

Ordin nr. 163 din 15/02/2005

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 337 din 21/04/2005

privind aprobarea Reglementării tehnice "Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a IV-a: treapta de epurare avansată a apelor uzate", indicativ NP 107-04

În conformitate cu art. 38 alin. 2 din Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare, în temeiul art. 2 pct. 45 și al art. 5 alin. (4) din Hotărârea Guvernului nr. 412/2004 privind organizarea și funcționarea Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului, cu modificările și completările ulterioare, având în vedere Procesul-verbal de avizare nr. 30 din 15 octombrie 2004 al Comitetului tehnic de coordonare generală,

ministrul transporturilor, construcțiilor și turismului emite următorul ordin:

Art. 1. - Se aprobă Reglementarea tehnică "Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a IV-a: treapta de epurare avansată a apelor uzate", indicativ NP 107-04, elaborată de către Universitatea Tehnică de Construcții București, prevăzută în anexa*) care face parte integrantă din prezentul ordin.

*) Anexa se publică ulterior în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 337 bis în afara abonamentului, care se poate achiziționa de la Centrul pentru relații cu publicul al Regiei Autonome "Monitorul Oficial", București, șos. Panduri nr. 1.

Art. 2. - Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al României, Partea I, și intră în vigoare în termen de 30 de zile de la data publicării.

Art. 3. - La data intrării în vigoare a prezentului ordin orice dispoziție contrară se abrogă.

Reglementare din 15/02/2005

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 337bis din 21/04/2005

Reglementare tehnică "Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a IV-a: treapta de epurare avansată a apelor uzate", indicativ NP 107-04

1. PREVEDERI GENERALE

1.1. OBIECTUL NORMATIVULUI

Prezentul normativ cuprinde prescripțiile și datele necesare proiectării construcțiilor și instalațiilor de pe linia apei în care se realizează epurarea avansată a apelor uzate orășenești.

Normativul conține elemente referitoare la necesitatea eliminării din apele uzate în special a azotului, fosforului și a compușilor acestora, aspecte teoretice, tehnologice și constructive ale obiectelor în care se realizează epurarea avansată, precum și schemele tehnologice de bază utilizate în prezent pe plan național și mondial.

Prevederile normativului sunt conforme cu reglementările privind protecția apelor din țările Uniunii Europene (Directiva nr. 91/271/CEE din 21 Mai 1991) și din țara noastră (NTPA 011/2002 și NTPA 001/2002).

În normativ s-a ținut seama, de asemenea, de recomandările Legii 10/1995 privind calitatea în construcții, conform căreia se urmărește ca pe întreaga durată de existență a construcțiilor să se realizeze și să se mențină cerințele de calitate obligatorii (rezistența și stabilitatea, siguranța în exploatare, igiena, sănătatea oamenilor și protecția mediului, protecția termică, hidrofugă, economia de energie și protecția la zgomot).

Prezentul normativ nu conține prescripțiile pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor din treptele de epurare primară (mecanică) și secundară (biologică), care sunt conținute în reglementările NP 032-1999, respectiv NP 088-03. Normativul nu conține, de asemenea, prescripțiile de proiectare pentru stațiile de epurare de capacitate mică ($5 < Q \leq 50$ l/s) și foarte mică ($Q \leq 5$ l/s), pentru care există normativul NP 089-03.

Proiectarea construcțiilor și instalațiilor pentru prelucrarea nămolurilor reținute în stațiile de epurare avansată a apelor uzate orășenești, nu este cuprinsă în prezentul normativ și va constitui obiectul unei reglementări tehnice separate.

De asemenea, normativul nu cuprinde prescripții privind instalațiile și echipamentele mecanice, electrice, de automatizare, instalațiile sanitare, termice și de ventilație, precum și calculele de stabilitate și de rezistență ale construcțiilor, acestea urmând să fie efectuate conform standardelor și reglementărilor tehnice de specialitate existente.

La proiectare se va avea în vedere adoptarea de soluții care să garanteze asigurarea calității lucrărilor executate atât pentru ansamblul stației de epurare, cât și pentru fiecare material și echipament în parte.

1.2. DOMENIUL DE APLICARE

Prevederile prezentului normativ se aplică la proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare avansată a apelor uzate orășenești provenite de la aglomerații urbane și rurale, de la mici unități industriale, turistice (hoteluri, moteluri, campinguri, cabane, tabere, sate de vacanță), unități militare (cazărmi), grupuri de locuințe, șantiere, etc.

Prevederile acestui normativ se aplică în special în zonele sensibile supuse eutrofizării, zone în care pentru evacuarea apelor uzate epurate în receptorii naturali se impun cerințe suplimentare față de cele prevăzute în NTPA 001/2002. Ele

se aplică atât în cazul proiectării stațiilor de epurare noi, cât și în cazul re tehnologizării, extinderii sau modernizării stațiilor de epurare existente.

Schemele tehnologice adoptate pentru stațiile de epurare noi, precum și îmbunătățirile și completările prevăzute la re tehnologizarea/modernizarea stațiilor de epurare existente, trebuie să permită obținerea condițiilor de calitate stabilite pentru efluentul epurat în NTPA 011/2002, NTPA 001/2002 și prin avizele și autorizațiile de mediu și de gospodărirea apelor.

1.3. UTILIZATORI

Prezentul normativ se adresează cercetătorilor și proiectanților care elaborează proiecte, caiete de sarcini ale documentațiilor de licitație și detalii de execuție, agremente tehnice, verficatorilor de proiecte, experților tehnici, universităților tehnice, personalului responsabil cu execuția și exploatarea lucrărilor, prestatorilor de servicii în domeniu (regii, societăți comerciale), precum și organelor administrației publice centrale și locale cu atribuții în domeniu (ministere, primării, consilii locale/județene, etc.).

1.4. ARMONIZAREA CU NORMELE EUROPENE

În prezent nu există reglementări și prevederi exprese ale Uniunii Europene privind epurarea avansată a apelor uzate cu excepția Directivei nr. 91/271/CEE care impune numai indicatorii de calitate pe care trebuie să-i îndeplinească, în zonele sensibile, efluenții stațiilor de epurare la evacuarea acestora în receptorii naturali.

Elementele de proiectare a construcțiilor și instalațiilor de epurare avansată cuprinse în acest normativ sunt în concordanță cu prevederile actelor normative existente în țara noastră și cu normele Uniunii Europene. S-au evidențiat și recomandat, de asemenea, unii parametri de proiectare neconținuți în directivele Uniunii Europene, dar utilizați în mod frecvent în calculele de dimensionare de către specialiștii statelor membre.

În principal, s-a avut în vedere ca act normativ Directiva Consiliului Comunității Europene privind tratarea apelor urbane reziduale nr. 91/271/CEE din 21 mai 1991 care a fost preluată prin HG nr. 188/2002. Această Hotărâre de Guvern cuprinde normativele/normele tehnice de protecția apelor NTPA 001/2002, NTPA 002/2002 și NTPA 011/2002.

Prezentul normativ evidențiază tehnologiile de epurare de referință a apelor uzate, utilizate în special în țările Uniunii Europene, precum și metodologia de dimensionare aplicată frecvent în aceste țări.

1.5. NORMATIVE ȘI REGLEMENTĂRI CONEXE

Elaborarea prezentului normativ a ținut seama, în principal, de prevederile următoarelor normative și reglementări conexe:

- Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea I: Treapta mecanică, Indicativ NP 032 - 1999, aprobat cu Ordinul M.L.P.A.T. nr. 60/N/25.08.1999;
- Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a II-a: Treapta biologică, Indicativ NP 088 - 03, aprobat cu Ordinul M.T.C.T. nr. 639/23.10.2003;
- Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a III-a: Stații de epurare de capacitate mică ($5 < Q \leq 50$ l/s) și foarte mică ($Q \leq 5$ l/s) Indicativ NP 089 - 03, aprobat cu Ordinul Ministrului M.T.C.T. nr. 640/23.10.2003;
 - Legea Protecției Mediului nr. 137/1995, cu modificările ulterioare;
 - Legea Apelor nr. 107/1996, cu modificările ulterioare;
 - Legea privind calitatea în construcții nr. 10/1995, cu modificările ulterioare;
 - NTPA 011/2002 - Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești (HG nr. 188/2002);
 - NTPA 001/2002 - Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG nr. 188/2002);
 - NTPA 002/2002 - Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare (HG. nr. 188/2002);
 - Normativ privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață, aprobat cu Ordinul ministrului M.A.P.M. nr. 1.146 din 10.12.2002;

2. NOȚIUNI TEHNICE SPECIFICE

2.1. ROLUL EPURĂRII AVANSATE

2.1.1. Epurarea mecano-biologică convențională contribuie la eliminarea din apele uzate a materiilor în suspensie și a substanțelor organice coloidale și dizolvate, biodegradabile (pe bază de carbon), dar reține în mică măsură, sau deloc, alte substanțe cum ar fi azotul, fosforul, compuși ai acestora, metale grele, detergenți, anumiți germeni patogeni și paraziți, materii în suspensie, etc., substanțe care în practică poartă denumirea de substanțe "refractare" sau "rezistente".

Rolul epurării avansate este de a reține din apele uzate, printr-un complex de procese fizice, chimice și biologice aceste substanțe refractare.

Dintre acestea, pentru apele uzate menajere și orășenești, cele mai periculoase sunt nutrienții (fosforul, azotul și compușii lor), substanțe care afectează în mod defavorabil și în unele cazuri deosebit de grav, sănătatea oamenilor, fauna, flora acvatică și mediul înconjurător însuși prin eutrofizarea lacurilor și a râurilor a căror curgere este lentă.

2.1.2. Epurarea avansată poate fi realizată în aceleași obiecte tehnologice destinate eliminării substanțelor organice pe bază de carbon (cazul stațiilor de epurare noi sau celor în curs de extindere), sau separat, în construcții și instalații specifice, după treapta de epurare biologică (cazul unor stații de epurare existente). Realizarea unor construcții și instalații separate reprezintă o situație particulară, care a generat noțiunea de "treaptă de epurare terțiară", denumire mult mai puțin cuprinzătoare decât cea de "epurare avansată".

2.2. PROVENIENȚA AZOTULUI DIN APELE UZATE ȘI SURSE DE AZOT

2.2.1. Activitatea umană reprezintă una dintre sursele de azot cea mai frecvent întâlnită, în special în hidrosferă. Principalele efecte (neajunsuri) ale acumulării azotului în apă sunt: epuizarea cantităților de oxigen dizolvat din apele receptoare, stimularea eutrofizării, creșterea toxicității vieții acvatice, periclitarea sănătății publice și diminuarea probabilității ca apele să mai fie reutilizabile.

2.2.2. Sursele de azot pot influența deciziile privind nivelul și tipul epurării, care de regulă este specific fiecărui caz în parte. În analizarea problemei poluării cu azot o atenție deosebită trebuie acordată determinării tuturor surselor de azot posibile astfel încât cantitatea totală evaluată să fie cât mai corect estimată.

2.2.3. Sursele de azot provenite din activitatea umană includ apele uzate menajere epurate și neepurate, reziduurile industriale, depuneri atmosferice și scurgeri de suprafață.

2.2.4. Apele uzate menajere provin din localitățile urbane și rurale, sau din zonele izolate unde se procedează la colectarea acestora, cu condiția ca proveniența acestora să fie strict din utilizarea menajeră a apei potabile.

2.2.5. Apele uzate neepurate provenite de la sistemele de canalizare orașenești au în mod obișnuit un conținut în azot total Kjeldahl (notat în mod obișnuit cu TKN și compus din azotul amoniacal și organic) de 30-80 mg/l. Din acesta, aproximativ 60% reprezintă azot amoniacal și 40% azot organic, cantitățile de azotați fiind foarte mici, iar cele de azotiți, practic nule. Încărcarea specifică pentru zone rezidențiale a fost estimată (valoare medie) la 6 ... 14 g TKN/om, zi.

2.2.6. Apele uzate provenite din fosele septice rurale sunt adesea colectate și amestecate cu apele uzate menajere în amonte stațiilor de epurare. Conținutul în azot al apelor uzate provenite din fosele septice este de 100-1600 mg TKN/l, o valoare uzuală considerându-se 700 mg TKN/l. Debitul apelor uzate provenite de la fosele septice este în general redus în comparație cu debitul apelor uzate influente în stațiile de epurare, dar pentru stații de epurare mici, el poate avea un efect semnificativ.

2.2.7. Apele uzate menajere epurate conțin cantități variate de azot, funcție de tipul de epurare utilizat. O stație de epurare cu nămol activat reduce conținutul de azot total cu ajutorul sintezei celulare și eliminării solidelor. Majoritatea cantității de amoniu trece nemodificată în cazul unei epurări fără nitrificare. Necesitatea reducerii azotului total cu peste 20-30%, impune denitrificarea apelor uzate. Epurarea convențională cu nămol activat, în general, conduce la un conținut al azotului total în efluent de 15-35 mg/l. O epurare biologică avansată poate conduce la o valoare a azotului total în efluent de 2-10 mg/l.

2.2.8. Apele uzate industriale. Industria contribuie cu azot prin reziduurile lichide produse ca rezultat al utilizării apei în procesele specifice și utilizării secundare a apei la purificarea gazelor. Cele mai reprezentative industrii care produc nivele ridicate ale azotului în apa de proces sunt: chimică (producerea de fertilizatori și de alți compuși azotoși), hârtie și celuloză (produse naturale, celuloză pe bază de amoniac), minerit și metale (prelucrarea minereurilor, decapare cu acid nitric), prelucrarea alimentelor (spălarea unor produse cu proteine îmbogățite și apele rezultate în urma pregătirii hranei).

2.2.9. Levigatul produs la depozitele controlate de deșuri menajere. Levigatul (lixiviatul) din gropile de gunoi pentru reziduurile solide menajere sunt caracterizate ca ape uzate cu debite scăzute dar foarte încărcate. Levigatul poate avea un conținut de amoniu cu valori între 0-1.160 mg/l și azot sub formă de azotați și azotiți de 0,2-10,3 mg/l. În acest caz, stația de epurare care trebuie să epureze un asemenea tip de apă uzată, trebuie să fie "flexibilă" pentru obținerea parametrilor impuși efluentului epurat de reglementările în vigoare chiar în cazul unui grad ridicat de variabilitate în încărcare a levigatului influent.

2.2.10. Depozitarea atmosferică. Azotul atmosferic poate ajunge în mediu acvatic sub formă de azot anorganic care este solubilizat în apa de ploaie sau, sub formă de azot organic ori mineralizat (particule), care este fie antrenat de apele meteorice de pe suprafețele pe care cad acestea, fie din suspensiile antrenate de vânt.

2.2.11. Scurgerea de suprafață a apelor de ploaie. Scurgerea de suprafață în mediul urban poate conține cantități semnificative de azot. Suprafețele impermeabile caracteristice orașelor asigură o rapidă conducere a azotului la canalele receptoare, by-passând asimilarea naturală. Construcțiile și alți factori perturbatori creează cantități sporite de materii în suspensie în scurgerile de suprafață. Aceste materii au în general o componentă semnificativă de azot organic tip particule. Utilizarea fertilizatorilor la terenurile agricole creează încărcări importante în azot ale freaticului și ale apelor de suprafață. Din acest motiv, factorii de decizie care administrează terenurile agricole respective trebuie să stabilească cu atenție rata de utilizare și tipul de fertilizator, gradul de irigare, drenarea solului, tipul de cultură și viteza de absorbție a sa precum și gradul de cultivare al pământului.

2.2.12. Un alt tip de scurgere o constituie cea din sistemul de colectoare pentru apele uzate menajere aflate într-o stare avansată de deteriorare, din bazinele industriale și sistemele septice precum și racordurile și evacuările ilegale care, împreună, pot contribui în mare măsură la încărcarea în azot a apei din cadrul sistemului de colectare a apelor de ploaie.

2.3. FORME SUB CARE SE GĂSEȘTE AZOTUL ÎN APELE UZATE

Azotul este unul dintre elementele chimice prezent în toate cele patru componente principale ce formează biosfera: atmosfera, hidrosfera, crusta terestră și țesuturile organismelor vii sau moarte. Fiecare element conține azot sub diverse forme.

Azotul, în mediul înconjurător, există sub mai multe forme funcție de natura sa și de starea de oxidare în care se poate găsi. Astfel, după natura sa, azotul poate fi organic sau anorganic. Azotul anorganic, funcție de starea de oxidare în care se poate găsi, poate exista în una din formele menționate în tabelul 2.1. de mai jos.

Tabelul 2.1

Compus de azot	Simbol
Amoniac	NH ₃
Ionul de amoniu	NH ₄ ⁺
Azotul gazos	N ₂
Ionul azotit	NO ₂ ⁻
Ionul azotat	NO ₃ ⁻

Azotul total conținut în apele uzate este alcătuit din azot organic, amoniac (sau amoniu), azotii și azotați. Amoniacul există în soluțiile apoase fie sub formă de gaz, denumit amoniac (NH_3), fie ca ion de amoniu (NH_4^+), funcție de valoarea pH-ului soluției, corespunzător următoarei reacții de echilibru:



Astfel, la nivelele ale pH-ului $> 9,25$ este predominant amoniacul, pe când pentru un pH $< 9,25$ este predominant amoniul.

Azotii (NO_2^-) sunt relativ instabili și ușor de oxidat la forma de azotat. Ei indică o poluare anterioară în procesul de stabilizare și rareori depășesc $1,0 \text{ mg/l}$ în apele uzate sau $0,1 \text{ mg/l}$ în apele de suprafață. Azotii prezenți în efluenții stațiilor de epurare pot fi oxidați de clor, dar acest proces presupune creșterea dozei de clor, respectiv creșterea costului dezinfecției.

Azotații (NO_3^-) reprezintă forma cea mai oxidată a azotului ce se regăsește în apele uzate. Acesta poate varia în limitele $0-20 \text{ mg/l}$ în apele uzate epurate (valoarea maximă admisă pentru azotați în apele uzate la descărcarea lor în emisari, de către normativele tehnice de protecția apelor, este de 25 mg/l).

Amoniacul (NH_3) se găsește în cantități foarte reduse, fie în formă liberă (gaz), în apropierea substanțelor intrate în descompunere, fie în sol, sub formă de săruri de amoniu.

Toxicitatea amoniacului, comparativ cu forma ionică, este mult mai mare.

Determinarea amoniacului se face în mod obișnuit pentru ape având un pH cuprins între $6,5-8,3$, prin analizarea formei ionice NH_4^+ . Astfel, pentru determinarea procentuală a celor două forme de azot este necesară determinarea pH-ului, deoarece raportul între acestea depinde de pH-ul apei.

Într-un mediu neutru sau slab alcalin, predomină forma ionică (NH_4^+), la un pH aproximativ $= 8,0$, conținutul în NH_3 fiind de numai $4,5\%$.

Pentru un mediu cu alcalinitate ridicată, având pH $> 9,25$, amoniacul (NH_3) este predominant, reprezentând peste 50% .

Amoniul (NH_4^+), se regăsește în aproape toate tipurile de ape (naturale, de suprafață și chiar în cele subterane), prezența acestuia indicând o contaminare recentă cu produși de descompunere celulară, o deversare de ape uzate sau scurgerea de ape de ploaie de pe suprafețele agricole unde se utilizează fertilizatori pe bază de azot (azotat de amoniu NH_4NO_3 , uree).

Exprimarea azotului amoniacal se face în ioni de amoniu NH_4^+ (mg/l), în azot total N - NH_4^+ (mg/l), sau NH_3 (mg/l). La $1,0 \text{ mg}$ de azot total N corespund $1,286 \text{ mg}$ NH_4^+ și $1,216 \text{ mg}$ NH_3 .

Azotii (nitriții) NO_2^- reprezintă prima treaptă de oxidare a amoniului. Prezența acestora în apă sugerează existența unor produse reducătoare. La $1,0 \text{ mg}$ de azot total N corespund $3,285 \text{ mg}$ NO_2^- .

Azotații (nitrații) NO_3^- , reprezintă un stadiu avansat de oxidare a amoniului, prezența acestora sugerând o impurificare mai veche.

Proveniența azotaților poate fi de origine animală, din procesele de mineralizare a proteinelor sau poate fi de origine minerală, din apele de scurgere peste suprafețele pentru care s-au folosit fertilizatori. La $1,0 \text{ mg}$ de azot total N corespund $4,427 \text{ mg}$ NO_3^- .

Azotul organic este alcătuit din mai multe familii de compuși: amine, acizi aminici, ierbicide, derivați nitrozo, combinații macromoleculare (proteine, peptide, clorofile, acizi humici).

Azotul total este compus din toate formele de azot: azot amoniacal (N - NH_3 sau N - NH_4^+), azotii (N - NO_2^-), azotați (N - NO_3^-) și azotul organic (N(org)).

Azotul total Kjeldahl este compus, spre deosebire de azotul total, numai din azotul amoniacal (N - NH_3 sau N - NH_4^+) și azotul organic (N(org)).

Concentrațiile uzuale în compuși de azot întâlnite la apele uzate menajere neepurate variază în domeniul $8-35 \text{ mg/l}$, pentru azotul organic, $12-50 \text{ mg/l}$, pentru amoniacul liber și $20-85 \text{ mg/l}$ pentru azotul total.

Conținutul în azotați și azotii la apele uzate menajere este în general neglijabil.

În cazul apelor uzate provenite de la fosele septice conținutul în azot total (N) variază între $100-1600 \text{ mg/l}$, uzual considerându-se 700 mg/l , iar pentru amoniac (ca azot total N) variază între $100-800 \text{ mg/l}$, considerându-se în medie 400 mg/l .

2.4. TRANSFORMĂRILE SUFERITE DE AZOT

Principalele transformări pe care azotul le suferă în cadrul mediului înconjurător sunt:

- a. - Reducere (fixare);
- b. - Amonificare;
- c. - Sinteză;
- d. - Denitrificare.

Reacțiile de amonificare, sinteză, nitrificare și denitrificare sunt mecanismele primare angajate în epurarea apelor uzate pentru controlul și/sau eliminarea azotului. Condițiile de mediu care influențează reacțiile bio-chimice din procesele de eliminare a azotului sunt temperatura, pH-ul, procesele microbiologice, potențialul de oxidare/reducere și disponibilitatea substratului, nutrienților și a oxigenului.

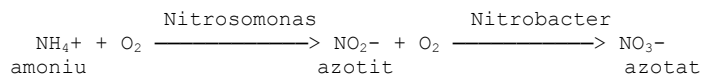
a. Reducerea (fixarea) reprezintă procesul prin care azotul inert, gazos, este încorporat într-un compus chimic asemenea aceluia care poate fi folosit de plante și animale. Fixarea azotului de la azotul gazos (N_2) la azotul organic este, predominant, realizat biologic de către microorganismele specializate și plante. Fixarea atmosferică prin procese de reducere datorate descărcărilor electrice sau prin procesele industriale de obținere a fertilizatorilor sau altor chimicale, joacă un rol mai mic, dar semnificativ, ca metodă de fixare.

b. Amonificarea este transformarea azotului organic la forma de amoniu. În general, amonificarea intervine în timpul descompunerii țesutului animal și vegetal și a materiilor fecale de natură animală.

c. Sinteza (asimilarea) este un mecanism biochimic care utilizează compușii de amoniu sau azotații pentru a forma proteine și alți compuși ce conțin azot.

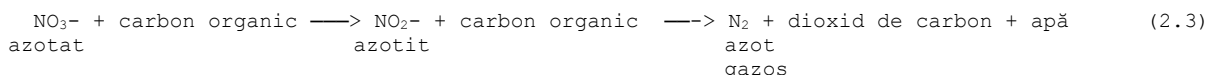
d. Nitrificarea este procesul prin care se realizează oxidarea biologică a amoniului. Aceasta se realizează în două etape, prima la forma de azotiti și apoi la forma de azotați.

Responsabile pentru aceste două etape sunt în principal două bacterii chemoautotrofe aerobe (obțin energie din reacții chimice, prin oxidarea în mediu aerob a compușilor anorganici asemenea amoniacului, azotitilor și sulfidelor, utilizând pentru sinteză carbonul anorganic din bioxidul de carbon) cunoscute sub denumirea de nitrosomonas și nitrobacter. Etapele nitrificării sunt reprezentate global prin relația 2.2 de mai jos:



Reacțiile de transformare sunt în general cuplate și au loc rapid la forma de azotat, nivelul de azotiti la un moment dat fiind relativ scăzut. Azotații formați pot fi folosiți în sinteză pentru a sprijini creșterea plantelor sau pot fi substanțial reduși prin denitrificare.

e. Denitrificarea este reducerea biologică a azotaților la azot gazos. Ea poate fi realizată în mai multe etape pe cale biochimică, cu producere finală de azot gazos. O gamă largă de bacterii heterotrofe anoxice iau parte la proces, necesitând carbon organic ca sursă de energie. Etapele denitrificării sunt reprezentate global prin relația 2.3 de mai jos:



În cazul în care într-un reactor sunt prezenți, în același timp și azotați și oxigen, bacteriile vor folosi preferențial oxigenul pentru oxidarea substanței organice deoarece se produce mai multă energie. Pentru ca denitrificarea să aibă loc, trebuie să fie create condiții anoxice (oxigenul necesar reacțiilor chimice fiind luat din legăturile chimice ale azotului cu oxigenul, în special din azotați).

2.5. NECESITATEA ÎNDEPĂRTĂRII (ELIMINĂRII) AZOTULUI DIN APELE UZATE

Acumularea excesivă a diferitelor forme de azot în apele de suprafață și subterane poate conduce atât la efecte ecologice adverse cât și la efecte nefaste asupra sănătății oamenilor. Se prezintă în continuare, în mod succint, aceste efecte.

2.5.1. Efectele azotului și ale compușilor de azot asupra mediului înconjurător

A. Scăderea concentrației de oxigen dizolvat în apele receptoare este unul din cele mai importante efecte al prezenței compușilor de azot. Asemănător descompunerii bacteriene a componentilor organici din apele uzate în emisari, nitrificarea amoniului în apa receptorilor naturali generează un consum de oxigen suplimentar. În asemenea cazuri specifice, unde se demonstrează că amoniul poate conduce la scăderea concentrației de oxigen dizolvat din emisari, este recomandabil a se realiza nitrificarea înaintea evacuării apelor uzate epurate mecanic și biologic.

B. Biostimularea creșterii plantelor și algelor în apele de suprafață (eutrofizarea)

O problemă majoră în poluarea apelor este eutrofizarea, care este definită ca dezvoltarea excesivă a plantelor și/sau "înflorirea" algelor rezultate din superfertilizarea râurilor, lacurilor și estuarelor. Eutrofizarea se poate manifesta sub forma deteriorării calității unei ape curate anterior, generării unor mirosuri urâte provenite din descompunerea plantelor și reducerii concentrației de oxigen dizolvat din apa receptorilor naturali, care poate afecta respirația peștilor precum și metabolismul altor viețuitoare și plante acvatice.

Condițiile esențiale care se cer pentru dezvoltarea plantelor și algelor sunt macronutrienții adecvați sub formă de azot sau fosfor, suficient dioxid de carbon și energie luminoasă.

Azotul și fosforul sunt, în mod obișnuit, cele două elemente cheie în controlul eutrofizării.

Odată determinat care nutrient limitează creșterea, trebuie determinat dacă și cum poate fi controlată cantitatea de substanță limitatoare influentă în apa receptoare. În anumite circumstanțe, eliminarea și a azotului și a fosforului poate fi considerată responsabilă pentru limitarea creșterii algelor.

Eutrofizarea lacurilor este una dintre cele mai importante probleme de mediu, deoarece nutrienții care pătrund în apă tind să fie reciclați în lac și acumulați în timp, spre deosebire de râuri care reprezintă sisteme curgătoare în care nutrienții sunt întodeauna în mișcare spre aval, de la o secțiune la alta. Acumulările apărute de-a lungul râurilor tind să apară numai în ape lente iar efectele acestor acumulări sunt, în mod normal, moderate de acțiunea periodică a viiturilor.

În urma îmbogățirii apelor cu nutrienți, are loc o dezvoltare accelerată a vegetației acvatice care, pe lângă aspectele neplăcute ce influențează utilizarea apelor pentru pescuit, turism sau agrement (sporturi nautice, etc.), inhibă dezvoltarea normală a faunei acvatice. Creșterea agresivă a vegetației acvatice conduce în scurt timp la o rată ridicată a algelor care mor, contribuind la sedimentarea masivă, în straturi, a plantelor care în condiții anaerobe specifice hipolimnionului, se descompun. În urma acestor descompuneri, apar o serie de elemente secundare ca hidrogenul sulfurat (datorită lipsei de oxigen) ce va afecta direct calitatea apei prin apariția de mirosuri grele, neplăcute și în final prin diminuarea până la dispariția totală a vieții acvatice.

Un alt efect al eutrofizării apei îl constituie creșterea turbidității datorită creșterii densității fitoplanctonului dezvoltat. Prin creșterea producției de fitoplancton (respectiv prin consumul de CO₂) se realizează o creștere a pH-ului apei, care, la rândul ei, determină trecerea amoniului (NH₄⁺) la forma mai toxică de amoniac liber (NH₃).

Eutrofizarea apare în general în cazul lacurilor, râurilor a căror curgere este lentă, în estuare și în particular în bazinele de apă delimitate.

2.5.2. Efectele azotului și a compușilor de azot asupra sănătății oamenilor

Compușii de azot care constituie un pericol pentru sănătatea oamenilor sunt azotații și în special azotiti. De acești doi compuși se leagă în principal boli grave de tipul cinozei infantile (Methemoglobinemia) și carcinogenezei. Methemoglobinemia este o boală care afectează în special copiii, fiind adesea descrisă sub termenul de "maladia albastră".

Toxicitatea acută a azotaților apare ca un rezultat a reducerii sale la azoțiți, proces care poate interveni în condițiile specifice din stomac și salivă. Ionul azotit format oxidează fierul din moleculele de hemoglobină de la starea feros la feric. Methemoglobinemia rezultată conduce la incapacitatea organismului uman de a asimila oxigenul, iar dacă nu se procedează la un tratament corespunzător și în timp util poate apărea anoxia și chiar moartea. Majoritatea cazurilor de methemoglobinemie infantilă raportate au fost asociate cu utilizarea apei cu un conținut mai mare de 10 mg azotați/l. Cu toate că standardele și reglementările pentru apă potabilă indică o concentrație de azotați în apa potabilă de 40 ... 50 mg/l, se recomandă obținerea unei ape potabile cu o concentrație de azotați sub 10 mg/l și de azoțiți sub 0,5 mg/l. Aceste valori sunt depășite adesea în cazul puțurilor de mică adâncime și în zonele necanalizate unde fosa septică este sistemul cel mai utilizat pentru colectarea apelor uzate menajere.

Carcinogeneza (cancerul gastric) a fost asociat cu ingestia nitrozoderivaților. Azoțiții (proveniți indirect din azotați) pot reacționa cu aminele și amidele pentru a forma nitrosamine și nitrosamide. Evidența epidemiologică sugerează că ingestile mari de azotat pot fi un factor ce contribuie la cancerul gastric.

2.5.3. Necesitatea îndepărtării azotului și fosforului din apele uzate și limitele maxime admise în efluentul epurat

Din studiul potențialelor surse de producere a substanțelor cu un grad ridicat de poluare, se constată că, în zilele noastre, azotul și fosforul reprezintă o prezență constantă atât în apele uzate provenite de la populație cât și în cele provenite de la industrie. Apele uzate menajere prezintă de regulă atât compuși de azot cât și de fosfor, datorită, în special, utilizării pe scară largă a detergenților și a soluțiilor dizolvabile în apa potabilă menajeră. Apele uzate industriale, datorită proceselor tehnologice elimină, deseori, substanțe pe bază de azot și fosfor ce se regăsesc în final în apele uzate rezultate.

Descărcarea apelor uzate, epurate sau neepurate, indiferent de natura lor, conținând compuși de azot și de fosfor, au efecte nefaste asupra emisarilor, mai ales în cazul în care aceștia sunt lacuri sau râuri cu viteze reduse de curgere, în care fenomenul de autoepurare devine insuficient, calitatea apei suferind deteriorări importante, greu de recuperat în timp.

Un efect indirect al descărcării acestor tipuri de ape o constituie fenomenul de eutrofizare descris la pct. 2.5.1.B.

Un alt efect important al evacuării de ape cu un conținut ridicat de nutrienți îl reprezintă scăderea concentrației de oxigen dizolvat din apa receptorilor naturali. În prima fază, reducerea concentrației de oxigen apare datorită dezvoltării explozive a florei acvatice care în procesul de hrănire cu nutrienți consumă oxigen, iar în ultima fază datorită consumului suplimentar de oxigen impus de nitrificarea incompletă a efluenților stațiilor de epurare descărcați în receptori. Acest fenomen, de nitrificare, corelat cu o diluție necorespunzătoare, se va realiza în curent, conducând la reducerea oxigenului dizolvat din apa emisarului (vezi pct. 2.5.1.A).

Datorită compușilor de azot prezenți în apa prelevată din râuri, cresc costurile de tratare a apei când captarea este situată în avalul punctelor de descărcare a apelor uzate epurate insuficient. Dacă descărcarea apelor uzate epurate sau scurgerea apelor pluviale de pe suprafețele agricole au survenit după realizarea stațiilor de tratare (deci acestea au fost proiectate pentru o calitate a apei captate diferită de cea prelevată), stațiile respective nu vor mai fi capabile să obțină parametri pentru care au fost proiectate. Aducerea stațiilor la nivelul noilor cerințe impuse de schimbarea calității apei brute se va putea realiza numai cu adăugarea de noi filiere de tratare la actualele stații, deci cu costuri suplimentare.

2.6. PROVENIENȚA FOSFORULUI DIN APELE UZATE ȘI SURSE DE FOSFOR

2.6.1. Fosforul este un element chimic destul de răspândit în natură, constituind cca. 0,11% din litosferă. El se găsește, în general, sub formă de compuși solubili sau particule, atât în apele uzate menajere sau orășenești, cât și în apele uzate industriale, în cele provenite din unitățile agrozootehnice sau în apele de șiroire datorate precipitațiilor, care spală terenurile agricole pe care s-au împrăștiat îngrășăminte chimice.

Fosforul se găsește și în corpul plantelor și animalelor sub formă de combinații anorganice (de exemplu, el se găsește, în carapacea racilor sau scoicilor, în oasele vertebratelor) și organice (de exemplu, în sânge, în păr, în gălbenușul de ou, în lapte, în fibrele musculare, în celulele nervilor și ale creierului, etc.).

2.6.2. Una din cele mai importante surse de fosfor în apele uzate sunt îngrășămintele chimice utilizate în agricultură pentru fertilizarea solurilor. Îngrășămintele naturale provin din făina de oase și din guano. Îngrășămintele artificiale pe bază de fosfor pot fi simple sau compuse.

Cele simple au în compoziția lor un singur element nutritiv - fosforul și de regulă, sunt pe bază de săruri de calciu ale acidului fosforic de care se leagă un anion monovalent (Fe, Cl, OH). Îngrășămintele compuse conțin, pe lângă fosfor, cel puțin încă un element nutritiv, (azotul, kaliul, magneziul), fie legat chimic (îngrășăminte complexe), fie în amestec (îngrășăminte mixte). Cele mai folosite îngrășăminte sunt de tip NP, NPK sau NPKMg.

2.6.3. Dintre compușii organici ai fosforului cei mai întâlniți se evidențiază fosforproteidele, cea mai importantă fiind cazeina care se găsește în lapte (sub formă de săruri de calciu).

2.6.4. O altă sursă de fosfor din apele uzate menajere și orășenești o constituie detergenții casnici, precum și deșeurile menajere (care pot constitui până la 30-50% din cantitatea de fosfor conținută în apele uzate).

2.7. FORME SUB CARE SE GĂSEȘTE FOSFORUL ÎN APELE UZATE

2.7.1. Fosforul are un rol foarte important în natură. Prezența lui sub formă de săruri sau de compuși derivați ai acidului fosforic condiționează viața, fiind componente de bază ale celulelor vii și participând nemijlocit la diferite metabolisme.

Fosforul, ca și azotul, urmează în natură un circuit închis. El se găsește în sol ca fosfați, fie naturali, fie sub formă de îngrășăminte. Din sol trece în plante, fiind un component al unor proteine. Animalele se hrănesc cu plante și asimilează fosforul, care intră în compoziția oaselor, creierului și nervilor. Prin moartea animalelor, fosforul se întoarce în sol, închizând astfel circuitul în natură. În mod analog, se poate defini și circuitul fosforului în mediul acvatic. Cele două circuite nu sunt independente, ci legate prin transferuri de substanțe, după cum se poate vedea în schema de mai jos.

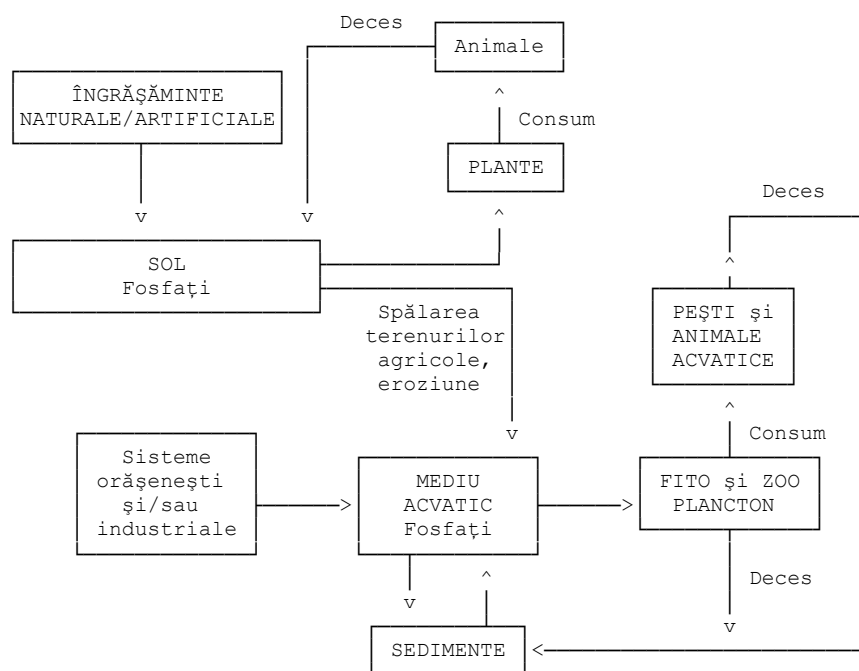


Fig. nr. 2.1 - Circuitul fosforului în natură

Elementele absolut necesare proceselor metabolice bacteriene, în general, ale formelor de viață acvatice sunt denumite nutrienți. Cei mai importanți sunt carbonul, azotul, fosforul și siliciul (azotul sau fosforul fiind în mod uzual factorii limitatori ai dezvoltării bacteriene și algelor, iar siliciul fiind important numai pentru una din componentele populației algale, respectiv diatomeele).

