62 959,6	64 119,7	1 157,7	358,0	12,2	7,7	7,8	10,8	0,7	0,2	191,4	128,6	97,4	560,0	382,9	42,6	92,4	
2	89 212,9	80 813,6	1 550,1	496,6	12,2	7,7	8,9	17,7	0,5	281,4	191,4	19,4	92,6	487,1	378,6	47,0	90,0	
3	66 639,7	67 872,0	1 177,5	357,0	12,3	7,6	7,7	12,6	1,4	11,3	382,9	257,1	27,1	602,9	462,9	60,1	89,9	
4	75 454,7	73 396,3	1 780,0	346,7	12,4	7,7	13,1	13,1	3,1	2,7	400,0	255,7	45,1	614,3	452,9	68,3	89,1	
5	65 292,4	66 268,4	1 357,9	320,4	12,8	7,7	7,7	11,8	3,3	1,6	410,0	322,9	22,7	614,3	452,9	68,3	89,1	
6	72 997,9	70 172,9	1 868,0	386,9	13,6	7,7	7,7	10,7	2,5	2,7	358,6	280,0	24,0	627,1	471,1	52,6	91,4	
7	62 999,7	64 671,9	1 080,4	321,3	13,6	7,7	7,7	9,9	1,6	5,8	407,1	251,4	39,0	680,0	458,6	39,0	94,3	
8	59 745,0	61 691,3	1 053,6	307,4	13,6	7,7	7,8	11,1	1,6	9,4	414,3	261,4	39,0	680,0	458,6	39,0	94,3	
9	68 562,0	68 059,1	1 428,4	328,6	12,8	7,8	7,8	11,6	1,8	19,2	372,9	230,0	67,1	81,4	884,3	428,6	123,7	81,9
10	60 869,4	62 937,7	1 077,6	286,6	14,2	7,7	7,6	15,9	1,4	3,4	421,4	281,4	24,3	94,4	894,3	492,9	65,4	90,7
11	65 194,6	64 890,3	1 486,0	288,0	14,8	7,6	7,6	13,6	2,8	8,8	414,3	310,0	25,7	93,9	751,4	492,9	65,4	90,7
12	76 108,4	71 982,3	2 048,3	318,3	14,8	8,1	7,5	14,0	2,9	21,1	380,0	237,1	35,6	89,9	618,6	450,0	84,4	86,9
13	95 775,6	81 648,0	2 063,6	457,0	13,8	7,6	7,3	8,1	7,8	4,5	304,3	280,0	41,8	83,0	531,4	445,7	78,7	84,0
