

Contract nr. 430/09.10.2009

**PROIECTAREA, EXECUTIA SI EXPLOATAREA SISTEMELOR DE
ALIMENTARI CU APA SI CANALIZARE A LOCALITATILOR.
PARTEA A II-A: SISTEME DE CANALIZARE A LOCALITATILOR
- NORMATIV**

Beneficiar: Ministerul Dezvoltarii Regionale si Turismului

Executanti: Institutul de Cercetari pentru Echipamente si

Tehnologii in Constructii ICECON S.A.

Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

PROIECTAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE

01.Date generale	1
01.1 Elemente componente si rolul acestora	1
01.2 Criterii de alegere a schemei sistemului de canalizare	3
01.3 Sisteme si procedee de canalizare	4
1.Obiectul normativului	5
1.1 Lucrările rețelei de canalizare	5
1.2 Apele preluate în rețelele de canalizare	5
1.3 Încadrarea în mediul rural/ urban	6
1.4 Alcătuirea rețelelor de canalizare	6
1.5 Clasificarea rețelelor de canalizare	7
1.5.1 Asigurarea curgerii apei în colectoare	7
1.5.2 Calitatea apelor colectate	7
1.5.3 Forma rețelei	8
PARTEA I : REȚELE DE CANALIZARE	
1.Proiectarea rețelelor de canalizare	8
2.1 Rețea de ape uzate în sistem separativ	8
2.1.1 Debite de dimensionare	8
2.1.2 Elemente impuse dimensionării hidraulice	9
2.1.2.1 Grad de umplere	9
2.1.2.2 Viteze minime/ maxime	10
2.1.2.3 Diametre minime	10
2.1.2.4 Adâncimea minimă si maximă de pozare	10
2.1.2.5 Panta longitudinală a colectorului	11
2.1.3 Dimensionare hidraulică	11
2.1.3.1 Stabilirea debitelor de calcul pe tronsoane	11
2.1.3.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici ai tronsonului de calcul	13
2.2 Rețea de ape meteorice în sistem separativ	14
2.2.1 Debite de dimensionare	14
2.2.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici	17
2.2.2.1 Calculul debitelor pe tronsoane	17

2.2.2.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici ai tronsonului	18
2.2.2.3 Bazine de retentie	20
2.3 Retea de canalizare în sistem unitar	21
2.3.1 Stabilirea debitelor de dimensionare	21
2.3.2 Alegerea diametrelor si parametrilor hidraulici ai tronsonului	21
2. Amplasarea retelei de canalizare	22
3.1 Reteaua de ape uzate	22
3. Elemente componente pe reseaua de canalizare	23
4.1 Tuburi realizare tronsoane	23
4.1.1 Forma sectiunii	23
4.1.2 Materialul tuburilor	23
4.2 Constructii anexe pe reseaua de canalizare	24
4.2.1 Racorduri	24
4.2.2 Guri de scurgere	25
4.2.3 Cămine de vizitare	26
4.2.3.1 Cămine de vizitare de trecere	26
4.2.3.2 Cămine de vizitare de intersectie	28
4.2.4 Deversori	28
4.2.4.1 Alcătuirea deversoarelor	29
4.2.5 Bazine pentru retentia apelor de ploaie	30
4.2.6 Sifoane de canalizare	30
4.2.7 Statii de pompare	32
4.2.7.1 Amplasament statii de pompare	32
3.2.7.2 Componentele statiilor de pompare	33
5. Retele de canalizare în sistem vacuumat	35
5.1 Elemente componente	35
5.2 Prevederi de proiectare	38
5.2.1 Racorduri gravitationale la căminele colectoare	38
5.2.2 Cămine de racorduri	39
5.2.3 Retea vacuumată	39
5.2.3.1 Debite, diametre, lungimi	39
5.2.3.2 Configuratie, lifturi, pante	40

5.3 Statia de vacuum	41
5.3.1 Recipienti vacuum	41
5.3.2 Pompe de vid	41
5.3.3 Timpul de evacuare a vacuumului	41
5.3.4 Timpul de funcționare zilnică al pompelor de vacuum	42
5.4 Conditionări în alegerea soluției rețelilor de canalizare vacuumate	42
6.Guri de vărsare	42
ANEXE	
Anexa 1	45
Anexa 2	46
Anexa 3	47
Anexa 4	48
PARTEA a II-a: EPURAREA APELOR UZATE	
1. Obiectul normativului	49
1.1 Domeniu de aplicare	49
1.2 Conformarea la normele europene	50
1.3 Reglementări conexe	50
2. Definiții. Tipuri de procedee de epurare	51
2.1 Epurarea mecanică	51
2.2 Epurarea biologică conventională (secundară)	51
2.3 Epurarea avansată	51
2.4 Epurarea terțiară	51
3. Studii privind calitatea apelor uzate	52
3.1 Calitatea apelor uzate influente în stația de epurare	52
3.1.1 Caracteristici fizice	52
3.1.2 Caracteristici chimice	53
3.1.3 Caracteristici biologice și bacteriologice	53
3.2 Metode de determinare	54
3.3 Conținutul studiilor hidrochimice	54
3.4 Indicatori de calitate pentru efluentul stației de epurare	55
4. Debitele și încărcările cu poluanți pentru stația de epurare	58
4.1 Debite de calcul.Definiții	58