2.7.2. Fosforul se poate găsi în apele uzate ca și în orice sistem acvatic sub următoarele forme:

- > fosfor anorganic dizolvat (ortofosfați, de tipul PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$);
- > fosfor organic dizolvat (fosfor conținut în compușii organici dizolvați sau în stare coloidală, proveniți în special din descompunerea fosforului organic de tip particule);
- > fosfor organic de tip particule (în suspensie denumit și "particular"), reprezentând fosforul inclus în organismele vii și în detritusul organic;
- > fosfor anorganic de tip particule (în suspensie sau "particular"), compus în general din polifosfați, cum ar fi hexametafosfatul sau din sedimente (minerale conținând fosfați, ortofosfați adsorbiți pe argile, etc.);
- > fosfor anorganic "neparticular" provenit din detergenți;
- > fosfor biotic (conținut în alge, plante acvatice, zooplancton, pești, etc.).

2.7.3. Procesele fizico-chimice suferite de fosforul organic și anorganic în apele uzate și în mediul acvatic, în general, sunt:

- > hidroliză (reacția fosforului și a compușilor acestuia cu apa pentru a forma un alt compus);
- > dizolvarea sau hidratarea (proces prin care fosforul sub formă de particule trece în soluție sub formă de ioni sau molecule);
- > descompunerea sedimentelor conținând fosfor prin procese, de regulă, anaerobe;
- > precipitare, proces prin care fosforul solubil este transformat în compuși insolubili care pot fi separați din apă prin sedimentare ulterioară tratării cu reactivi;
- > asimilare, proces prin care fosforul este încorporat în celula bacteriană, contribuind la dezvoltarea masei bacteriene.

2.8. NECESITATEA ÎNDEPĂRTĂRII (ELIMINĂRII) FOSFORULUI DIN APELE UZATE

2.8.1. Fosforul constituie, ca și azotul, unul dintre principalii nutrienți pentru fito și macro planctonul care se dezvoltă în estuare, lacuri și râurile a căror curgere este lentă. El este unul dintre principalii factori care produc fenomenul de eutrofizare, cu toate neajunsurile sale pentru mediu și sănătatea oamenilor (v. pct. 2.5).

2.8.2. O supraîncărcare (cu fosfor și compuși ai acestuia) a apelor uzate orășenești influențează în stațiile de epurare (datorată în special preepurării insuficiente a apelor uzate industriale), poate conduce la depășirea capacității de eliminare a fosforului prin procesele de epurare mecano-biologice convenționale, rezultând un efluent epurat necorespunzător, cu consecințe uneori grave asupra folosințelor din aval.

2.8.3. Fosforul este înlăturat din apa uzată în mod insuficient prin sedimentare, dat fiind că el se găsește în apa uzată mai mult sub formă solubilă. O parte din cantitatea de fosfor este înlăturată și pe cale biologică, dar cantitatea de fosfor existentă în apele uzate este, în multe cazuri, mai mare decât necesarul pentru sinteza biologică (formarea de biomasă). Epurarea mecano-biologică convențională înlătură doar un procent de 20-30% din fosforul influent, restul fiind evacuat în receptorii naturali odată cu efluentul epurat.

2.8.4. Se impune, de aceea, reținerea fosforului pe cât posibil pe cale biologică, în instalații special prevăzute în acest scop și dacă acest lucru nu este posibil sau suficient, este necesară prevederea unor instalații pentru reținerea fosforului prin precipitare chimică.

2.9. CANTITĂȚI ȘI CONCENTRAȚII ALE APELOR UZATE ORĂȘENEȘTI ÎN AZOT ȘI FOSFOR

2.9.1. Calculele de dimensionare tehnologică a construcțiilor și instalațiilor în care are loc epurarea avansată a apelor uzate impun cunoașterea indicatorilor de calitate privind, în special, azotul, fosforul și unii compuși ai acestora pentru:

- > influentul stației de epurare;
- > efluentul stației de epurare.

2.9.2. Indicatorii de calitate pentru influentul stației de epurare se pot determina, de la caz la caz, astfel:

> prin studii hidrochimice, desfășurate pe o perioadă suficient de lungă pentru a putea fi bine apreciată calitatea apei uzate brute. Aceste studii sunt necesare în special pentru localitățile medii și mari și trebuie efectuate de către societăți (unități) acreditate în domeniu.

Pentru localități în care nu există canalizare (rețea și stație de epurare) și pentru care trebuie întocmit proiectul aferent, situație în care indicatorii fizico-chimici ai apelor uzate influente în stația de epurare nu se pot stabili pe bază de studii și analize, aceștia se vor aprecia după datele obținute la sistemele similare de canalizare din alte localități, sau utilizând încărcările specifice aferente unui locuitor echivalent, recomandate de literatura tehnică de specialitate, astfel:

> prin asimilarea valorii concentrațiilor în azot, fosfor și a compușilor acestora cu cele aferente unor localități similare ca număr de locuitori echivalenți, grad de urbanizare, dotare industrială, etc. Această modalitate poate fi adoptată și în cazul localităților mici și medii la elaborarea studiilor de fezabilitate și fezabilitate;

> prin determinarea concentrațiilor $c(i)$ funcție de cantitățile specifice de poluant $a(i)$ (g/LE, zi) și de restituția specifică de apă uzată $q(r)$ (l/LE, zi), astfel:

$$c(i) = \frac{a(i)}{q(r)} \cdot 1000 \text{ (mg/l)} \quad (2.4)$$

unde,

- $c(i)$ - este concentrația poluantului, în mg/l;
- $a(i)$ - cantitatea specifică de poluant (aferentă unui locuitor echivalent), în g/LE, zi;
- $q(r)$ - restituția specifică de apă uzată (cantitatea de apă uzată evacuată la rețeaua de canalizare, într-o zi de către un locuitor echivalent), în l/LE, zi.

Pentru apele uzate menajere se pot lua în considerare următoarele cantități (încărcări) specifice $a(i)$:

- 6 14 g/LE, zi - pentru azotul total TKN;
- 1 4,75 g/LE, zi - pentru fosforul total.

Pentru restituția specifică de apă uzată $q(r)$ se pot considera valori, de la caz la caz, funcție de importanța și de gradul de dotare al centrului populat cu instalații de alimentare cu apă și de canalizare, cuprinse între 80 și 450 l/LE, zi.

2.9.3. Pentru apele uzate orășenești concentrațiile în azot și fosfor variază, uzual, în limitele indicate în tabelul 2.2.

Tabel 2.2

Poluantul	Concentrație (mg/l)			Procent din TKN sau din PT (%)		
	Redusă	Medie	Ridicată	Redusă	Medie	Ridicată
0	1	2	3	4	5	6
Azot total Kjeldahl (TKN)	20	50	85	100	100	100
Azot anorganic (NH_4^+ sau NH_3)	12	30	50	60	60	59
Azot organic (N(org))	8	20	35	40	40	41
Fosfor total PT	4	8	15	100	100	100
Fosfor anorganic (P(anorg))	3	5	10	75	62,5	67
Fosfor organic (P(org))	1	3	5	25	37,5	33

În țările Uniunii Europene, cantitățile specifice de azot total Kjeldahl și de fosfor total pentru restituția specifică $q(r) = 250$ (l/LE, zi) se consideră în limitele:

- 2 8 kg TKN/LE, an - pentru azot, în medie 4,5 kg TKN/LE, an;
- 0,4 1,4 kg PT/LE, an - pentru fosforul total, în medie 1 kg PT/LE, an.

2.9.4. Indicatorii de calitate pentru efluentul stației de epurare

2.9.4.1. Valorile maxime admisibile ale indicatorilor de calitate din efluentul epurat pentru fosfor, azot și pentru unii din compușii lor, sunt reglementați în țara noastră prin normativele tehnice pentru protecția apelor NTPA 001/2002, NTPA 011/2002 și NTPA 002/2002.

La nivelul Uniunii Europene, valorile respective sunt prezentate în Directiva Consiliului Uniunii Europene nr. 91/271/EEC din 21 mai 1991 privind epurarea apelor uzate.

Acest act normativ prevede, în principal, obligativitatea epurării primare pentru toate aglomerările urbane, a epurării secundare pentru aşezările mai mari de 15.000 locuitori şi pentru efluenţii industriali, precum şi condiţiile legate de tratarea şi descărcarea nămolurilor provenite de la staţiile de epurare.

De asemenea, sunt impuse condiţii de descărcare pentru efluenţi, exprimate în concentraţii în impurificatori, atât pentru zonele sensibile, cât şi pentru zonele mai puţin sensibile. Tabelele de valori limită recomandate sunt explicitate numai pentru impurificatorii de bază (suspensii, CBO₅, CCO, N, P), pentru celelalte elemente existând norme specifice.

2.9.4.2. Valorile maxim admisibile sunt indicate atât pentru condiţiile de mediu normale ("zone mai puţin sensibile"), cât şi pentru condiţiile de mediu speciale care sunt impuse în "zonele sensibile".

2.9.4.3. Zonele sensibile sunt reprezentate de apele (receptorii naturali) care intră în una din următoarele categorii:

> lacuri, alte ape de suprafaţă, estuare, ape de coastă care sunt eutrofizate sau prezintă pericolul de a deveni

eutrofice în viitorul apropiat, dacă nu se iau măsuri preventive de protecţie;

> ape de suprafaţă folosite drept sursă de apă potabilă, ce ating valori ale concentraţiilor de nitraţi ridicate.

2.9.4.4. Zonele mai puţin sensibile sunt reprezentate prin apele costiere ale mărilor şi oceanelor sau altele, dacă descărcarea apelor uzate nu are efect dăunător asupra mediului, respectiv asupra condiţiilor morfologice, hidrologice sau hidraulice specifice existente.

Aceste zone pot fi golfuri deschise sau alte zone de coastă cu o circulaţie activă a apei şi care nu sunt supuse eutrofizării sau nu prezintă pericol de a deveni eutrofe.

2.9.4.5. Înainte de a fi evacuate în receptorii naturali, apele uzate influente în staţia de epurare trebuie supuse unei epurări biologice (secundare) corespunzătoare, astfel încât indicatorii de calitate ai efluentului epurat să respecte atât valorile maxim admisibile cât şi procentul minim de reducere faţă de încărcarea influentului (eficienţa) indicate în tabelul 2.3.

2.9.4.6. Cu excepţia indicatorilor de calitate privind poluanţii uzuali (CBO₅, CCO şi MTS) unde legislaţia românească este mai strictă, condiţiile privind valorile maxim admisibile pentru azot şi fosfor sunt identice atât în România cât şi în Uniunea Europeană.

2.9.4.7. De altfel, limitele admise pentru efluentul epurat în diferite ţări, referitor la azot, fosfor şi la compuşi acestora, variază relativ puţin de la o ţară la alta, existând tendinţa de a se stabili valori unice. Este cazul Europei, în care ţările membre ale Uniunii Europene au hotărât respectarea unui set de valori bine determinate pentru indicatorii de calitate ai efluenţilor staţiilor de epurare. Valorile concentraţiilor compuşilor de azot şi fosfor la descărcarea efluenţilor staţiilor de epurare în emisari în conformitate cu Directiva 91/271/EEC au fost concretizate în tabelul 2.3, coloanele 4 şi 5.

Tabel 2.3

Indicatorul de calitate	Norma sau normativul în care este indicat	Concentraţie maxim admisibilă (mg/l)	Procent minim de reducere (%)	Valorile conform Directivei nr. 91/271/EEC	
				Concentraţii (mg/l)	Procent de reducere %
0	1	2	3	4	5
Consum biochimic de oxigen (CBO ₅ la 20°C), fără nitrificare	NTPA-011/2002 NTPA-001/2002	20, (25) ^a	70-90 40 ^b	25	70-90 40 ^b
Consum chimic de oxigen (CCO) determinat prin metoda CCO(Cr)	NTPA-011/2002 NTPA-001/2002	70, (125) ^a	75	125	75
Materii totale în suspensie (MTS)	NTPA-011/2002 NTPA-001/2002	35 ^c , (60) ^d	90 ^c (70) ^d	35 ^c , (60) ^d	90 ^c , (60) ^d
Azot total (NT = TKN + N - NO ₂ ⁻ + N - NO ₃ ⁻)	NTPA-011/2002 NTPA-001/2002	10 ^e , (15) ^f	70-80	10 ^e , (15) ^f	70-80
Azot amoniacal (NH ₄ ⁺)	NTPA-001/2002	2 ^e , (3) ^f	ns	ns	ns
Azotaţi (NO ₃ ⁻)	NTPA-001/2002	25 ^e , (37) ^f	ns	ns	ns
Azotiţi (NO ₂ ⁻)	NTPA-001/2002	1 ^e , (2) ^f	ns	ns	ns
Fosfor total (PT)	NTPA-011/2002 NTPA-001/2002	1 ^e , (2) ^f	70-80	1 ^e , (2) ^f	80

NOTĂ:

a. Valorile de 20 mg CBO₅/l şi 70 mg CCO/l se aplică în cazul staţiilor de epurare existente sau în curs de realizare. Valorile de 25 mg CBO₅/l şi 125 mg CCO/l se aplică pentru staţiile de epurare noi, extinderi sau retehnologizări.

b. Procentul de reducere de 40% faţă de încărcarea influentului, se admite în regiunile muntoase, cu altitudinea de peste 1500 m deasupra nivelului mării, unde este dificil să se aplice o epurare biologică eficientă din cauza temperaturilor scăzute (v. art. 7, alineatul 2 din NTPA 011/2002).

c. Pentru localităţi peste 10.000 LE şi în condiţiile indicate la punctul b de mai sus.

d. Pentru localităţi cu 2.000-10.000 LE şi în condiţiile indicate la punctul b, de mai sus.

- e. Pentru localități - peste 100.000 LE.
 - f. Pentru localități cu 10.000-100.000 LE.
- ns = nespecificat.

2.9.4.8. Eliminarea azotului și fosforului sunt obligatorii pentru aglomerările urbane mari, fiind mai puțin restrictivă în cazul aglomerărilor urbane mai mici. Important este faptul că în zonele sensibile (supuse sau posibil a fi supuse eutrofizării) eliminarea azotului și fosforului din apele uzate este obligatorie.

2.9.4.9. La proiectarea stațiilor de epurare avansată se va ține seama atât de variațiile sezoniere ale încărcării cu poluanți, cât și de condițiile climatice locale, astfel încât să se asigure indicatorii de calitate și performanțele de epurare impuse de normativele în vigoare (vezi tabelul 2.3).

2.9.4.10. Cerințele impuse de normativele și normele tehnice NTPA 001/2002, NTPA 011/2002 și NTPA 002/2002, pot fi modificate prin ordin emis de autoritatea publică centrală cu atribuții în domeniul gospodăririi apelor și protecției mediului, funcție de condițiile specifice zonei în care sunt evacuate apele epurate.

2.9.4.11. Respectarea prevederilor normativelor și normelor tehnice indicate la punctul 2.9.4.7. nu exclude obligația obținerii avizelor și a autorizațiilor legale din domeniul apelor și protecției mediului.

2.9.4.12. Indicatorii de calitate ai efluentului epurat trebuie să respecte atât valorile concentrațiilor maxime admisibile (situându-se sub aceste valori sau fiind cel mult egale!) cât și valorile procentelor minime de reducere (situându-se peste aceste valori sau fiind cel puțin egale!) indicate în tabelul 2.3.

2.10. DEBITE DE CALCUL ȘI DE VERIFICARE ALE INSTALAȚIILOR DE EPURARE AVANSATĂ A APELOR UZATE

2.10.1. În calculele de dimensionare a construcțiilor și instalațiilor de epurare avansată, funcție de schemele tehnologice pentru linia apei și a nămolului, intervin următoarele debite caracteristice:

- > debitul zilnic maxim al apelor uzate, $Q(u.zi.max)$;
- > debitul de recirculare a nămolului activat, așa numita recirculare externă, $Q(nr) = Q(re) = r(e) \cdot Q(u.zi.max)$;
- > debitul de recirculare internă, pentru alimentarea zonei anoxice (de denitrificare), cu lichid bogat în azotați prelevat din avalul zonei aerobe (de nitrificare), $Q(ri) = r(i) \cdot Q(u.zi.max)$.

Debitele de calcul și de verificare se determină pentru fiecare caz în parte, funcție de schema tehnologică adoptată, ținând seama de secțiunea de injecție a debitelor de recirculare externă ($Q(re)$) și/sau internă ($Q(ri)$), care se adaugă debitului $Q(u.zi.max)$ sau $Q(u.or.max)$.

3. PROCESE CARE INTERVIN ÎN EPURAREA AVANSATĂ A APELOR UZATE

3.1. ELEMENTE GENERALE

3.1.1. Epurarea avansată presupune eliminarea din apele uzate epurate mecano-biologic a unor substanțe pe care procesele convenționale nu le pot reține, cum ar fi: azotul, fosforul, diferiți compuși ai acestora și în unele cazuri materiile solide în suspensie evacuate din decantorul secundar odată cu apa epurată.

3.1.2. Eliminarea din apă a substanțelor de mai sus, cunoscute și sub numele de substanțe "refractare" sau "rezistente" se poate face fie prevăzând construcții și instalații independente situate în avalul treptei biologice, ca o a treia treaptă de epurare, fie în aceleași construcții în care se realizează epurarea biologică convențională (care presupune în special eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon).

3.1.3. Epurarea avansată se realizează în scheme tehnologice care utilizează în acest scop procedee de epurare avansată cu peliculă fixată, cu biomasă în suspensie sau mixte. Dintre ele, cel cu biomasă în suspensie este cel mai răspândit. Obiectul tehnologic în care au loc procese de epurare biologică convențională și avansată, poartă numele de bioreactor-BR (sau reactor biologic). În epurarea biologică convențională cu biomasă în suspensie, care realizează numai eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon, el se mai numește bazin cu nămol activat BNA (sau bazin de aerare).

3.1.4. Principalele procese care intervin în epurarea avansată a apelor uzate orășenești sunt:

- procese de eliminare a azotului (nitrificare, denitrificare);
- procese de eliminare a fosforului;
- procese de filtrare pentru eliminarea materiilor solide în suspensie.

3.1.5. Procesele care sunt caracteristice epurării avansate, necesită precizarea unor noțiuni specifice și anume:

- mediu anaerob, este un mediu lipsit de oxigen în care predomină reacțiile de reducere;
- mediu aerob sau oxic, este un mediu cu un conținut important de oxigen dizolvat (peste 1 mg O_2/l);
- mediu anoxic, este un mediu cu "urme" de oxigen, deci care conține foarte puțin oxigen dizolvat, în general sub 0,1 mg O_2/l (după unii autori oxigenul dizolvat poate avea o concentrație de până la 0,5 mg O_2/l);

▪ bacterii heterotrofe aerobe, sunt organisme vii care utilizează în nutriție substanțe organice pe bază de carbon, având ca sursă de energie oxigenul dizolvat din mediul lichid, introdus în apă prin diverse procedee de aerare.

Aceste bacterii contribuie la îndepărtarea din apa uzată decantată primar sau nu, a substanțelor organice biodegradabile (pe bază de carbon organic).

Sunt caracteristice epurării biologice din bazinele cu nămol activat (BNA);

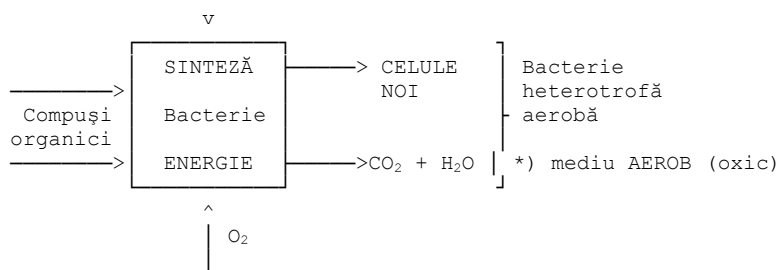


Fig. 3.1 - Eliminarea substanțelor organice (C(org))

▪ bacterii autotrofe aerobe - sunt organisme vii capabile să sintetizeze independent substanțe organice (celule noi) din cele anorganice. Astfel, ele utilizează pentru dezvoltare carbonul anorganic din bioxidul de carbon, în loc de carbon organic (v. fig. 3.2).

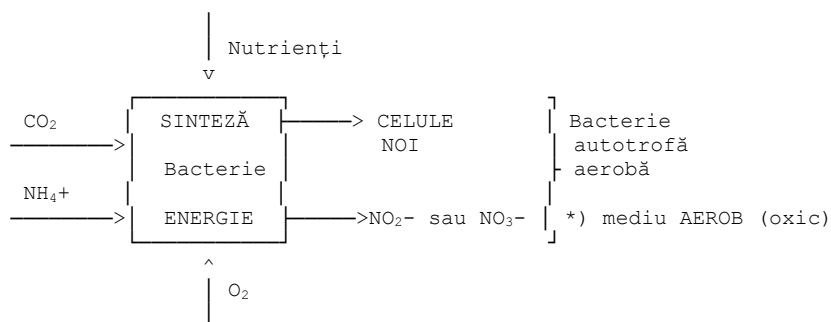
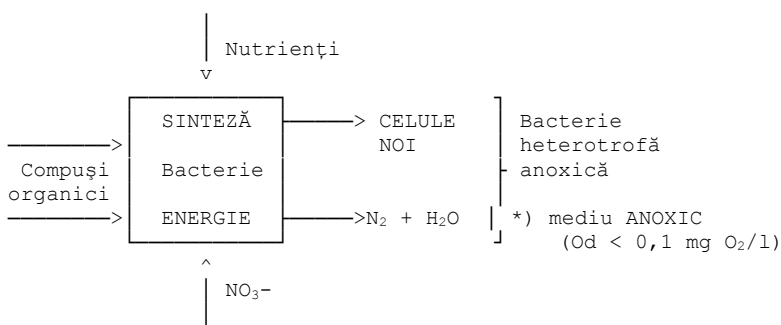


Fig. 3.2 - Nitrificare ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$)

Energia necesară dezvoltării o obține prin oxidarea compușilor anorganici ai azotului (NH_4^+ , de exemplu) utilizând ca sursă de energie oxigenul furnizat din exterior (prin aerarea apei).

Sunt de tipul nitrosomonas și nitrobacter și sunt necesare în procesul de nitrificare.

▪ bacterii heterotrofe anoxice utilizează în nutriție substanțe pe bază de carbon organic și își obțin energia necesară dezvoltării preluând oxigenul din azotați (v. fig. 3.3).



NO - oxid azotic (nitric)
 N_2O - oxid azotos (nitros)

Fig. 3.3 - Denitrificare ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$)

Sunt necesare în procesul de denitrificare prin care se elimină azotul din apa uzată. Ele transformă azotatul (NO_3^-) mai întâi în azotiți (NO_2^-) și apoi, succesiv, în oxid azotic (NO), oxid azotos (N_2O) și în azot molecular (gazos) N_2 .

Compușii formați, oxidul azotic și oxidul azotos sunt de natură gazoasă ca și azotul molecular și pot fi eliberați în atmosferă.

Bacteriile heterotrofe anoxice necesită un mediu lipsit de oxigen dizolvat (eventual "cu urme" de oxigen, adică având o concentrație sub 0,1 mg O_2/l) denumit mediu anoxic. Ele au capacitatea de a utiliza în condiții anoxice, oxigenul din azotați.

Transformarea azotatului în azot liber are loc cu producerea de alcalinitate, ceea ce va conduce la o creștere a pH-ului.

Dintre bacteriile heterotrofe anoxice, în procesul de denitrificare intervin: achromobacter, aerobacter, micrococcus, proteus, spirillum, ș.a.;

- timpul de generare este durată în care o bacterie căreia i se asigură condiții optime de mediu (hrană, temperatură, oxigen sau azotați, etc.) începe multiplicarea prin diviziune binară;
- vârsta nămolului este definită prin raportul dintre cantitatea de materii solide în suspensie (ca substanță uscată) existentă în bioreactor și cantitatea de materii solide în suspensie (ca substanță uscată) care părăsește sistemul bioreactor-decantor secundar.

Orientativ, ea ar reprezenta durata de retenție a flocoanelor de nămol în bioreactor.

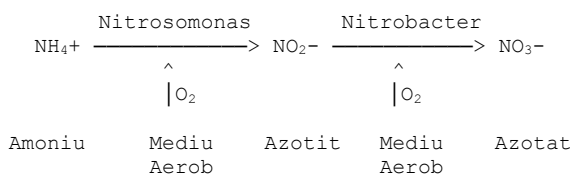
Se măsoară în zile. În epurarea biologică convențională în care se elimină predominant substanțele organice pe bază de carbon (cele biodegradabile), vârsta nămolului este în mod obișnuit 4 ... 5 zile.

3.2. PROCESE DE ELIMINARE A AZOTULUI DIN APELE UZATE ORĂȘENEȘTI

3.2.1. Procesul de nitrificare

3.2.1.1. Nitrificarea este un proces prin care se realizează oxidarea biologică a azotului - aflat în apă sub forma ionilor de amoniu (NH_4^+), sau sub formă de gaz (NH_3) - într-o primă etapă la faza de azotit (NO_2^-) și apoi la faza de azotat (NO_3^-). Acest lucru se desfășoară într-un mediu aerob în principal datorită a două bacterii autotrofe aerobe, respectiv nitrosomonas și nitrobacter, numite în mod curent nitrificatori sau bacterii nitrifiante.

Intuitiv, procesul de nitrificare poate fi prezentat schematic astfel (v. și tabelul 2.4):



Tabel 2.4

Natura bacteriilor	Reacția
0	1
Nitrosomonas	Amoniu + Oxigen = Nitrit + Apă + Hidrogen $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$
Nitrobacter	Nitrit + Oxigen = Nitrat $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_3^-$
Total	Amoniu + Oxigen = Nitrat + Apă + Hidrogen $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$

3.2.1.2. Nitrificarea este necesară deoarece azotul amoniacal consumă oxigen din mediu, pentru nitrificarea unui mg de azot din amoniu (N- NH_4^+) consumându-se cca. 4,3 ... 4,6 mg O_2

Pe de altă parte, azotul, ajungând în receptorii naturali sub formă amoniacală sau de amoniac, este toxic pentru pești și alte viețuitoare acvatice și scumpește prețul potabilizării apei prelevată din avalul secțiunii de evacuare a apei epurate. De regulă, procesele de nitrificare sunt necesare atunci când raportul $\text{CBO}_5/\text{TKN} < 3,0$

3.2.1.3. Procesul de nitrificare este caracterizat prin următoarele aspecte:

- este un proces aerob;
- în mediul aerob al bioreactorului conviețuiesc și bacterii heterotrofe (care contribuie la îndepărtarea substanțelor organice pe bază de carbon) și cele autotrofe (care contribuie la nitrificare). Bacteriile nitrificatoare, spre deosebire de cele heterotrofe, au o dezvoltare lentă, deci un timp de generare mare. Ca urmare, trebuie avut în vedere faptul că dezvoltarea bacteriilor nitrificatoare într-un număr corespunzător realizării eficiente a nitrificării este posibilă numai dacă durata de retenție în bioreactor este cel puțin egală cu perioada de diviziune binară a nitrificatorilor (timpul de generare).

• vârsta nămolului și prin aceasta timpul de generare, trebuie să fie suficient de mare pentru ca, în corelare cu cantitatea de azot influentă în bioreactor, să se dezvolte o cantitate suficientă de bacterii nitrificatoare.

Viteza mai mare de înmulțire a bacteriilor heterotrofe trebuie adaptată vitezei de înmulțire a bacteriilor nitrificatoare. Acest lucru se obține prin reducerea substanțială a ofertei de hrană pentru bacteriile heterotrofe, adică a încărcării organice a nămolului din bioreactor (kg CBO_5/kg substanță uscată din bioreactor). Vârsta nămolului este de minim 10 zile, dar se recomandă 20 de zile pentru siguranță.

• activitatea bacteriilor nitrificatoare este influențată în principal de temperatura apelor uzate. Sub 8 ... 10°C nu se mai produce nitrificare;

Eficiența nitrificării crește cu temperatura apei uzate (optim 20 ... 30°C);

• prin nitrificare, datorită eliberării în apă a ionilor de hidrogen (H^+), se reduce alcalinitatea, deci pH-ul poate scădea sub 7,0. Se mărește în acest fel aciditatea mediului în care se produce nitrificarea.

Pentru a se evita un pH prea scăzut, trebuie să existe o capacitate, de tamponare suficient de mare. Indicatorul pH optim este de 7 ... 8,5.

O scădere accentuată a pH-ului, deci "acidificarea" apei din BNA trebuie evitată, deoarece prin "acidificare" se înrăutățesc condițiile de viață ale microorganismelor și procesul de epurare este deranjat. În același timp, sunt dizolvate particulele de carbonat de calciu (CaCO_3) din suspensii și se modifică structura flocoanelor. O astfel de apă este

agresivă față de betoane. În cazul epurării biologice într-o singură treaptă în scopul nitrificării concomitent cu reducerea CBO_5 , hotărâtoare pentru gradul de nitrificare este alcalinitatea apei uzate, adică trebuie să existe o cantitate satisfăcătoare de hidrocarbonați.

- concentrația de oxigen dizolvat din bioreactor trebuie să fie de minimum $2,0 \text{ mg O}_2/\text{l}$;
- trebuie evitată introducerea în bioreactor a unor substanțe toxice sau inhibitoare ale procesului biologic (metale grele, substanțe petroliere, etc.);
- în cazul nitrificării avansate (care are drept scop reducerea concentrației în amoniu) rezultă în efluentul stației de epurare o concentrație mare de azotați.

Dacă această concentrație depășește valorile maxim admisibile pentru azotați sau eficiența de reținere este sub procentul minim de reducere impuse de NTPA 001/2002 (v. tabelul 2.3), atunci trebuie eliminat surplusul de azotați prin denitrificare.

- procesul de nitrificare este influențat în mod special de:

- vârsta nămolului;
- temperatura apei uzate;
- concentrația de oxigen dizolvat din bioreactor;
- alcalinitatea apei;
- substanțele toxice sau inhibitoare.

3.2.2. Procesul de denitrificare

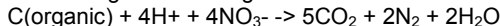
3.2.2.1. Denitrificarea este un fenomen prin care substanțele anorganice de tipul azotaților (NO_3^-) și azotiților (NO_2^-) sunt transformate cu ajutorul bacteriilor heterotrofe anoxice, în azot gazos liber (azot molecular N_2).

Pentru descompunerea substanțelor organice, pe bază de carbon, bacteriile extrag (utilizează) oxigen din combinațiile azotului cu oxigenul (adică din azotați, care constituie donori de oxigen pentru oxidarea materiilor carbonice din mediul anoxic).

Aceasta înseamnă că baza activității microorganismelor o constituie oxigenul legat chimic și nu oxigenul liber dizolvat, lucru care se întâmplă deoarece bacteriile sunt silite să utilizeze această sursă de energie din cauza lipsei oxigenului liber (dizolvat). Fenomenul are loc numai în mediu anoxic. În fenomenul de denitrificare, azotatul existent în apă este descompus pe cale biologică, în condiții de lipsă a oxigenului dizolvat (anoxice), în următoarele elemente: azot liber (N_2), bioxid de carbon (CO_2) și apă (H_2O), concomitent cu consum de carbon organic.

3.2.2.2. Ecuația chimică globală a denitrificării poate fi prezentată astfel:

Carbon organic + Hidrogen + Azotat = Bioxid de carbon + Azot + Apă



În realitate, așa cum s-a arătat la pct. 3.15 (v. și fig. 3.3), azotații (NO_3^-), sunt transformați mai întâi în azotiți (NO_2^-), apoi în oxid azotic (NO), oxid azotos (N_2O) și în final în azot gazos N_2 , CO_2 și H_2O .

3.2.2.3. În ceea ce privește denitrificarea, trebuie semnalate următoarele aspecte importante:

▪ Denitrificarea consumă jumătate din ionii de hidrogen H^+ , produși la nitrificare, preîntâmpinându-se astfel o scădere a pH-ului ca urmare a nitrificării;

▪ În fenomenul de nitrificare (oxidare biochimică) se consumă pentru fiecare mol de azot, exact 2 moli de O_2 .

Din contră, la denitrificare (reducere biochimică) se economisesc $5/4 = 1,25$ moli de O_2 pentru fiecare mol de azot;

▪ În rezumat, se constată că față de situația în care se realizează doar descompunerea substanțelor organice pe bază de carbon (CBO_5), printr-o nitrificare avansată se majorează substanțial consumul de oxigen.

Exprimat valoric, pentru 1 kg de azot obținut din azotați, este necesară o cantitate suplimentară de oxigen de 4,6 kg O_2 ;

▪ Dacă se are în vedere că prin denitrificare se recâștigă cca. 2,9 kg O_2 , înseamnă că pentru eliminarea unui kg de azot este nevoie de un supliment de 1,7 kg O_2 și nu de 4,6 kg O_2 peste de cel necesar pentru eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon;

▪ Este necesară o duritate temporară corespunzătoare. Se admite o plajă mai largă de variație a pH-ului, dar se recomandă pH optim = 7 7,5);

▪ În proces nu trebuie să intervină (să existe) substanțe toxice.

▪ Indiferent de locul amplasării zonei de denitrificare (în amonte bioreactorului, în bioreactor sau în avalul acestuia), acest fenomen nu se poate desfășura fără nitrificarea apei uzate (care produce nitrații necesari denitrificării);

3.2.2.4. Denitrificarea este necesară în situațiile:

▪ când cantitatea de azotați, azotiți, amoniu sau azot total din efluentul epurat depășesc valorile maxim admisibile indicate în tabelul 2.3;

▪ când azotații crează probleme tehnice, economice și de sănătate în tratarea apei din receptorii naturali în scopul potabilizării;

▪ când azotații pot conduce la eutrofizarea receptorilor naturali.

3.2.2.5. Pentru desfășurarea corespunzătoare a procesului de denitrificare, se recomandă:

▪ Evitarea ca în zona de denitrificare să ajungă oxigen; în acest scop toate punctele de alimentare (admisia apei, a nămolului de recirculare, a recirculării interne) să se amplaseze grupat (alăturat) și sub nivelul apei (deci fără deversări libere în atmosferă!).

Tot pentru acest motiv se recomandă ca recircularea să se facă cu pompe cu șneac, cu propeller pump, sau cu alte utilaje anologice.

▪ Punctul de prelevare a amestecului lichid din zona aerată a bioreactorului, pentru recircularea internă, să fie amplasat în avalul acesteia, unde concentrația în oxigen este minimă, iar concentrația în azotați este maximă.

▪ Este necesară mixarea apei cu echipamente corespunzătoare (mixere), pentru realizarea unui bun amestec și pentru evitarea depunerilor în bazinul anoxic în care se produce denitrificarea. Pentru aceasta este suficient un raport energetic de 2 5 W/m^3 de bazin anoxic.

▪ Deoarece la denitrificare se eliberează azot sub formă de gaz, se produce un efect de flotare a suspensiilor în bioreactor care poate conduce la formarea de nămol plutitor. Acest nămol, de altfel, nu deranjează procesul de denitrificare și se distruge ușor în zona aerată care urmează predenitrificării.

3.2.2.6. Dacă zona de denitrificare este amplasată după zona aerată, bulele de azot, gazos care se degajă din lichid pot dăuna procesului de sedimentare din decantorul secundar care urmează. Pentru a se evita acest lucru se recomandă amplasarea între zona de denitrificare și decantorul secundar a unui bazin de stripare cu aer a bulelor de azot, numit bazin de degazare sau de post-aerare.

În acest bazin lichidul este aerat, astfel încât bulele de aer elimină azotul molecular și procesul de sedimentare din decantorul secundar este mult mai eficient.

Pentru dimensionarea acestui bazin se vor considera următorii parametri:

- debitul de calcul: $Q(c) = Q(u_{zi\ max})$;
- încărcarea superficială, $u(s) = \frac{Q(c)}{A_0} = 20 \dots 25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$;
- durata de trecere a apei prin bazin: $t = \frac{Q(c)}{V(DG)} = 8 \dots 12 \text{ min}$;
unde $V(DG)$ este volumul bazinului de degazare;
- adâncimea apei în bazin:
 $H = 2,5 \dots 4,5 \text{ m}$.

3.2.2.7. Principalele caracteristici ale proceselor care au loc în bioreactoare sunt prezentate sintetic mai jos:

- Pentru descompunerea substanțelor organice pe bază de carbon sunt necesare:
 - condiții aerobe;
 - microorganisme heterotrofe aerobe;
 - mediu bogat în oxigen (min. 1 mg O_2/l).
- Pentru nitrificare sunt necesare:
 - condiții aerobe;
 - microorganisme autotrofe aerobe (nitrificatori);
 - mediu bogat în oxigen (min. 2 mg O_2/l).
- Pentru denitrificare sunt necesare:
 - condiții anoxice (mediu lipsit de oxigen, eventual cu "urme" de oxigen, dar cel mult 0,1 mg O_2/l);
 - microorganisme heterotrofe anoxice (care în lipsa oxigenului dizolvat își procură oxigenul necesar din descompunerea azoților și în special a azotaților).

3.3. PROCESE DE ELIMINARE A FOSFORULUI DIN APELE UZATE ORĂȘENEȘTI

3.3.1. Eliminarea (îndepărtarea) fosforului din apele uzate se poate face prin procese biologice, procese chimice și procese mixte, bio-chimice.

3.3.2. Datorită costurilor de investiție și de exploatare, mai reduse, precum și exploatarea mai puțin pretențioasă, eliminarea pe cale biologică a fosforului este preferabilă precipitării chimice.

3.3.3. Epurarea convențională mecano-biologică înlătură doar un procent de 10-30% din fosforul total influent, deoarece sedimentarea este ineficientă în reținerea fosforului solubil. O parte din cantitatea de fosfor este înlăturată și pe cale biologică, în instalații anaerobe prevăzute special în acest scop, dar cantitatea de fosfor influentă este în multe cazuri mai mare decât necesarul pentru sinteza biologică. În aceste cazuri, soluția de eliminare a fosforului este mixtă: o parte este eliminată pe cale biologică și excesul de fosfor prin precipitare chimică.

3.3.4. Cele mai uzuale forme de fosfor care se găsesc în apa uzată sunt ortofosfatul (PO_4^{3+}), polifosfatul (polimeri ai acidului fosforic) și fosfați organici.

Polifosfații, cum ar fi hexametafosfatul, hidrolizează în mod gradual în apă către forme stabile (solubile) de tipul orto și prin descompunere bacteriană eliberează ortofosfați.

În treapta biologică convențională (numai de eliminare a substanțelor organice pe bază de carbon) o parte din ortofosfați, polifosfați și fosforul legat organic sunt încorporați în țesutul celular al microorganismelor dar eficiența de eliminare a fosforului total nu depășește 10 ... 30%.

Pentru a mări eficiența de eliminare a fosforului, se utilizează în prezent mai multe procedee biologice prin care microorganismele angrenate în acest proces sunt expuse fie la condiții strict anaerobe, fie la condiții alternativ anaerobe și aerobe.

Expunerea la condiții alternante determină suprasolicitarea microorganismelor, astfel încât capacitatea lor de adsorbție a fosforului depășește nivelurile normale.

4. SCHEME TEHNOLOGICE PENTRU ELIMINAREA AZOTULUI ȘI FOSFORULUI DIN APELE UZATE

4.1. SCHEME TEHNOLOGICE PENTRU ELIMINAREA AZOTULUI DIN APELE UZATE

În subcapitolele de mai jos se prezintă principalele scheme de referință care pot realiza eliminarea compușilor azotului (subcapitolele 4.1. și 4.2.), cu descrierea funcțională, caracteristicile de bază precum și avantajele și dezavantajele care decurg din aplicarea uneia sau altele dintre soluții.