14	79 183,6	73 437,0	1 877,3	350,6	15,1	7,5	7,5	9,5	3,6	11,3	370,0	248,6	20,4	94,0	555,7	364,1	56,9	89,3
15	84 744,3	75 185,0	1 431,0	420,3	13,9	7,4	7,5	9,0	0,6	3,8	337,1	203,4	16,9	94,0	555,7	364,1	56,9	89,3
16	80 596,1	76 641,3	1 733,6	407,1	14,0	7,6	7,6	9,4	0,5	4,1	350,0	210,0	36,8	87,7	600,0	367,1	71,0	87,3
17	67 139,6	68 369,0	1 318,6	327,3	15,4	7,7	7,8	11,3	0,8	7,8	391,4	270,0	56,9	75,2	938,6	394,3	87,9	85,6
18	70 730,1	66 713,7	1 591,4	306,7	16,6	7,7	7,8	11,0	1,4	16,8	382,9	245,7	64,3	74,9	704,3	374,3	137,9	80,0
19	76 683,1	72 027,4	1 671,0	326,3	16,9	7,7	7,8	10,7	1,4	0,8	370,0	205,7	30,3	90,7	642,9	370,0	190,0	86,9
20	64 197,3	62 986,7	1 314,3	267,6	17,3	7,6	7,6	10,6	1,1	10,3	391,4	234,3	56,3	85,2	697,1	412,9	111,1	84,3
21	55 272,0	64 456,7	1 974,3	281,6	17,3	7,6	7,8	10,7	1,4	3,2	405,7	240,0	63,6	74,7	433,8	73,6	89,0	86,9
22	52 869,4	71 973,1	1 975,3	251,6	18,3	7,6	7,8	10,2	1,7	2,8	405,7	240,0	63,6	74,7	433,8	73,6	89,0	86,9
23	93 601,1	64 435,7	1 757,7	272,3	18,0	7,6	7,8	10,0	2,0	2,8	350,0	218,6	27,9	90,7	547,1	403,9	59,9	90,6
24	79 365,1	69 539,6	1 693,9	298,0	17,6	7,5	7,7	9,4	1,2	0,0	354,3	214,4	7,6	98,0	608,6	340,0	35,2	94,0
25	69 990,0	62 509,9	1 205,7	270,1	19,0	7,6	7,7	10,0	2,6	7,3	321,4	188,6	26,7	87,0	557,1	374,3	62,4	85,7
26	66 968,3	65 318,4	1 570,7	271,1	19,0	7,6	7,9	11,7	1,6	0,0	384,3	231,4	9,4	97,6	570,0	382,9	50,9	90,6