4.1.1. Scheme de epurare biologică cu biomasă în suspensie

4.1.1.1. Schemă de epurare biologică clasică (curgere tip piston)

4.1.1.1.1. În schema de epurare în care curgerea apei este de tip piston, alimentarea bazinului de aerare cu apă uzată și nămol activat de recirculare se realizează la capătul amonte, iar amestecul lichid va străbate longitudinal întregul bazin (v. fig. 4.1). Aceasta este schema clasică pentru epurarea convențională, însă, în lunile calde de vară, deseori se realizează, și nitrificarea apelor uzate, mai ales atunci când crește concentrația în azot amoniacal.

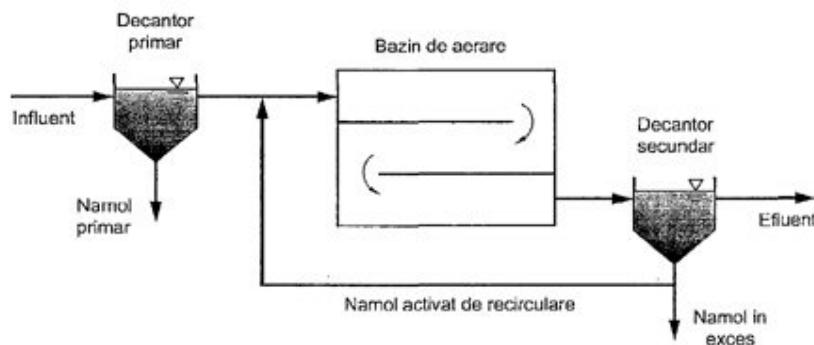


Figura 4.1

Schemă de epurare biologică clasică în care curgerea este de tip piston

4.1.1.1.2. Stațiile de epurare mai vechi au fost proiectate pentru epurare convențională, iar adaptarea ulterioară la cerințele epurării cu nitrificare nu a fost agreată datorită costurilor ridicate pentru furnizarea unui debit suplimentar de aer și a neplăcerilor induse de tendința de plutire a nămolului în decantorul secundar datorită denitrificării.

4.1.1.1.3. Sistemul de curgere tip piston se realizează de obicei pentru un raport lungime/lățime al bazinului (culoarului) cuprins între 5 și 10.

4.1.1.1.4. Această schemă este caracteristică epurării cu nitrificare a apelor uzate orășenești, față de schema cu amestec complet folosită îndeosebi la epurarea unei game largi de ape uzate industriale.

Comparativ cu schema de epurare în amestec complet, cea având curgerea de tip piston este mai economică, în sensul că necesită volume de bazin mai mici pentru aceeași eficiență privind nitrificarea.

4.1.1.1.5. Dezavantajul aplicării acestei scheme este acela că alimentarea cu oxigen este concentrată la capătul amonte al bazinului, făcând câteodată dificilă distribuția aerului în acele zone în care trebuie să se producă nitrificarea și eliminarea substanțelor organice biodegradabile.

4.1.1.2. Schemă de epurare biologică cu amestec complet

4.1.1.2.1. Procesul de epurare presupune o bună omogenizare a amestecului din bazinul de aerare, facilitând transferul de oxigen și realizând în același timp o bună mixare în vederea evitării depunerilor (v. fig. 4.2).

Amestecul lichid din bazinul de aerare este omogen iar nămolul activat influent în decantorul secundar are aceeași compoziție cu cel din bazinul de aerare.

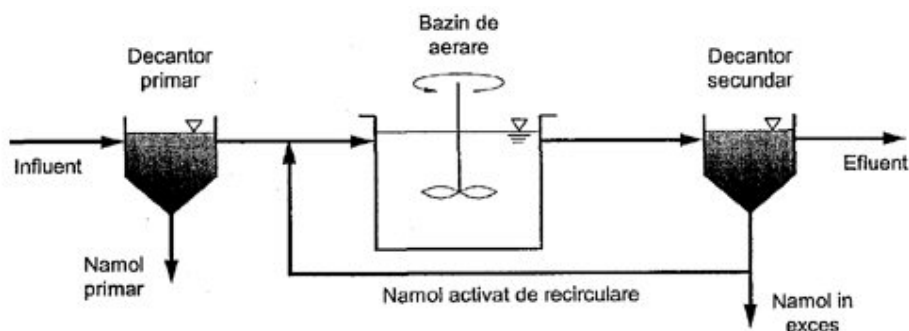


Figura 4.2

Schemă de epurare biologică cu amestec complet

4.1.1.2.2. Această configurație este avantajoasă din punct de vedere al capacității de preluare a șocurilor de încărcare cu substanțe organice.

Dezavantajul sistemului este acela că la debite maxime se poate produce "scurt circuit hidraulic", diminuându-se astfel eficiența de epurare în unele momente.

4.1.1.3. Schemă de epurare biologică cu alimentare fracționată

4.1.1.3.1. Sistemul de epurare biologică cu alimentare fracționată diferă de cel clasic cu alimentare tip piston și constă în faptul că apa uzată influentă este introdusă în bazin prin mai multe puncte poziționate de-a lungul acestuia. Acest mod de distribuție a influentului reduce necesarul inițial de oxigen, față de schema cu alimentare tip piston.

4.1.1.3.2. O variantă a schemelor de epurare cu alimentare fracționată implică lipsa alimentării cu apă uzată în prima zonă și crearea condițiilor de reaerare a nămolului activat de recirculare în prima zonă (v. fig. 4.3). Această fază de

reaerare a nămolului activat de recirculare este similară stabilizării de contact, cu excepția faptului că timpul de retenție este mai mare în ultimul caz.

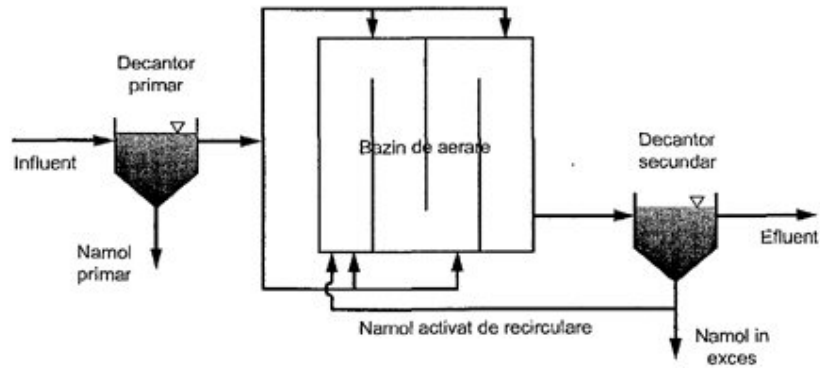


Figura 4.3

Schemă de epurare biologică cu alimentare fracționată

4.1.1.3.3. Printre avantajele sistemului se pot enumera:

- producția unui nămol cu proprietăți mai bune de sedimentare (index Molhmann redus);
- flexibilitate în variația concentrației nămolului activat la capătul aval al bazinului de aerare, menținând constantă vârsta nămolului.

4.1.1.4. Schemă de epurare biologică cu șanțuri de oxidare

4.1.1.4.1. Această tehnologie presupune introducerea apei uzate degrosate în bazine de forma unei piste de stadion (v. fig. 4.4), masa de apă fiind îmbogățită în oxigen fie prin intermediul unor perii aeratoare cu ax orizontal, fie cu aeratoare cu ax vertical sau cu dispozitive pneumatice de insuflare a aerului. Șanțurile de oxidare sunt proiectate de obicei pentru a realiza epurare cu aerare prelungită, la o durată de retenție mai mare de 10 ore și o vârstă a nămolului cuprinsă între 10 și 50 zile.

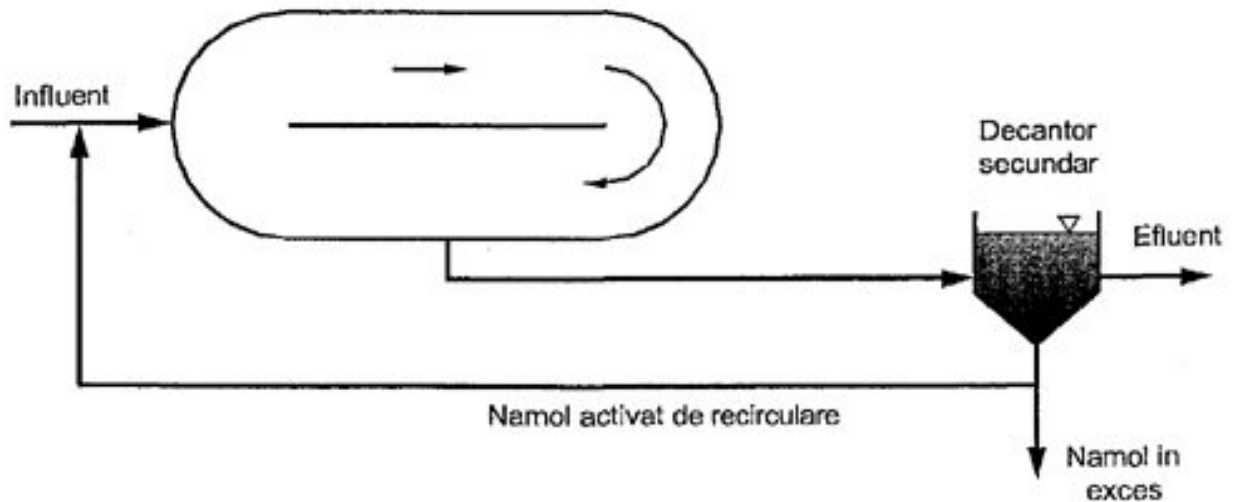


Figura 4.4

Schemă de epurare biologică cu șanțuri de oxidare

4.1.1.4.2. Nitrificarea poate fi realizată prin asigurarea cantității de oxigen necesare și printr-o recirculare a nămolului activat în vederea asigurării concentrației de biomasă corespunzătoare. Prin alternarea zonelor aerate cu cele în care se realizează doar mixarea lichidului din bazin sunt asigurate condiții pentru producerea nitrificării și denitrificării.

4.1.1.4.3. În scopul reducerii suprafețelor extinse pe care le ocupă șanțurile de oxidare, a numărului de aeratoare mecanice de suprafață ce trebuie prevăzute, dublate de costurile energetice ridicate, a fost inventat sistemul Carrousel (v. fig. 4.5). Traseul șicanat pe care îl urmează apa uzată permite realizarea unui timp de retenție ridicat a nămolului activat precum și succedarea corespunzătoare a zonelor anoxice și aerobe pentru nitrificare-denitrificare. Schema este adesea folosită pentru epurarea cu stabilizarea nămolului. Poate fi adaptată atât pentru curgerea tip piston cât și pentru alimentarea fracționată.

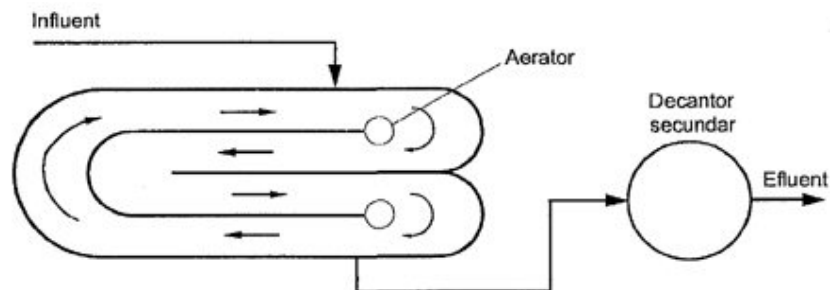


Figura 4.5

Schemă de epurare biologică cu șanțuri de oxidare tip Carrousel

4.1.1.5. Schemă de epurare biologică cu reactoare cu funcționare secvențială (SBR)

4.1.1.5.1. Tehnologia SBR reprezintă o modificare a procedurii de epurare biologică cu nămol activat care concentrează într-un singur bazin o serie de etape tehnologice ce se desfășoară succesiv, acestea fiind: umplerea, reacția/aerarea, sedimentarea, evacuarea apei limpezite și a nămolului în exces (v. fig. 4.6).

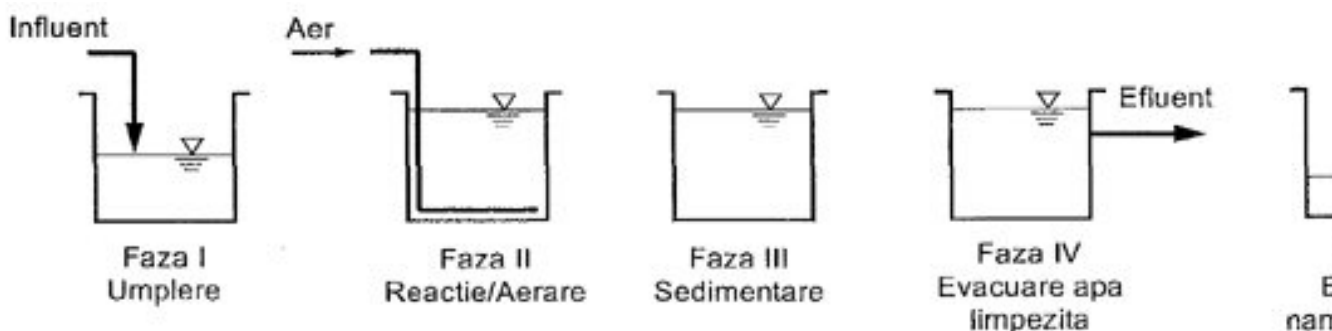


Figura 4.6

Schemă de epurare biologică cu reactoare cu funcționare secvențială (SBR)

4.1.1.5.2. Fazele de funcționare ale reactorului cu funcționare secvențială sunt:

Faza 1 - Umplerea reactorului cu apă uzată este realizată pe durata unui sfert dintr-un ciclu complet. În această fază se realizează o mixare continuă iar procesele care au loc sunt cele de denitrificare și de eliminare parțială a substanțelor organice biodegradabile.

Faza 2 - Reacția - în care alimentarea cu apă uzată a fost întreruptă. Se realizează o aerare intensă pentru a asigura condițiile optime desfășurării metabolismului bacterian. Durata acestei faze este de 1 ... 2 ore și depinde de cinetica nitrificării și cantitatea de nămol în exces evacuat. Ca și în cazul fazei 1 se produc, mai intensificat, procese de epurare biologică cu eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon și nitrificarea. Durata fazei este de 35% din durata unui ciclu complet.

Faza 3 - Sedimentarea - constă în lipsa alimentării cu aer și crearea condițiilor de staționare în scopul sedimentării biomasei și a limpezirii fazei lichide. Poate dura aproximativ 1 oră, funcție de caracteristicile de sedimentare ale nămolului activat. Durata fazei este de 20% din durata unui ciclu complet.

Faza 4 - Evacuarea apei limpezite - caracterizată prin lipsa alimentării cu apă uzată a bazinului și prin lipsa aerării. Uzual se consideră o durată de 0,75 ore, dar care poate fi majorată sau micșorată funcție de modul de colectare și evacuare a apei limpezite. Se poate evacua până la 65% din volumul reactorului. Durata fazei este cuprinsă între 5 și 30% din durata unui ciclu complet.

Faza 5 - Evacuarea nămolului în exces - poate fi realizată într-un interval de timp de circa 5% din durata unui ciclu complet.

4.1.1.5.3. Printre avantajele care apar la aplicarea tehnologiei SBR se pot enumera:

- capacitatea de preluare a șocurilor de debit și de încărcare organică;
- simplitatea soluției constructive, toate fazele constitutive procesului de epurare biologică desfășurându-se în același bazin;
- control optimizat al evacuării apei limpezite;
- funcționarea automată în concordanță cu caracteristicile apelor uzate influente, permițând operatorului stației de epurare să modifice corespunzător duratele diferitelor faze de funcționare;

4.1.1.5.4. Dezavantajul principal este că utilizarea acestei tehnologii este limitată din punct de vedere al investiției la debite maxime de 440 l/s;

Sistemele SBR se aplică mai cu seamă la stații de epurare mici și medii.

4.1.2. Scheme de epurare biologică cu peliculă fixată

4.1.2.1. Filtre biologice cu discuri (contactori biologici rotativi)

4.1.2.1.1. Acest tip de instalație realizează epurarea biologică a apelor uzate pe principiul peliculei de biomasă fixată de suportul solid al discurilor asamblate în pachete, care echipează bazinul (v. fig. 4.7). Față de schemele de epurare cu bazine de aerare aceasta nu include recircularea peliculei biologice reținute în decantorul secundar, dar este obligatorie decantarea primară a apelor uzate.

4.1.2.1.2. Axele pe care sunt înșirate pachetele de biodiscuri sunt submersate aproximativ 40% din diametrul acestora. Astfel, axul biodiscurilor va fi poziționat deasupra suprafeței apei, iar antrenarea acestuia se va realiza prin intermediul unui motor echipat cu reductor, necesare obținerii unei turații de 1-4 rot/min.

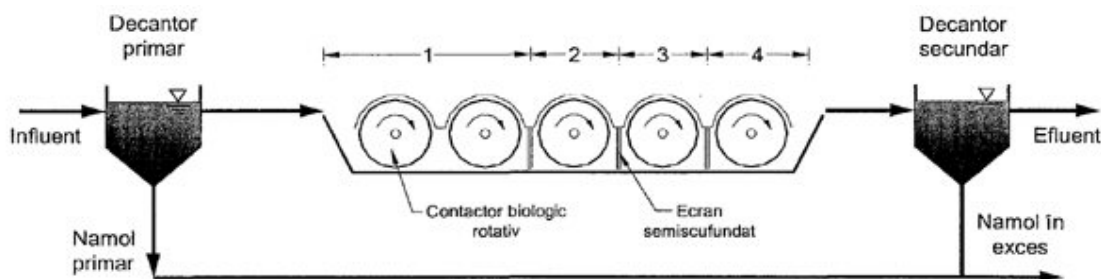


Figura 4.7

Schemă de epurare biologică cu filtre biologice cu discuri
(RBC - contactori biologici rotativi)

4.1.2.1.3. Biodiscurile se fabrică în mod normal pentru diametre cuprinse între 0,60 și 3,60 m, iar lungimea maximă a unui ax poate ajunge la 8,20 m (maximum 4 pachete/ax).

Dimensiunile maxime ale axelor sunt impuse de condiții de transport.

4.1.2.1.4. În schemele de epurare cu nitrificare, se recomandă ca încărcarea superficială cu substanțe organice pe bază de carbon din fiecare treaptă să nu depășească 31 g CBO₅/m², zi. Dacă există tendința apariției unor șocuri de încărcare cu substanțe organice, se recomandă prevederea unui bazin de omogenizare a concentrațiilor sau diluarea apelor uzate influente cu apă epurată.

4.1.2.1.5. Se recomandă ca alimentarea jgheburilor ce conțin biodiscuri să se facă pe toată lungimea acestora pentru a preîntâmpina funcționarea neuniformă a sistemului. S-a constatat că încărcarea mai accentuată a unor pachete de biodiscuri conduce la îngroșarea biofilmului și la acoperirea suprafeței utile de epurare cu o peliculă ce conține microorganisme nedorite (precum bacteriile sulfuroase), care reduc capacitatea de oxigenare. Pe lângă diminuarea eficienței privind reducerea substanțelor organice biodegradabile și a compușilor pe bază de azot pot fi afectate axele și pachetele de biodiscuri, prin supraîncărcarea lor.

4.1.2.2. Filtre biologice percolatoare

4.1.2.2.1. În schemele de epurare cu filtre biologice percolatoare, de cele mai multe ori este necesară pomparea apelor uzate care trebuie decantate primar în prealabil. De asemenea, uneori este necesară și recircularea unei părți din apa epurată, în vederea asigurării unei diluții corespunzătoare astfel încât să se evite admisia unor ape cu încărcări ridicate în poluant (v. fig. 4.8).

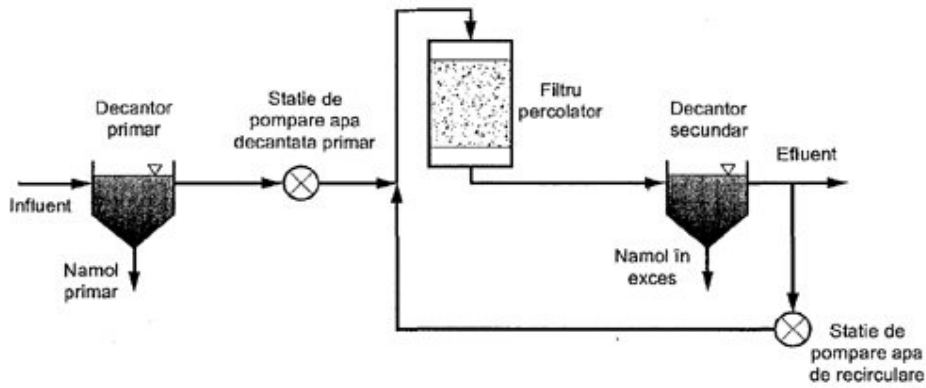


Figura 4.8

Schemă de epurare biologică cu filtre percolatoare

4.1.2.2.2. Atât reducerea substanțelor organice biodegradabile cât și nitrificarea pot fi realizate cu ajutorul filtrelor biologice percolatoare care constau dintr-o cuvă din beton sau cărămidă, umplută cu material filtrant reprezentat fie de rocă, fie de materiale plastice. Biofilmul, reprezentat de colonii de bacterii aerobe aderă la aceste suprafețe și consumă substratul organic conținut în apele uzate.

4.1.2.2.3. Pentru a realiza nitrificarea trebuie redusă încărcarea organică. Se apreciază că valoarea maximă a concentrației în CBO_5 solubil pentru care se pot desfășura procese de nitrificare este de 20 mg/l. Pe lângă metoda diluției apelor uzate în vederea reducerii concentrației în substanțe organice o altă variantă ar fi aceea de filtrare a efluentului decantorului secundar pentru a realiza o nitrificare corespunzătoare. Procesul de nitrificare depinde de concentrația în ioni de amoniu, de cantitatea de oxigen disponibilă, de temperatură, precum și de materialul filtrant prevăzut.

4.1.2.2.4. Alimentarea filtrului percolator cu apă uzată se realizează cu ajutorul unui sistem rotativ care distribuie uniform lichidul pe suprafața de filtrare.

4.1.2.2.5. Înălțimea coloanei filtrante poate fi de 0,9-2,5 m în cazul în care aceasta este alcătuită din diverse tipuri de roci sau de 4,0-12,0 m atunci când acestea sunt înlocuite cu corpuri din material plastic.

4.1.3. Scheme de epurare specifice eliminării azotului din apele uzate

În cadrul schemelor de epurare biologică specifice pentru eliminarea compușilor azotului se evidențiază următoarele:

4.1.3.1. Schema Wuhrmann - este o schemă de epurare biologică cu postdenitrificare într-o singură treaptă, zona anoxică fiind amplasată imediat în avalul zonei aerobe (v. fig. 4.9). Această tehnologie este aplicabilă dacă se fac unele modificări precum introducerea sistemului de alimentare fracționată cu apă uzată sau a unei surse suplimentare de carbon (sursă externă).

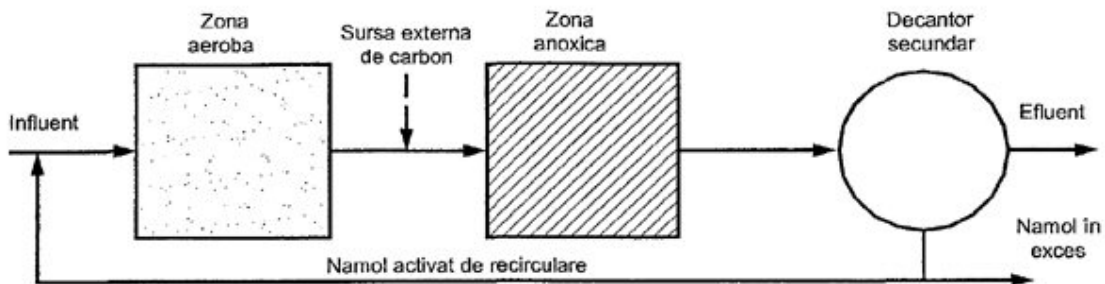


Figura 4.9

Schema procesului de epurare Wuhrmann

4.1.3.2. Schema Lutdzack-Ettinger - mai este cunoscută și sub denumirea de schemă de epurare cu predenitrificare, amplasarea celor două zone, anoxică (de denitrificare) și aerobă (de nitrificare), fiind făcută invers față de schema Wuhrmann, folosindu-se ca sursă externă de carbon chiar apa uzată brută (v. fig. 4.10). Aprovizionarea cu nitrați a zonei anoxice se realizează prin recirculare de nămol activat din decantorul secundar în capătul amonte al zonei respective. Această recirculare este însă insuficientă pentru asigurarea cantității necesare de nitrați ce trebuie denitrificați și de aceea schema a fost îmbunătățită în cadrul tehnologiei Lutdzack-Ettinger modificată.

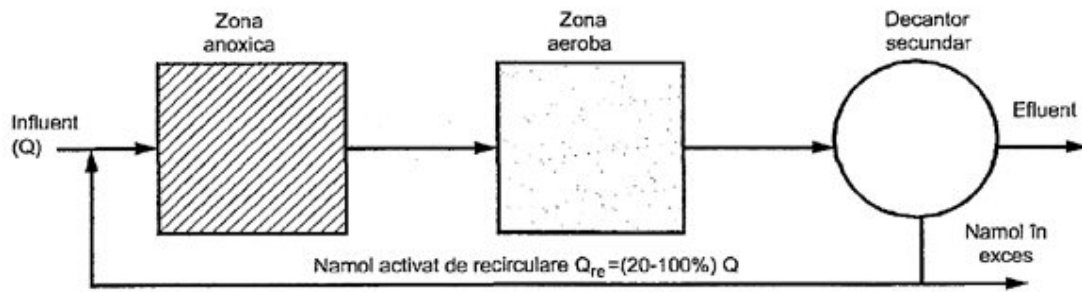


Figura 4.10

Schema procesului de epurare Lutzack-Ettinger

4.1.3.3. Schema Lutzack-Ettinger modificată

Caracteristica principală o constituie recircularea internă a nămolului activ, din zona aerobă în cea anoxică pentru a putea furniza cantitatea de nitrați produși la nitrificare microorganismelor heterotrofe denitrificatoare. Eficiența de eliminare a azotului total este de circa 88%. Coeficientul de recirculare internă poate varia între 100-400%, iar cel de recirculare externă între 50-100% (v. fig. 4.11).

Această schemă a constituit precursorul unor tehnologii de epurare precum: A^2/O , Bardenpho și UCT.

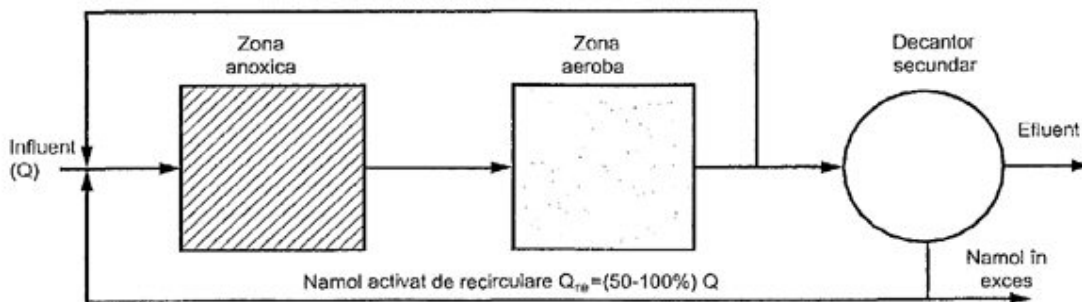


Figura 4.11

Schema Lutzack-Ettinger modificată

4.1.3.4. Schema A^2/O cu nitrificare-denitrificare - denumită astfel deoarece cuprinde 3 zone distincte: anaerobă, anoxică și oxică (aerobă).

În ipoteza în care nu este necesară eliminarea fosforului, zona anaerobă servește la inițializarea proceselor de nitrificare-denitrificare, fiind denumită și selector anaerob. Acesta permite dezvoltarea selectivă a microorganismelor utile și inhibă creșterea celor filamentoase ce pot apare în zonele anoxică și aerobă ale bioreactorului. Rezultate similare s-au obținut și în situația amplasării zonei anoxice în amonte de cea aerobă. Coeficientul de recirculare internă poate varia între 100-300%, iar cel de recirculare externă între 30-50% (v. fig. 4.12).

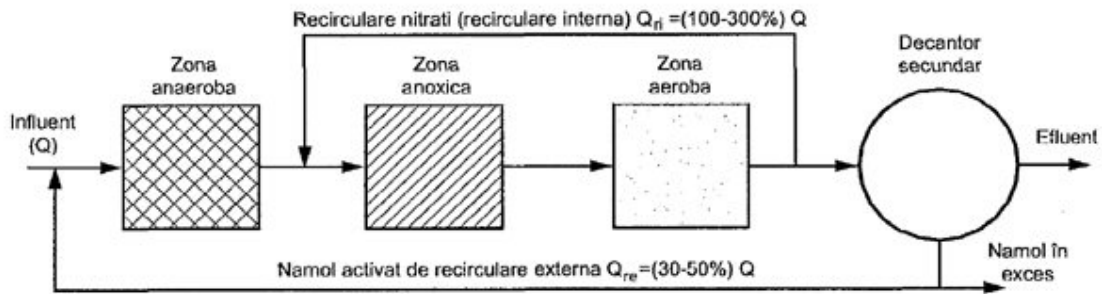


Figura 4.12

Schema procesului de epurare A²/O

4.1.3.5. Schema UCT (concepută la Universitatea Tehnică din Capetown) - a fost creată pentru a surmonta interferența proceselor de eliminare a azotului și fosforului. Acest lucru este posibil dacă se prevede:

- recircularea nămolului activat bogat în nitrați din zona aerobă în cea anoxică (coeficientul de recirculare $r_1 = 100-200\%$);
- recircularea suplimentară a lichidului din zona anoxică în cea anaerobă (coeficientul de recirculare $r_2 = 100-200\%$).

Tehnologia UCT este capabilă să realizeze denitrificarea nitraților conținuți în nămolul activat de recirculare externă înainte ca aceștia să fie recirculați în zona anaerobă. Coeficientul de recirculare externă poate varia între 50-100% (v. fig. 4.13).

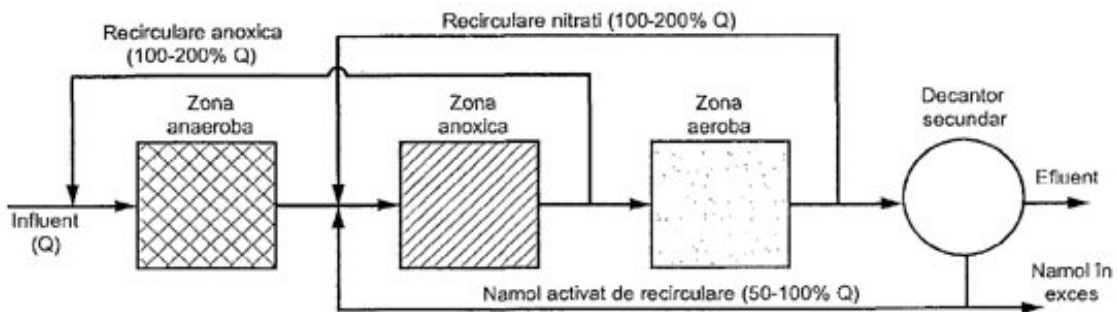


Figura 4.13

Schema procesului de epurare UCT

4.1.3.6. Schema Bardenpho - cuprinde patru zone înseriate: anoxică, aerobă, anoxică, aerobă (v. fig. 4.14), care pot satisface condițiile unor eficiențe ridicate în eliminarea compușilor pe bază de azot. Se disting două circuite de recirculare:

- recirculare internă între prima zonă aerobă și prima zonă anoxică. În această situație coeficientul de recirculare poate ajunge la 400%;
- recirculare externă din decantorul secundar în amonteale primei zone anoxice, cu coeficientul de recirculare de maxim 100%.

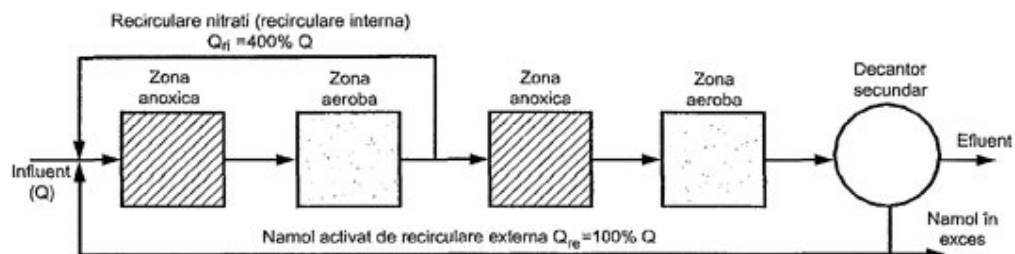


Figura 4.14

Schema procesului de epurare Bardenpho cu nitrificare-denitrificare

Această tehnologie se poate modifica astfel încât să realizeze și defosforizarea biologică prin prevederea unui bazin anaerob în amonte primului bazin anoxic (v. fig. 4.15). În acest caz recircularea externă se va face spre capătul amonte al bazinului anaerob.

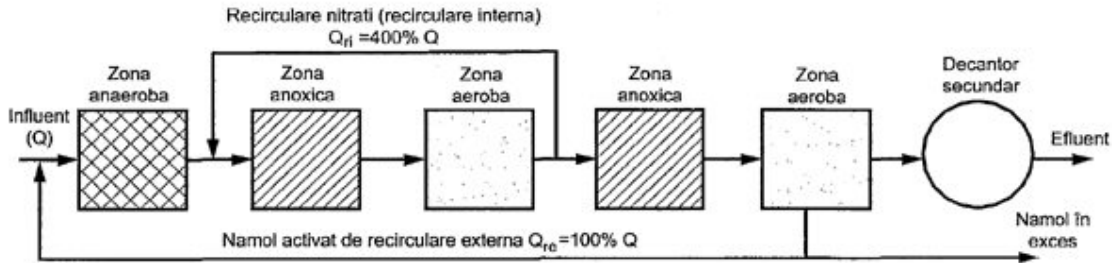


Figura 4.15

Schema procesului de epurare Bardenpho cu nitrificare-denitrificare și defosforizare

4.1.3.7. Schema de epurare biologică în două trepte (cu eliminarea substanțelor organice biodegradabile și nitrificare) - folosește procedeul de mare încărcare organică a primei trepte, iar în cea de-a doua treaptă, care funcționează la o vârstă a nămolului mai ridicată se realizează nitrificarea. O parte din apa uzată influentă poate fi by-passată în treapta a doua pentru a furniza carbonul anorganic (din CO_2) necesar procesului de nitrificare.

Schema se poate aplica cu succes în cazul stațiilor de epurare existente care realizează epurare convențională și care necesită re tehnologizări privind reținerea azotului.

Avantajul principal al prevederii celor două trepte de epurare este acela că, în prima treaptă, pe lângă eliminarea CBO_5 se rețin și alte substanțe toxice, protejându-se astfel bacteriile nitrificatoare din treapta a doua care sunt mai sensibile.

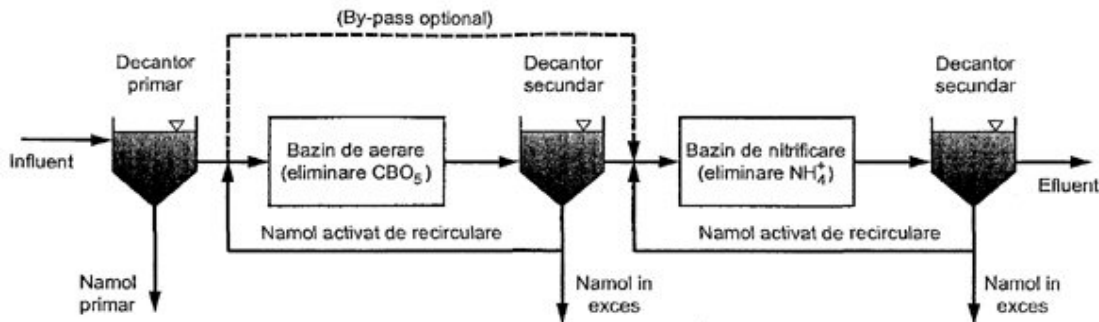


Figura 4.16

Schema de epurare biologică în două trepte

4.2. SCHEME TEHNOLOGICE PENTRU ELIMINAREA FOSFORULUI DIN APELE UZATE

4.2.1. Îndepărtarea fosforului prin metode biologice

4.2.1.1. Fosforul este reținut în treapta biologică prin procese de incorporare a ortofosfaților, polifosfaților și a fosforului legat organic în țesutul celular. Cantitatea totală de fosfor eliminată este funcție de flocoanele produse efectiv.

4.2.1.2. Conceptul îndepărtării biologice a fosforului este expunerea microorganismelor la condiții alternativ anaerobe și aerobe. Expunerea alternativă se realizează fie pe linia apei, fie în procesul de recirculare a nămolului.

4.2.1.3. Procedeul specific de epurare biologică utilizat frecvent pentru îndepărtarea fosforului sunt:

a) Procedeul A/O - care presupune îndepărtarea fosforului pe linia apei, în treapta biologică concomitent cu oxidarea substanțelor organice pe bază de carbon. Este un sistem cu biomasă în suspensie ce se dezvoltă într-un singur bazin. Tehnologia combină zone succesive anaerob-aerobe (v. fig. 4.17).

Pentru nitrificare, aprovizionarea cu oxigen poate fi făcută prin suplimentarea timpului de retenție necesar în zona aerobă. O parte din nămolul activat reținut în decantorul secundar este recirculată în amonte bioreactorului.

În condiții anaerobe, fosforul conținut în apa uzată și în nămolul activat de recirculare este eliberat sub formă de fosfați solubili. În acest stadiu se poate elimina CBO_5 -ul iar fosforul este absorbit de masa celulară.

Concentrația fosforului în efluent depinde în mare măsură de raportul $CBO_5:P$ al apei uzate influente. Pentru raporturi mai mari de 10:1 se pot obține concentrații în fosfor solubil în efluentul epurat sub 1 mg/l, iar când valorile raportului sunt mai mici de 10:1, pentru a se obține valori scăzute ale concentrației de fosfor în efluent este necesară adăugarea de săruri metalice.

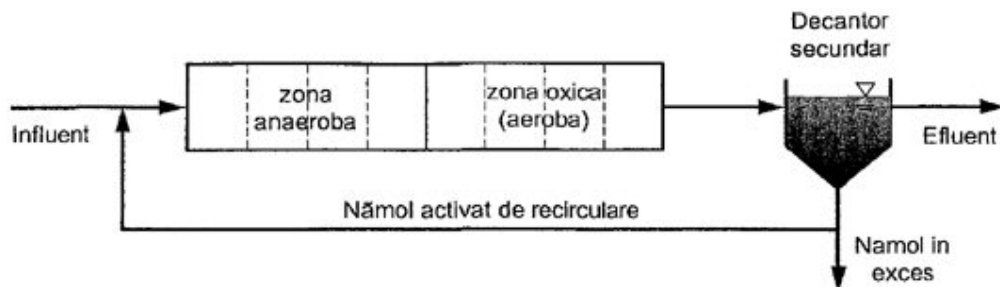


Figura 4.17

Schema A/O de reținere pe cale biologică a fosforului

b) Procedul PHOSTRIP - implică îndepărtarea fosforului pe linia nămolului, în acest procedeu, o parte din nămolul activat recirculat este dirijat într-un rezervor anaerob de stripare a fosforului (v. fig. 4.18). Timpul de retenție în acest bazin variază în general între 8 și 12 ore. Fosforul eliberat în bazinul de stripare este evacuat odată cu supernatantul iar nămolul activat sărac în fosfor este returnat în bazinul de aerare. Supernatantul bogat în fosfor este tratat cu var sau alt coagulant într-un bazin separat și dirijat spre decantorul primar sau într-un bazin separat de floclurare-decantare pentru separarea materiilor în suspensie. Procedul de tip PHOSTRIP asociat cu cele cu nămol activat pot asigura un efluent cu o concentrație de fosfor total de 1,5 mg/l.

c) Procedul bioreactorului cu funcționare secvențială (SBR) - utilizat pentru debite mici de apă uzată, cu condiția flexibilității funcționale, permite reținerea azotului și a fosforului. În configurația prezentată în fig. 4.19, eliberarea fosforului și reducerea CBO_5 au loc în faza anaerobă de mixare, iar reducerea fosforului în faza următoare de amestecare aerobă. Modificând timpii de reacție se obține nitrificarea sau denitrificarea. Durata unui ciclu poate varia de la 3 la 24 ore. În faza anoxică este necesară o sursă de carbon pentru desfășurarea denitrificării.

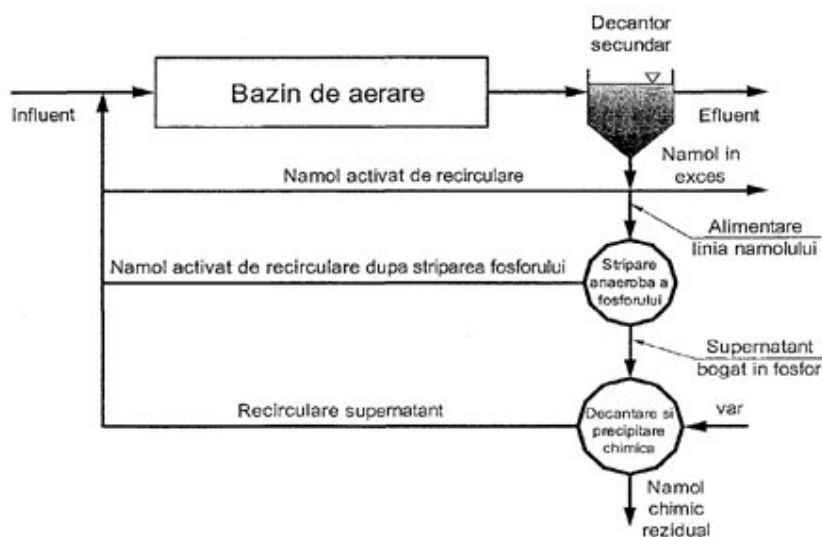


Figura 4.18

Schema PHOSTRIP de reținere pe cale biologică a fosforului

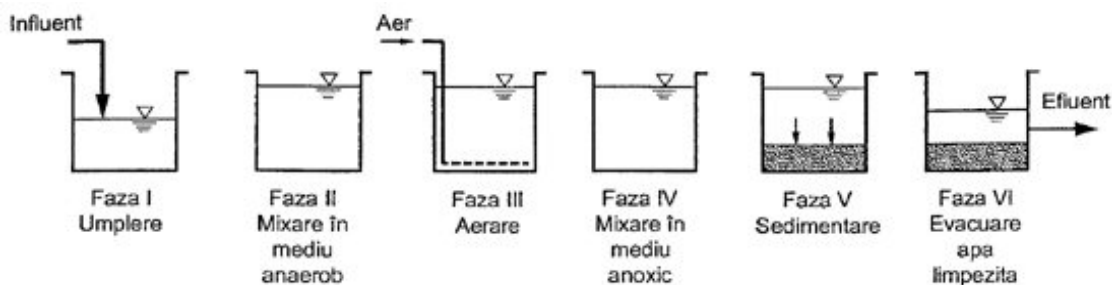


Figura 4.19

Schema bioreactorului cu funcționare secvențială de reținere pe cale biologică a fosforului

4.2.2. Îndepărtarea fosforului prin metode chimice

4.2.2.1. Adăugarea diversilor reactivi în apele uzate cu conținut de fosfați, determină producerea de săruri insolubile sau cu o solubilitate scăzută care precipită. Principalii reactivi folosiți sunt: sulfatul de aluminiu (alaunul), aluminatul de sodiu, clorura ferică sau sulfatul feric și varul. Se mai utilizează uneori sulfatul feros și clorura feroasă. Pentru îmbunătățirea floculării, se utilizează în combinație cu alaunul și varul, polimeri, etc.

4.2.2.2. Factorii care influențează eficiența de îndepărtare pe cale chimică a fosforului sunt:

- Concentrația în fosfor a influentului;
- Concentrația în suspensii a influentului;
- Alcalinitatea;
- Costul reactivilor chimici;
- Fiabilitatea sistemului de alimentare cu reactivi chimici;
- Instalațiile de prelucrare a nămolului;
- Metodele de evacuare finală;
- Compatibilitatea cu alte procedee de epurare.

4.2.2.3. Sărurile de fier și aluminiu se adaugă în diferite puncte ale proceselor de epurare (v. fig. 4.20), însă, deoarece polifosfații și fosforul organic sunt mai ușor de îndepărtat decât ortofosfații, pentru obținerea unor eficiențe mai bune ale procesului, se adaugă sărurile de aluminiu sau fier, după treapta de epurare biologică.

4.2.2.4. Adiția de săruri metalice în influentul decantoarelor primare. Aceste săruri reacționează cu ortofosfații formând precipitații chimice care vor fi îndepărtați din sistem sub formă de nămol. Este necesară realizarea corespunzătoare a operațiilor de amestec și floculare amonte de decantoarele primare, pentru care fie se prevăd bazine separate, fie se modifică cele existente. În apele cu alcalinitate redusă este necesară adăugarea unei baze pentru menținerea unui pH între 5 și 7. Clorura de aluminiu sau clorura ferică sunt în general aplicate într-un raport molar în domeniul 1-3 ioni metalici la un ion de fosfor. Dozajul exact se determină prin teste on-site și variază cu caracteristicile apei uzate și concentrația cerută a fosforului în efluent.

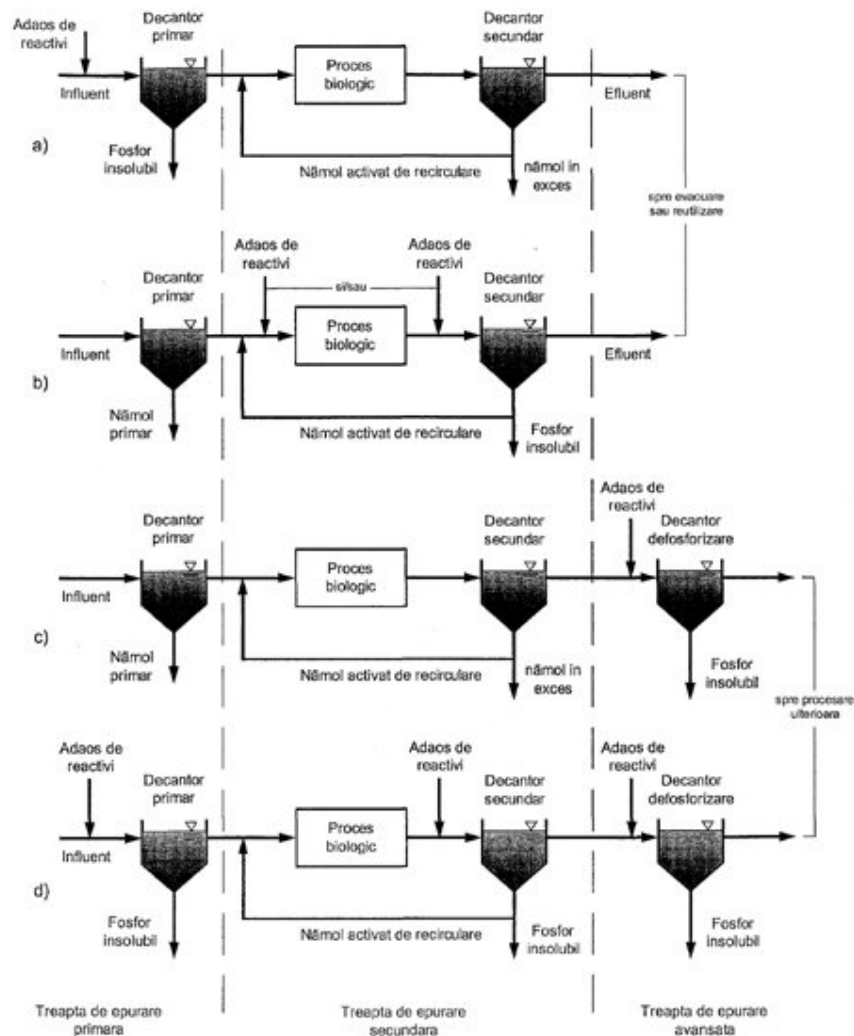


Figura 4.20

Posibilități de introducere a reactivilor în procesele de eliminare a fosforului:

- înainte de decantorul primar (pre-precipitare);
- înainte și/sau după bioreactor (co-precipitare);
- după decantorul secundar (post-precipitare);
- în mai multe puncte din procesul tehnologic (adiție chimică multipunctuală).

4.2.2.5. Adiția de săruri metalice în treapta de epurare secundară. Sărurile metalice pot fi adăugate fie apei uzate netratate în bazinele cu nămol activat, fie în influentul decantoarelor secundare. Cel mai adesea se utilizează adițiile multipunctuale. Fosforul este îndepărtat din faza lichidă printr-o combinație de procese: precipitare, adsorbție, schimb și floculare și îndepărtat din sistem odată cu nămolul biologic. Îndepărtarea cu o bună eficiență a fosforului se produce pentru pH cuprins între 5,5 și 7,0, care este compatibil cu majoritatea proceselor de epurare biologică. Utilizarea sărurilor feroase este limitată, deoarece produc un efluent cu concentrații scăzute în fosfor, numai la valori ridicate ale pH-ului. În apele cu alcalinitate scăzută se folosesc pentru menținerea pH-ului peste 5,5 aluminatul de sodiu și alaiunul în combinație cu varul. Îmbunătățirea decantării și conținutul scăzut în substanțe organice a cimentului se realizează prin introducerea de polimeri în influentul decantorului secundar. Dozajele de săruri metalice respectă în general raportul 1:3 (ion metalic:fosfor).

4.2.2.6. Adiția de săruri metalice și polimeri în decantorul secundar. În anumite cazuri, cum ar fi filtrarea prin percolare și procedeele cu nămol activat cu aerare prelungită, substanțele nu trebuie floculate deoarece sedimentează bine în decantorul secundar. În stațiile de epurare cu încărcare crescută problema decantării este deosebit de importantă. Adăugarea de săruri de aluminiu sau fier conduce la precipitarea fie a hidroxizilor metalici sau a fosfaților, fie a amândouă. Se utilizează sărurile de fier sau de aluminiu împreună cu polimeri organici, pentru coagularea particulelor coloidale și îmbunătățirea eficienței filtrelor. Dozajele sărurilor de aluminiu sau fier sunt uzual de 1:3 (ion metalic:fosfor) dacă concentrația fosforului în efluent este mai mare de 0,5 mg/l. Pentru asigurarea unei concentrații în fosfor a

efluentului sub 0,5 mg/l, sunt necesare: un dozaj semnificativ mai mare de sare metalică și filtrarea. Polimerii pot fi adăugați amonte de decantorul secundar, precedând un amestec static sau dinamic. Durata de amestec este cuprinsă între 10 și 30 s. Polimerii nu trebuie amestecați excesiv sau insuficient, deoarece aceasta va diminua eficiența procesului.

5. DIMENSIONAREA TEHNOLOGICĂ A INSTALAȚIILOR DE EPURARE AVANSATĂ

5.1. ELEMENTE GENERALE

5.1.1. Îndepărtarea azotului și fosforului din apele uzate se realizează cel mai frecvent, în aceleași bazine în care se elimină substanțele organice biodegradabile. La instalațiile de epurare existente, dacă nu există posibilitatea de mai sus, eliminarea fosforului și azotului se face într-o treaptă independentă, amplasată în aval de bazinul cu nămol activat.

5.1.2. În principiu, epurarea biologică avansată trebuie să cuprindă următoarele instalații tehnologice de bază:

- a)** în cazul în care este necesară numai nitrificarea (v. fig. 5.1 a):
 - bioreactor, în care se elimină substanțele organice biodegradabile și se transformă azotul amoniacal în azotați;
 - decantor secundar care reține biomasa creată în bioreactor;
 - instalații de recirculare a nămolului activat și de evacuare a nămolului în exces;
- b)** în cazul în care este necesară îndepărtarea azotului (v. fig. 5.1 b și 5.1 c):
 - bioreactor în care se realizează eliminarea substanțelor organice biodegradabile, nitrificarea și denitrificarea;
 - decantor secundar;
 - instalații pentru nămolul activat de recirculare (recircularea externă) și de evacuare a nămolului în exces;
 - instalații de recirculare internă pentru aprovizionarea cu azotați a zonei de denitrificare;
 - un bazin selector aerob amplasat în amonte bioreactorului (opțional), în scopul evitării dezvoltării bacteriilor filamentoase;
 - o sursă externă de carbon organic (dacă este cazul).
- c)** în cazul în care este necesară îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile, a azotului și a fosforului (v. fig. 5.1 d):
 - bazin anaerob în amonte bioreactorului pentru îndepărtarea fosforului. Acesta poate juca și rol de selector.
 - bioreactor în care se realizează îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile, nitrificarea și denitrificarea.
 - decantor secundar;
 - instalații de recirculare a nămolului activat (recirculare externă) și de îndepărtare a nămolului în exces;
 - instalații de recirculare internă pentru aprovizionarea cu azotați a zonei de denitrificare;
 - o sursă externă de carbon (dacă este cazul).

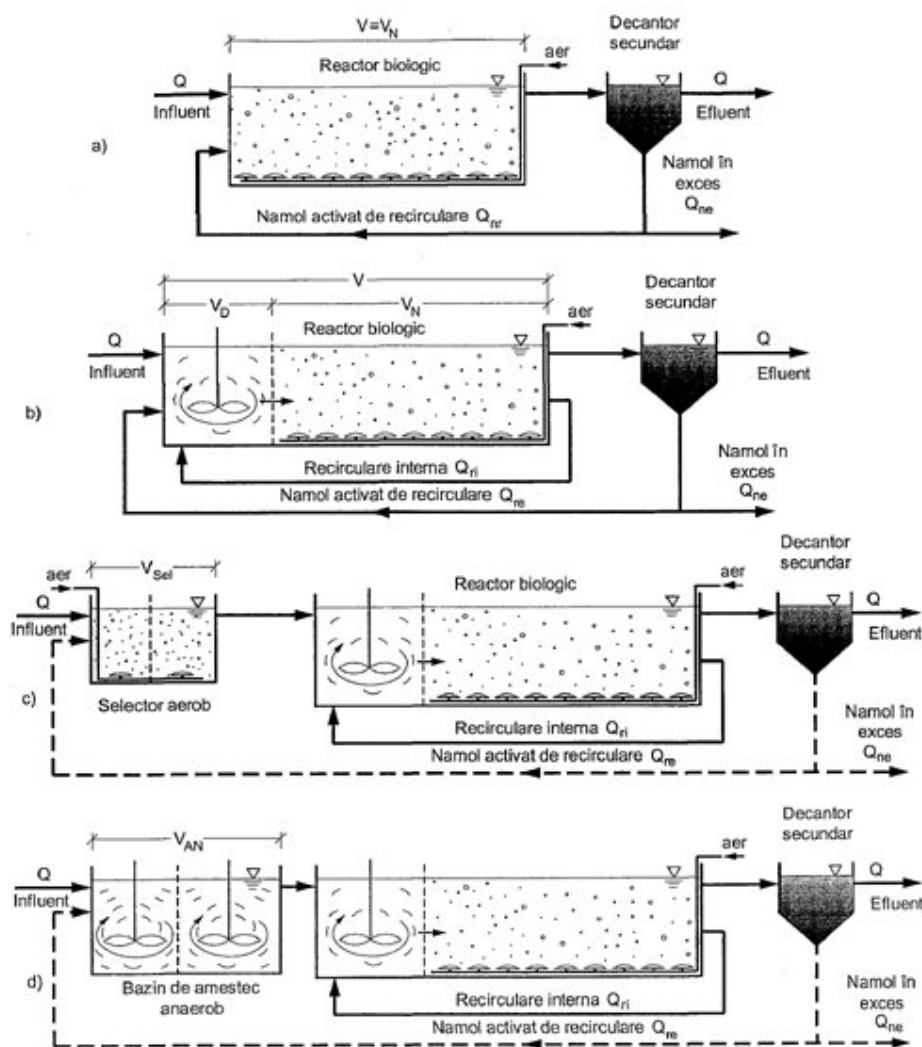


Figura 5.1

- Scheme tehnologice de epurare avansată: a) cu nitrificare;
 b) cu nitrificare-denitrificare (schema cu predenitrificare);
 c) cu nitrificare-denitrificare și selector aerob amonte;
 d) cu nitrificare-denitrificare și defosforizare

5.1.3. În calculele de dimensionare se va ține seama că volumul total al bioreactorului (V) nu cuprinde volumul bazinului anaerob ($V(AN)$) sau volumul selectorului aerob ($V(sel)$).

5.1.4. Volumul bioreactorului $V = V(D) + V(N)$ în cazul schemelor de epurare cu nitrificare-denitrificare ($V(D)$ = volumul zonei anoxice, pentru denitrificare, iar $V(N)$ = volumul zonei aerobe pentru reducerea carbonului organic și nitrificare).

5.1.5. Volumul bioreactorului $V = V(N)$, în cazul în care schema de epurare necesită numai nitrificare ($V(D) = 0$).

5.1.6. Vârsta nămolului $T(N)$ reprezintă un parametru foarte important pentru dimensionarea bioreactorului. Orientativ, ea poate fi definită ca durata medie de retenție a flocoanelor de nămol activat din bioreactor.

Tehnic, ea reprezintă raportul dintre cantitatea de materii solide în suspensie (exprimată ca substanță uscată) existentă în bioreactor și cantitatea, de materii solide în suspensie (ca substanță uscată) care părăsește zilnic sistemul bioreactor - decantor secundar.

5.1.7. Dacă bioreactorul conține atât zonă anoxică pentru denitrificare, cât și zona aerobă pentru eliminarea substanțelor organice biodegradabile și nitrificare, vârsta nămolului pentru zona aerobă se determină cu relația:

$$T(N_{aerob}) = \frac{c(na) \cdot V(N)}{(Q(c) - Q(ne)) \cdot c(uz)^{adm} + Q(ne) \cdot c(ne)}$$

în care,

$c(na)$ = concentrația în materii solide în suspensie (ca substanță uscată) din zona aerobă de volum $V(N)$, în kg/m^3 ;

$Q(c) = Q(u.zi.max)$ - debitul de calcul al bioreactorului, în m^3/zi ;
 $c(u.z)^{adm}$ = concentrația în materii solide în suspensie (ca substanță uscată) din efluentul epurat, în kg/m^3 ;
 $Q(ne)$ = debitul nămolului în exces, în m^3/zi ;
 $c(ne)$ = concentrația în materii solide în suspensie (ca substanță uscată) din nămolul în exces, în kg/m^3 ;
 $V(N) = V - V(D)$, volumul zonei aerobe, în m^3 ;
 $V(D)$ = volumul zonei anoxice pentru denitrificare, în m^3 .

5.1.8. La proiectarea bioreactorului se vor urmări și respecta următoarelor cerințe:

- realizarea unei concentrații suficiente a nămolului activat din bioreactor ($c(na)$), corespunzătoare gradului de epurare dorit;

- un transfer de oxigen care să asigure desfășurarea proceselor biologice de nitrificare și de îndepărtare a substanțelor organice biodegradabile, precum și preluarea unor șocuri de încărcare cu poluanții respectivi;
- o circulație corespunzătoare a lichidului în bazin pentru omogenizare și evitarea producerii depunerilor de nămol pe radier. Acest lucru se va realiza prin mixare, în zonele anoxice, respectiv prin aerare în zonele oxice, astfel încât viteza lichidului la nivelul radiatorului să fie de minimum 0,15 m/s pentru nămolurile ușoare și de minimum 0,30 m/s pentru nămolurile mai dense (mai vâscoase);

- Procesul de epurare să nu provoace mirosuri neplăcute, zgomot, aerosoli și vibrații.

5.1.9. Schemele de epurare de referință pentru eliminarea azotului sunt prezentate în fig. 5.1 și 5.2. Plecând de la aceste scheme, există foarte multe variante dintre care, o parte au fost prezentate în cap. 4.

5.1.10. În zona aerobă, în care are loc și nitrificarea este necesară măsurarea și monitorizarea concentrației de oxigen dizolvat pentru conducerea automată și eficientă a procesului de aerare.

5.1.11. În procesul de nitrificare-denitrificare se elimină și o parte din fosfor pe cale biologică. În scopul eliminării fosforului în exces, este necesară prevederea unui bazin anaerob în amonte bioreactorului.

5.1.12. La proiectarea decantoarelor secundare se vor avea în vedere următoarele cerințe:

- Separarea eficientă a nămolului;
- Îngroșarea și evacuarea nămolului depus pe radier;
- Posibilitatea acumulării surplusului de nămol generat pe timp de ploaie.

5.1.13. Procesul de decantare este influențat de:

- Flocularea realizată în zona de admisie a apei în decantor;
- Condițiile hidraulice din decantor (modul de intrare și de evacuare a apei, curenți de densitate, etc.)
- Debitul nămolului de recirculare, de modul și ritmicitatea de evacuare a nămolului, etc.

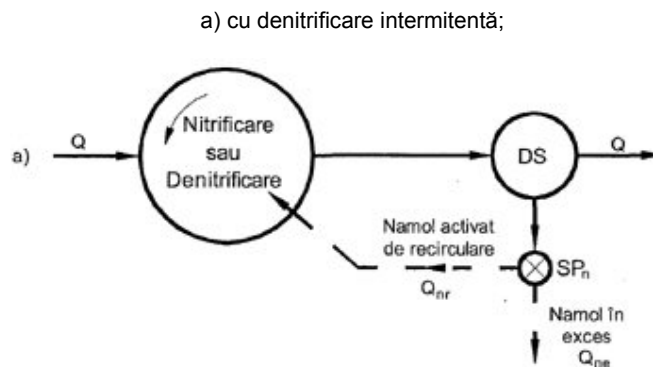
5.1.14. Nămolul reținut este îngroșat în stratul depus pe radier, fenomen dependent de indicele volumetric al nămolului ($I(VN)$), de grosimea stratului de nămol, de timpul de îngroșare și de tipul sistemului de evacuare a nămolului de pe radier.

5.2. DEBITE CARACTERISTICE, DE CALCUL ȘI DE VERIFICARE

5.2.1. Debitele caracteristice de ape uzate sunt: $Q(u.zi.med)$, $Q(u.zi.max)$, $Q(u.orar.max)$ și $Q(u.orar.min)$, determinate conform cap. 2 din NP 032-1999.

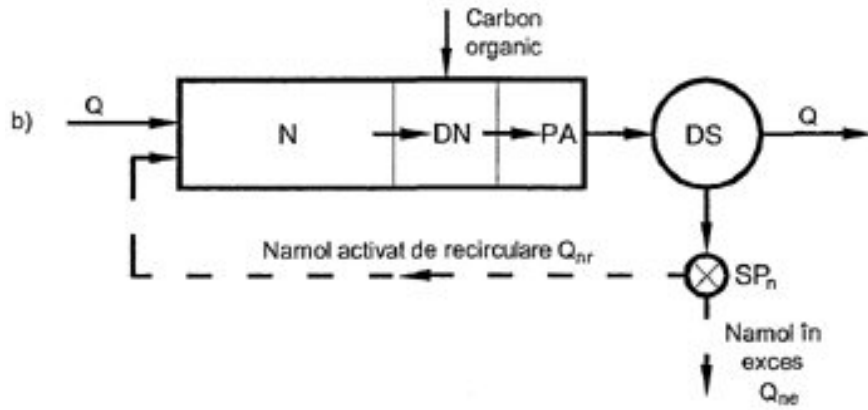
5.2.2. Debitul de calcul a obiectelor tehnologice care alcătuiesc treapta de epurare avansată, este $Q(c) = Q(u.zi.max)$.

Figura 5.2. - Scheme de referință pentru îndepărtarea azotului:



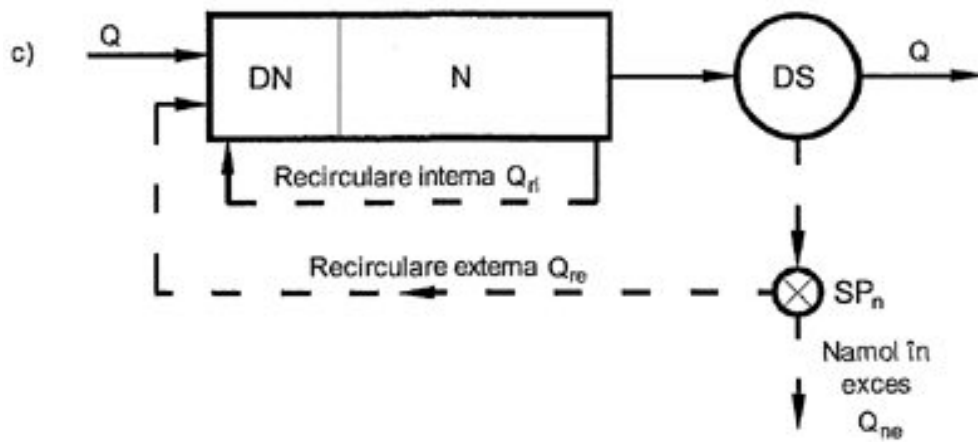
IMAGINE

b) cu post-denitrificare;



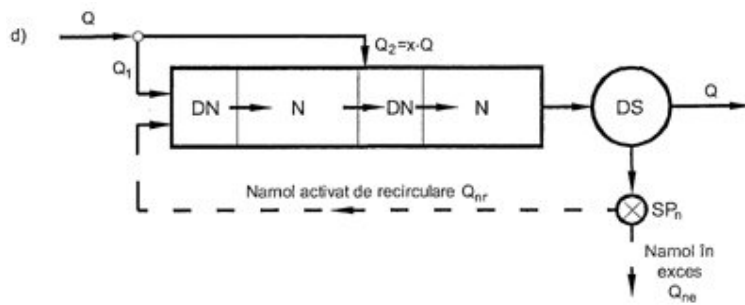
IMAGINE

c) cu denitrificare în zona preanoxică;



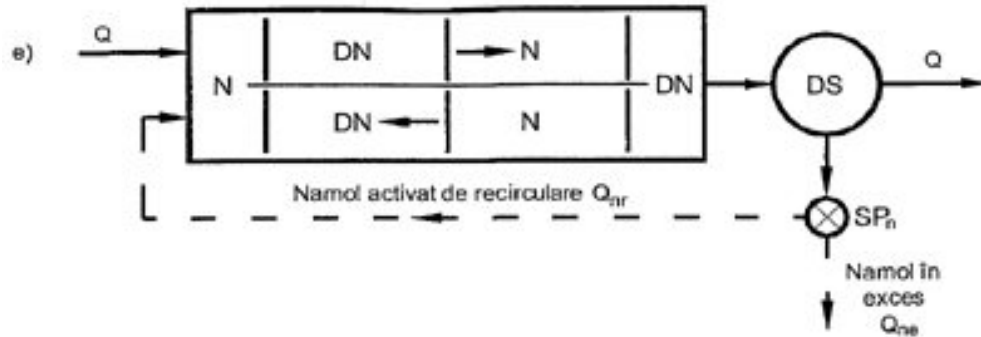
IMAGINE

d) cu denitrificare și alimentare fracționată;



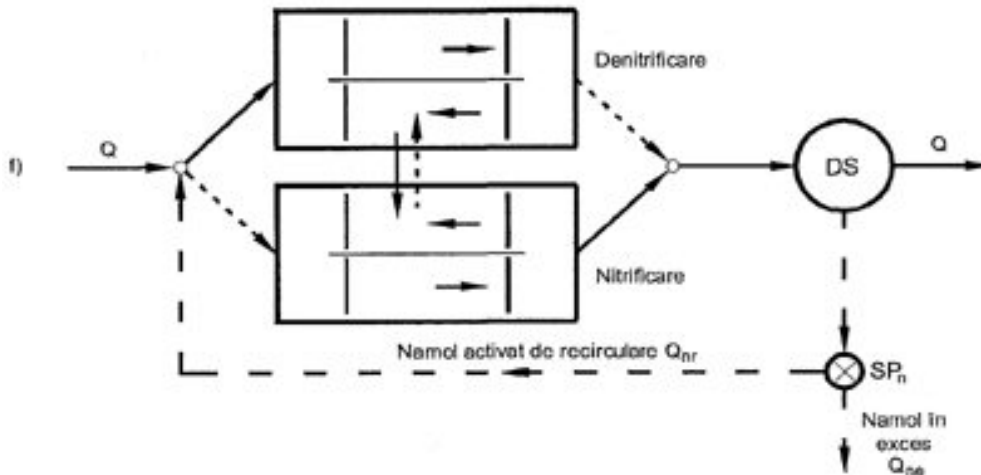
IMAGINE

e) cu denitrificare simultană;



IMAGINE

f) cu denitrificare alternantă.



IMAGINE

5.2.3. Debitul de verificare este funcție de schema tehnologică de epurare (cu nitrificare, cu nitrificare-denitrificare, cu sau fără bazin anaerob pentru eliminarea pe cale biologică a fosforului), de poziția din schemă a zonei anoxice (amonte, în bioreactor, în avalul acestuia), de punctul de injecție al debitului nămolului de recirculare externă sau/și al debitului de recirculare internă, ș.a.m.d.

Astfel, debitul de verificare al bioreactorului poate fi:

- $Q(v) = Q(u \text{ orar max}) + Q(re \text{ max})$ în cazul în care nu avem decât recirculare externă

sau,

- $Q(v) = Q(u \text{ orar max}) + Q(re \text{ max}) + Q(ri \text{ max})$ în cazul în care ambele debite de recirculare externă ($Q(re)$) și internă ($Q(ri)$) sunt introduse în zona de denitrificare amplasată amonte de zona aerobă, ș.a.m.d.

5.2.4. Valoarea debitelor de verificare trebuie corect apreciată deoarece, pe de o parte, trebuie respectați anumiți parametri tehnologici (timp de retenție, încărcări superficiale, ș.a.), iar pe de altă parte garda hidraulică (diferența dintre cota coronamentului și nivelul maxim al apei din obiectul tehnologic) trebuie să fie suficientă pentru a evita realizarea unor niveluri de apă care să depășească coronamentul construcției.

5.3. CANTITĂȚI ȘI CONCENTRAȚII DE POLUANȚI ÎN APA UZATĂ

5.3.1. Calculele de dimensionare necesită cunoașterea indicatorilor de calitate pentru influentul și efluentul stației de epurare.

Modul de determinare a principalilor indicatori de calitate din influent a fost indicat la pct. 2.9.2. Aprecierea corectă a acestor indicatori (CBO_5 , CCO, materii solide în suspensie, azot, fosfor și compușii lor) prezintă o importanță deosebită deoarece atât schema de epurare aleasă, cât și costul de investiție și exploatare depind în mod determinant de acești indicatori.

5.3.2. Indicatorii de calitate pentru efluentul stației de epurare, determinați conf. pct. 2.9.4, permit calculul gradului de epurare necesar și impun alcătuirea schemei de epurare astfel încât poluanții considerați să fie îndepărtați în condiții economice conform gradului de epurare impus de normele de protecție a mediului și a sănătății oamenilor.

5.3.3. Pentru dimensionarea bioreactorului trebuie cunoscute:

- schema de epurare cuprinzând obiectele componente de pe linia apei și linia nămolului;

- concentrațiile în poluanți din influentul bioreactorului;
- concentrațiile în poluanți din effluentul stației de epurare;
- temperatura apei uzate (minimă și maximă);
- temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a stației de epurare.

Aceste date inițiale sunt necesare pentru determinarea încărcărilor cu substanța organică, fosfor, azot, etc., a bioreactorului, pentru calculul volumelor de nitrificare, denitrificare ori de îndepărtare pe cale biologică a fosforului, a cantității de oxigen necesară proceselor de epurare, a producției de nămol în exces, a debitelor de recirculare internă și externă, etc.

5.3.4. Concentrațiile substanțelor poluante la intrarea în bioreactor se vor determina cu relațiile de mai jos (v. și fig. 5.3):

$$\begin{aligned} & \text{▪ concentrația în materii solide în suspensie (MSS):} \\ c(uz)^b &= (1 - e(s)) \cdot c(uz) && \text{(mg/l)} && (5.2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{▪ concentrația în materii organice biodegradabile, exprimate prin CBO}_5: \\ X(5uz)^b &= (1 - e(x)) \cdot X(5uz) && \text{(mg/l)} && (5.3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{▪ concentrația în azot total:} \\ c(N)^b &= (1 - e(N)) \cdot c(N) && \text{(mg N/l)} && (5.4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{▪ concentrația în fosfor total:} \\ c(P)^b &= (1 - e(P)) \cdot c(P) && \text{(mg P/l)} && (5.5) \end{aligned}$$

în care,

- $e(s)$, $e(x)$, $e(N)$ și $e(P)$ sunt eficiențele de reținere a MSS, CBO_5 , azot și fosfor total prin decantare primară;
- $c(uz)$, $X(5uz)$, $c(N)$, $c(P)$ sunt concentrațiile din influentul stației de epurare privind MSS, CBO_5 , azotul și fosforul total;
- $c(uz)^b$, $X(5uz)^b$, $c(N)^b$, $c(P)^b$ sunt concentrațiile de MSS, CBO_5 , azot și fosfor total la intrarea în bioreactor (sau din effluentul decantorului primar).

Dacă schema de epurare nu cuprinde decantor primar, atunci eficiențele $e(s)$, $e(x)$, $e(N)$ și $e(P)$ sunt nule și concentrațiile din influentul stației de epurare vor fi egale cu concentrațiile din influentul bioreactorului: $c(uz)^b = c(uz)$; $X(5uz)^b = X(5uz)$; $c(N)^b = c(N)$ și $c(P)^b = c(P)$.

5.3.5. Concentrațiile substanțelor poluante din effluentul stației de epurare sunt, de asemenea, cunoscute deoarece ele sunt impuse de normele și normativele de protecție a apelor (v. pct. 2.9.4) și definitivite prin acordurile sau autorizațiile de gospodărire a apelor și de mediu (v. pct. 2.9.4). Astfel, pentru effluentul epurat, trebuie evidențiate concentrațiile maxim admisibile:

- $c(uz)^{adm}$ (mg/l) - pentru materii solide în suspensie;
- $X(5uz)^{adm}$ (mg/l) - pentru CBO_5 ;
- $c(N)^{adm}$ (mg N/l) - pentru azotul total;
- $c(P)^{adm}$ (mg P/l) - pentru fosforul total.

În apele uzate orășenești cantitatea de azotați (NO_3^-) și azotiți (NO_2^-) este practic neglijabilă, reprezentând, de regulă, mai puțin de 5% din azotul total (NT). De aceea, în calcule se utilizează mai mult azotul total Kjeldhal (TKN) în loc de azotul total NT (v. pct. 2.3).

5.3.6. Cantitățile de substanță din influentul bioreactorului pentru principalii poluanți sunt:

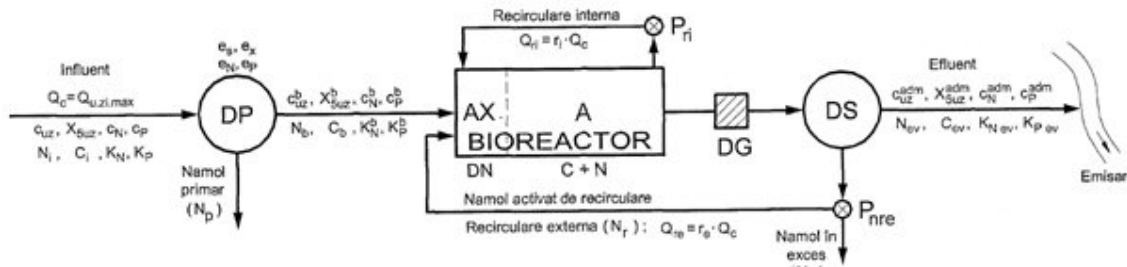
$$\begin{aligned} & \text{▪ pentru materiile solide în suspensie (MSS):} \\ N(b) &= c(uz)^b \cdot Q(c) && \text{(kg/zi)} && (5.6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{▪ pentru } CBO_5: \\ C(b) &= X(5uz)^b \cdot Q(c) && \text{(kg/zi)} && (5.7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{▪ pentru azotul total:} \\ K(N)^b &= c(N)^b \cdot Q(c) && \text{(kg/zi)} && (5.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{▪ pentru fosforul total:} \\ K(P)^b &= c(P)^b \cdot Q(c) && \text{(kg/zi)} && (5.9) \end{aligned}$$

în care $Q(c) = Q(u \text{ zi max}) \text{ (m}^3/\text{zi)}$.