27	61 241,0	64 109,3	1 316,4	277,1	19,8	7,8	7,9	10,4	1,1	4,5	357,1	191,4	27,4	90,4	635,7	347,1	66,7	89,0
28	53 658,9	60 381,6	982,1	281,3	20,1	7,6	8,0	10,9	1,1	0,2	385,7	204,3	19,4	95,1	662,9	674,3	52,0	92,1
29	68 310,1	64 815,1	1 890,6	287,9	20,0	7,5	7,8	10,2	0,9	0,0	322,9	175,7	10,4	96,6	677,1	344,3	53,1	91,3
30	62 579,4	62 474,1	1 232,0	274,7	20,5	7,6	7,9	11,5	1,7	0,0	391,4	221,1	13,1	96,6	572,9	324,3	47,6	92,0
31	57 313,7	61 381,4	1 539,3	270,0	21,1	7,6	7,9	10,8	1,2	0,0	369,9	191,4	11,4	96,7	664,3	371,1	49,7	92,4
32	55 377,3	60 073,8	1 156,3	262,0	20,4	7,5	7,8	12,0	0,8	0,9	368,6	205,7	14,3	96,0	697,1	371,4	58,7	91,4
33	49 156,0	54 195,8	898,1	240,9	20,7	7,6	7,8	11,3	1,7	0,4	374,3	191,4	15,3	96,0	597,1	344,3	50,6	91,7
34	58 656,6	61 746,6	1 640,7	243,4	21,2	7,6	7,8	11,3	1,2	6,4	365,7	187,1	27,4	91,9	592,9	344,3	86,0	85,1
35	61 312,0	60 845,3	1 207,3	262,4	20,5	7,6	7,8	10,6	1,4	9,0	358,6	208,6	36,9	88,9	555,7	371,1	72,6	85,2
36	75 620,1	69 140,9	2 402,1	276,0	19,2	6,5	6,7	7,8	1,0	0,7	278,6	134,3	9,0	83,0	450,0	258,6	38,0	78,4
37	72 749,3	68 376,9	1 588,4	282,7	18,3	7,6	7,7	18,9	1,1	0,7	332,9	174,3	11,4	96,1	550,0	328,8	36,6	92,9
38	69 168,6	67 774,3	1 352,6	281,6	18,4	7,6	7,7	11,6	1,0	0,6	358,6	157,1	14,3	96,0	632,9	351,1	58,0	90,0
39	88 811,7	77 984,9	2 031,1	394,7	18,0	7,4	7,7	10,1	1,0	1,1	317,1	188,6	9,3	96,7	560,0	305,7	44,0	91,4
40	63 188,0	64 589,4	1 293,7	286,0	19,0	7,4	7,8	11,3	1,0	0,6	305,7	224,3	12,8	96,4	651,4	327,4	53,4	92,0