Concentratii în influentul stației de epurare:	Concentratii în influentul bioreactorului:	Eficiențe ale decantorului primar:	Concentratii în efluentul stației de epurare:
c_{uz} (mg/l)	$c_{uz}^b = (1 - e_s) \cdot c_{uz}$ (mg/l)	$e_s = 40 - 60\%$ - pentru MSS	$c_{uz}^{adm} = (1 - d_s) \cdot c_{uz}$ (mg/l)
X_{5uz} (mg/l)	$X_{5uz}^b = (1 - e_x) \cdot X_{5uz}$ (mg/l)	$e_x = 20 - 40\%$ - pentru CBO_5	$X_{5uz}^{adm} = (1 - d_x) \cdot X_{5uz}$ (mg/l)
c_N (mg/l)	$c_N^b = (1 - e_N) \cdot c_N$ (mg/l)	$e_N = 10 - 15\%$ - pentru azot	$c_N^{adm} = (1 - d_N) \cdot c_N$ (mg/l)
c_P (mg/l)	$c_P^b = (1 - e_P) \cdot c_P$ (mg/l)	$e_P = 5 - 10\%$ - pentru fosfor	$c_P^{adm} = (1 - d_P) \cdot c_P$ (mg/l)
Cantitati de substanta în influentul stației de epurare:	Cantitati de substanta în influentul bioreactorului:	Gradele de epurare necesare:	Cantitati de substanta în efluentul stației de epurare:
$N_i = c_{uz} \cdot Q_c$ (kg/zi)	$N_b = c_{uz}^b \cdot Q_c$ (kg/zi)	$d_s = \frac{c_{uz} - c_{uz}^{adm}}{c_{uz}} \cdot 100$ (%)	$N_{ev} = c_{uz}^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)
$C_i = X_{5uz} \cdot Q_c$ (kg/zi)	$C_b = X_{5uz}^b \cdot Q_c$ (kg/zi)	$d_x = \frac{X_{5uz} - X_{5uz}^{adm}}{X_{5uz}} \cdot 100$ (%)	$C_{ev} = X_{5uz}^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)
$K_N = c_N \cdot Q_c$ (kg/zi)	$K_N^b = c_N^b \cdot Q_c$ (kg/zi)	$d_N = \frac{c_N - c_N^{adm}}{c_N} \cdot 100$ (%)	$K_{N_{ev}} = c_N^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)
$K_P = c_P \cdot Q_c$ (kg/zi)	$K_P^b = c_P^b \cdot Q_c$ (kg/zi)	$d_P = \frac{c_P - c_P^{adm}}{c_P} \cdot 100$ (%)	$K_{P_{ev}} = c_P^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)

NOTA: În schemele de epurare fara decantor primar, $e_s = e_x = e_N = e_P = 0$ si deci $c_{uz} = c_{uz}^b$; $X_{5uz} = X_{5uz}^b$; $c_N = c_N^b$; $c_P = c_P^b$

Figura 5.3

Notății principale utilizate în schemele de epurare avansată

5.3.7. Cantitățile de substanță din efluentul stației de epurare corespunzătoare principalilor poluanți sunt:

▪ pentru materiile solide în suspensie (MSS);
 $N(ev) = c(uz) \cdot adm \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.10)

sau
 $N(ev) = (1 - d(s)) \cdot c(uz) \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.11)

unde,
 $d(s) = \frac{c(uz) - c(uz)^{adm}}{c(uz)} \cdot 100$ (%) (5.12)
 este gradul de epurare necesar privind MSS pentru întreaga stație de epurare.

▪ pentru CBO_5 ;
 $C(ev) = X(5uz) \cdot adm \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.13)

sau
 $C(ev) = (1 - d(x)) \cdot X(5uz) \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.14)

unde,
 $d(x) = \frac{X(5uz) - X(5uz)^{adm}}{X(5uz)} \cdot 100$ (%) (5.15)
 este gradul de epurare privind CBO_5 pentru întreaga stație de epurare.

▪ pentru azot total:
 $K(Nev) = c(N) \cdot adm \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.16)

sau
 $K(Nev) = (1 - d(N)) \cdot c(N) \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.17)

unde,
 $d(N) = \frac{c(N) - c(N)^{adm}}{c(N)} \cdot 100$ (%) (5.18)
 este gradul de epurare necesar privind eliminarea azotului total pentru întreaga stație de epurare.

▪ pentru fosforul total:
 $K(Pev) = c(P) \cdot adm \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.19)

sau
 $K(Pev) = (1 - d(P)) \cdot c(P) \cdot Q(c)$ (kg/zi) (5.20)

unde,

$$d(P) = \frac{c(P) - c(P)^{adm}}{c(P)} \cdot 100 \quad (\%) \quad (5.21)$$

este gradul de epurare necesar privind eliminarea fosforului total pentru întreaga stație de epurare.

5.3.8. Cantitățile de substanță îndepărtate (eliminate) în sistemul biologic bioreactor-decantor secundar, corespunzătoare principalilor poluanți, sunt:

▪ Pentru materii solide în suspensie (MSS):
 $N'(b) = N(b) - N(ev) \quad (kg/zi) \quad (5.22)$

▪ Pentru CBO₅:
 $C'(b) = C(b) - C(ev) \quad (kg/zi) \quad (5.23)$

▪ Pentru azot total:
 $K'(N) = K(N)^b - K(Nev) \quad (kg/zi) \quad (5.24)$

▪ Pentru fosfor total:
 $K'(P) = K(P)^b - K(Pev) \quad (kg/zi) \quad (5.25)$

5.4. VÂRSTA NĂMOLULUI

5.4.1. Este un parametru important, fiind funcție de tipul epurării biologice, de temperatura minimă considerată pentru apa uzată (10°C sau 12°C) și de mărimea stației de epurare. Ea poate fi considerată în calcule conform tabelului 5.1.

Vârsta nămolului (în zile)

Tabel 5.1

Tipul epurării	Mărimea stației de epurare			
	C(b) < 1200 kg CBO ₅ /zi		C(b) > 6000 kg CBO ₅ /zi	
	Temperatura de dimensionare			
	10°C	12°C	10°C	12°C
0	1		2	
Fără nitrificare	5,0		4,0	
Cu nitrificare	10	8,2	8	6,6
Cu eliminarea azotului (cu nitrificare-denitrificare) V(D)/V = 0,20	12,5	10,3	10	8,3
V(D)/V = 0,30	14,3	11,7	11,4	9,4
V(D)/V = 0,40	16,7	13,7	13,1	11,0
V(D)/V = 0,50	20,0	16,4	16,0	13,2
Cu stabilizarea aerobă a nămolului, inclusiv eliminarea azotului	25		Recomandabil peste 20.	

5.4.2. Pentru stații de epurare convenționale fără nitrificare, în care au loc numai procese de eliminare a substanțelor organice biodegradabile, dimensionarea bioreactorului se face pentru vârsta nămolului:

$$T(N) = 4 \dots 5 \text{ zile} \quad (\text{v. tabelul 5.1})$$

5.4.3. În cazul stațiilor de epurare cu nitrificare, deci când este necesară oxidarea amoniului la azotați, vârsta nămolului pentru dimensionare aferentă zonei aerobe se determină cu relația:

$$T(Naerob) = FS \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)} \quad (\text{zile}) \quad (5.26)$$

unde,

▪ FS = factor de siguranță care ține seama de variația încărcării cu poluanți a bioreactorului, de variația pe termen scurt a temperaturii apei uzate și/sau de modificarea pH-lui.

Pentru stații de epurare cu o capacitate mai mică de 1200 kg CBO₅/zi (sub 20.000 locuitori echivalenți) se va considera un factor de siguranță FS = 1,8 datorită fluctuațiilor mai pronunțate a încărcărilor din influentul bioreactorului).

- Pentru stații de epurare mari, având o capacitate C(b) >= 6000 kg CBO₅/zi (peste 100.000 locuitori echivalenți), factorul de siguranță se va considera FS = 1,45.

- Chiar și în cazul prevederii unui bazin de egalizare pentru echilibrarea încărcărilor zilnice, factorul de siguranță FS nu se va considera mai mic decât 1,45.

- Deoarece trebuie ținut seama că în timpul iernii temperatura efluentului bioreactorului poate scădea sub temperatura limită (T(lim)) la care sunt respectate condițiile de calitate pentru amoniu (sau amoniac) - v. tabelul 2.3, în ecuația (5.26) temperatura de dimensionare T a apei uzate se va considera T(dim) = T(lim) = -2°C. Cu această valoare se va calcula vârsta nămolului.

La valori ale temperaturii sub 8-10°C nitrificarea practic nu se mai produce și există posibilitatea creșterii conținutului de amoniu (sau amoniac) în efluentul epurat peste limitele admise.

Din aplicarea relației (5.26) pentru T(dim) = 10°C și FS = 1,45 respectiv 1,8 rezultă că la dimensionare se vor alege pentru vârsta nămolului din zona aerobă cel puțin valorile:

- T(N aerob dim) = 8 zile pentru C(b) < 1200 kg CBO₅/zi;
- T(N aerob dim) = 10 zile pentru C(b) > 6000 kg CBO₅/zi.

Pentru alte valori ale încărcării C(b) (kg CBO₅/zi), valorile de dimensionare ale vârstei nămolului se obțin prin interpolare.

5.4.4. În cazul stațiilor cu nitrificare-denitrificare, deci când este necesară eliminarea azotului, valoarea de dimensionare a vârstei nămolului se determină cu relația:

$$T(N \text{ dim}) = \frac{T(N \text{ aerob})}{1 - \frac{V(D)}{V}} \quad (\text{zile}) \quad (5.27)$$

Introducând expresia lui T(N aerob) dată de ecuația (5.26), rezultă:

$$T(N \text{ dim}) = \frac{FS \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15 - T)}}{1 - \frac{V(D)}{V}} \quad (\text{zile}) \quad (5.28)$$

unde V este volumul total al bioreactorului; iar V(D) este volumul zonei anoxice pentru denitrificare. Raportul V(D)/V se va calcula în conformitate cu recomandările de la pct. 5.5.1. și 5.5.8.

În ecuația (5.28), T este temperatura de dimensionare la care se conduc calculele pentru eliminarea azotului, adică T = T(dim) = 12°C.

În timpul iernii, când temperatura apei uzate este mai scăzută decât 12°C, în scopul menținerii vârstei nămolului T(N.dim), astfel încât nitrificarea să nu fie afectată (întreruptă), raportul V(D)/V pentru aceste temperaturi mai scăzute (T(i)), se va calcula cu relația:

$$\frac{V(D)}{V} = 1 - \frac{FS \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15 - T(i))}}{T(N \text{ dim})} \quad (5.29)$$

Acest lucru permite ca în perioada unor temperaturi scăzute, sub temperatura de dimensionare, să poată fi redusă zona de denitrificare în favoarea zonei de nitrificare.

În orice caz, trebuie evitată considerarea unor temperaturi prea scăzute, deoarece nu există experiența cunoscută privind dimensionarea stațiilor de epurare la temperatura sub 8°C.

Dacă, din relația (5.29) rezultă o valoare negativă pentru raportul V(D)/V, atunci se va considera V(D)/V = 0 și se va calcula valoarea factorului de siguranță FS din ecuația (5.29). În această situație valoarea factorului de siguranță poate fi scăzută până la FS = 1,2. Sub această valoare pentru FS volumul bioreactorului trebuie mărit.

5.4.5. În cazul stațiilor de epurare cu stabilizare aerobă a nămolului și nitrificare vârsta nămolului considerată la dimensionare trebuie să fie T(N dim) >= 20 zile.

Dacă este necesară și denitrificarea, vârsta nămolului se consideră T(N dim) >= 25 zile.

În cazul în care temperatura apei T din bioreactor (media pe două săptămâni) este constant mai mare decât 12°C, vârsta nămolului se poate reduce conform relației:

$$T(N \text{ dim}) >= 25 \cdot 1,072^{(12 - T)} \quad (\text{zile}) \quad (5.30)$$

5.5. DETERMINAREA VOLUMULUI ZONEI DE DENITRIFICARE

5.5.1. Pentru determinarea volumului zonei de denitrificare ($V(D)$), care poate reprezenta 20-50% din volumul total al bioreactorului (V), este necesară calcularea mai întâi a concentrației medii zilnice de azot din azotatul care trebuie denitrificat. Acesta poate fi determinat din ecuația de bilanț pentru azot indicată mai jos:

$$c(N-NO_3)^D = c(N)^b - c(N\ org)^{efl} - c(N-NH_4)^{efl} - c(N-NO_3)^{efl} - c(N\ org)^{BM} \quad (\text{mg N-NO}_3\text{-/l}) \quad (5.31)$$

în care s-a notat:

$c(N-NO_3)^D$ - concentrația medie zilnică de azot din azotatul care trebuie denitrificat, (mg N-NO₃-/l);
 $c(N)^b$ - concentrația în azot total din influentul bioreactorului, (mg N/dm³);
 $c(N\ org)^{efl}$ - concentrația în azot organic din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, în (mg N(org)/dm³);
 $c(N-NH_4)^{efl}$ - concentrația în azot din NH₄⁺ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, în (mg N-NH₄+/l);
 $c(N-NO_3)^{efl}$ - concentrația în azot din NO₃⁻ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, în (mg N-NO₃-/l);
 $c(N\ org)^{BM}$ - concentrația în azot organic încorporat în biomasă care părăsește sistemul bioreactor-decantor secundar prin nămolul în exces, în (mg N(org)/l);

În valoarea concentrației medii zilnice de azot total $c(N)$ din influentul stației de epurare se neglijează azotul din azotați și azotiți, care în general nu depășesc 5% din $c(N)$. În cazul infiltrării în rețeaua de canalizare a unor ape subterane cu un conținut ridicat în azotați, sau în cazul amestecului apelor uzate orașenești cu ape uzate provenite de la unități industriale sau comerciale care conțin azotați, se va introduce în $c(N)$ valoarea azotului aferentă acestor azotați.

În schemele fără decantor primar, $e(N) = 0$ și deci $c(N)^b = c(N)$.

Concentrația în azot se determină din concentrația în azotați, cu relația (5.32), cunoscându-se că la 1 mg de azot total N corespund 4,427 mg NO₃⁻ (v. cap. 2.3).

$$c(N-NO_3) = \frac{c(NO_3)}{4,427} \quad (\text{mg N-NO}_3\text{-/l}) \quad (5.32)$$

În cazul stațiilor de epurare care cuprind fermentare anaerobă a nămolului precum și concentrare și deshidratare mecanică a acestuia, azotul din supernatant trebuie inclus în concentrația de azot din influentul stației de epurare ($c(N)$), cu excepția cazului în care există tratare separată a supernatantului.

Concentrația în azot organic din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare se consideră $c(N\ org)^{efl} = 2$ mg N(org)/dm³, valoare sub limita admisă de normativele și normele de protecția apelor din țara noastră (v. tabelul 2.3), care se determină cu relația (5.33):

$$c(N\ org)^{adm} = c(N)^{adm} - c(N\ anorg)^{adm} \quad (\text{mg N(org)/dm}^3) \quad (5.33)$$

unde,

$$c(N\ anorg)^{adm} = c(N-NH_4)^{adm} + c(N-NO_2)^{adm} + c(N-NO_3)^{adm} \quad (\text{mg N(anorg)/l}) \quad (5.34)$$

Concentrația limită de azot anorganic din efluentul stației de epurare rezultă:

$$C(N\ anorg)^{adm} = 7,50 \text{ mg N(anorg)/l}$$

Concentrația limită maximă admisă pentru azotul organic din efluentul stației de epurare va fi, deci:

$$c(N\ org)^{adm} = c(N)^{adm} - C(N\ anorg)^{adm} = 10 - 7,50 = 2,50 \text{ mg N(org)/l}$$

valoare mai mare decât $C(N\ org)^{efl} = 2$ mg N(org)/l propusă pentru dimensionare.

Pentru a avea siguranța că în efluentul stației de epurare nu se va depăși concentrația limită de amoniac de 2,0 mg N-NH₄+/l, în calculele de dimensionare se va considera $c(N-NH_4)^{efl} = 0$

Azotul încorporat în biomasă, reprezintă, de regulă, 4 ... 5% din cantitatea de CBO₅ influentă în bioreactor, astfel încât la dimensionare se va considera,

$$c(N\ org)^{BM} = (0,04 \dots \dots 0,05) \cdot X(5uz)^b \quad (\text{mg N(org)/l}) \quad (5.35)$$

sau,

$$c(N\ org)^{BM} = (0,02 \dots \dots 0,025) \cdot X(CCO)^b \quad (\text{mg N(org)/l}) \quad (5.36)$$

unde $X(CCO)^b$ (mg CCO/l) -> reprezintă concentrația în CCO din influentul bioreactorului.

Pentru calculul concentrației de azot din NO₃⁻ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare ($c(N-NO_3)^{efl}$), trebuie determinată mai întâi concentrația limită (maximă) admisă de normativele și normele de protecția apelor (v. tabelul 2.3) pentru azotul anorganic. Această concentrație se determină cu relația (5.34).

La dimensionare se va considera pentru $c(N-NO_3)^{efl}$ o valoare calculată cu relația:

$$c(N-NO_3)^{efl} = (0,60 \dots \dots 0,80) \cdot c(N\ anorg)^{adm} \quad (\text{mg N-NO}_3\text{-/l}) \quad (5.37)$$

Valorile mai mici obținute din relația de mai sus vor fi luate în considerare pentru stațiile de epurare cu variații mari ale încărcărilor influente (în general stațiile de epurare mici și foarte mici).

Capacitatea de denitrificare poate fi apreciată prin raportul $[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b$. Pentru stațiile de epurare prevăzute cu procese de denitrificare intermitentă sau simultană, raportul $V(D)/V$ se poate determina din relația:

$$\frac{c(N-NO_3)^D}{V(D)} = \frac{0,75 \cdot CSO(c)}{X(5uz)^b} \quad (\text{mg N-NO}_3\text{-/mg CBO}_5) \quad (5.38)$$

$$X(5uz)^b \quad 2,9 \quad V$$

în care, $CSO(c)$ (kg O_2 /kg CBO_5) este consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea substanțelor organice pe bază de carbon (biodegradabile).

Pentru scheme de epurare cu zonă preanoxică de denitrificare și pentru soluții comparabile, raportul $V(D)/V$ se determină din relația (5.39) în care se ține seama și de aportul de oxigen furnizat de procesul de denitrificare prin preluarea oxigenului din azotați:

$$\frac{c(N-NO_3)^D}{X(5uz)^b} = \frac{0,75 \cdot CSO(c)}{2,9} \cdot \left[\frac{V(D)}{V} \right]^{0,75} - \frac{Q(ri) \cdot c(o)}{2,9 \cdot C(b)} \quad (5.39)$$

unde,

- $c(N-NO_3)^D$ - concentrația de azot din azotatul care trebuie denitrificat, în mg $N-NO_3$ -/l;
- $X(5uz)^b$ - concentrația în CBO_5 din influentul bioreactorului, în mg CBO_5 /l;
- $Q(ri) = r(i) \cdot Q(c)$ - este debitul de recirculare internă, în m^3 /zi;
- $C(b) = X(5uz)^b \cdot Q(c)$ - cantitatea de CBO_5 din influentul bioreactorului kg CBO_5 /zi;
- $Q(c) = Q(u \text{ zi max})$ - debit de calcul în m^3 /zi;
- $r(i)$ - coeficient de recirculare internă;
- $c(o)$ - concentrația în oxigen dizolvat în efluentul bioreactorului care, de regulă, se consideră 2,0 mg O_2 /l;

Factorul 0,75 indică un randament de transfer al oxigenului din azotați la apă (care are loc în zona de denitrificare) mai scăzut decât randamentul de transfer de la oxigenul dizolvat la apă (care are loc în zona aerată, de nitrificare). Consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea substanțelor organice pe bază de carbon $CSO(c)$ (kg O_2 /kg CBO_5), valabil pentru apele uzate cu raportul $CCO(inf1)/CBO_5(inf1) \leq 2,2$ se poate considera în calculele preliminare, funcție de temperatura apelor uzate și de vârsta nămolului ($T(N)$) ca în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2

T=C	Vârsta nămolului T(N) (zile)					
	4	8	10	15	20	25
0	1	2	3	4	5	6
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	1,92	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	1,30

Considerând consumul specific de oxigen $CSO(C)$ din tabelul 5.2, pentru domeniul de temperatură 10°C ... 12°C, valorile raportului $[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b$ calculate cu relația (5.38) sunt indicate în tabelul 5.3 pentru diferite rapoarte $V(D)/V$.

Raportul $[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b$ este denumit "capacitatea de denitrificare" a sistemului de epurare.

Tabel 5.3

$V(D)/V(AT)$	$[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b$	
	Zona pre-anoxică de denitrificare și procese comparabile	Denitrificare intermitentă și simultană
0	1	2
0,2	0,11	0,06
0,3	0,13	0,09
0,4	0,14	0,12
0,5	0,15	0,15

Valorile din tabelul 5.3, pot fi utilizate atât pentru schemele cu denitrificare intermitentă sau simultană, cât și pentru schemele cu pre-denitrificare sau alte scheme cu procese comparabile.

În calculul "capacității de denitrificare" se impune ca în toate debitele influente în zona de denitrificare concentrația de oxigen dizolvat să fie sub 2 mg O₂/l.

În calculele de dimensionare nu se recomandă valori $V(D)/V < 0,2$ sau $V(D)/V > 0,5$.

Pentru schema cu denitrificare alternantă, capacitatea de nitrificare $[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b$ se consideră media între valorile aferente schemelor cu pre-denitrificare și denitrificare intermitentă.

În cazul în care temperatura apei uzate depășește 12°C, capacitatea de denitrificare se poate mări cu aproximativ 1% pentru fiecare 1°C peste 12°C.

Dacă din calcule rezultă $V(D)/V < 0,1$, atunci pentru dimensionare se va considera $[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b = 0$. Dacă este necesară o capacitate de denitrificare $[c(N-NO_3)^D]/X(5uz)^b > 0,15$, fapt ce presupune un aport organic mai redus pentru microorganismele heterotrofe anoxice (care realizează denitrificarea), nu se va mări raportul $V(D)/V$, ci se vor adopta următoarele măsuri:

- ocolirea parțială a decantorului primar;
- o tratare separată a nămolului;
- adaos (sursă) de carbon extern.

În cazul adoptării soluției cu sursă externă de carbon, se calculează surplusul de azot din azotatul care trebuie denitrificat și pentru care trebuie asigurată hrana suplimentară DELTA $c(N-NO_3)^D$. Concentrația de CCO suplimentară se determină cu relația (5.40) cunoscând că pentru fiecare kg de azot din azotatul ce trebuie denitrificat este necesară o cerință de carbon extern de cca. 5,0 kg CCO:

$$c(CCO, ext) = 5 \cdot \Delta c(N-NO_3)^D \quad (mg/l) \quad (5.40)$$

Ca surse externe de carbon, pot fi utilizate următoarele substanțe: metanol, etanol și acetați. În tabelul 5.4 sunt prezentate caracteristicile acestor surse externe de carbon.

Tabel 5.4

Parametrul	UM	Metanol	Etanol	Acid acetic
0	1	2	3	4
Densitate	kg/m ³	790	780	1060
CCO	kg/kg	1,50	2,09	1,07
CCO	kg/l	1,185	1,630	1,135

Dintre aceste surse, acetații și metanolul sunt recomandați atât ca eficiență în ceea ce privește rata de dezvoltare a bacteriilor denitrificatoare cât și ca preț.

5.5.2. Îndepărtarea fosforului din apele uzate orășenești se poate desfășura prin procese biologice, prin precipitare chimică (preprecipitare, precipitare simultană, postprecipitare), sau combinat prin procese biologice completate cu precipitare chimică (v. cap. 4, fig. 4.17, 4.20).

Eliminarea biologică a fosforului se realizează în bazine de amestec anaerobe amplasate, de regulă, în amonte bioreactorului (v. fig. 5.4). Ele se dimensionează pentru un timp minim de contact de 0,5 0,75 ore (recomandabil 1,0 h), pentru debitul maxim de apă uzată pe timp uscat ($Q(u.or.max)$) la care se adaugă debitul nămolului de recirculare $Q(re)$ (recircularea externă).

$$Q(c) = Q(u.or.max) + Q(re) \quad (m^3/zi) \quad (5.41)$$

Eficiența eliminării biologice a fosforului depinde de timpul de contact și de mărimea raportului dintre concentrația de substanță organică ușor biodegradabilă și concentrația de fosfor.

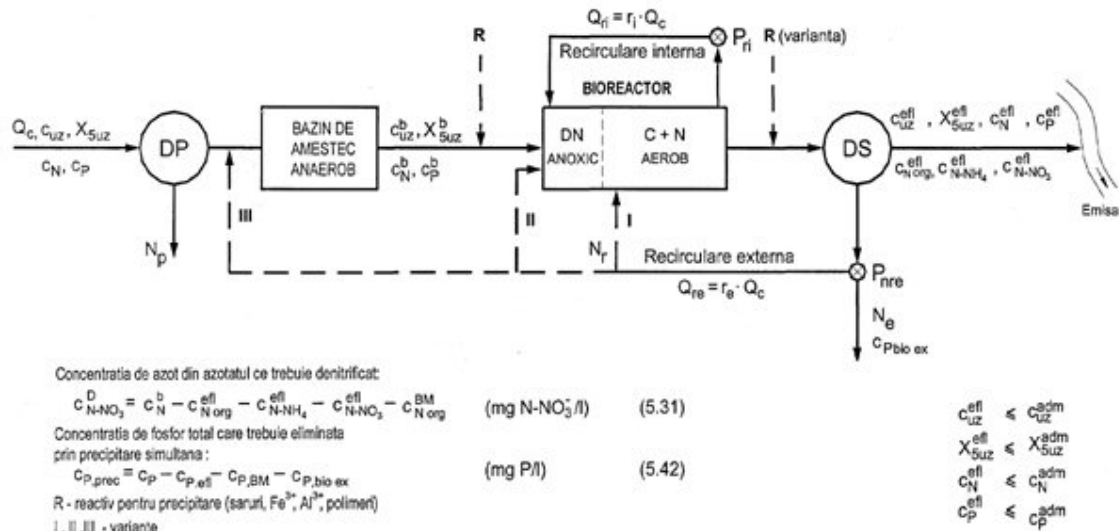


Figura 5.4

Notății principale utilizate în procesul de eliminare a fosforului

Dacă în timpul iernii volumul anaerob (V(AN)) este folosit pentru denitrificare, atunci pentru această perioadă se va stabili o eliminare mai scăzută a fosforului biologic în exces.
 Determinarea concentrației de fosfor care trebuie eliminată prin precipitare simultană se face din ecuația de bilanț a fosforului (5.42):

$$c(P, \text{prec}) = c(P) - c(P, \text{efl}) - c(P, \text{BM}) - c(P, \text{bio ex}) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.42)$$

în care,

- c(P, prec) - concentrația de fosfor total care trebuie eliminată prin precipitare simultană, în mg P/l;
- c(P) - concentrația de fosfor total din influentul bazinului anaerob, în mg P/l;
- c(P, efl) - concentrația de fosfor total din efluentul stației de epurare, în mg P/l;
- c(P, BM) - concentrația de fosfor total necesar pentru dezvoltarea biomasei heterotrofe (fosforul înglobat în biomasă), în mg P/l;
- c(P, bio ex) - concentrația de fosfor biologic în exces, în mg P/l.

Dacă concentrația c(P,prec) > 0, este nevoie, pe lângă eliminarea pe cale biologică a fosforului și de precipitare chimică.

Dacă c(P, prec) < 0, nu este nevoie de precipitare chimică. Pentru valori negative ale concentrației c(P, prec) apropiate de zero (-1,0 mg/l ... -1,5 mg/l) se vor prevedea, totuși, la proiectare, posibilitatea și spațiile necesare în viitor pentru tratarea chimică necesară.

Concentrația de fosfor total din efluentul stației de epurare c(P, efl) se va considera, la dimensionare, cca. 60-70% din concentrația admisibilă de fosfor total din efluent:

$$c(P, \text{efl}) = (0,6 \dots 0,7) \cdot c(P)^{\text{adm}} \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.43)$$

unde c(P)^{adm} = 1,0 sau 2,0 mg P/l (v. tabelul 2.4).

Concentrația de fosfor încorporat în biomasă se consideră, de regulă, 1% din concentrația de CBO₅ influentă în bazinul anaerob:

$$c(P, \text{BM}) = 0,01 \cdot X(5uz) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.44)$$

sau

$$c(P, \text{BM}) = 0,005 \cdot X(\text{CCO}) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.45)$$

Pentru apa uzată orășenească, concentrația în fosfor biologic în exces se va considera:

$$c(P, \text{bio ex}) = (0,01 \dots 0,015) \cdot X(5uz) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.46)$$

sau

$$c(P, \text{bio ex}) = (0,005 \dots 0,007) \cdot X(\text{CCO}) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.47)$$

dacă schema de epurare cuprinde bazine anaerobe amplasate amonte de bioreactor.

- În cazurile în care la temperaturi joase ale apei uzate, concentrația în azotați din efluentul stației de epurare c(N-NO₃)^{efl} >= 15 mg N-NO₃/l, se poate admite:

$$c(P, \text{ bio ex}) = (0,005 \dots\dots 0,01) \cdot X(5uz) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.48)$$

sau

$$c(P, \text{ bio ex}) = (0,0025 \dots\dots 0,005) \cdot X(\text{CCO}) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.49)$$

dacă schema de epurare cuprinde bazinele anaerobe amplasate amonte de bioreactor.

▪ Dacă schema de epurare este cu predenitrificare (v. fig. 5.2, c) sau cu denitrificare cu alimentare fracționată (v. fig. 5.2, d), dar nu cuprinde bazine anaerobe, se poate admite o eliminare a fosforului biologic în exces, considerându-se:

$$c(P, \text{ bio ex}) \leq 0,005 \cdot X(5uz) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.50)$$

sau,

$$c(P, \text{ bio ex}) \leq 0,002 \cdot X(\text{CCO}) \quad (\text{mg P/l}) \quad (5.51)$$

Aceleași valori pentru $c(P, \text{ bio ex})$ se admit și pentru perioadele cu temperaturi joase când se prevede o recirculare internă din zona de denitrificare preanoxică în bazinul anaerob.

Dacă este nevoie de precipitare chimică, necesarul mediu de reactiv (sare metalică) poate fi calculat considerând 1,5 mol $M(e)^{3+}$ /mol $c(P, \text{ bio ex})$. Efectuând conversia, se obțin următoarele doze de reactiv:

- precipitare cu fier: 2,7 kg Fe/kg P(prec);
- precipitare cu aluminiu: 1,3 kg Al/kg P(prec).

În soluția cu precipitare simultană, adaosul de var în influentul decantorului secundar conduce la creșterea pH-ului și la mărirea eficienței fenomenului de precipitare. Evident, necesarul de var depinde de alcalinitatea procesului din bioreactor.

5.5.3. Calculul cantității de nămol în exces

În stația de epurare se reține și se produce nămol în următoarele obiecte tehnologice:

- în decantoarele primare se rețin materiile solide în suspensie care trec de treapta de degrosare și pot sedimenta gravitațional în anumite condiții de timp și încărcare superficială. Ele poartă denumirea de nămoluri primare. În aceste nămoluri este reținut și azot, în proporție $e(N) = 10 \dots\dots 15\%$ și fosfor în proporție de $e(P) = 5 \dots\dots 10\%$;
- în bazinele anaerobe și în bioreactoarele unde se desfășoară procesele de nitrificare-denitrificare se produce nămol suplimentar alcătuit din biomasa rezultată din îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile și din eliminarea fosforului;

▪ în decantoarele secundare se reține biomasa creată în bioreactoare, precum și materiile solide în suspensie care au trecut de treapta de epurare mecanică, complex de substanțe care poartă denumirea de nămol activat.

Nămolul primar este dirijat spre treapta de prelucrare a nămolului. Nămolul activat din decantoarele secundare este dirijat către bioreactor în zona anoxică, aerobă sau în bazinul anaerob, după caz, ca nămol de recirculare în scopul menținerii unei anumite concentrații de biomasa în reactorul biologic (așa numita recirculare externă).

Surplusul (excedentul) de nămol activat este denumit nămol în exces și este dirijat spre treapta de prelucrare a nămolului. Deci cea mai mare parte a biomasei din decantorul secundar este recirculată continuu în sistemul biologic. Nămolul în exces conține o cantitate de cca. 10% azot și 15% fosfor, cantități care ajung în treapta de prelucrare a nămolului.

Producția de nămol excedentar reprezintă suma dintre nămolul rezultat din eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon (biodegradabile) și nămolul provenit din îndepărtarea fosforului:

$$N(e) = N(eC) + N(eP) \quad (\text{kg/zi}) \quad (5.52)$$

în care,

- $N(e)$ - cantitatea de materii solide, exprimată în substanța uscată din nămolul în exces, în kg/zi;
- $N(eC)$ - cantitatea de materii solide, exprimată în substanța uscată, din nămolul în exces provenit din eliminarea materiilor organice pe bază de carbon (biodegradabile) în kg/zi;
- $N(eP)$ - cantitatea de materii solide, exprimată în substanța uscată, din nămolul în exces provenit din eliminarea fosforului, în kg/zi.

Producția de nămol este funcție de vârsta nămolului, între acești doi parametri există relația (5.53):

$$T(N) = \frac{N(a)}{N(e)} = \frac{c(na) \cdot V}{N(e)} = \frac{c(na) \cdot V}{Q(ne) \cdot c(ne) + (Q(c) - Q(ne)) \cdot c(uz)^{\text{adm}}} \quad (\text{zile}) \quad (5.53)$$

în care toți termenii au fost explicați anterior (v. și Anexa 3).

În unele cazuri, termenul $(Qc - Qne) \cdot c(uz)^{\text{adm}}$ poate fi neglijat comparativ cu ceilalți termeni.

Calculul cantității (producției) de nămol în exces provenit din eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon se face cu relația (5.54):

$$N(eC) = C(b) \cdot \left[0,75 + 0,6 \frac{c(uz)^b}{X(5uz)^b} - \frac{0,102 \cdot T(N) \cdot F(T)}{1 + 0,17 \cdot T(N) \cdot F(T)} \right] \quad (\text{kg/zi}) \quad (5.54)$$

în care,

- $C(b) = X(5uz)^b \cdot Q(c)$ - este cantitatea de CBO_5 din influentul bioreactorului, în kg/zi;
- $F(T) = 1,072^{(T-15)}$ - este factorul de temperatură pentru respirația endogenă.

Admițându-se diferite valori pentru raportul $[c(uz)^b]/X(5uz)^b$ și pentru vârsta nămolului $T(N)$, în tabelul 5.5, se indică producția specifică de nămol provenit din îndepărtarea carbonului organic:

$$\bullet N(ec)^s = \frac{N(ec)}{C(b)} \quad (\text{kg subst.usc./kg CBO}_5) \quad (5.55)$$

pentru temperatura apei uzate de 10°C 12°C.

Tabel 5.5

[c(uz)^b]/X(5uz)^b	Vârsta nămolului T(N) (zile)					
	4	8	10	15	20	25
0	1	2	3	4	5	6
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
1,0	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

Calculul cantității (producției) de nămol în exces provenit din eliminarea fosforului se face cu relația (5.56).

Acest nămol este alcătuit din materia solidă rezultată din îndepărtarea fosforului biologic în exces și din cea obținută din precipitarea simultană. La eliminarea fosforului biologic în exces, se admit 3 g de substanță uscată pentru un gram de fosfor eliminat biologic.

Materiile solide rezultate din precipitarea simultană sunt funcție de tipul de coagulant și de cantitatea dozată.

În calcule se consideră o producție specifică de nămol de:

- 2,5 g de substanță uscată pentru 1 g de fier dozat;
- 4,0 g de substanță uscată pentru 1 g de aluminiu dozat.

Relația de calcul utilizată pentru determinarea producției de nămol din eliminarea fosforului este:

$$N(eP) = Q(c) \cdot (3 \cdot c(P \text{ bio ex}) + 6,8 \cdot c(P, \text{ prec Fe}) + 5,3 \cdot c(P, \text{ prec Al})/1000 \quad (\text{kg/zi}) \quad (5.56)$$

În cazul utilizării varului pentru precipitare, producția specifică de nămol este de 1,35 g substanță uscată pentru 1 g de hidroxid de calciu Ca(OH)₂.

5.5.4. Indicele volumetric al nămolului sau indexul lui Mohlmann este un parametru care caracterizează procesul de sedimentare a nămolului activat în decantorul secundar. Este notat cu I(VN). Indiferent de tipul epurării, se recomandă ca indicele de nămol considerat în proiectare să nu depășească 180 ... 200 cm³/g.

Când apele uzate conțin cantități mari de substanță organică ușor biodegradabilă (este cazul unor ape uzate industriale), nămolul activat va avea un indice volumetric mare (peste 200 cm³/g) cu proprietăți de sedimentare slabe. Pentru calculele de dimensionare a treptei de epurare biologică avansată se recomandă valorile din tabelul 5.6.

Tabel 5.6

Ținta epurării	I(VN) (cm ³ /g) Influența apelor uzate industriale/comerciale	
	Favorabilă	Nefavorabilă
0	1	2
Fără nitrificare	100 - 150	120 - 180
Nitrificare (și denitrificare)	100 - 150	120 - 180
Stabilizarea nămolului	75 - 120	120 - 150

Valorile mai scăzute se consideră în următoarele cazuri:

- schema nu cuprinde decantor primar;
- schema cuprinde în amonte de bioreactor un bazin selector aerob sau un bazin de amestec anaerob;
- reactorul biologic este prevăzut cu alimentare tip piston.

Valoarea concentrației în materii solide în suspensie (substanța uscată) din bioreactor c(na), trebuie determinată în strânsă legătură cu dimensionarea decantorului secundar.

5.5.5. Determinarea volumului reactorului biologic (bioreactorului)

Volumul bioreactorului este funcție de indicatorii de calitate ai influentului și efluentului treptei de epurare biologică deci de eficiența cerută sistemului bioreactor-decantor secundar ($d(xb)$), de tipul epurării, de încărcare organică a bazinului ($I(ob)$) și a nămolului ($I(on)$), de calitatea nămolului de recirculare prelevat din decantorul secundar, de vârsta nămolului, de concentrația în materii solide în suspensie din bioreactor ș.a.

O parte din parametri de proiectare ai bioreactorului, sunt practic aceeași cu cei indicați pentru proiectarea bazinelor cu nămol activat. Dintre aceștia se indică în tabelul 5.7 valorile principalilor parametri care se aplică și pentru epurarea biologică avansată a apelor uzate.

Volumul bioreactorului se poate determina cu una din următoarele relații:

$$V = \frac{C(b)}{I(ob)} = \frac{N(a)}{c(na)} = \frac{C(b)}{c(na) \cdot I(on)} \quad (m^3) \quad (5.57)$$

Tabelul 5.7

PARAMETRI DE PROIECTARE PRINCIPALI AI BIOREACTOARELOR

Nr. crt.	PARAMETRUL DE PROIECTARE	Relația de calcul	Unitatea de măsură	Aerare prelungită, cu stabilizarea nămolului	Epurare cu nitrificare	Epurare convențională pentru $X(5uz)^{adm}$ (mg/l)	
						≤ 20	≤ 30
0	1	2	3	4	5	6	7
1	$I(ob)$ - Încărcarea organică a bazinului	$I(ob) = \frac{C(b)}{V}$	$\frac{kg\ CBO_5}{m^3\ ba,\ zi}$	0,25-0,28	0,50	1,0	2,0
2	$I(on)$ - Încărcarea organică a nămolului	$I(on) = \frac{C(b)}{N(a)}$	$\frac{kg\ CBO_5}{kg\ s.u.,\ zi}$	0,05-0,08	0,15	0,30	0,60
3	$c(na)$ - Concentrația nămolului activat din BNA	$c(na) = \frac{N(a)}{V} = \frac{I(ob)}{I(on)}$	$\frac{kg}{m^3}$	5,00	3,30	3,30	3,30
4	$I(VN)$ - Indicele volumetric al nămolului	-	cm^3/g	75-120	100-150	150	100-150
5	$C(nr)$ - Concentrația nămolului activat de recirculare, egală valoric cu concentrația nămolului în exces $c(ne)$	$c(nr) = \frac{1000}{I(VN)}$ sau, $c(nr) = \frac{r + 100}{r} \cdot c(na)$	kg/m^3	10	6,67	6,67	6,67
6	$r(e)$ - Coeficientul de recirculare a nămolului activat (de recirculare externă)	$r(e) = \frac{c(na)}{c(nr) - c(na)} \cdot 100$ sau, $r(e) = \frac{c(na) \cdot I(VN)}{1000 - c(na) \cdot I(VN)} \cdot 100$	(%)	100	100	100	100

Funcție de tipul epurării: convențională (fără nitrificare), cu nitrificare, cu nitrificare-denitrificare și stabilizarea nămolului, din tabelul 5.7 se consideră valorile indicate pentru $I(ob)$, $I(on)$, $c(na)$ și se determină volumul bioreactorului cu una din relațiile (5.57).

Acest volum cuprinde atât volumul zonei de denitrificare ($V(D)$), cât și volumul zonei de nitrificare ($V(N)$) în care are loc îndepărtarea carbonului organic concomitent cu nitrificarea amoniului.

Deci,

$$V = V(D) + V(N) \quad (m^3) \quad (5.58)$$

În schemele de denitrificare cu alimentare fracționată (step-feed), concentrația nămolului activat din bioreactor $c(na)$ se înlocuiește cu $c(na, step)$, concentrație care se va considera:

$$c(na, step) > c(na, efl)^{BR} \text{ sau } c(na, step) > c(na).$$

Cu $c(na, efl)^{BR}$ s-a notat concentrația nămolului activat din efluentul bioreactorului.

5.5.6. Calculul coeficienților de recirculare se face independent pentru recircularea externă și pentru recircularea internă.

Recircularea externă se referă la debitul de nămol activat prelevat din decantorul secundar și dirijat, funcție de soluția de epurare propusă, amonte de bazinul anaerob, amonte de bazinul de denitrificare sau amonte de zona aerobă.

În calculele de dimensionare coeficientul de recirculare externă se consideră $r(e) = 100\% = 1,0$.

Debitul nămolului activat de recirculare externă, va fi:

$$Q(re) = r(e) \cdot Q(c) \quad (m^3/zi) \quad (5.59)$$

Recircularea internă constă în prelevarea din avalul zonei de nitrificare a amestecului lichid bogat în azotați și dirijarea lui în amonte zonei de denitrificare. Coeficientul de recirculare internă se determină cu relația:

$$r(i) = \frac{c(N-NO_3)^D}{c(N-NO_3)^{efl}} - r(e) \quad (5.60)$$

în care,

- $c(N-NO_3)^D$ - este concentrația de azot din azotatul care trebuie denitrificat, în mg N-NO₃-/l;
- $c(N-NO_3)^{efl}$ - concentrația m azot din NO₃- din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, în mg N-NO₃-/l;
- $r(i) = Q(ri)/Q(c)$ - coeficient de recirculare internă;
- $Q(ri) = r(i) \cdot Q(c)$ - debit de recirculare internă, în m³/zi;
- $r(e) = Q(re)/Q(c)$ - coeficient de recirculare externă.

Coeficient total de recirculare:

$$r(T) = r(e) + r(i) = Q(re)/Q(c) + Q(ri)/Q(c) \quad (5.61)$$

Eficiența maximă posibilă a denitrificării este:

$$\eta(D) = 1 - \frac{1}{1 + r(T)} \quad (5.62)$$

Dacă procesul de denitrificare este intermitent, durata totală a unui ciclu va fi:

$$t(T) = t(N) + t(D) \quad (h \text{ sau zile}) \quad (5.63)$$

Durata $t(T)$ se poate calcula cu relația:

$$t(T) = t(r) \cdot \frac{c(N-NO_3)^{efl}}{c(N-NO_3)^D} \quad (h \text{ sau zile}) \quad (5.64)$$

unde,

$$t(R) = \frac{V}{Q(u \text{ orar max})} \text{ este timpul de retenție în bioreactor a debitului maxim pe timp uscat.}$$

Durata minimă a unui ciclu trebuie să fie de minimum 2 h.

5.5.7. Calculul capacității de oxigenare

Capacitatea de oxigenare reprezintă cantitatea de oxigen necesară proceselor biochimice din bioreactor pentru:

- eliminarea carbonului organic (inclusiv respirația endogenă);
- pentru nitrificare;
- determinarea economiei de oxigen furnizat în procesul de denitrificare prin preluarea oxigenului necesar dezvoltării biomasei din azotați.

Consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea carbonului organic $CSO(c)$ (kg O₂/kg CBO₅) se determină cu relația:

$$CSO(c) = \frac{\overline{CO}(c)}{C(b)} = 0,56 + \frac{0,15 \cdot T(N) \cdot F(T)}{1 + 0,17 \cdot T(N) \cdot F(T)} \quad (kg \text{ O}_2/kgCBO_5) \quad (5.65)$$

unde,

- $F(T) = 1,072^{(T - 15)}$ - factor de temperatură pentru perioada de vară;
- $T = 25 \dots 27^\circ C$ - temperatura apei uzate în timpul verii;
- $T(N)$ - vârsta nămolului, în zile.

Capacitatea de oxigenare necesară pentru eliminarea carbonului organic, este:

$$\overline{CO}(c) = CSO(c) \cdot C(b) \quad (kg \text{ O}_2/zi) \quad (5.66)$$

Relația (5.65) se aplică pentru raportul $X(CCO)^b/X(5uz)^b \leq 2,2$. Pentru rapoarte $> 2,2$, calculul capacității de oxigenare se va face cu CCO în loc de CBO₅.

Capacitatea de oxigenare necesară pentru nitrificare se determină cu relația (5.67) în care s-a aproximat consumul specific de oxigen de 4,3 kg O₂/kg azot oxidat:

$$\overline{CO(N)} = 4,3 \cdot Q(c) \cdot [c(N-NO_3)^D - c(N-NO_3)^{infl} + c(N-NO_3)^{efl}] / 1000 \quad (\text{kg O}_2/\text{zi}) \quad (5.67)$$

în care,

- Q(c) = Q(u.zi.max), în m³/zi

- c(N-NO₃)^{infl} - este concentrația în azot din azotatul influent în bioreactor, care de regulă, se neglijează;

Cealalți termeni sunt explicitați în cadrul relației (5.31).

În procesul de denitrificare se furnizează procesului (nu se consumă!) cca. 2,9 kg O₂ pentru fiecare kg de azot din azotatul care trebuie denitrificat. Ca urmare, cantitatea de oxigen care se câștigă prin denitrificare este:

$$\overline{CO(D)} = [-2,9 \cdot Q(c) \cdot c(N-NO_3)^D] / 1000 \quad (\text{kg O}_2/\text{zi}) \quad (5.68)$$

În relație s-a pus semnul "-" pentru a se atrage atenția că oxigenul se recuperează prin dinitrificare și nu se consumă. Capacitatea de oxigenare necesară pentru eliminarea carbonului organic și pentru nitrificarea amoniului se poate calcula în ipotezele:

a) când se ține seama de aportul de oxigen din procesul de denitrificare;

b) când se neglijează aportul de oxigen din procesul de denitrificare.

Evident, ipoteza care conferă mai multă siguranță este ipoteza b, pentru care capacitatea necesară este maximă.

Pe de altă parte, trebuie ținut seama atât de variația în decursul zilei a încărcării organice, cât și a încărcării cu azot.

Pentru calculul valorilor orare de vârf ale capacității de oxigenare necesare se introduc termenii f(c) și f(N) reprezentând:

f(c) - factorul de vârf al încărcării organice;

f(N) - factorul de vârf al încărcării cu azot.

Relațiile de calcul pentru determinarea capacității de oxigenare orare necesare sunt:

a) În ipoteza luării în considerare a oxigenului furnizat prin denitrificare:

$$\overline{CO(h.nec)} = \frac{f(c) [CO(C) - CO(D)] + f(N) \cdot CO(N)}{24} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (5.69)$$

b) În ipoteza în care se neglijează aportul de oxigen din procesul de denitrificare.

$$\overline{CO(h.nec)} = \frac{f(c) \cdot CO(C) + f(N) \cdot CO(N)}{24} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (5.70)$$

Factorul de vârf f(c) reprezintă raportul dintre cantitatea de oxigen necesară pentru eliminarea carbonului în 2 ore de vârf și cantitatea de oxigen medie zilnică necesară.

Factorul de vârf f(N) se determină ca raport între încărcarea cu TKN în 2 ore de vârf și încărcarea în TKN medie pe 24 ore.

Deoarece valoarea de vârf a necesarului de oxigen pentru nitrificare se produce înainte de apariția necesarului de vîrf pentru eliminarea carbonului,

calculul capacității de oxigenare orare necesare ($\overline{CO(h.nec)}$) se face în două ipoteze:

▪ Ipoteza 1: f(c) = 1 și o valoare admisă (apreciată) pentru f(N);

▪ Ipoteza 2: f(c) cu o valoare admisă (apreciată) și f(N) = 1;

Dintre cele două ipoteze se va considera cea pentru care se obține

($\overline{CO(h.nec)}$) maxim.

Orientativ, dacă nu sunt disponibile măsurători, valorile admise (apreciate) pentru f(c) și f(N) pot fi considerate ca în tabelul 5.8.

Tabel 5.8

Factor de vârf	Vârsta nămolului T(N) (zile)					
	4	8	10	15	20	25
0	1	2	3	4	5	6
f(c)	1,3	1,25	1,2	1,2	1,15	1,11

f(N) pentru 1200 kg/zi	-	-	-	2,5	2,0	1,5
f(N) pentru > 6000 kg/zi	-	-	2,0	1,8	1,5	-

Capacitatea de oxigenare orară necesară se verifică, în special pentru stațiile de epurare foarte mici, mici și medii cu relația (5.71), caz în care factorii de vârf $f(c) = 1$ și $f(N) = 1$.

$$\overline{CO}(h.nec) = \frac{\overline{CO}(nec)}{\text{delta}} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (5.71)$$

unde,

delta = 15 pentru $Q(u \text{ zi max}) \leq 50 \text{ l/s}$;

delta = 20 pentru $50 \text{ l/s} < Q(u \text{ zi max}) \leq 250 \text{ l/s}$;

delta = 24 pentru $Q(u \text{ zi max}) > 250 \text{ l/s}$;

În calculele de dimensionare se va considera ipoteza pentru care se obține

valoarea maximă pentru $\overline{CO}(h.nec)$ determinată cu una din relațiile (5.69), (5.70) și (5.71).

5.5.8. Raportul $V(D)/V$ necesar pentru definitivarea volumului zonei anoxice ($V(D)$) se determină din relațiile (5.38) și (5.39) în care, în afară de $c(o)$ se cunosc toți termenii.

Parametrul $c(o)$ ($\text{mg O}_2/\text{l}$) reprezintă concentrația în oxigen dizolvat al amestecului lichid din efluentul bioreactorului. În calculele de dimensionare se consideră $c(o) = 2 \text{ mg O}_2/\text{l}$.

Cunoașterea raportului $V(D)/V$ permite determinarea volumului zonei de denitrificare (anoxice), deoarece volumul total al bioreactorului (V) este cunoscut.

Volumul V cuprinde volumul zonei de denitrificare și volumul zonei de nitrificare $V(N)$, astfel încât se poate scrie:

$$V = V(D) + V(N) \quad (\text{m}^3) \quad (5.72)$$

Volumul total V se determină din relațiile (5.57) în care încărcarea organică a nămolului $I(on)$, încărcarea organică a bazinului $I(ob)$, precum și concentrația în MSS a lichidului din bioreactor sunt conform tabelului 5.7.

Volumul zonei de nitrificare și de eliminare a carbonului organic, se determină din relația (5.72):

$$V(N) = V - V(D) \quad (\text{m}^3) \quad (5.73)$$

5.5.9. Determinarea debitului de aer necesar în condiții reale pentru a fi insuflat în apă în scopul asigurării capacității de oxigenare orare necesare, ține seama de temperatura apei uzate, de randamentul transferului de oxigen de la aer la apă, de temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a stației de epurare, de adâncimea de insuflare din bioreactor, de performanțele dispozitivelor de insuflare a aerului în apă, s.a.

Capacitatea de oxigenare orară necesară $\overline{CO}(h.nec)$ ($\text{kg O}_2/\text{h}$) a fost determinată pentru situația reală, când fenomenul se desfășoară în amestecul lichid din bioreactor. În literatura de specialitate străină acest parametru este notat AOR (Actual Oxygen Requirement). Deci,

$$\text{AOR} = \overline{CO}(h.nec) \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (5.74)$$

Legătura dintre capacitatea de oxigenare orară necesară în condiții reale AOR și capacitatea de oxigenare orară necesară în condiții standard sau normale SOR (Standard Oxygen Requirement) este dată de relația:

$$\text{AOR} = \text{SOR} \cdot \frac{\text{THETA}^{(T - 20)} \cdot [\text{alfa} \cdot (\text{beta} \cdot c(\text{SA}) - c(\text{B}))]}{c(\text{S20})^{**}} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (5.75)$$

în care:

THETA = 1,024 - coeficient din relația de tip Arhenius, pentru evidențierea efectului temperaturii asupra transferului de oxigen.

alfa = este un coeficient care ține seama de capacitatea de transfer a oxigenului de la apa curată la apa uzată. El se consideră astfel:

alfa = 0,65 pentru $T = 10^\circ\text{C}$ și

alfa = 0,60 pentru $T = 27^\circ\text{C}$

unde T este temperatura apei uzate.

beta = 0,95 - factor de corecție al transferului de oxigen care ține seama de diferențele de solubilitate a oxigenului în apă datorită salinității acesteia (conținutului de săruri), tensiunii superficiale, ș.a.

T = temperatura apelor uzate care se va considera iarna 10°C și vara, după caz, $25^\circ \dots 27^\circ\text{C}$.

$c(S20)^{A*}$ - este concentrația medie de saturație în apă curată a oxigenului dizolvat la 20°C. Ea este funcție de adâncimea de insuflare a aerului în apă ($H(i)$) și se calculează cu relația:

$$c(S20)^{A*} = c(S20) \cdot (1 + a_0 \cdot H(i)) \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (5.76)$$

în care,

$c(S20)$ = este concentrația de saturație a oxigenului în apa curată, în condiții standard sau normale, în mg O₂/l;
 $H(i)$ = adâncimea de insuflare a aerului, măsurată între suprafața lichidului și fața superioară a dispozitivului de insuflare a aerului în amestecul lichid din bioreactor, în m;

$c(SA)$ = este concentrația medie de saturație a oxigenului dizolvat în apa curată la temperatura de dimensionare T , în mg O₂/l, și la adâncimea de insuflare $H(i)$ determinată cu relația:

$$c(SA) = c(SA)^T \cdot (1 + a_0 \cdot H(i)) \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (5.77)$$

unde,

$c(SA)^T$ - este concentrația de saturație a oxigenului în apa curată la temperatura T (°C), în mg O₂/l.

$c(SA)^T = 11,33$ mg O₂/l la $T = 10^\circ\text{C}$

$c(SA)^T = 9,17$ mg O₂/l, la $T = 20^\circ\text{C}$ (v. tabelul 3.3).

Cunoscându-se $AOR = \overline{CO}(h.nec)$, din relația (5.75) se determină SOR. Calculele se efectuează și pentru perioada de iarnă ($T = 10^\circ\text{C}$) și pentru perioada de vară ($T = 25^\circ\text{--}27^\circ\text{C}$). Pentru dimensionare se alege valoarea SOR maxim rezultată.

Debitul de aer necesar în condiții standard (normale) se determină cu relația:

$$Q(Naer) = \frac{SOR}{SOTE} \cdot \frac{1}{\gamma(aer)} \cdot \frac{1}{c(SO)} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (5.78)$$

în care,

SOTE - este eficiența de transfer a oxigenului în apa curată, în condiții normale (standard), la adâncimea de insuflare $H(i)$, în (%). Ea se determină cu relația:

$$SOTE = \eta_{a1} \cdot H(i) \quad (\%) \quad (5.79)$$

în care,

η_{a1} este eficiența specifică de transfer a oxigenului în apă curată, în condiții normale (standard) pentru 1 m adâncime de insuflare, în (%/m).

Valoarea eficienței specifice este caracteristică fiecărui dispozitiv de insuflare a aerului și este indicată în ofertă de către furnizorul dispozitivului. Orientativ, valoarea acesteia poate fi luată de 5 ... 7%.

$\gamma(aer) = 1,206$ kg/m³ este greutatea specifică a aerului;

$c(SO)$ este conținutul de oxigen dintr-un m³ de aer, în condiții standard. În calcule se poate considera $c(SO) = 0,280$ kg O₂/m³ aer.

Debitul normal de aer se poate determina și cu relația:

$$Q(Naer) = \frac{SOR \cdot 10^3}{c'(o) \cdot H(i)} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (5.80)$$

unde,

$c'(o)$ - este capacitatea specifică de oxigenare a dispozitivului de insuflare a aerului în apă curată, în condiții standard, în g O₂/N m³ aer și m adâncime de insuflare.

Valoarea $c'(o)$ este indicată de furnizorul dispozitivului de insuflare în oferta sa.

Dacă se cunoaște eficiența specifică de transfer η_{a1} , valoarea lui $c'(o)$ se poate determina cu relația:

$$c'(o) = \frac{c(SO)}{100} \cdot \eta_{a1} \quad (\text{g O}_2/\text{N m}^3 \text{ aer, m adâncime de insuflare}) \quad (5.81)$$

în care, $c(SO) = 280$ g O₂/m³ aer.

Debitul de aer real, adică pentru condițiile reale de funcționare a surselor de furnizare a aerului (compresoare, suflante, etc.) se determină în funcție de debitul normal de aer (debitul în condiții standard), cu relația:

$$Q(Raer) = Q(Naer) \cdot \frac{T(R) + 273}{T(N) + 273} \cdot \frac{p(N)}{p(R)} \quad (\text{m}^3 \text{ aer/h}) \quad (5.82)$$

în care,

$T(R) = 30 - 35^\circ\text{C}$ - temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a bioreactorului;

$T(N) = 10^\circ\text{C}$ - temperatura aerului în condiții standard;

$(T + 273)$ - temperatura aerului în grade absolute (Kelvin);

- p(R) - presiunea atmosferică în condiții reale, din zona de amplasare a bioreactoarelor;
- P(N) presiunea atmosferică în condiții standard.

Pentru alegerea surselor de aer, este necesară determinarea debitului real de aer necesar Q(R.aer) (m³ aer/h) și a înălțimii de presiune necesare la flanșă de refulare a sursei de aer. Această înălțime se determină cu relația:

$$H(R) \geq H(i) + h(d)^{(S-D)} + h(l)^D \quad (m \text{ H}_2\text{O}) \quad (5.83)$$

unde,

H(i) = adâncimea de insuflare a aerului în amestecul lichid, în m;

h(d)^(S-D) = pierderea de sarcină distribuită în conducta de alimentare cu aer de la sursă până la cel mai depărtat dispozitiv de insuflare.

h(l)^D = pierderea de sarcină locală în dispozitivul de insuflare a aerului în amestecul lichid din bioreactor.

Orientativ, pentru conducte de transport în care viteza aerului este cuprinsă între 10 ... 20 m/s, pierderea de sarcină distribuită h(d)^D poate lua valori de 0,20 ... 0,60 m.

Pierderea de sarcină locală h(l)^D, este funcție de alcătuirea și modul de funcționare al dispozitivului de insuflare și este indicat de furnizor în prospectele sau ofertele acestuia. Ea variază de regulă, între 0,20 și 0,80 m.

6. ÎNDEPĂRTAREA POLUANȚILOR (COMPUȘILOR) NECONVENȚIONALI ȘI SPECIALI DIN APELE UZATE

6.1. CLASIFICAREA POLUANȚILOR (COMPUȘILOR)

Poluanții existenți în apa uzată pot fi clasificați astfel:

- convenționali
- neconvenționali
- speciali

Termenul "convențional" este folosit pentru a defini poluanții uzuali din apele uzate, măsurați în mg/l și utilizați ca indicatori calitativi de bază pentru proiectarea stațiilor de epurare.

În categoria poluanților convenționali se găsesc următoarele substanțe:

- materii totale în suspensie
- materii solide coloidale
- CBO₅
- CCO
- carbon organic total COT
- ioni de amoniu NH₄⁺ sau amoniac NH₃
- azotați NO₃⁻
- azotiți NO₂⁻
- fosforul
- bacterii
- chisturi de protozoare
- virusuri

Termenul "neconvențional" se aplică tuturor constituenților ce pot fi înlăturați (eliminați) sau reduși folosind procesele de epurare avansată înainte ca apa epurată să fie reutilizată.

În categoria poluanților neconvenționali se găsesc:

- compuși organici volatili
- materii organice refractare
- materii solide totale dizolvate
- detergenți

Termenul "special" este utilizat pentru acele clase de poluanți care sunt măsurați în micro sau nanograme/litru. Acești poluanți nu pot fi reduși în mod eficient, chiar dacă este utilizat un proces de epurare avansată.

Îndepărtarea acestora se realizează atât în procedeul convențional de epurare cât și în cel avansat, însă nivelul de reducere al fiecărui constituent în parte nu e bine definit.

În categoria poluanților speciali se numără:

- unele medicamente
- produse de întreținere a casei
- antibiotice veterinare și umane
- produse industriale
- alte substanțe.

Nivelul de reducere a constituenților din apa uzată prin procedee convenționale și/sau avansate este redat în tabelul 6.1:

Eficiența de îndepărtare (reținere) a poluanților existenți în apa uzată

Tabel nr. 6.1

Componenți	Concentrații brute mg/l	Efluent după treapta primară de epurare		Efluent după treapta secundară de epurare		Efluent după treapta terțiară de epurare	
		concentrație	% reducere	concentrație	% reducere	concentrație	% reducere
0	1	2	3	4	5	6	7

A) Convenționali							
CBO ₅	185	149	19	13	74	4,3	5
MTS	219	131	40	9,8	55	1,3	4
Carbon organic total (COT)	91	72	21	14	64	7,1	8
Reziduu total (RT)	1452	1322	9	1183	10	1090	6
Turbiditate	100	88	12	14	74	0,5	14
Amoniu	22	21	5	9,5	52	9,3	1
Nitrați	0,1	0,1	0	1,4	0	1,7	0
Azot total Kjeldhal (NTK)	31,5	30,6	3	13,9	53	14,2	0
Fosfați	6,1	5,1	16	3,4	28	0,1	54
B) Neconvenționali							
Arsenic	0,0032	0,031	3	0,0025	19	0,0015	30
Cadmiu	0,0006	0,005	17	0,0012	0	0,0001	67
Calciu	74,4	72,2	3	66,7	7	70,1	0
Cloruri	240	232	3	238	0	284	0
Crom	0,003	0,0004	0	0,002	32	0,001	24
Cupru	0,063	0,070	0	0,043	33	0,0009	52
Fier	0,60	0,53	11	0,18	59	0,05	22
Litiu	0,008	0,008	0	0,008	0	0,001	93
Magneziu	38,5	38,1	1	39,3	0	6,4	82
Mangan	0,065	0,062	4	0,039	37	0,002	57
Mercur	0,0003	0,0002	33	0,0001	33	0,0001	0
Nichel	0,007	0,010	0	0,004	33	0,004	11
Seleniu	0,003	0,003	0	0,002	16	0,002	0
Argint	0,002	0,003	0	0,001	75	0,001	0
Sodiu	198	192	3	198	0	211	0
Sulfat	312	283	9	309	0	368	0
Zinc	0,081	0,076	6	0,024	64	0,0002	27

6.2. REDUCEREA COMPUȘILOR ORGANICI VOLATILI (COV)

Se realizează în principal prin procedeul de volatilizare și prin procedeul de stripare a gazului. În continuare este prezentat numai procedeul de stripare a gazului, având în vedere că procedeul de volatilizare este un procedeu mult mai complex și mai costisitor, fără o aplicabilitate la scară largă.

6.2.1. Procedeul de stripare a gazului

Striparea gazului implică transferul masic al gazului din faza lichidă în faza gazoasă. Înlăturarea gazelor din apa uzată cu ajutorul metodei de stripare a gazului este utilizată în special pentru eliminarea amoniului (amoniacului), a gazelor cu miros neplăcut și a compușilor organici volatili (COV).

Factorii importanți care trebuie luați în considerare în procesul de stripare a amoniului (amoniacului) sau a altor gaze cum ar fi dioxidul de carbon (CO₂), oxigenul (O₂), hidrogenul sulfurat (H₂S) și o varietate de compuși organici volatili, sunt:

- caracteristicile compușilor care trebuie stripați;
- tipul de contact între faze;
- natura materialului suport din turnul de stripare.

6.2.2. Caracteristicile compușilor care trebuie stripați și tipul de contact între faze

Eliminarea compușilor organici volatili care trebuie stripați implică contactul lichidului cu gazul. Compușii ce vor fi stripați vor ieși din soluție și vor intra în faza gazoasă pentru a satisface (respecta) echilibrul legii lui Henri. Compuși ca benzenul, toluenul și clorura de vinil, ce au constanta lui Henri mai mare de 500 atm (mol H₂O/mol aer) sunt ușor de stripat; compușii ca amoniacul 0,75 atm (mol H₂O/mol aer) și SO₃ cu 38 atm (mol H₂O/mol aer) sunt stripați parțial, iar compușii cum ar fi acetona și metil-etil cetona care au o constantă a lui Henri mai mică de 0,1 atm (mol H₂O/mol aer) nu sunt stripabili.

Striparea amoniului (amoniacului) din apa uzată necesită ca amoniul să fie prezent sub formă de gaz. Ionii de amoniu din apa uzată sunt în echilibru, așa cum reiese și din ecuația de mai jos:



În practică sunt folosite două metode pentru a obține contactul între faze:

- 1) contact continuu
- 2) contact în trepte

Există 3 tipuri de contact între apa uzată și aerul utilizat ca agent de stripare (v. Fig. 6.1):

- a) contracurent
- b) co-curent
- c) curgere transversală

Cel mai des utilizat este modul co-curent.

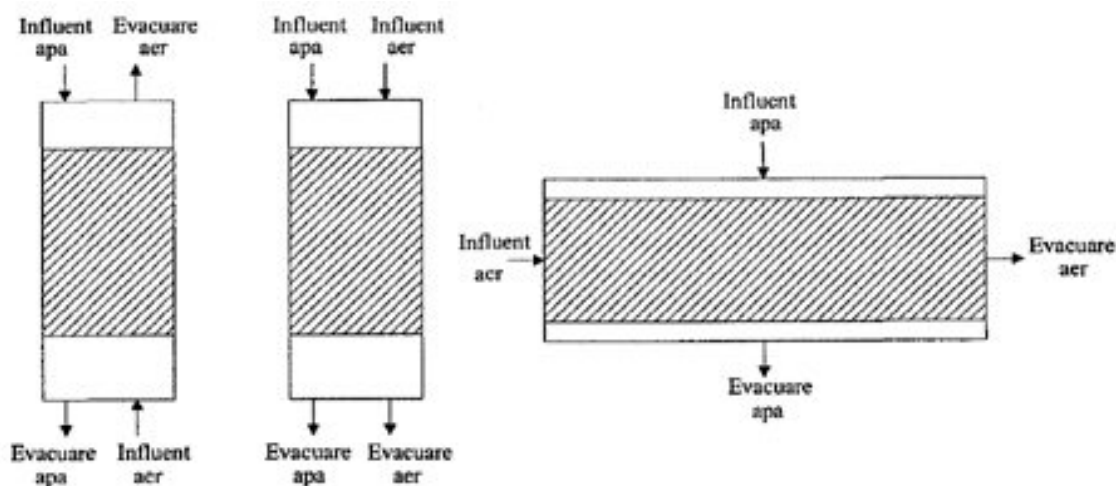


Figura 6.1

Scheme tehnologice de stripare a amoniacului

6.2.3. Principii de proiectare a turnului de stripare

Cea mai simplă formă a turnului de stripare este cea circulară. Turnul este prevăzut cu un radier de susținere a materialului suport, sistem de distribuție a lichidului ce urmează a fi stripat, amplasat deasupra materialului suport și de asemenea, sistem de distribuție a aerului situat pe radierul turnului de stripare.

Procesul de proiectare ține seama de următoarele elemente:

- 1) tipul materialului suport;
- 2) factorul de stripare;
- 3) aria secțiunii transversale a turnului;
- 4) înălțimea turnului de stripare.

Aria secțiunii transversale depinde de presiunea de trecere prin materialul suport.

Pierderea de sarcină prin materialul suport este determinată utilizând relația presiunii de cădere a gazului. Presiunea de cădere este exprimată în (N/m²)/m de adâncime.

6.2.4. Eliminarea compușilor amoniacali din apa uzată

Eficiența eliminării compușilor amoniacali depinde de temperatură, dimensiunile turnului de stripare și de proporția și eficiența contactului aer-apă. În cazul în care procentul de reducere al amoniului din apa uzată nu este satisfăcător, atunci turnul de stripare nu a fost corect proiectat ori este subdimensionat. În acest caz, pentru a îmbunătăți funcționarea este necesară suplimentarea volumului de aer. Schema procesului de stripare poate fi văzută în fig. 6.2.

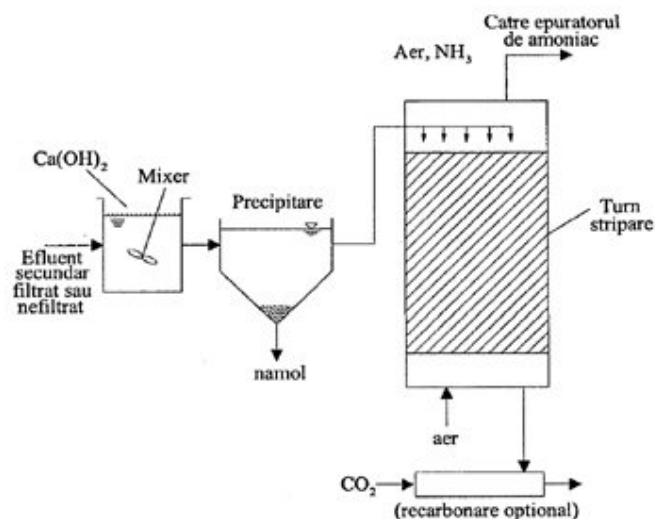


Figura 6.2

Scheme tehnologică de stripare a amoniacului

În cele mai multe cazuri în care are loc striparea amoniacului apar o serie de probleme, precum:

- 1) menținerea valorii pH pentru stripare eficientă;
- 2) CaCO_3 din turnul de stripare și alimentarea cu var;
- 3) performanțele slabe pe timp de vreme rece.

Menținerea pH este o problemă ce poate fi rezolvată prin amplasarea mai multor senzori.

6.3. OXIDAREA CHIMICĂ A COMPUȘILOR ORGANICI NEBIODEGRADABILI

Metoda oxidării chimice este utilizată curent pentru reducerea compușilor organici rezistenți (refractari). Oxidarea chimică în epurarea apei uzate implică folosirea agenților oxidanți cum ar fi: ozonul, hidrogenul peroxidic (H_2O_2), permanganatul (MnO_4), dioxidul de Cl (ClO_2), clorurile (Cl_2) și oxigenul (O_2).

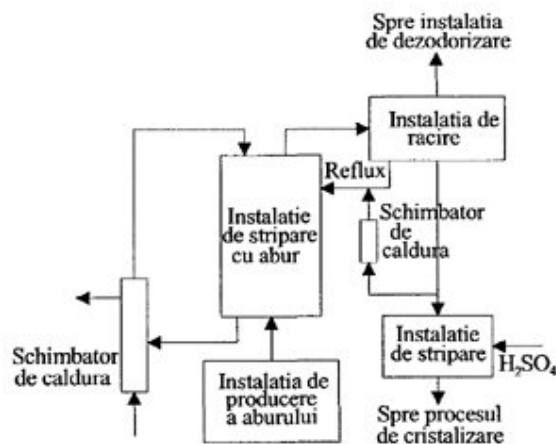


Figura 6.3

Reducerea compușilor organici refractari

Procesul de oxidare avansat este procesul prin care radicalul hidroxid liber este folosit ca oxidant puternic pentru a distruge componenții organici specifici ce nu pot fi oxidați prin procedeul de oxidare convențională.

Principalele metode de oxidare chimică sunt reacțiile de oxido-reducere. Reacțiile de oxido-reducere, cunoscute și sub numele de reacții redox au loc între agenții oxidanți și agenții de reducere, unde ambii electroni sunt schimbați.

Dozajul chimic pentru cloruri și ozon în cazul procedeului de oxidare a compușilor organici în apa uzată este redat în tabelul 6.2:

Reactivi chimici	Aplicare	Doza (kg/kg distrus)	
		Domeniul de variație	Valoare medie
Cloruri	Reducerea CBO ₅		
	Apă uzată decantată	0,5-2,5	1,75
	Efluent provenit de la treapta secundară	1,0-3,0	2,0
Ozon	Reducere CCO		
	Apă uzată decantată	2,0-4,0	3,0
	Efluent provenit de la treapta secundară	3,0-8,0	6,0

Așa cum poate fi observat dozajul crește odată cu creșterea nivelului de epurare, ceea ce este logic deoarece compușii organici care rămân după treapta de epurare biologică au o greutate molară scăzută (mică). Datorită complexității asociate cu compoziția apei uzate, dozajul chimic pentru eliminarea compușilor organici refractari nu poate fi determinat din stoechiometria chimică.

6.4. ELIMINAREA PE CALE CHIMICĂ A COMPUȘILOR ORGANICI REFRACTARI ȘI TOXICI

Majoritatea compușilor organici din apa uzată și câțiva proveniți din apa uzată industrială sunt de origine naturală și pot fi degradați cu ajutorul bacteriilor obișnuite prin procese de epurare aerobe sau anaerobe. Totuși, există peste 70.000 de compuși organici sintetici de natură chimică denumiți compuși xenobiotici. Din nefericire, unii dintre acești compuși ridică probleme unice datorită rezistenței acestora la procesul de biodegradare și datorită toxicității asupra mediului înconjurător și a sănătății umane. Compușii de natură organică ce sunt greu de tratat prin procedee convenționale de epurare sunt denumiți compuși refractari. Mai mult, aceștia există în produsele petroliere. Parte din acești compuși sunt indicați în tabelul 6.3.

Tabel nr. 6.3

Tipul de deșeu	Tipul de compuși organici
0	1
Petrol	Alcani, alchene, hidrocarburi poliaromatice, hidrocarburi aromatice monociclice - benzen, toluen, etilbenzen, xilen.
Solvenți nanohalogenati	Alcoolii, cetone, eteri, esterii, hidrocarburi aromatice și alifatiche, glicoli, amine.
Solvenți halogenati	Cloroform
Pesticide (insecticide, ierbicide)	Compușii organo fosfatici, fenil eterii, fenolii clorurați
Muniții și explozivi	Substanțele nitroaromatice, trinitrotoluen, nitroaminele,
Intermediari industriali	Diferiți eteri, benzeni, fenoli, clorbenzeni, clorfenoli, xileni.
Ulei de transformator și fluide hidraulice	Fenil benzeni policlorurați
Produse de producție	Dioxina, rășini furanice

6.5. REDUCEREA METALELOR GRELE

Îndepărtarea din apă a metalelor grele se realizează prin mai multe metode, dintre care se indică mai jos cele mai utilizate:

- precipitare chimică
- adsorbție pe cărbune activ
- schimb de ioni
- osmoză inversă.

6.5.1. Precipitarea chimică

Majoritatea metalelor pot fi precipitate cu ajutorul hidroxizilor și sulfurilor. Metalele sunt precipitate cel mai uzual ca hidroxizi de metal prin adăugare de var. Metalele mai pot fi precipitate și ca sulfuri. În practică, concentrația minimă de

metal obținută poate depinde de natura și concentrația materiilor organice din apa uzată precum și de temperatura acesteia.

6.5.2. Adsorbție pe cărbune activ

Adsorbția pe cărbune activ este folosită în principal pentru reducerea compușilor organici refractari dar și a unor poluanți anorganici cum ar fi: azotul, sulfurile și metalele grele. Se folosește atât cărbunele sub formă de pulbere cât și cel sub formă de cărbune activ granular. Epurarea cu ajutorul cărbunelui activ granular constă în trecerea lichidului ce trebuie epurat prin straturile de cărbune activ prevăzute în reactor (câteodată este numit contactor). Sunt folosite mai multe astfel de straturi, funcționând în serie sau în paralel, după cum se poate observa în fig. 6.4.

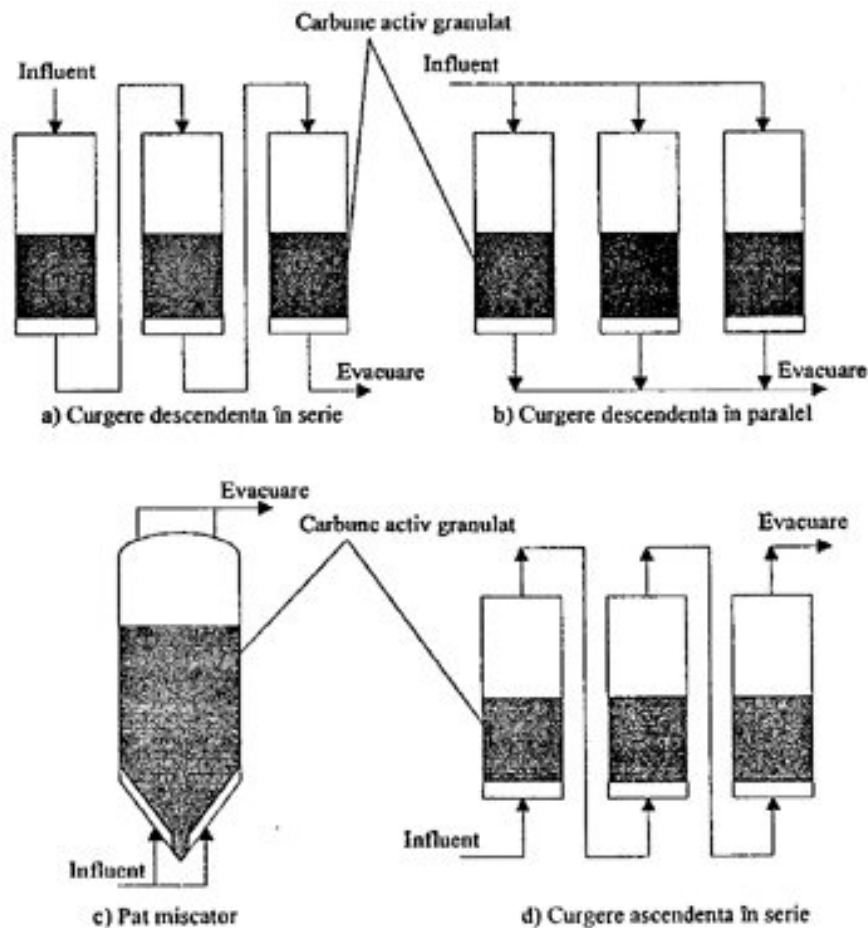


Figura 6.4

Folosirea cărbunelui activ în epurarea apelor uzate cu conținut de compuși organici refractari

1. Straturi fixe - acestea pot funcționa în serie sau în paralel. Mediul filtrant granular (filtru rapid cu strat de nisip) este utilizat în amonte de reactorul cu cărbune activ pentru a reduce materiile organice asociate cu materiile totale în suspensie prezente în efluentul secundar. Apa este introdusă în partea superioară a coloanei și evacuată prin partea inferioară (de pe radierul coloanei).

2. Straturi în suspensie (expandate) - în acest sistem, influentul este introdus pe la partea inferioară (pe radier) și cărbunele activ este pus în suspensie, așa cum se expandează straturile filtrante în timpul spălării inverse. Când capacitatea de adsorbție a cărbunelui de la partea inferioară a coloanei este epuizată, acesta se înlocuiește cu cărbune proaspăt pe la partea superioară a coloanei. În prezent acest sistem nu mai este așa de utilizat.