41	57 795,9	61 239,3	1 040,1	265,7	19,2	7,4	7,6	13,3	1,3	1,8	374,3	288,6	18,3	95,1	712,6	419,3	53,7	81,0
42	62 772,1	63 985,3	1 269,6	287,9	19,7	7,6	7,7	13,1	1,1	0,0	374,3	344,3	3,0	95,0	743,0	424,3	39,7	94,9
43	61 347,9	62 148,7	1 362,7	272,9	18,1	7,6	7,6	12,4	0,8	0,0	300,0	231,4	6,4	84,4	672,0	329,9	37,9	94,3
44	56 347,6	59 377,9	1 039,1	266,3	17,2	6,5	7,0	11,4	0,3	0,1	351,4	215,7	8,2	84,4	551,4	384,9	39,4	80,6
45	63 565,3	64 410,1	1 321,1	289,3	17,2	6,5	7,0	11,4	0,3	0,1	351,4	215,7	8,2	84,4	551,4	384,9	39,4	80,6
46	63 565,3	64 410,1	1 321,1	289,3	17,2	6,5	7,0	11,4	0,3	0,1	351,4	215,7	8,2	84,4	551,4	384,9	39,4	80,6
47	60 452,0	61 594,2	1 082,4	274,1	18,1	7,7	7,8	13,0	1,1	1,4	417,1	245,7	15,6	96,3	722,9	447,9	50,4	91,7
48	50 452,0	61 594,2	1 082,4	274,1	18,1	7,7	7,8	13,0	1,1	1,4	417,1	245,7	15,6	96,3	722,9	447,9	50,4	91,7
49	62 032,0	61 895,7	1 313,3	286,0	14,3	6,8	7,5	13,4	1,1	1,5	472,9	278,6	16,1	96,6	657,1	467,1	66,4	91,1
50	60 938,0	61 053,3	1 055,0	314,6	13,2	7,8	7,9	13,0	2,3	4,2	481,4	230,0	21,7	94,6	622,9	518,9	71,6	91,7
51	60 938,0	61 053,3	1 055,0	314,6	13,2	7,8	7,9	13,0	2,3	4,2	481,4	230,0	21,7	94,6	622,9	518,9	71,6	91,7
52	49 108,0	51 117,9	892,7	260,9	11,6	7,8	8,0	13,3	1,8	0,0	517,4	204,3	10,4	98,1	614,3	464,3	43,7	94,7

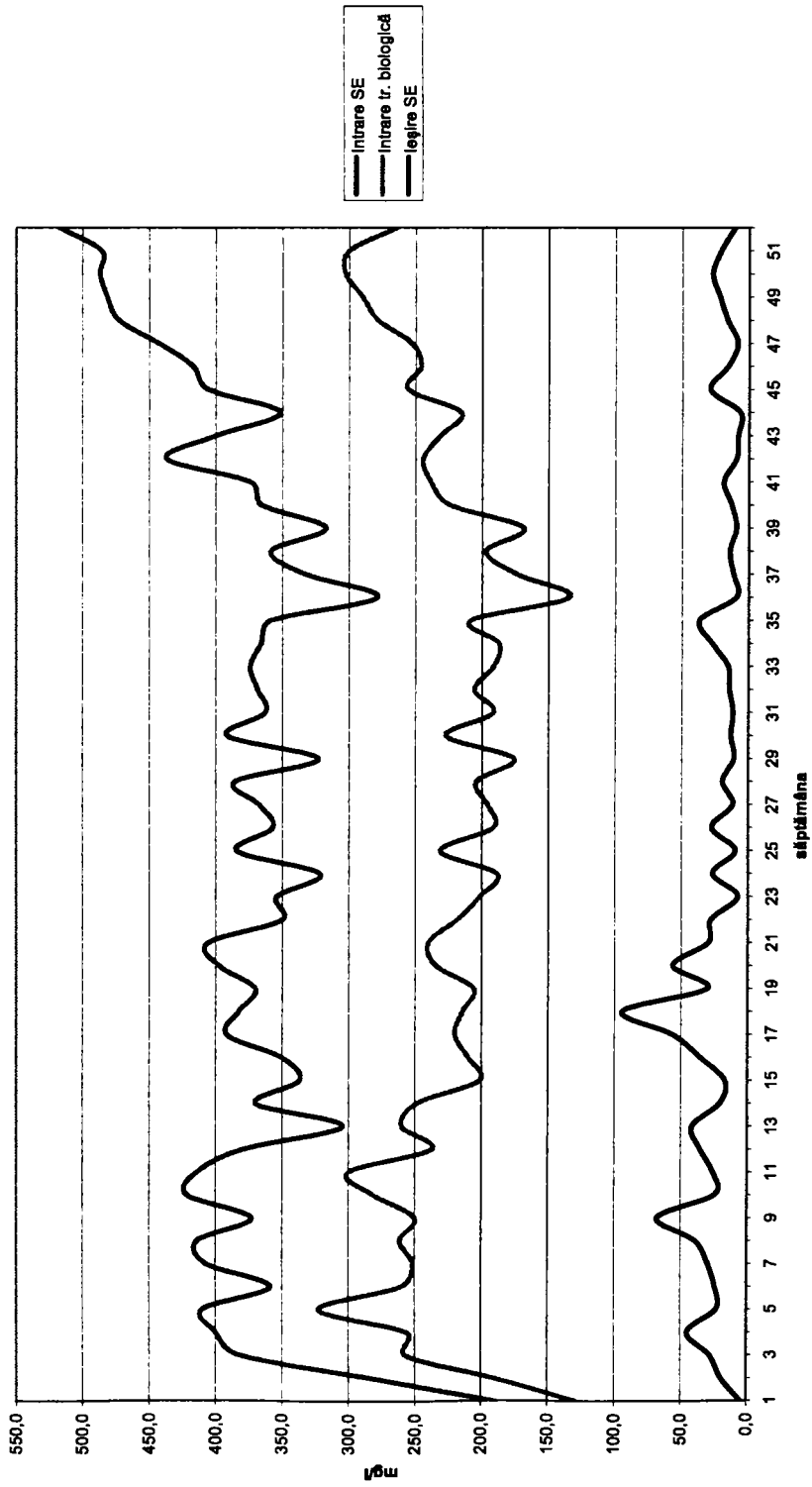
Statiua de epurare Graz Medii saptamanale anul 2001