6.5.3. Epurarea cu pulbere de cărbune

Acest sistem este aplicat pentru efluentul provenit de la procesele de epurare biologică. În acest caz, pulberea de cărbune activ este adăugată în efluentul bioreactoarelor (bazinelor cu nămol activat). După o anumită perioadă de timp de contact, acesta sedimentează pe radierul decantoarelor secundare și apa limpezită este evacuată din bazine spre emisar sau spre reutilizare. Deoarece pulberea de carbon este foarte fină, se poate adăuga coagulant, cum ar fi polielectrolit, pentru a elimina particulele de carbon sau este necesară filtrarea printr-un filtru de nisip rapid. Adăugarea pulberii de cărbune direct în bazinul de aerare s-a dovedit a fi eficientă pentru reducerea unei cantități de materii

organice refractare. În cazul procesului de epurare fizico-chimic, pulberea de cărbune este folosită în combinație cu reactivii chimici folosiți pentru procesul de precipitare.

6.5.4. Schimb de ioni

Schimbul de ioni este procesul în care ionii speciilor existente sunt dizlocați din materialul filtrant insolubil (masă granulară schimbătoare de ioni) de către ionii diferitelor specii din soluții. Acest proces este cunoscut în tratarea apei potabile unde ionii de sodiu sau de hidrogen din rășinile catodice înlocuiesc ionii de Ca și Mg din apa de tratat, reducând astfel duritatea apei.

Schimbul de ioni este folosit în cazurile în care este necesară îndepărtarea (eliminarea) azotului, metalelor grele și a materiilor dizolvate. Procesul poate fi aplicat în 2 moduri: în procedeul cu dozare (amestec, încărcare) sau în procedeul continuu.

În procedeul cu dozare, rășina este amestecată (agitată) cu apa ce trebuie tratată (epurată) în reactor până când reacția este completă. Rășina este înlăturată prin sedimentare și ulterior este regenerată și reutilizată.

În procedeul continuu, materialul granular schimbător de ioni este așezat în straturi filtrante sau în coloane tip pachet și apa care trebuie epurată trece prin acest filtru. În acest procedeu, apa uzată este introdusă sub presiune prin vârful coloanei (la capătul superior al coloanei), trece prin stratul de rășini și este evacuată pe la partea inferioară a coloanei. Când capacitatea rășinei este epuizată, coloana este curățată cu ajutorul spălării inverse, pentru a o regenera.

Materialele granulate schimbătoare de ioni folosite sunt zeoliți pentru dedurizarea apei și aluminosilicați sintetici. Cele mai des utilizate materiale pentru schimbul de ioni sunt rășinile sau polimerii pe bază de fenoli.

Sunt folosite 5 tipuri de rășini:

- 1) cationice acide puternice;
- 2) cationice acide slabe;
- 3) baze anionice puternice;
- 4) baze anionice slabe;
- 5) rășini selective din metale grele.

Rășinile sintetice sunt realizate prin procese de copolimerizare.

Înlăturarea metalelor grele poate fi necesară ca o preepurare înainte de evacuarea în sistemul public de canalizare.

Datorită potențialului chimic ridicat acumulat și de toxicitatea acestor metale, este absolut necesar a înlătura metalele grele din efluentul de apă epurată înainte ca aceasta să fie descărcată în mediu. O concentrație mare de metale poate fi găsită în industrie (procesarea metalelor, industria electronică pentru producerea semiconducătorilor, industria farmaceutică, laboratoare, service-uri și tratarea leigatului provenit de la gropile de gunoi, etc.).

Materiale folosite: zeolit, rășini cationice și anionice puternice și slabe și alte materiale din această categorie.

Procesul de eliminare a metalelor grele prin schimbători de ioni este foarte dependent de pH, care are un impact major asupra diferitelor tipuri de metale.

6.5.5. Procedeul cu osmoză inversă (OI)

Când două soluții având diferite concentrații ale substanțelor dizolvate sunt separate prin membrane semipermeabile, va exista diferența de potențial chimic de-a lungul (transversal) membranei.

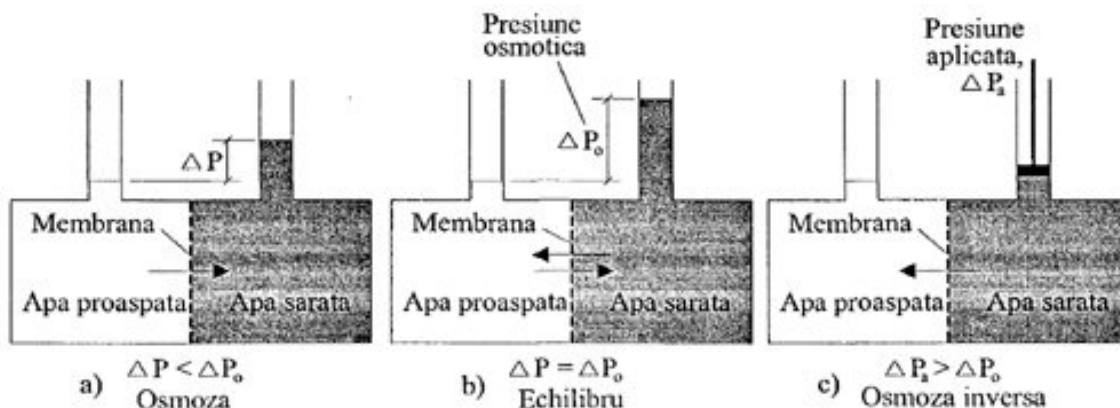


Figura 6.5

Prezentare schematică a fenomenului de osmoză inversă

Apa va migra prin membrane dinspre partea cu concentrații scăzute către partea cu concentrații ridicate. Într-un sistem având un volum finit, trecerea prin membrană are loc până la egalizarea diferențelor de presiune. Această diferență de presiune este denumită presiune osmotică și depinde de caracteristicile substanței dizolvate, de concentrație și de temperatură.

În general, procedeul de osmoză inversă este utilizat pentru desalinizare. În epurarea apei uzate, osmoza inversă (OI) este folosită pentru reducerea compușilor dizolvați din apa uzată rămași după epurarea avansată prin filtrare sau microfiltrare.

Membranele elimină ionii, dar necesită presiuni ridicate pentru a produce apă neionizată.

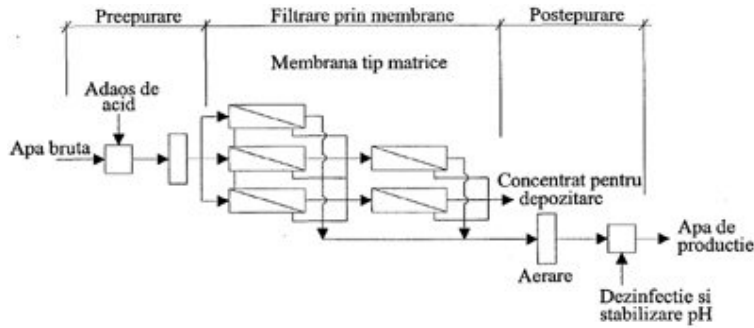


Figura 6.6

Schemă de epurare folosind filtrul cu membrană

6.5.6. Preepurarea folosind fenomenul de osmoză inversă

Membranele din unitățile osmozei inverse pot fi colmatate de către materiile coloidale și de diverși compuși de pe conducta de alimentare. Se pot adopta următoarele variante:

1. Este necesară preepurarea efluentului provenit de la treapta de epurare secundară prin limpezire chimică sau filtrare prin strat multimedia sau prin filtrare multimedia + ultrafiltrare pentru a reduce materiile coloidale.
2. Pentru a reduce materiile reziduale în suspensie au fost utilizate filtre cu cartușe având dimensiunile porilor de 5 până la 10 μm .
3. Pentru a limita activitatea bacteriană poate fi necesară dezinfectarea apei de alimentare folosind clor, ozon sau raze ultraviolete (UV).
4. Eliminarea aerului este necesară pentru a preveni oxidarea fierului și a manganului.
5. Funcție de tipul membranei, poate fi necesară eliminarea clorurilor, cu bisulfat de sodiu și ozon.

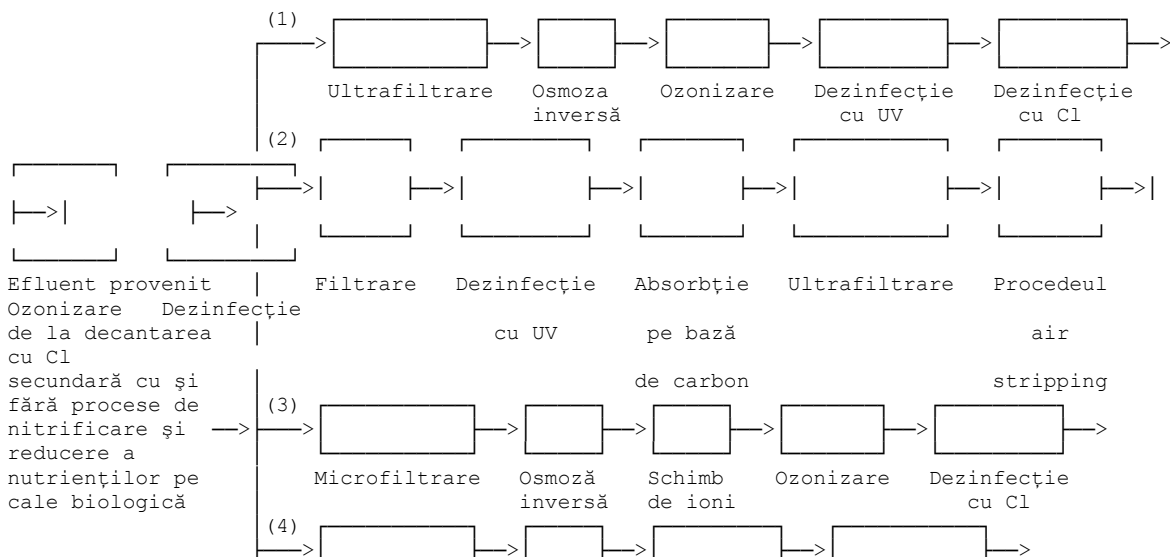
Avantajele și dezavantajele osmozei inverse

Avantaje:

- poate înlătura compușii dizolvați;
- poate dezinfecta apa epurată;
- poate înlătura nitrozo-dimetil-aminele (NDMA) și alți compuși organici;
- poate înlătura materiile organice naturale și materiile anorganice.

Dezavantaje:

- are eficiență bună numai în apa subterană sau în apă uzată preepurată corespunzător;
- necesită costuri ridicate pentru monitorizare;
- poate necesita un sistem de depozitare și tratare a deșeurilor/reziduurilor;
- este un procedeu costisitor în comparație cu epurarea convențională.



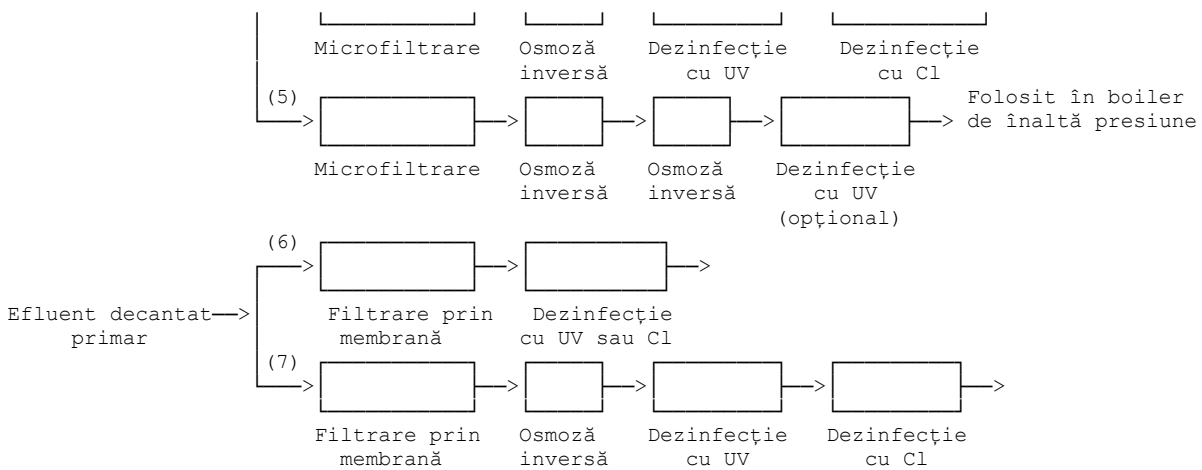


Figura 6.7
Posibilități de introducere a instalațiilor de osmoză inversă în scheme tehnologice de epurare

6.6. REDUCEREA COMPUȘILOR ORGANICI DIZOLVAȚI

Pot fi folosite multe metode de epurare pentru eliminarea compușilor organici dizolvați. Sunt cunoscute următoarele metode de reducere a acestora:

- adsorbția pe cărbune activ
- procedeul de osmoză inversă
- precipitarea chimică
- oxidarea chimică
- oxidarea chimică avansată
- electrodializa
- distilarea

6.6.1. Precipitarea chimică

Precipitarea chimică se folosește în special pentru eliminarea fosforului din apa uzată. Acesta poate fi încorporat în materialul celular (cum ar fi microorganismele) sau în precipitatele chimice. Precipitarea chimică poate fi realizată în următoarele procedee:

- pre-precipitare
- co-precipitare
- post-precipitare

Pre-precipitarea constă în adăugarea reactivilor chimici în apa uzată brută pentru precipitarea fosforului în decantorul primar. Fosforul este eliminat odată cu nămolul primar.

Co-precipitarea constă în adăugarea reactivilor chimici în etapa de floclare-precipitare, prin care fosforul este eliminat cu nămolul biologic. Reactivii chimici pot fi adăugați în:

- efluentul decantoarelor primare,
- amestecul din bazinul cu nămol activat (bazinului de aerare),
- efluentul bazinului de aerare.

Procesul de post-precipitare implică adăugarea reactivilor chimici în efluentul decantorului secundar. În acest proces, precipitatele chimice sunt eliminate în decantoare separate amplasate în avalul decantoarelor secundare sau în filtrele efluentului final.

6.6.2. Electrodializa

În procesul de electrodializă, compușii ionici ai soluției sunt separați prin utilizarea unor membrane semi-permeabile de ioni selectivi. Procesul de electrodializă poate funcționa atât continuu cât și intermitent (prin dozare). Unitățile pot fi aranjate în paralel (pentru a furniza capacitatea hidraulică necesară) sau în serie. Schema procesului pentru electrodializă este redată în fig. 6.8.

Pentru spălarea continuă a membranelor este necesar un volum de apă de aproximativ 10% din volumul total de alimentare.

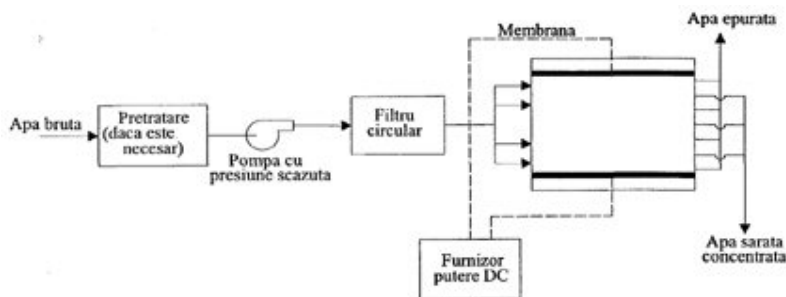


Figura 6.8

Schematizarea procesului de electrodializă

6.6.3. Distilarea

Distilarea este procesul prin care compuşii soluţiei sunt separaţi prin procedeul de evaporare şi condensare. Datorită faptului că distilarea este un proces scump, folosirea acestuia este în general limitată. Acest proces poate fi folosit în următoarele situaţii:

- grad ridicat de epurare necesar;
- substanţele poluante nu pot fi reduse prin alte metode;
- temperaturi scăzute.

Folosirea procesului de distilare pentru reutilizarea apei este un concept relativ nou. În ultimii 20 de ani s-au experimentat o multitudine de instalaţii pentru realizarea procesului de distilare.

Astfel, procesul de distilare constă în:

- fierbere cu tub submersat
- fierbere cu evaporator cu tub lung vertical
- evaporare cu jet
- circulaţia forţelor cu comprimarea vaporilor
- evaporare solară
- evaporare la suprafaţa de rotaţie
- evaporare de pe suprafeţe perforate
- proces de reîncălzire pe bază de vapori
- transfer de căldură direct folosind lichid nemiscibil

Pentru reutilizarea apei cele mai folosite procese sunt:

- Evaporare cu jet multietajată
- Evaporare cu jet
- Evaporare multiefect

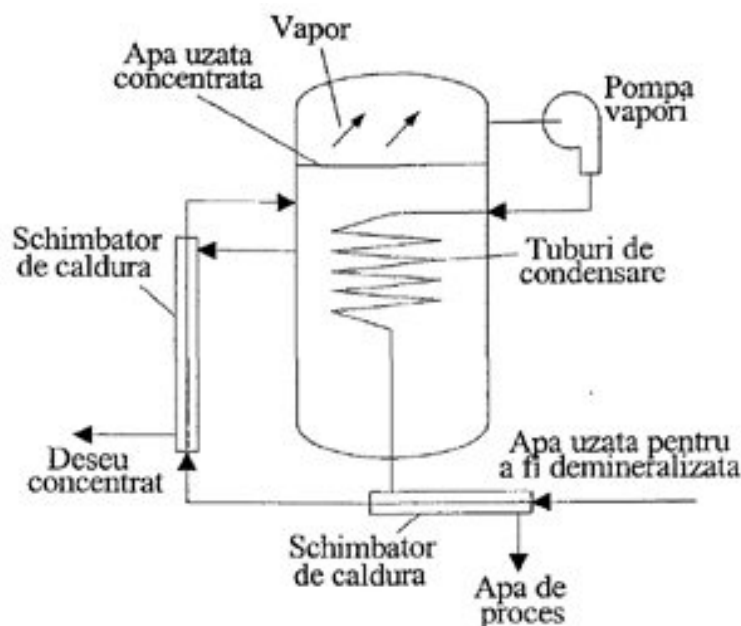


Figura 6.9

Schema procesului de distilare în mai multe trepte cu evaporare rapidă

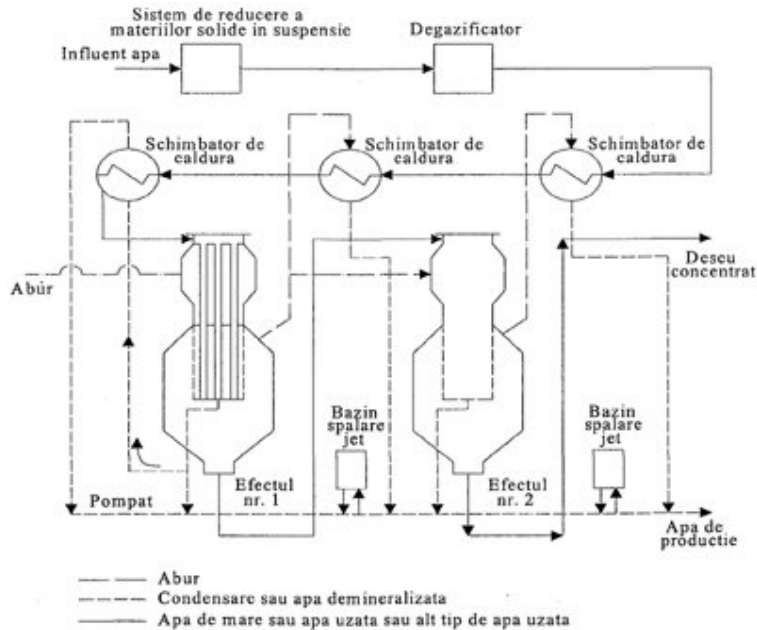


Figura 6.10

Schema procesului de distilare multiplă cu comprimarea vaporilor

6.7. REDUCEREA COMPUȘILOR ANORGANICI DIZOLVAȚI

Reducerea constituenților anorganici dizolvați este realizată prin diverse procese chimice sau prin ultrafiltrare.

Principalele procese aplicate sunt:

- precipitarea chimică;
- schimbul de ioni;
- ultrafiltrarea;
- microfiltrarea;
- procedeul cu osmoză inversă;
- electrodializa;
- distilarea.

6.7.1. Ultrafiltrarea (UF)

Membranele pentru ultrafiltrare sunt folosite în aceleași aplicații ca și cele pentru macrofiltrare. Unele din membranele UF care au dimensiunile porilor mici pot fi utilizate și pentru reducerea compușilor dizolvați cu greutate molară mare, cum ar fi proteinele și carbohidrații. Aceste membrane nu reduc însă sarea și zahărul. Ultrafiltrarea este folosită în general în industrie pentru realizarea procesului de epurare de înaltă puritate.

6.7.2. Microfiltrarea

Membranele pentru microfiltrare sunt cele mai răspândite pe piață și au prețul cel mai scăzut. Sunt executate în special din polipropilenă, acrilonitril, nylon și politetrafluoretilenă. Acest tip de membrane sunt folosite ca o metodă alternativă a filtrării de înaltă eficiență din procesele de epurare avansată și au scopul de a reduce turbiditatea, materiile solide reziduale și de a elimina bacteriile. Microfiltrarea este utilizată și ca etapă de preepurare pentru procedeul de osmoză inversă.

6.7.3. Avantaje și dezavantaje ale proceselor de microfiltrare și ultrafiltrare

Avantaje:

- pot reduce cantitatea reactivilor chimici folosiți pentru epurare;
- necesită spații mici (echipamentele membranelor necesită spații cu până la 50-80% mai mici decât stațiile de epurare convenționale);
- proiectarea noilor membrane permit folosirea unei presiuni mai scăzute, costul sistemului de filtrare poate fi comparat cu cel al stațiilor de epurare convenționale;
- înlătură protozoarele, chisturile și pot înlătura cantități importante de bacterii și virusuri.

Dezavantaje:

- folosesc o cantitate mai mare de energie;
- pot necesita pretratări (preepurări) pentru a preveni colmatarea;
- pot necesita depozitarea reziduurilor;
- necesită înlocuirea membranelor o dată la 3-5 ani;

- costuri ridicate pentru monitorizarea performanțelor.

Tehnologiile, metodele și procedeele prezentate succint în acest capitol sunt caracteristice epurării apelor uzate industriale și situațiilor în care se dorește obținerea unei purități ridicate pentru efluentul epurat, cum ar fi reutilizarea apei în diferite scopuri, sau impunerea unor indicatori de calitate deosebit de severi de către condițiile speciale de mediu.

7. DECANTOARE SECUNDARE

7.1. ELEMENTE GENERALE

7.1.1. Decantoarele secundare din schema tehnologică a stațiilor de epurare mecano-biologice cu rol de eliminare a substanțelor organice biodegradabile (substratul pe bază de carbon organic), au fost tratate detaliat în NP 088-03, Cap. 5.11 (pag. 345-375) publicat în Buletinul Construcțiilor, vol. 4-5, din iunie 2004.

7.1.2. În prezentul normativ, vor fi evidențiate unele aspecte specifice decantoarelor secundare din schemele de epurare mecano-biologică avansată, prin care se elimină azotul și fosforul din apele uzate orășenești.

7.2. AMPLASAMENTUL ȘI ROLUL DECANTOARELOR SECUNDARE

7.2.1. Decantoarele secundare sunt amplasate în avalul bioreactoarelor (sau al bazinelor cu nămol activat) și au rolul de a reține biomasa generată în bioreactor și de a asigura:

- limpezirea apei înainte de evacuarea în receptorii naturali;
- evacuarea continuă sau periodică a biomasei reținută pe radierul decantoarelor sub formă de nămol activat (sau nămol biologic);
- recircularea nămolului activat în bioreactor, în conformitate cu cerințele procesului de epurare;
- evacuarea (îndepărtarea) și dirijarea nămolului în exces spre treapta de prelucrare a nămolului.

7.2.2. Debitul de calcul al decantoarelor secundare este debitul zilnic maxim de ape uzate influent pe timp uscat:

$$Q(c) = Q(u_{zi\ max}) \quad (m^3/zi) \quad (7.1)$$

7.2.3. Debitul de verificare al decantoarelor secundare este:

$$Q(v) = Q(u_{or\ max}) + Q(re\ max) \quad (m^3/h) \quad (7.2)$$

în care,

- $Q(re\ max) = r(e\ max) \cdot Q(c)$ (m^3/h) - este debitul maxim de recirculare externă (nămol activat de recirculare, din decantorul secundar în zona aerobă a bioreactorului);
- $r(e\ max) = 100\% = 1,0$ - este coeficientul de recirculare externă maxim;
- $Q(u_{or\ max})$ (m^3/h) - este debitul maxim de ape uzate influent în treapta biologică pe timp uscat sau pe timp de ploaie.

Debitul maxim influent în treapta biologică este limitat la $Q(u_{or\ max})$, deoarece:

- la localitățile canalizate în procedeul divizor $Q(u_{or\ max})$ este debitul maxim care se poate realiza în rețeaua de canalizare;
- la localitățile canalizate în procedeul unitar sau mixt, între treptele de epurare mecanică și biologică este prevăzut un deversor care limitează valoarea debitului maxim admis în treapta biologică pe timp de ploaie, la $Q(u_{or\ max})$.

7.2.4. Pentru dimensionarea decantoarelor secundare, este necesară cunoașterea următorilor parametri:

- debitul de calcul: $Q(c) = Q(u_{zi\ max})$;
- debitul de verificare: $Q(v) = Q(u_{or\ max}) + Q(re\ max)$;
- coeficientul de recirculare externă maxim: $r(e\ max) = 100\% = 1,0$;
- indicele volumetric al nămolului: $I(VN)$ (cm^3/g);
- concentrația materiilor solide din influentul decantoarelor secundare $c(ss\ inf\ 1)$ care se poate considera egală cu concentrația materiilor solide din bioreactor, $c(na)$ (kg/m^3);
- încărcările superficiale la debitul de calcul $u(sc)$ și la cel de verificare $u(sv)$ (în $m^3/m^2, h$);
- timpii de decantare corespunzători debitului de calcul ($t(dc)$) și debitului de verificare ($t(dv)$);

7.2.5. Prin proiectarea decantoarelor secundare se urmărește determinarea următoarelor elemente:

- numărul, forma și dimensiunile unităților de decantare secundară;
- durata de decantare la debitele de calcul și de verificare;
- timpul de staționare admisibil a nămolului în decantor;
- timpul de îngroșare (de tasare);
- debitul de recirculare externă și controlul său;
- tipul și modul de funcționare a dispozitivelor de raclare și de evacuare a nămolului;
- modul de admisie a apei uzate și de evacuare a apei limpezite.

7.2.6. La dimensionare, se va ține seama de următoarele recomandări:

- diametrul sau lungimea unei unități de decantare să nu depășească 60,0 m;
- lățimea unui compartiment de decantor orizontal longitudinal să nu depășească 10,0 m;
- indicele volumetric al nămolului $I(VN)$, denumit și indexul lui Mohlmann să se încadreze în limitele $75\ cm^3/g \dots 150\ cm^3/g$;
- "sedimentul" sau indicele comparativ al nămolului $I(SN)$ să nu depășească 600 ml/l;
- concentrația materiilor solide în suspensie din influentul decantoarelor secundare $c(ss\ inf\ 1) = c(na) > 1,0\ kg/m^3$;
- pentru încărcările hidraulice superficiale $u(sc)$ și $u(sv)$, duratele de decantare ($t(dc)$ și $t(dv)$) și încărcările superficiale cu materii solide în suspensie $I(SS)^c$ și $I(SS)^v$ la debitele de calcul și de verificare, precum și pentru adâncimea utilă a apei în decantor, se recomandă a se respecta valorile indicate în tabelul 7-1;

• încărcarea volumetrică superficială cu nămol la debitul maxim $I(VS)^v$ se recomandă să respecte relația:

$$I(VS)^v = I(SS)^v \cdot I(VN) \leq 450 \dots 500 \text{ l/m}^2, \text{ h};$$

7.2.7. Calculul suprafeței orizontale necesare a unităților de decantare se face respectându-se încărcările hidraulice superficiale și încărcările superficiale cu materii solide în suspensie, atât la debitul de calcul, cât și la cel de verificare.

7.2.8. Coeficientul de recirculare externă a nămolului activat din decantoarele secundare spre bioreactoare, se determină cu relația:

$$r(e) = \frac{c(na)}{c(nr) - c(na)} \cdot 100 \quad (\%) \quad (7.3)$$

Tabel 7-1

Nr. crt.	Tipul epurării	Încărcarea superficială (m ³ /m ² , h)		Încărcarea superficială cu materii solide în suspensie (kg/m ² , zi)		Timp de decantare (h)		Adâncimea utilă (m)
		La debitul de calcul u(sc)	La debitul de verificare u(sv)	La debitul de calcul I(SS)^c	La debitul de verificare I(SS)^v	La debitul de calcul t(d)^c	La debitul de verificare t(d)^v	
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Sedimentare precedată de epurare biologică cu nămol activat-insuflare de aer (exclusiv aerare prelungită)	0,7-1,2	max 2,2	90-140	235	3,5-4,0	min 2	3,60
2	Sedimentare precedată de epurare biologică cu nămol activat-insuflare de oxigen	0,7-1,4	1,70-2,00	117-164	235			3,60
3	Sedimentare precedată de epurare biologică cu nămol activat cu aerare prelungită	0,35-0,7	max 1,4	23-117	164	3,0-4,0	min 2	3,60
4	Sedimentare precedată de epurare biologică cu filtre percolatoare	0,70-1,50	max 2,7	70-117	190	1,5-2,5	min 1,0	3,00-4,60
5	Sedimentare precedată de epurare biologică cu contactori biologici rotativi (filtre biologice cu discuri):							
	- pentru epurare convențională	0,7-1,4	1,70-2,00	90-140	235			3,00-4,60
	- pentru epurare cu nitrificare	0,7-1,0	1,40-1,70	70-117	190			3,00-4,60

unde,

- $c(na)$ - concentrația în MSS (materii solide în suspensie) din bioreactor, în kg/m³;
- $c(nr)$ - concentrația în MSS a nămolului de recirculare prelevat din decantoarele secundare, în kg/m³.

7.2.9. Concentrația în MSS a nămolului de recirculare $c(nr)$ se calculează cu relația:

$$c(nr) = f(R) \cdot c(nds) \quad (\text{kg/m}^3) \quad (7.4)$$

unde,

- $f(R)$ - factor de reducere, cu valori care depind de tipul sistemului de raclare și anume:
- $f(R)$ aproximativ = 0,7 - pentru decantoarele dotate cu pod raclor cu sucțiune;
- $f(R)$ aproximativ = 0,5-0,7 - pentru decantoarele la care podul realizează raclarea mecanică a nămolului spre o bașe centrală;

• $c(nds)$ - concentrația în MSS a nămolului depus pe radierul decantorului secundar, în kg/m^3 ;

7.2.10. Valoarea concentrației $c(nds)$ se determină din relația:

$$c(nds) = \frac{1000}{I(VN)} \cdot \sqrt[3]{t(i)} \quad (kg/m^3) \quad (7.5)$$

în care,

• $I(VN)$ - este indicele volumetric al nămolului (indexul lui Mohlmann), în cm^3/g ; valori recomandate, în special pentru soluția cu stabilizarea aerobă a nămolului, 75 ... 150 cm^3/g ;

• $t(i)$ - timpul de îngroșare (concentrare) a nămolului din decantorul secundar, cu valori recomandate funcție de tipul epurării, astfel:

- 1,5-2,0 h pentru epurare fără nitrificare;
- 1,0-1,5 h pentru epurare cu nitrificare;
- 2,0-(2,5) h pentru epurare cu nitrificare și denitrificare.

Se recomandă ca valoarea $t(i)$ să nu depășească totuși 2,0 h, deoarece prin declanșarea procesului de denitrificare bulele de azot generate produc un flux ascendent care se opune procesului de sedimentare și conduce în același timp la flotarea nămolului spre suprafața decantorului.

Sistemul de evacuare a nămolului trebuie dimensionat astfel încât timpul de îngroșare $t(i)$ să nu fie depășit.

7.2.11. Încărcarea volumetrică superficială cu nămol a decantoarelor secundare la debitul maxim, se calculează cu relația:

$$I(VS)^v = u(sv) \cdot c(na) \cdot I(VN) = I(SS)^v \cdot I(VN) \quad (l/m^2, h) \quad (7.6)$$

în care, $u(sv)$, $c(na)$, $I(SS)^v$ și $I(VN)$ au fost definiți anterior. Se recomandă ca:

$$I(VS)^v \leq 450 \dots 500 \quad l/m^2, h$$

7.2.12. Încărcarea hidraulică superficială maximă (la debitul de verificare $Q(v)$), este:

$$u(s) = \frac{Q(v)}{A(o)} \quad (m^3/m^2, h) \quad (7.7)$$

în care $A(o)$ (m^2) este suprafața orizontală totală a decantoarelor secundare.

7.2.13. Încărcarea superficială maximă cu materii solide în suspensie, este:

$$I(SS)^v = \frac{[Q(c) + Q(re\ max)] \cdot c(na)}{A(o)} \quad (kg\ s.u/m^2, zi) \quad (7.8)$$

7.2.14. Calculul adâncimii decantorului

Adâncimea totală necesară a unității de decantare este:

$$H = h(s) + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (m) \quad (7.9)$$

în care,

$h(s) = 0,30 - 0,50$ m - este adâncimea zonei de siguranță (garda hidraulică);

h_1 - este adâncimea zonei de apă limpezită care, din considerente de siguranță se consideră de 0,50 m;

h_2 - este adâncimea zonei de separare (de sedimentare), calculată cu relația:

$$h_2 = \frac{500 \cdot u(sc) \cdot (1 + r(e))}{1000 - I(VN) \cdot c(na)} \quad (m) \quad (7.10)$$

h_3 - este adâncimea zonei de înmagazinare stocare a nămolului, care se poate determina cu relația:

$$h_3 = \frac{0,45 \cdot I(VS) \cdot (1 + r(e))}{500} \quad (m) \quad (7.11)$$

h_4 - este adâncimea zonei de îngroșare (concentrare), calculată cu relația:

$$h_4 = \frac{c(na) \cdot u(sc) \cdot (1 + r(e)) \cdot t(i)}{c(nds)} \quad (m) \quad (7.12)$$

7.2.15. Concentrația în materii solide în suspensie din efluentul decantoarelor secundare, se calculează cu relația:

$$c(ss\ efl) = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot (u(vs))^2 \quad (mg/l) \quad (7.13)$$

unde,

• $u(vs)$ - este încărcarea volumetrică specifică, calculată cu relația următoare:

$$u(vs) = \frac{I(VS) \cdot (1 + r(e))}{h(m)} \quad (l/m^3, h) \quad (7.14)$$

în care,

- $I(VS)$ și $r(e)$ au fost definiți anterior;

- $h(m)$ - adâncimea medie a apei în decantor.

Valoarea rezultată pentru $c(ss\ efl)$ trebuie să respecte condiția:

$$c(ss\ efl) \leq c(uz)^{adm} \quad (mg/l) \quad (7.15)$$

Alte recomandări tehnologice legate de admisia și evacuarea apei în și din decantorul secundar, sunt cuprinse în Cap. 5.11 din NP 088-03.

ANEXA Nr. 1

LISTA DOCUMENTELOR NORMATIVE DE REFERINȚĂ

Nr. crt.	Indicativul documentației	Titlul documentației
0	1	2
1	STAS 1846-90	Canalizări exterioare. Determinarea debitelor de apă de canalizare. Prescripții de proiectare.
2	STAS 3051-91	Sisteme de canalizare. Canale ale rețelelor exterioare de canalizare. Prescripții fundamentale de proiectare.
3	STAS 4068/2-87	Debite și volume maxime de apă. Probabilitățile anuale ale debitelor și volumelor maxime în condiții normale și speciale de exploatare.
4	STAS 10898-85	Alimentări cu apă și canalizări. Terminologie.
5	STAS 1481-86	Canalizări. Rețele exterioare. Criterii generale și studii de proiectare.
6	STAS 2308-81	Alimentări cu apă și canalizări. Capace și rame pentru cămine de vizitare.
7	STAS 2448-82	Cămine de vizitare. Prescripții de proiectare.
8	STAS 3272-80	Grătare cu ramă, din fontă, pentru guri de scurgere.
9	STAS 6701-82	Guri de scurgere cu sifon și depozit.
10	STAS 10859-91	Stații de epurare a apelor uzate provenite de la centrele populate. Studii pentru proiectare.
11	STAS 4162/1-89	Decantoare primare. Prescripții de proiectare.
12	STAS 4162/2-89	Decantoare secundare. Prescripții de proiectare.
13	STAS 4273-83	Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clase de importanță.
14	STAS 11566-91	Bazine cu nămol activat. Prescripții generale de proiectare.
15	STAS 12264-91	Separatoare de uleiuri și grăsimi la stațiile de

		epurare orășenești.
16	STAS 12431-90	Grătare pentru stații de epurare a apelor uzate orășenești. Prescripții generale de proiectare.
17	STAS 12594-87	Stații de pompare. Prescripții generale de proiectare.
18	STAS 10178	Gazometre la stațiile de epurare orășenești. Prescripții de proiectare.
19	STAS 10686/76	Bazine pentru uniformizarea debitelor și calității apelor uzate industriale. Prescripții de proiectare.
20	STAS 11566-91	Bazine cu nămol activat. Prescripții generale de proiectare.
21	STAS 12264/91	Separatoare de uleiuri și grăsimi la stațiile de epurare orășenești
22	STAS 12278/96	Rezervoare de fermentare a nămolurilor din stațiile de epurare. Prescripții generale de proiectare.
23	STAS 11565/90	Platforme pentru uscarea nămolului fermentat din stațiile de epurare orășenești. Prescripții de proiectare.
24	SR EN 295-1 + A1:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 1: Condiții.
25	SR EN 124:1996	Dispozitive de acoperire și închidere pentru cămine de vizitare și guri de scurgere în zone carosabile și pietonale. Principii de construcție, încercări tip, marcare, inspecția calității.
26	SR EN 295-2:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 2: Inspecția calității și eșantionarea.
27	SR EN 295-3:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 3: Metode de încercare.
28	SR EN 295-4:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 4: Condiții pentru accesorii speciale, piese de adaptare și accesorii compatibile.
29	SR EN 295-5:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 5: Condiții pentru tuburi perforate și accesorii.
30	SR EN 295-6:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 6: Condiții pentru căminele de vizitare de gresie.
31	SR EN 295-7:1997	Tuburi și accesorii de gresie și îmbinarea lor la racorduri și rețele de canalizare. Partea 7: Condiții pentru tuburile de gresie și îmbinările lor destinate execuției prin împingere.
32	SR EN 476:2000	Condiții generale pentru componentele utilizate la rețelele de evacuare, de racord și de canalizare cu curgere cu nivel liber.
33	SR EN 752-1:1998	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 1. Generalități și definiții.
34	SR EN 752-2:1998	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 2. Condiții de performanță.
35	SR EN 752-3:1999	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 3. Prescripții generale de proiectare.
36	SR EN 752-4:1999	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 4. Dimensionarea hidraulică și considerații

		referitoare la mediu.
37	SR EN 752-5:1999	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 5. Reabilitare.
38	SR EN 752-6:1999	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 6. Instalații de pompare.
39	SR EN 752-7:1999	Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor. Partea 7. Întreținere și exploatare.
40	SR EN 1610:2000	Execuția și încercarea racordurilor și rețelelor de canalizare.
41	SR EN 1671:2000	Rețele de canalizare sub presiune în exteriorul clădirilor.
42	SR EN 1433:2003	Canale de evacuare a apelor uzate din zone circulabile utilizate de pietoni și vehicule. Clasificare, cerințe pentru proiectare și încercare, marcarea și evaluarea conformității.
43	SR EN 1085:2000	Epurarea apelor uzate. Terminologie.
44	SR EN 1293:2002	Condiții generale pentru componentele utilizate la rețelele de evacuare, de racord și de canalizare sub presiune pneumatică.
45	SR EN 12255-1:2002	Stații de epurare. Partea 1: Principii generale de construcție.
46	SR EN 12255-3:2002	Stații de epurare. Partea 3: Epurări preliminare.
47	SR EN 12255-4:2002	Stații de epurare. Partea 4: Decantare primară.
48	SR EN 12255-5:2002	Stații de epurare. Partea 5: Procedeu cu lagune.
49	SR EN 12255-6:2002	Stații de epurare. Partea 6: Procedee cu nămoluri activate.
50	SR EN 12255-7:2002	Stații de epurare. Partea 7: Reactoare biologice cu peliculă fixată.
51	SR EN 12255-8:2002	Stații de epurare. Partea 8: Depozitare și tratare nămoluri.
52	SR EN 12255-9:2002	Stații de epurare. Partea 9: Control mirosuri și ventilație.
53	SR EN 12255-10:2002	Stații de epurare. Partea 10: Prescripții de securitate.
54	SR EN 12255-11:2002	Stații de epurare. Partea 11: Date generale cerate.
55	SR EN 12280:2002	Condiții generale pentru componentele utilizate la renovarea și repararea racordurilor și rețelelor de canalizare în exteriorul clădirilor.
56	SR EN 12889:2000	Execuția fără tranșee și încercarea racordurilor și rețelelor de canalizare.
57	SR EN 858-1:2002	Separatoare de lichide ușoare (de exemplu: hidrocarburi). Partea 1: Cerințe de proiectare, performanță și încercări, marcarea și controlul calității.
58	SR EN 1825-2:2002	Separatoare de grăsimi. Partea 2: Alegerea dimensiunilor nominale, montare, service și întreținere.
59	SR EN 12050-1:2001	Stații de pompare a apelor uzate pentru clădiri și terenuri. Principii de construcție și încercare. Partea 1. Stație de pompare apă uzată ce conține materii fecale.