Saptamana	Azot total - Intrare	NH ₄ - N Intrare	NH ₄ -N Iestire	NO ₃ -N Iestire	pH ₄ - pO ₃ (mg) Iestire	Grad de epurare (total) (%)	pH total Intrare	Profil Iestire	Grad de epurare forator (%)	pO ₄ -P Intrare	pO ₄ -P Iestire	pO ₄ -P grad de epurare (procent din %)	adancimea vizibila NB	Incarcar Intrare			Ges - P
														BSS 5	CSB	NH ₄ -N	
1	59.3	34.9	28.1	4.0	33.1	3.0	63.4	5.5	2.7	49.7	59.3	12.239.0	35.388.6	2.195.9	534.0		
2	48.5	28.5	28.9	3.7	32.5	2.8	41.1	3.6	4.8	3.5	23.7	23.430.1	40.707.3	2.310.9	570.3		
3	62.3	36.8	35.8	4.0	40.7	4.8	44.3	5.9	4.4	26.7	51.4	55.563.3	40.306.3	2.437.9	585.4		
4	59.0	34.7	30.3	4.6	34.9	4.0	52.1	4.5	4.0	36.0	38.8	28.967.9	48.490.3	2.580.7	680.7		
5	49.6	29.2	28.5	4.9	34.4	3.5	48.0	4.8	3.2	28.9	65.7	23.651.9	39.011.9	1.981.1	539.6		
6	55.9	32.8	36.1	6.6	42.7	2.1	40.4	6.5	2.0	4.8	3.0	25.587.4	44.193.0	2.297.1	611.7		
7	60.2	35.4	32.7	7.0	39.7	3.4	46.4	5.2	4.1	20.6	102.9	25.851.3	40.533.9	2.240.1	566.6		
8	58.0	34.1	32.2	7.2	39.4	3.2	50.3	5.6	4.0	28.3	104.3	24.830.0	40.552.4	2.038.7	559.0		
9	54.2	31.9	25.7	6.1	31.8	4.0	49.9	5.0	4.0	19.1	90.7	25.492.3	46.649.9	2.152.0	608.3		
10	59.8	35.2	28.8	7.4	36.1	3.9	49.9	5.7	4.5	21.6	69.3	25.783.1	42.634.1	2.146.7	612.4		
11	55.0	32.4	28.8	6.3	35.1	3.4	44.9	5.3	4.1	22.7	57.1	26.718.6	48.522.6	2.047.7	582.1		