60	SR EN 12050-2:2002	Stații de pompare a apelor uzate pentru clădiri și terenuri. Principii de construcție și încercare. Partea 2. Stații de pompare pentru ape uzate fără materii fecale.
61	SR EN 12050-3:2002	Stații de pompare a apelor uzate pentru clădiri și terenuri. Principii de construcție și încercare. Partea 3. Stație de pompare cu aplicare limitată pentru ape uzate cu materii fecale.
62	SR EN 12050-4:2002	Stații de pompare a apelor uzate pentru clădiri și terenuri. Principii de construcție și încercare. Partea 4. Robinet de reținere pentru ape uzate cu materii fecale și fără materii fecale.
63	SR EN 1123-1:2002	Tuburi și racorduri de tub pentru rețele de canalizare sudate longitudinal din oțel galvanizat la cald, mufă și capăt drept. Partea 1: Cerințe, încercări, control de calitate.
64	SR EN 1123-2:2002	Tuburi și racorduri de tub pentru rețele de canalizare sudate longitudinal din oțel galvanizat la cald, mufă și capăt drept. Partea 2: Dimensiuni.
65	SR EN 1124-1:2002	Tuburi și racorduri de tub pentru rețele de canalizare din oțel inoxidabil sudate longitudinal cu mufă și capăt drept. Partea 1: Cerințe, încercări, control de calitate.
66	SR EN 1124-2:2002	Tuburi și racorduri de tub pentru rețele de canalizare din oțel inoxidabil sudate longitudinal cu mufă și capăt drept. Partea 2: Sistem S; Dimensiuni.
67	SR EN 1124-3:2002	Tuburi și racorduri de tub pentru rețele de canalizare din oțel inoxidabil sudate longitudinal cu mufă și capăt drept. Partea 3: Sistem X; Dimensiuni.
68	SR EN 588-1	Tuburi de azbociment pentru racorduri și rețele de canalizare. Partea 1: Tuburi, îmbinări și accesorii pentru rețele cu curgere cu nivel liber.
69	SR EN 588-2	Tuburi de azbociment pentru racorduri și rețele de canalizare. Partea 2: Cămine de vizitare și cămine de racord.
70	SR ISO 4067-6:1996	Desene tehnice. Instalații. Partea 6: Simboluri grafice pentru sisteme de alimentare cu apă și canalizare îngropate.
71	SR EN 12566-1	Stații mici de epurare a apelor uzate cu până la 50 LE - Partea 1: Fose septice prefabricate
72	SR EN 12566-3	Stații mici de epurare a apelor uzate cu până la 50 LE - Partea 3: Stații de epurare a apelor uzate menajere compacte și/sau asamblate pe loc
73	SR EN 1085-2000	Epurarea apelor uzate. Vocabular
74	prEN 12255 - 12	Stații de epurare Partea 12: Control și automatizare
75	prEN 12255 - 13	Stații de epurare Partea 13: Tratare chimică
76	prEN 12255 - 14	Stații de epurare Partea 14: Dezinfecție
77	prEN 12255 - 15	Stații de epurare Partea 15: Măsurarea transferului de oxigen în apa curată din bazinele cu nămol activat
78	prEN 1825-1	Separatoare de grăsimi - Partea 1: Principii de proiectare, performanță și teste, controlul alcătuirii și calității
79	prEN 1825-2	Separatoare de grăsimi - Partea 2: Selectarea mărimii nominale, instalare, exploatare și întreținere

80	prEN 858-1	Instalații pentru separarea lichidelor ușoare (ex: ulei și petrol) - Partea 1: Principii de proiectare, performanță și teste, controlul alcătuirii și calității
81	prEN 858-2	Instalații pentru separarea lichidelor ușoare (ex: ulei și petrol) - Partea 2: Selectarea mărimii nominale, instalare, exploatare și întreținere
82	prEN 12050-1	Stații de pompare a apelor uzate ce conțin materii fecale
83	CR 13097	Caracteristicile nămolului
84	***	Managementul calității și asigurarea calității - Colecția de standarde (9000, 10011, 45000); Editura Tehnică - 1998.

ANEXA Nr. 2

LISTA DOCUMENTELOR NORMATIVE CONEXE

Nr. crt.	Indicativul documentației	Titlul documentației
0	1	2
1	C 12-95	Instrucțiuni tehnice ISCIR.
2	C 193-79	Instrucțiuni tehnice pentru executarea zidăriei din piatră brută.
3	C 210-94	Norme tehnice privind protecția anticorozivă a bazinelor din beton armat pentru neutralizarea și epurarea apelor industriale.
4	C 300-94	Normativ de prevenire și stingere a incendiilor pe durata executării lucrărilor de construcții și instalațiile aferente acestora.
5	GE 035-99	Ghid și program de calcul pentru responsabilul cu urmărirea în exploatare a construcțiilor.
6	GP 036-99	Ghid de proiectare, execuție și exploatare privind protecția anticorozivă a bazinelor din beton armat și beton precomprimat, destinate neutralizării și epurării apelor industriale.
7	GP 043/99	Ghid privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare utilizând conducte din PVC, polietilenă și polipropilenă.
8	GP 062-02	Ghid de proiectare și execuție pentru construcțiile de tratare a apei pentru localități mici și obiective izolate, în vederea asigurării sănătății populației și protecției mediului.
9	I 22-99	Normativ pentru proiectarea și executarea conductelor de aducțiune și a rețelelor de alimentare cu apă și canalizare ale localităților.
10	I 30-75	Instrucțiuni tehnice pentru calculul loviturii de berbec și stabilirea măsurilor pentru prevenirea efectelor negative ale acestora la instalațiile hidraulice sub presiune.
11	NTPA 001/2002	Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali - aprobat prin H.G. nr. 188/28.02.2002.
12	NTPA 002/2002	Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în

		rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare - aprobat prin H.G. nr. 188/28.02.2002.
13	NTPA 003/1997	Norme privind metodologia de conducere și control al procesului de epurare biologică cu nămol activ în stațiile de epurare a apelor uzate orășenești, industriale și zootehnice.
14	NTPA 011/2002	Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești - aprobate prin H.G. nr. 188/28.02.2002.
15	NTPA 013-02	Norme de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare; aprobat cu HG 100/02.
16	NTPA 014-02	Normativ privind metodele de măsurare și frecvență de prelevare a probelor din apele de suprafață destinate producerii de apă potabilă - aprobat prin HG nr. 100/02.
17	NTRQ 01-84	Normă tehnică republicană privind măsurarea debitelor de apă. Determinarea debitelor de apă în sistemele de curgere cu nivel liber.
18	NP 003-97	Normativ pentru proiectarea și exploatarea instalațiilor tehnico-sanitare și tehnologice cu țevi din PP.
19	NP 032/1999	Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea I: Treapta mecanică.
20	NP 036-99	Normativ de reabilitare a lucrărilor hidroedilitare din localități urbane. Buletinul Construcțiilor nr. 5/2000.
21	NP 072-02	Normativ pentru exploatarea sistemelor și instalațiilor de stingere a incendiilor cu substanțe.
22	NP 084-03	Normativ privind proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor sanitare și a sistemelor de alimentare cu apă și canalizare, utilizând conducte din mase plastice.
23	NP-088-03	Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a II-a: Treapta biologică.
24	NP-089-03	Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a III-a: Stații de epurare de capacitate mică ($5 < Q \leq 50$ l/s) și foarte mică ($Q \leq 5$ l/s).
25	NP 091-03	Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de dezinfectare a apei.
26	P 66-2001	Normativ pentru proiectarea și executarea lucrărilor de alimentare cu apă și canalizare a localităților din mediul rural. Buletinul Construcțiilor, 2001.
27	P 73-78	Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea recipientelor din beton armat și beton precomprimat pentru lichide.
28	P 96-96	Ghid pentru proiectarea și executarea instalațiilor de canalizare a apelor meteorice din clădiri civile, social-culturale și industriale; Buletinul Construcțiilor nr. 13/1997.
29	P 100-92	Normativ privind proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social culturale, agrozootehnice și industriale.
30	P 110-99	Normativ privind comportarea în timp a construcțiilor.
31	P 130/99	Normativ privind urmărirea comportării în timp a construcțiilor; Buletinul Construcțiilor nr. 1/2000.

32	P 135-99	Ghid privind coeficienții de uzură fizică normală la mijloacele fixe din grupa 1 - Construcții; Bul. Construcțiilor 2/2000.
33	O 49-04	Norme tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură. Ordin al Ministrului Sănătății.
34	O 88-01	Ordinul Ministrului de Interne pentru aprobarea Dispozițiilor generale privind echiparea și dotarea construcțiilor, instalațiilor și platformelor amenajate cu mijloace tehnice de PSI.
35	O 699-99	Ordin, al Ministerului Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului, pentru aprobarea Procedurii și competențelor de emiteră a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor.
36	O 1.618-00	Ordin, al Ministerului Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului, pentru aprobarea secțiunilor reprezentative din cadrul Sistemului național de supraveghere a calității apelor.
37	***	Ordinul 1.141/06.12.2002 - pentru aprobarea "Procedurii și a competențelor de emiteră a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor".
38	***	Normativ de conținut al documentațiilor tehnice necesare obținerii avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor, aprobat prin Ordinul Ministrului Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului nr. 277/11.04.1997.
39	***	Normativ de conținut al documentațiilor tehnice necesare obținerii avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor aprobat prin Ordinul Ministrului Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului nr. 720/1996.
40	***	Normativ pentru proiectarea stațiilor de epurare mecanică a apelor uzate orășenești. Indicativ P 28-64.
41	***	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. Indicativ P28-84.
42	***	Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea a II-a: Treapta biologică, redactarea a II-a, București, Noiembrie 2002.
43	***	Normativ pentru proiectarea tehnologică a stațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Treapta de epurare terțiară. Indicativ P28/2-88.
44	***	Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești - Partea I: Treapta mecanică. Indicativ NP 032-1999, aprobat cu Ordinul Ministrului Lucrărilor Publice și Amenajării Teritoriului, nr. 60/N/25.08.1999.
45	***	Tehnologii pentru reținerea azotului și fosforului din apele uzate și necesitatea dezinfectării apelor epurate. Editura MATRIX ROM. București, Aprilie 2000.
46	***	Metodologie - cadru de elaborare a planurilor de prevenire și combatere a poluărilor accidentale la folosințele de apă potențial poluatoare - aprobată cu Ordinul nr. 278/11.04.1997 publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 100 bis.
47	***	Norme metodologice privind instituirea regimului de supraveghere specială în caz de nerespectare a măsurilor stabilite pentru asigurarea condițiilor înscrise în

		autorizația de gospodărire a apelor - aprobate cu Ordinul nr. 275/11.04.1997 publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 100 bis.
48	***	Norme metodologice privind avizul de amplasament - aprobate cu Ordinul nr. 279/11.04.1997 publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 100 bis.
49	***	Normativ privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață, aprobat prin Ordinul Ministerului Apelor și Protecției Mediului nr. 1.146 din 10 Decembrie 2002.
50	***	Normativ de conținut al documentațiilor tehnice necesare obținerii avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor aprobat prin Ordinul Ministrului Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului nr. 720/1996.
51	***	Norme de igienă și recomandări privind mediul de viață al populației, aprobate de Ministrul Sănătății prin Ordinul Nr. 1.935/13.09.1996.
52	***	CP m. București; Norme specifice de protecția muncii; Ed. Medicală 1975
53	***	Ghid pentru reabilitarea rețelelor publice de alimentare cu apă și canalizare. Pr. 673 PROED/MLPTL 1998
54	***	Ordin MLPAT 83/N/05.07; Specificații tehnice privind proiectarea și executarea construcțiilor și instalațiilor aferente filtrelor rapide de nisip, cu nivel liber.
55	***	HG 273/94 Regulamentul de recepție a lucrărilor de construcții și instalații; colecția Legi și Alte acte normative.
56	***	HG 766/97; Regulament privind conducerea și asigurarea calității în construcții - Colecția de legi și HG.
57	***	HG 273; Norme de întocmire a cărții tehnice a construcției; Col. Legi și HG.
58	***	Legea 98/94 și Ordonanța GR 108/1999; Lege privind stabilirea și sancționarea contravențiilor la Normele legale de igienă și sănătate publică. MO aug. 1999.
59	***	Lege pentru aprobarea Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 34/2002 privind prevenirea, reducerea și controlul integrat al poluării - publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 901/12.12.2002.
60	***	Legea Apelor, nr. 107/25.09.1996 - publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 244/08.10.1996, cu modificările ulterioare.
61	***	Legea nr. 137/1995 privind protecția mediului, republicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 70/17.02.2000, cu modificările ulterioare.
62	***	Legea nr. 10/18 ianuarie 1995, privind Calitatea în Construcții. Publicată în Monitorul Oficial al României nr. 12 din 24 ianuarie 1995, cu modificările ulterioare.
63	***	Legea nr. 137 din 29 decembrie 1995, Legea Protecției Mediului, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 304 din 30 decembrie 1995.
64	***	Ghid de execuție, exploatare și postutilizare a construcțiilor de captare din apa subterană pentru asigurarea parametrilor funcționali; Contr. 0092/2001 PROED/MLPTL.
65	***	Norma tehnică republicană privind măsurarea debitelor de apă N.T.R.Q. 0-1-84. Determinarea debitelor de apă în

		sisteme de curgere cu nivel liber. Metoda modificării locale a secțiunii de curgere. Canale de măsurare. Prescripții generale. București, 1985.
66	***	Ordinul M.L.P.T.L. nr. 1.214 din 6.09.2001 privind aprobarea reglementării "Normativ pentru proiectarea și executarea lucrărilor de alimentare cu apă și canalizare a localităților din mediul rural", indicativ P66-2001.
67	***	Măsuri de protecție a calității resurselor de apă, aprobate prin Hotărârea de Guvern nr. 472/09.06.2000.
68	***	Norme tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură, aprobate prin Ordinul nr. 49 al M.A.P.A.M. din 14.01.2004, publicat în M.O. nr. 66 din 27.01.2004.
69	***	Legea 106/96 - Legea protecției civile publicată în Monitorul Oficial din 03.10.1996.

ANEXA Nr. 3

GLOSARUL DE TERMENI SPECIFICI DOMENIULUI REGLEMENTAT

A. NOTAȚII PRIVIND PRINCIPALII PARAMETRI UTILIZAȚI ÎN CALCULELE DE DIMENSIONARE

Notația	Semnificația
C(i)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ , care intră zilnic în stația de epurare (kg CBO ₅ /zi);
e(x)	- eficiența decantorului primar privind reținerea materiei organice biodegradabile exprimată în CBO ₅ (%);
d(x)	- gradul de epurare necesar din punct de vedere al materiilor organice biodegradabile exprimate în CBO ₅ pentru întreaga stație de epurare (%)
N(f)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul fermentat anaerob evacuat spre deshidratare sau prelucrare ulterioară (kg/zi);
i(E)	- indicele energetic sau eficiența energetică a unui sistem de aerare (kg O ₂ /kWh);
alfa	- raportul dintre coeficientul global de transfer a oxigenului de la aer la apă determinat pentru apă uzată și coeficientul global de transfer a oxigenului de la aer la apă determinat pentru apă curată (de la robinet) în condiții standard.
c(uz)	- concentrația în materii în suspensie a apelor uzate la intrarea în stația de epurare (mg/dm ³);
c(uz) ^{dg}	- concentrația în materii în suspensie a apelor uzate degrosisate, efluente din treapta de degrosisare (mg/dm ³);
c(uz) ^{dp}	- concentrația în materii în suspensie a apelor uzate decantate primar (mg/dm ³);
c(uz) ^b	- concentrația în materii în suspensie a apelor uzate care intră în treapta de epurare biologică (mg/dm ³), de regulă, egală cu c(uz) ^{dp} ;
a(uz) ^{adm}	- concentrația maximă a materiilor solide în suspensie din apele uzate epurate (mg/dm ³);
c(na)	- concentrația amestecului din bazinul cu nămol activat (kg/m ³);
c(nr)	- concentrația nămolului activat de recirculare (kg/m ³);
c(ne)	- concentrația nămolului în exces (kg/m ³);
c(nb)	- concentrația nămolului biologic, în schemele cu filtre biologice (kg/m ³);
c(r)	- concentrația în materii solide în suspensie a apei emisarului, amonte de secțiunea de evacuare a apelor uzate epurate (mg/dm ³);
c(P) epurare	- concentrația apelor uzate în fosfor total la intrarea în stația de epurare (mg P/dm ³);
c(P) ^b	- concentrația în fosfor total a apelor uzate la intrarea în bioreactor (mg P/dm ³);
c(P) ^{adm}	- concentrația limită maxim admisă în fosfor total din apele uzate epurate (mg P/dm ³);
X(CCO) ^b	- concentrația în CCO din influentul bioreactorului (mg/dm ³);
X(5uz)	- concentrația materiei organice biodegradabile, exprimată în CBO ₅ a apelor uzate la intrarea în stația de epurare (mg/dm ³);
X(5uz) ^{dg}	- concentrația materiei organice biodegradabile, exprimată prin CBO ₅ a apelor uzate degrosisate (mg/dm ³);

X(5uz)^dp	- concentrația materiei organice biodegradabile, exprimată prin CBO ₅ a apelor uzate decantate primar (mg/dm ³);
X(5uz)^b	- concentrația materiei organice biodegradabile, exprimată în CBO ₅ a apelor uzate care intră în treapta de epurare biologică, de regulă, egală cu X(5uz)^dp (mg/dm ³);
X(5uz)^adm	- concentrația maximă a materiei organice biodegradabile, exprimată în CBO ₅ din apele uzate epurate (mg/dm ³);
X(5r)	- concentrația materiei organice biodegradabile, exprimată în CBO ₅ a apei emisarului, amonte de secțiunea de evacuare a apelor uzate epurate (mg/dm ³);
X(N) CBO ₅	- concentrația normată a materiei organice biodegradabile, exprimată în a amestecului de ape uzate epurate și ale emisarului, în secțiunea de control situată la 1 km amonte de folosința considerată, conf. STAS 4706-88 (mg/dm ³);
O(r)	- concentrația oxigenului dizolvat în apa emisarului, amonte de secțiunea de evacuare a apelor uzate epurate (mg O ₂ /dm ³), la temperatura THETA (°C);
O(s)	- concentrația de saturație a oxigenului dizolvat (mg O ₂ /dm ³) la temperatura THETA (°C) și la presiunea atmosferică de 760 mm col. Hg;
O(min)^R	- concentrația minimă a oxigenului dizolvat în apa râului, în secțiunea în care se realizează deficitul critic de oxigen (mg O ₂ /dm ³);
O(min)^N	- concentrația minimă normată a oxigenului (conf. STAS 4706-88) care se admite în apa emisarului funcție de categoria de calitate a acestuia (mg O ₂ /dm ³);
D(a)	- deficitul inițial de oxigen din apa emisarului, calculat în secțiunea situată amonte de evacuarea apelor uzate epurate (mg O ₂ /dm ³);
D(cr) pentru	- deficitul critic (sau maxim) de oxigen din apa emisarului, calculat pentru secțiunea critică de pe râu, aval de punctul de evacuare a apelor epurate (mg O ₂ /dm ³);
t(cr)	- timpul la care se realizează deficitul critic de oxigen în apa emisarului (zile);
FS	- factor de siguranță care ține seama de variația încărcării cu poluanți a bioreactorului, de variația pe termen scurt a temperaturii apei uzate și/sau de modificare a pH-ului.
Q(u zi med)	- debitul zilnic mediu al apelor uzate (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(u zi max)	- debitul zilnic maxim al apelor uzate (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(u orar max)	- debitul orar maxim al apelor uzate (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(u orar min)	- debitul orar minim al apelor uzate (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(c)	- debitul de calcul (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(v)	- debitul de verificare (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
N(i)	- cantitatea de materii solide în suspensie exprimată în substanță uscată, care intră zilnic în stația de epurare (kg/zi);
N(dg)	- cantitatea de materii solide în suspensie exprimată în substanță uscată, evacuată zilnic din treapta de degrosare (kg/zi);
N(p)	- cantitatea de materii solide în suspensie exprimată în substanță uscată, care este reținută zilnic în decantorul primar (kg/zi);
N(dp)	- cantitatea de materii solide în suspensie exprimată în substanță uscată, evacuată zilnic din decantorul primar (kg/zi);
N(b)	- cantitatea de materii solide în suspensie exprimată în substanță uscată, care intră zilnic în treapta de epurare biologică (kg/zi), de regulă, egală cu N(dp);
N(ev)	- cantitatea de materii solide în suspensie exprimată în substanță uscată, evacuată zilnic în emisar cu efluentul epurat mecano-biologic (kg/zi);
C(dg)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ , care este evacuată zilnic din treapta de degrosare (kg CBO ₅ /zi);
C(dp)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ , care este evacuată zilnic din decantorul primar (kg CBO ₅ /zi);
C(b)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ , care intră zilnic în treapta de epurare biologică (kg CBO ₅ /zi), de regulă, egală cu C(dp);
C(bs)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ , care intră zilnic în treapta biologică, aferentă fenomenului de epurare cu biomasă în suspensie (kg CBO ₅ /zi);
C(bf)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ , care intră zilnic în treapta biologică, aferentă fenomenului de epurare cu peliculă fixată (kg CBO ₅ /zi);
C'(bs)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ îndepărtată zilnic în treapta biologică, prin fenomenul de epurare cu biomasă în suspensie (kg CBO ₅ red/zi);
C'(bf)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO ₅ îndepărtată zilnic în treapta biologică, prin fenomenul de epurare cu peliculă fixată (kg CBO ₅ red/zi);
C(ev)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată prin CBO ₅ , care este evacuată zilnic în emisar cu efluentul epurat mecano-biologic

	(kg CBO ₅ /zi);
K(i)	- cantitatea de azot din NH ₄ ⁺ , care intră zilnic în stația de epurare (kg/zi);
K(N)	- cantitatea de azot total din influentul bioreactorului (kg/zi);
K(P) ^b	- cantitatea de fosfor total din influentul bioreactorului (kg/zi);
K(N) ^b	- cantitatea de azot total din influentul bioreactorului (kg/zi);
K(Nev)	- cantitatea de azot total din efluentul stației de epurare (kg/zi);
K(Pev)	- cantitatea de fosfor total din efluentul stației de epurare (kg/zi);
K' (N)	- cantitatea de azot total îndepărtat în sistemul biologic bioreactor-decantor secundar (kg/zi);
K' (P)	- cantitatea de fosfor total îndepărtat în sistemul biologic bioreactor-decantor secundar (kg/zi);
K(dg)	- cantitatea de azot din NH ₄ ⁺ , evacuată zilnic din treapta de degrosare (kg/zi);
K(dp)	- cantitatea de azot din NH ₄ ⁺ , evacuată zilnic din decantoarele primare (kg/zi);
K(b)	- cantitatea de azot din NH ₄ ⁺ , care intră zilnic în treapta de epurare biologică, de regulă, egală cu K(dp) (kg/zi);
K(ev)	- cantitatea de azot din NH ₄ ⁺ , care este evacuată zilnic în emisar cu efluentul epurat mecano-biologic (kg/zi);
e(sd)	- eficiența treptei de degrosare privind reținerea materiilor solide în suspensie (%);
e(xd)	- eficiența treptei de degrosare privind reținerea materiei organice biodegradabile, exprimată în CBO ₅ (%);
e(Nd)	- eficiența treptei de degrosare privind reținerea azotului (%);
e(s)	- eficiența decantorului primar privind reținerea materiilor solide în suspensie (%);
e(N)	- eficiența decantorului primar privind reținerea azotului total (%);
e(P)	- eficiența decantorului primar privind reținerea fosforului total (%);
d(s)	- gradul de epurare necesar din punct de vedere al materiilor solide în suspensie pentru întreaga stație de epurare (%);
d(P)	- gradul de epurare necesar privind eliminarea fosforului total pentru întreaga stație de epurare (%);
d(N)	- gradul de epurare necesar privind eliminarea azotului total pentru întreaga stație de epurare (%);
d(sb)	- gradul de epurare necesar din punct de vedere al materiilor solide în suspensie al treptei de epurare biologică (%);
d(xb)	- gradul de epurare necesar din punct de vedere al materiilor organice biodegradabile exprimate în CBO ₅ al treptei de epurare biologică (%);
N(a)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul activat existent în bazinul cu nămol activat (kg/zi);
N(e)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul în exces (kg/zi);
N(bf)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul biologic evacuată zilnic din decantoarele secundare în schemele cu filtre biologice (kg/zi);
N' (b)	- cantitatea de materii solide în suspensie (MSS) îndepărtată în sistemul biologic bioreactor-decantor secundar (kg/zi);
N(pe)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din amestecul de nămol primar și în exces (kg/zi);
N(c)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul concentrat (îngroșat) evacuat spre fermentare (kg/zi);
N(s)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul fermentat (stabilizat) aerob evacuat spre deshidratare sau prelucrare ulterioară (kg/zi);
N(d)	- cantitatea de materii solide în suspensie, exprimată în substanță uscată, din nămolul deshidratat (kg/zi);
V(np) (m ³ /zi);	- volumul de nămol depus zilnic în decantorul primar (nămol primar) și
V(ne)	- volumul de nămol în exces evacuat zilnic din decantorul secundar, notat și
	Q(ne) (m ³ /zi);
V(nbf)	- volumul de nămol biologic evacuat zilnic din decantoarele secundare spre prelucrare, în schemele cu filtre biologice (m ³ /zi);
V(npf)	- volumul zilnic al amestecului de nămol primar și nămol biologic în schemele cu filtre biologice, evacuat zilnic spre prelucrare (m ³ /zi);
V(npe)	- volumul amestecului de nămol primar și nămol în exces evacuat zilnic spre prelucrare în schemele cu bazine de aerare (m ³ /zi);
V(nc)	- volumul zilnic de nămol concentrat (îngroșat) evacuat zilnic din concentratorul de nămol spre fermentare (m ³ /zi);
V(nf)	- volumul zilnic de nămol fermentat anaerob evacuat spre deshidratare (m ³ /zi);
V(ns) (m ³ /zi);	- volumul zilnic de nămol fermentat aerob evacuat spre deshidratare
V(nd)	- volumul zilnic de nămol deshidratat evacuat din stația de epurare

$(m^3/zi);$	
Q(ne)	- debitul de nămol în exces evacuat din decantorul secundar ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(np)	- debitul de nămol primar evacuat din decantorul primar ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(na)	- debitul de nămol activat evacuat din decantorul secundar în schemele cu bazine alternante ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(nb)	- debitul de nămol biologic evacuat din decantorul secundar în schemele cu filtre biologice ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(nr) sau Q(re)	- debitul de nămol activat de recirculare (recirculare externă) ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(ri) uzate	- debitul de recirculare internă, în schemele cu denitrificarea apelor ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(npe)	- debitul amestecului de nămol primar și în exces ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(nc) nămol	- debitul de nămol concentrat (îngroșat) evacuat din concentratorul de ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(nf)	- debitul de nămol fermentat anaerob evacuat spre deshidratare ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
Q(ns)	- debitul de nămol fermentat (stabilizat) aerob evacuat spre deshidratare ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
w(p)	- umiditatea nămolului primar (%);
w(b)	- umiditatea nămolului biologic (%);
w(e)	- umiditatea nămolului în exces evacuat din decantorul secundar (%);
w(bf)	- umiditatea nămolului biologic evacuat din decantoarele secundare în schemele cu filtre biologice (%);
w(pb)	- umiditatea amestecului de nămol primar și nămol biologic în schemele cu filtre biologice (%);
w(pe)	- umiditatea amestecului de nămol primar și în exces (%);
w(nc) (%);	- umiditatea nămolului concentrat evacuat din concentrator (îngroșător) (%);
W(f)	- umiditatea nămolului fermentat anaerob evacuat spre deshidratare (%);
w(s)	- umiditatea nămolului fermentat (stabilizat) aerob evacuat spre deshidratare (%);
l(f)	- limita tehnică de fermentare anaerobă a nămolului (%);
l(s)	- limita tehnică de fermentare (stabilizare) aerobă a nămolului (%).
I(VN)	- indicele volumetric al nămolului sau indexul lui Mohlmann (cm^3/g);
I(SN)	- indicele comparativ al nămolului sau "sedimentul" ($ml/l, cm^3/dm^3$);
T(N)	- vârsta nămolului (zile);
T(N dim)	- valoarea pentru dimensionarea vârstei nămolului (zile);
r(s)	- încărcarea specifică a suportului solid ($g\ CBO_5/m^2, zi$);
c'(o)	- capacitatea specifică nominală de oxigenare ($gO_2/N\ m^3\ aer,$ m adâncime de insuflare);
c(o)	- capacitatea specifică de oxigenare ($g\ O_2/N\ m^3\ aer$);
Q(aer)	- debitul de aer în condiții reale de exploatare ($m^3\ aer/h$);
Q(N aer)	- debitul de aer în condiții normale (standard), adică la $T = 10^\circ C$ și $p = 760\ mm\ col.\ Hg$ ($N\ m^3\ aer/h$);
$\overline{CO(R)}$ ' aerator);	- capacitatea de oxigenare a unui aerator în apă curată ($kg\ O_2/zi,$
$\overline{CO(R)}$ beta	- capacitatea de oxigenare a unui aerator în apă uzată ($kg\ O_2/zi,$ aerator);
(de	- raportul dintre concentrația de saturație a oxigenului dizolvat în apă uzată și concentrația de saturație a oxigenului dizolvat în apă curată
a(i)	la robinet) în condiții standard;
A(o)	- cantitatea specifică de poluant (aferentă unui locuitor echivalent) ($g/LE, zi$);
C'(b)	- aria orizontală a bazinului de degazare (m^2);
c(CCO, ext)	- cantitatea de substanță organică biodegradabilă exprimată în CBO_5 , care este îndepărtată (redușă, eliminată) zilnic în treapta biologică ($kg\ CBO_5/zi$);
c(i)	- concentrația de CCO suplimentară cerută pentru denitrificarea azotatului (mg/dm^3);
Q(inf)	- concentrația poluantului, în mg/l ;
c(N)^adm	- debitul de apă subterană infiltrat în rețeaua de canalizare ($m^3/zi, m^3/h,$ etc.);
c(N org)^adm	- concentrația limită maxim admisă în azot total din apele uzate epurate ($mg\ N/dm^3$);
c(N org)^efl	- concentrația limită maxim admisă pentru azotul organic din efluentul stației de epurare ($mg\ N(org)/dm^3$);
c(N anorg)^adm	- concentrația limită maxim admisă pentru azotul organic din efluentul stației de epurare propusă pentru dimensionare ($mg\ N(org)/dm^3$);
	- concentrația limită maxim admisă pentru azotul anorganic din efluentul stației de epurare ($mg\ N(anorg)/l$);

c(N)	- concentrația apelor uzate în azot total la intrarea în stația de epurare (mg N/dm ³);
c(N) ^{^dg}	- concentrația în azot total a apelor uzate degrositate (mg N/dm ³);
c(N) ^{^dp}	- concentrația în azot total a apelor uzate decantate primar (mg N/dm ³);
c(N) ^{^b} epurare	- concentrația în azot total a apelor uzate care intră în treapta de biologică, de regulă, egală cu c(N) ^{^dp} (mg N/dm ³);
c(N-NO ₃) ^{^D}	- concentrația medie zilnică de azotat care trebuie denitrificat, (mg N-NO ₃ -/l);
c(N org) ^{^efl}	- concentrația în azot organic din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare (mg N(org)/l);
c(N-NH ₄) ^{^efl}	- concentrația în azot din NH ₄ ⁺ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare (mg N-NH ₄ ⁺ /l);
c(N-NO ₃) ^{^efl}	- concentrația în azot din NO ₃ ⁻ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare (mg N-NO ₃ ⁻ /l);
c(N org) ^{^BM} sistemul	- concentrația în azot organic încorporat în biomasă care părăsește bioreactor-decantor secundar prin nămolul în exces (mg N(org)/l);
c(N-NO ₃) c(N-NH ₄) ^{^efl}	- concentrația în azot din azotați (mg N-NO ₃ /l); - concentrația în azot din NH ₄ ⁺ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, în (mg N-NH ₄ ⁺ /l);
Q(ind)	- debitul apelor uzate preepurate sau nu, provenit de la societățile comerciale și/sau industriale din zonă și introdus în rețeaua publică de canalizare a localității și care respectă din punct de vedere calitativ prevederile NTPA 002/2002;
Q(d orar max)	- debitul zilnic maxim al apelor uzate la care s-au adăugat debitele Q(inf) și Q(ind) (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(d orar max) și	- debitul orar maxim al apelor uzate la care s-au adăugat debitele Q(inf) și Q(ind) (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
Q(d orar min) și	- debitul orar minim al apelor uzate la care s-au adăugat debitele Q(inf) și Q(ind) (m ³ /zi, m ³ /h, etc.);
q(r)	- restituția specifică de apă uzată (cantitatea de apă uzată evacuată la rețeaua de canalizare, într-o zi de către un locuitor echivalent) (l/LE, zi);
r(i)	- coeficient de recirculare internă (m ³ /m ² , h);
t	- durata de trecere a apei prin bazinul de degazare (m ²);
T(i)	- temperatura apei uzate pe timpul iernii (min, h);
T(lim)	- temperatura limită la care sunt respectate condițiile de calitate pentru amoniu (sau amoniac)
u(s)	- încărcarea superficială a bazinului de degazare;
V	- volumul total al bioreactorului (m ³);
V(AN)	- volumul zonei anaerobe (necesar defosforizării) (m ³);
V(D)	- volumul zonei de denitrificare (m ³);
V(DG)	- volumul bazinului de degazare (m ³);
V(N)	- volumul zonei de nitrificare (m ³);
V(sel)	- volumul selectorului biologic (m ³);
w	- umiditatea nămolului (%);

B. NOTAȚII UTILIZATE ÎN SCHEMELE ȘI FIGURILE PREZENTATE ÎN CADRUL NORMATIVULUI

- I - influent
- E - efluent
- EL - echivalent locuitor
- SE - stație de epurare a apelor uzate
- Dev. 1 - deversorul amplasat la intrarea în stația de epurare, pentru cazul când localitatea este canalizată în procedeele unitar și mixt
- Dev. 2 - deversorul amplasat între treapta de epurare mecanică și treapta de epurare biologică, în scopul limitării debitului de ape uzate care intră în stația de epurare la o valoare maximă admisă
- GR - grătar rar
- GD - grătar des
- Dz - deznisipator
- DSGA - deznisipator-separator de grăsimi aerat
- Db - debitmetru
- SG - separator de grăsimi
- DzOL - deznisipator orizontal longitudinal
- DzT - deznisipator tangențial
- SGIA - separator de grăsimi cu insuflare de aer la joasă presiune
- SGPA - separator de grăsimi cu presurizarea apelor uzate
- SGPO - separator de grăsimi cu plăci ondulate

SGT - separator de grăsimi cu tuburi
DP - decantor primar
DPOL - decantor primar orizontal longitudinal
DPOR - decantor primar orizontal radial
DPV - decantor primar vertical
DPE - decantor primar cu etaj (tip Imhoff sau Emscher)
FB - filtru biologic clasic
FBD - filtru biologic cu discuri (biodiscuri)
BNA - bazine cu nămol activat sau bazine de aerare
DS - decantoare secundare
DSOL - decantor secundar orizontal longitudinal
DSOR - decantor secundar orizontal radial
DSV - decantor secundar vertical
SP(auz) - stație de pompare pentru ape uzate
SP(AR) - stație de pompare pentru ape de recirculare
SP(n) - stație de pompare pentru nămol
BA(m) - bazin de amestec
TDG - treaptă de degroșare
TEM - treaptă de epurare mecanică
TEB - treaptă de epurare biologică
TEA - treaptă de epurare avansată
CN - concentrator (îngroșător) de nămol
STN - sitare nămol
PA - zonă de post aerare
DN - zonă de denitrificare
N - zonă de nitrificare
D - deshidratare nămol
RFN - rezervor de fermentare a nămolului (metantanc, digester)
F - fermentare nămol
S - stabilizare nămol
SN - stabilizator de nămol
FS - fosă septică
SECR - stație de epurare de capacitate redusă
RBC - contactor biologic rotativ (rotating biological contactors)
STM - instalație de epurare biologică de tip Stahlermatic
SO - șanț de oxidare
P - fosfor
N - azot
NTK - azot total Kjeldhal = $N(\text{org}) + \text{NH}_4^+$
 NH_4^+ - ion de amoniu
 NH_3 - amoniac
 NO_2^- - ion azotit
 NO_3^- - ion azotat
N(org) - azot organic
P(org) - fosfor organic
NT - azotat total = $\text{NTK} + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
PLC - automat programabil