12	55.5	32.6	23.8	4.9	28.7	4.0	39.3	3.7	41.0	5.9	34.3	25.088.4	44.436.3	2.860.0	532.9		
13	46.1	27.5	21.3	4.9	26.2	7.0	39.9	3.9	39.3	4.0	29.9	27.246.1	48.647.3	2.478.9	871.7		
14	54.1	31.8	29.8	6.2	32.9	8.6	42.4	4.8	3.7	21.6	42.9	28.044.1	48.126.0	2.397.9	644.9		
15	48.8	28.7	23.7	3.9	27.6	3.8	47.6	4.2	3.2	21.7	67.1	25.593.4	42.644.7	2.176.5	565.8		
16	55.7	32.7	28.3	3.9	32.1	4.1	41.4	7.4	5.1	25.9	4.3	21.532.6	42.464.4	2.532.7	570.9		
17	58.1	34.2	32.1	3.8	35.8	3.8	41.1	6.7	4.9	16.3	54.3	26.455.1	46.628.9	2.290.9	576.9		
18	58.0	34.1	34.4	3.5	37.9	3.4	49.3	4.9	4.3	43.8	43.8	26.678.0	49.693.3	2.880.4	599.8		
19	51.3	30.2	27.0	4.3	31.3	3.7	50.0	3.0	33.0	4.2	34.6	27.231.1	47.412.9	2.201.3	898.0		
20	55.6	32.7	34.4	4.0	38.4	21.4	51.7	3.2	5.0	46.6	64.4	26.555.1	46.957.7	2.071.2	888.0		
21	61.9	36.4	34.0	3.9	37.9	3.7	43.7	5.0	4.5	14.0	60.9	23.131.9	41.972.4	2.083.9	509.4		
22	52.8	30.9	28.0	4.3	32.3	3.5	39.9	3.2	39.9	4.1	17.0	24.584.4	39.772.4	2.181.4	595.3		
23	54.7	32.2	28.7	5.2	32.3	3.7	37.6	3.2	37.6	4.1	26.7	18.124.4	37.541.9	1.917.4	573.9		
24	50.0	29.4	28.7	5.3	34.0	3.0	41.1	4.5	3.1	29.7	68.6	23.811.4	40.789.9	2.128.0	541.3		
25	60.2	37.4	31.6	6.0	37.9	3.3	48.2	4.8	4.1	17.7	74.3	26.114.4	40.789.9	2.116.6	508.3		
26	54.3	31.6	30.3	6.0	36.4	3.4	36.7	5.2	36.7	4.8	13.6	23.033.0	33.891.1	2.050.7	573.0		
27	54.3	32.0	30.3	6.3	39.7	3.9	44.8	5.0	4.4	10.0	75.7	23.020.0	41.945.6	1.942.6	565.9		
28	54.6	32.1	31.4	4.7	36.1	3.9	51.1	4.8	3.9	20.4	67.9	21.609.6	38.945.8	1.797.9	512.0		
29	41.2	24.2	28.4	2.6	31.0	18.4	43.6	4.5	3.9	9.7	75.0	21.010.1	37.754.1	1.619.1	517.7		
30	50.9	29.9	29.8	3.1	32.9	3.4	41.4	4.7	4.4	3.7	70.0	24.554.9	41.378.1	1.878.4	536.4		
31	51.6	30.3	23.2	5.2	28.5	4.5	48.3	4.5	4.3	4.0	68.6	20.775.1	38.909.9	1.736.1	539.7		
32	53.6	31.5	28.8	6.2	27.0	46.9	49.4	4.9	47.6	5.0	4.3	20.310.3	38.167.6	1.717.9	525.4		
33	55.2	32.5	22.4	4.6	27.0	51.1	89.4	4.7	48.4	5.1	46.0	18.488.1	2.9820.7	1.593.3	442.1		
34	50.1	28.5	19.3	4.5	23.8	5.4	45.1	4.7	45.1	3.9	18.8	21.280.1	34.376.9	1.714.6	501.9		
35	50.8	29.8	20.3	4.0	24.4	51.3	86.8	3.9	57.6	4.8	3.1	20.788.4	32.306.3	1.726.3	509.6		
36	40.0	23.5	17.8	4.3	22.1	36.0	68.3	3.5	42.9	3.8	19.0	78.6	21.128.1	34.109.0	1.769.3	514.6	
37	49.0	28.8	18.8	5.7	22.5	53.0	69.3	4.4	46.7	4.8	3.9	65.7	22.445.7	36.944.1	1.956.9	481.4	
38	52.8	31.0	15.8	5.0	20.6	60.0	84.4	4.6	45.7	4.1	16.3	25.358.3	45.637.6	2.138.4	584.7		
39	45.9	27.0	10.3	4.6	14.8	67.0	7.2	3.8	45.9	4.3	3.3	63.6	23.148.7	42.246.7	2.285.9	560.1	
40	61.8	36.4	17.2	3.5	20.6	88.1	8.9	4.7	46.7	5.4	2.3	63.6	21.760.1	39.407.6	1.928.5	547.1	
41	56.4	33.2	17.9	4.3	22.2	60.8	9.6	5.6	44.6	5.6	4.4	63.6	21.574.4	48.097.9	2.114.4	635.9	
42	58.1	34.2	17.7	5.5	23.2	59.3	10.2	4.4	56.7	5.3	24.1	63.6	24.546.3	41.591.7	2.114.4	635.9	
43	59.1	34.8	14.8	8.7	23.5	59.9	8.6	2.2	73.6	5.0	20.0	104.3	24.546.3	41.591.7	2.114.4	635.9	
44	61.4	36.1	16.8	7.2	23.8	83.7	10.1	2.4	77.3	5.5	21.0	64.7	21.432.0	37.432.0	1.993.3	558.2	
45	61.0	35.9	21.2	4.1	25.4	58.6	9.6	3.8	59.6	5.4	2.0	63.0	25.707.7	46.769.0	2.372.0	816.2	
46	64.9	38.2	25.5	4.5	30.0	53.4	9.5	2.7	71.9	5.5	15.5	84.1	26.218.7	45.443.7	2.382.0	803.4	
47	65.7	38.6	25.8	4.7	30.6	53.4	10.5	2.1	80.0	5.2	1.8	68.4	26.614.3	48.095.6	2.335.0	838.4	
48	67.5	39.7	26.5	4.0	30.5	54.6	10.5	4.6	58.4	6.0	4.4	72.0	28.816.3	49.894.8	2.420.7	846.1	
49	67.1	39.5	21.9	4.5	32.4	51.9	10.7	5.3	60.3	6.0	4.0	70.0	30.084.0	51.641.4	2.444.0	867.0	
50	70.5	41.5	33.1	4.8	37.9	46.1	10.4	5.1	48.0	6.0	3.3	57.9	32.820.3	50.038.9	2.528.9	937.3	
51	69.0	40.6	35.2	4.2	39.3	43.0	10.4	4.8	53.9	3.8	4.2	64.3	42.583.3	50.814.7	2.468.4	931.7	
52	72.8	42.9	37.2	3.8	41.0	45.4	10.3	4.8	55.3	3.8	4.2	68.6	25.376.6	39.844.9	2.087.4	515.3	

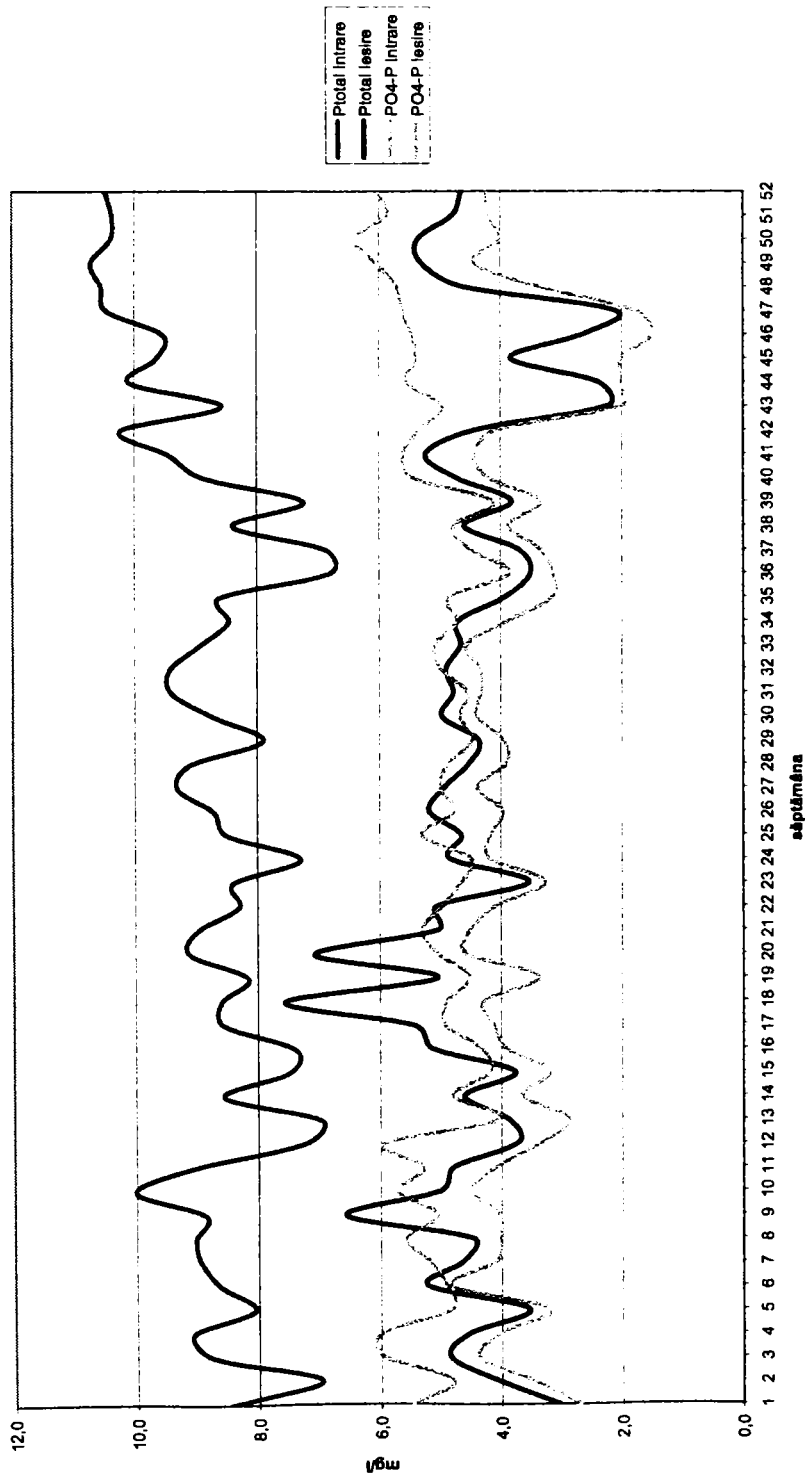
MTS - medii săptămânale 2001



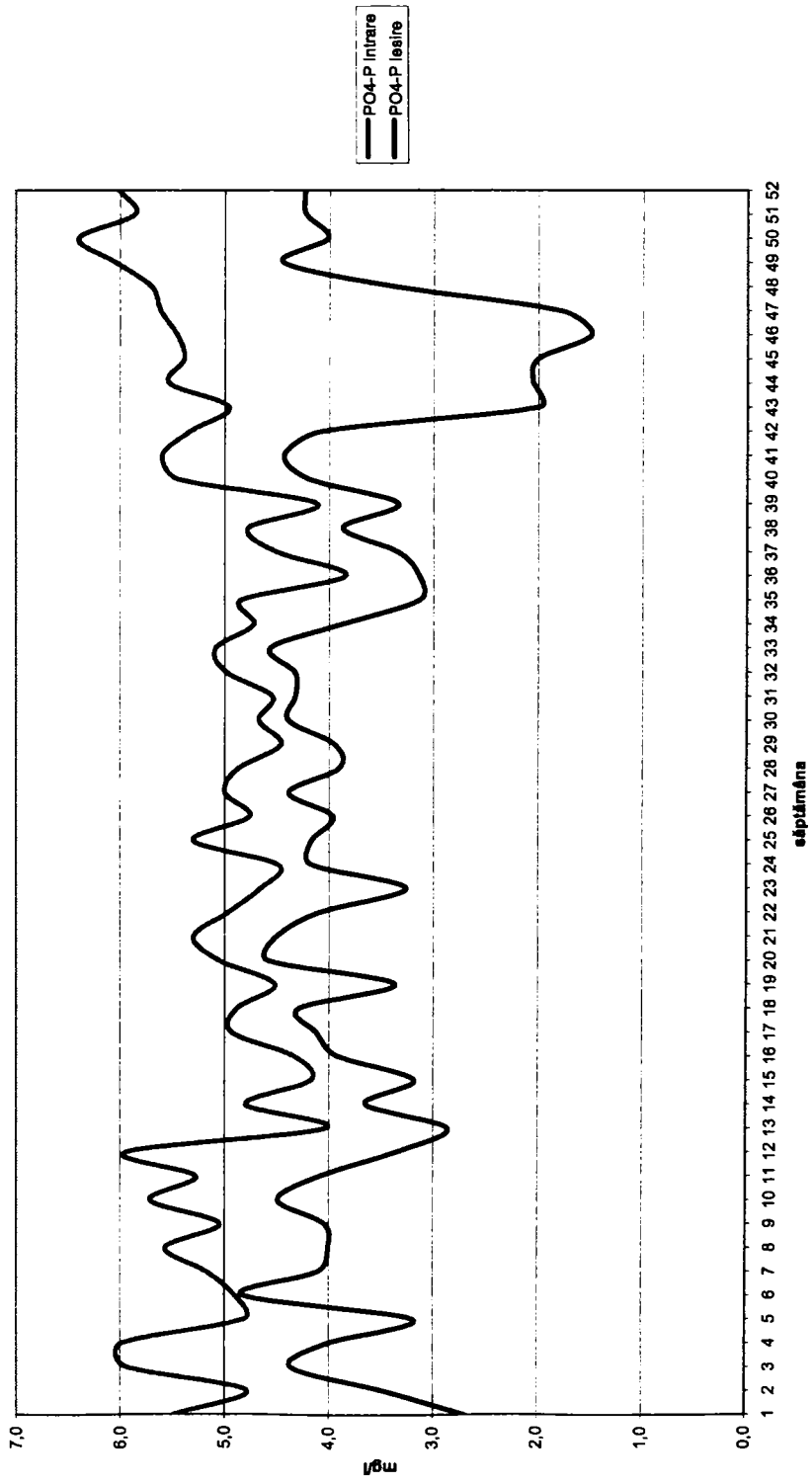
CBO5 - medii săptămânale 2001



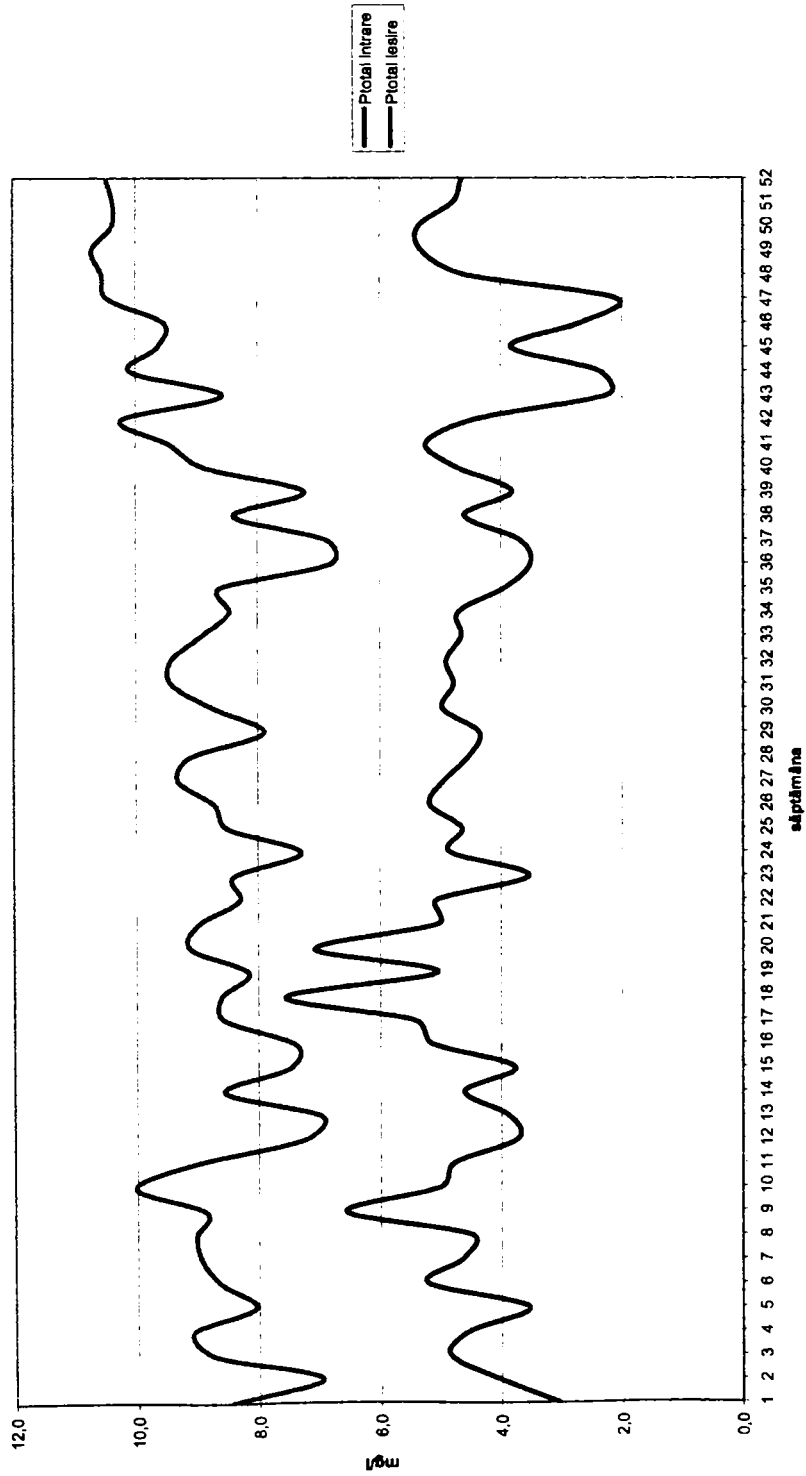
Fosfor - medii săptămânale 2001



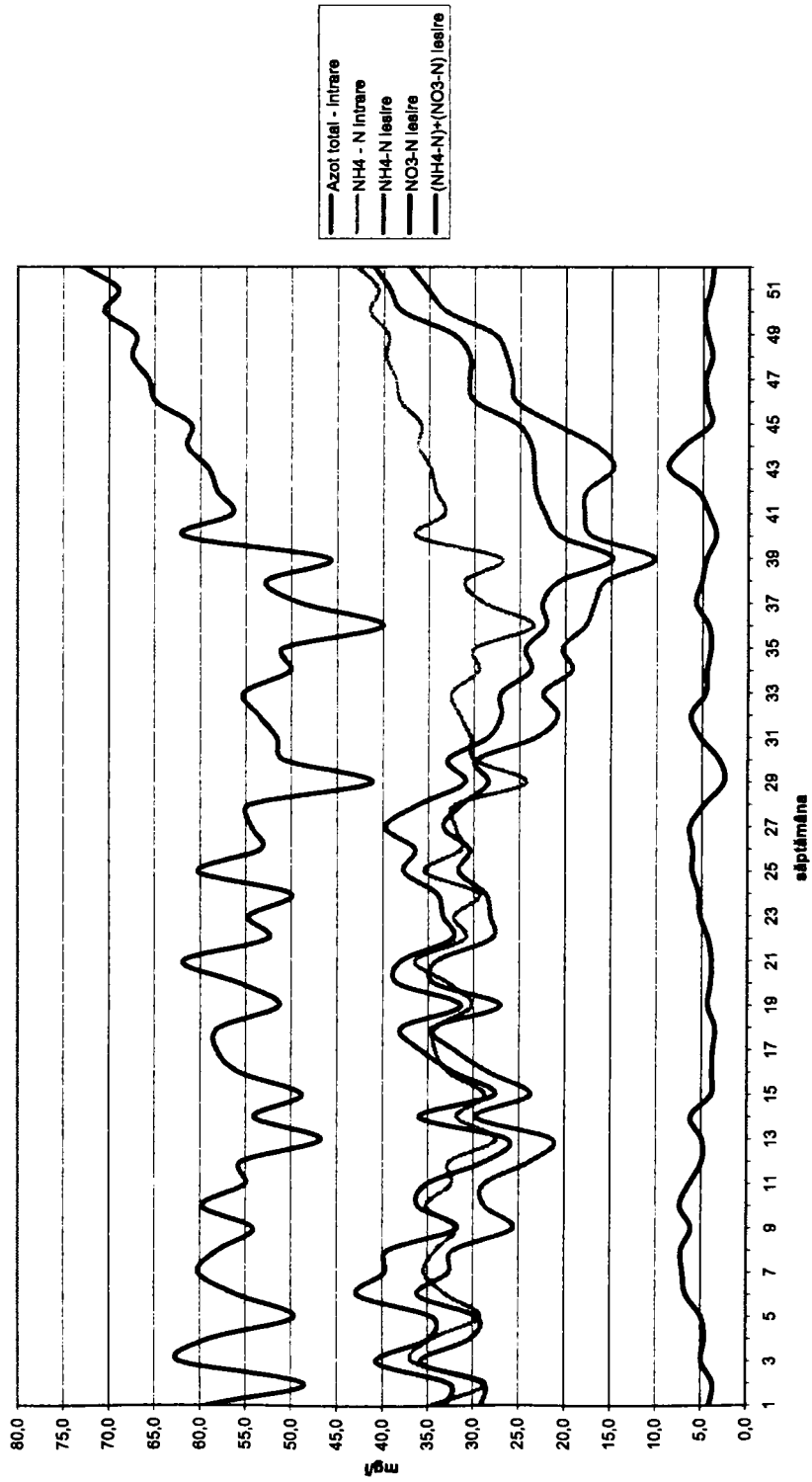
PO4-P - medii săptămânale 2001



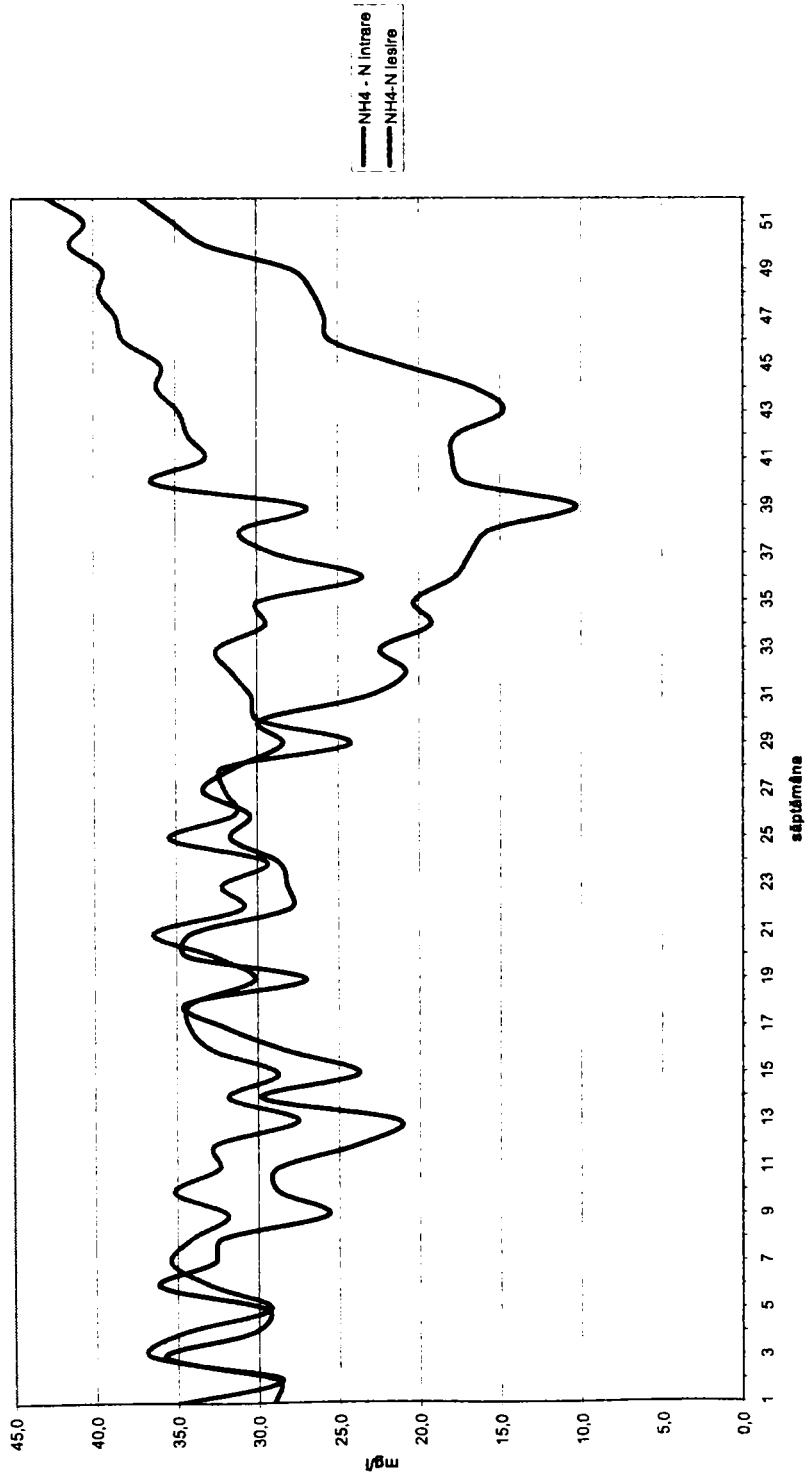
Ptotal - medii săptămânale 2001



Azot - medii săptămânale 2001



NH4-N - medii săptămânale 2001



Azot - medii săptămânale 2001