4.2	Debite de calcul si verificare	59
4.3	Încărcări cu poluanți ale apelor uzate influente în stațiile de epurare	63
4.3.1	Stații de epurare noi	63
4.3.2	Stații de epurare existente re tehnologizate/extinse	63
5.	Alegerea schemei stației de epurare	65
5.1	Gradul de epurare necesar	65
5.1.1	Treapta de epurare mecanică	66
5.1.2	Epurarea mecano – biologică	66
5.1.3	Epurarea mecano – biologică avansată	67
5.1.4	Epurarea tertială	67
5.1.5	Elemente determinante la stabilirea gradului de epurare	67
5.2	Gradul de epurare necesar privind oxigenul dizolvat	68
6.	Scheme tehnologice stații de epurare	72
6.1	Alegerea schemei stației de epurare	72
6.2	Tipuri de scheme de epurare	73
6.2.1	Epurarea mecano – biologică cu procedee extensive	73
6.2.2	Epurarea mecano – biologică artificială (intensivă)	74
6.2.2.1	Schema generală	74
6.2.2.2	Tehnologii aplicate pentru treapta biologică artificială	74
6.2.2.3	Treapta de epurare tertiară	75
6.2.2.4	Schema tehnologică de epurare pentru eliminarea fosforului	76
6.2.2.4.1	Eliminarea fosforului pe cale biologică	76
6.2.2.4.2	Eliminarea fosforului prin precipitare chimică	77
7.	Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare mecanică	78
7.1	Deversorul amonte de stația de epurare	78
7.1.1	Debitul de calcul al deversorului	78
7.2	Bazinul de retenție	81
7.3	Grătare rare si dese	82
7.3.1	Debite de dimensionare si verificare ale grătarelor	83
7.3.2	Aspecte privind proiectarea grătarelor	83
7.4	Dispozitive pentru măsurarea debitelor de apă uzată din stația de epurare	88
7.4.1	Debite de dimensionare	88

7.5 Deznisipatoare	89
7.5.1 Debite de dimensionare si verificare	89
7.5.2 Parametrii de dimensionare	90
7.5.3 Deznisipator orizontal longitudinal cu sectiune transversală parabolică	91
7.5.4 Deznisipator orizontal tangential	91
7.5.5 Deznisipator cu insuflare de aer	93
7.5.6 Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer	94
7.6 Separatoare de grăsimi	97
7.6.1 Debite de dimensionare si verificare	97
7.6.2 Parametrii de proiectare	98
7.7 Decantarea primară	99
7.7.1 Debite de dimensionare si verificare	100
7.7.2 Parametrii de dimensionare ai decantoarelor primare	101
7.7.3 Decantoare orizontale longitudinale	103
7.7.3.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale	104
7.7.4 Decantoare orizontale radiale	109
7.7.4.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale	110
7.7.5 Decantoare verticale	114
7.7.6 Decantoare cu etaj	117
7.8 Statii de pompare apă uzată	120
7.8.1 Amplasarea statiilor de pompare	121
7.8.2 Parametrii de proiectare	122
7.9 Elemente tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică	129
8. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare biologică	131
8.1 Epurarea biologică în statiile de epurare urbane mici si medii cu o capacitate între 2.000 si 10.000 L.E	131
8.1.1 Epurarea biologică naturală	131
8.1.1.1 Câmpuri de irigare si infiltrare	132
8.1.1.2 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea câmpurilor de irigare si infiltrare	134
8.1.1.3 Iazurile de stabilizare (biologice)	138
8.1.1.4 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea iazurilor biologice	140
8.1.2 Epurarea biologică artificială	141

8.1.2.1 Epurarea biologică artificială cu biomasă fixată – filtre biologice	142
8.1.2.2 Filtre biologice precolatoare (cu picurare) de înălțime redusă	145
8.1.2.3 Filtre biologice precolatoare turn	149
8.1.2.4 Contactori biologici rotativi	150
8.1.2.5 Bazine cu nămol activat – epurare biologică cu biomasă în suspensie	153
8.1.2.6 Parametrii de dimensionare ai bazinelor de aerare	158
8.1.2.6.1 Prevederi generale privind geometria bazinelor cu nămol activat..	165
8.1.2.6.2 Dispozitive de insuflare a aerului	166
8.1.2.7 Bazine cu nămol activat - tehnologii speciale	167
8.1.2.8 Pomparea nămolurilor din stațiile de epurare	172
8.1.2.8.1 Stații de pompare a nămolurilor	172
8.1.2.8.2 Elemente de proiectare a instalațiilor de pompare	174
8.1.2.8.3 Tipuri de pompe utilizate în vehicularea nămolului	175
8.2 Epurarea biologică în stațiile de epurare urbane/ rurale cu o capacitate > 10.000 L.E (epurare avansată)	179
8.2.1 Epurarea biologică artificială	179
8.2.2 Cantități și concentrații de poluanți în apele uzate	182
8.2.2.1 Concentrații ale substanțelor poluante influente în reactorul biologic.	183
8.2.2.2 Cantități de substanță influente în bioreactor	184
8.2.2.3 Cantități de substanță din efluentul stației de epurare	184
8.2.2.4 Cantități de substanță eliminate din sistemul bazin biologic – decantor	185
8.2.3 Dimensionarea reactoarelor biologice	187
8.2.3.1 Debite de dimensionare și verificare	187
8.2.3.2 Vârsta nămolului	187
8.2.3.3 Determinarea volumului zonei de denitrificare	189
8.2.3.4 Eliminarea fosforului din apele uzate urbane	193
8.2.3.5 Calculul cantității de nămol în exces	197
8.2.3.6 Determinarea volumului reactorului biologic	200
8.2.3.7 Calculul capacității de oxigenare	202
8.3 Decantoare secundare	208
8.3.1 Clasificare	208
8.3.2 Parametrii de dimensionare	208
8.3.3 Decantoare secundare orizontale radiale	211

8.3.3.1 Parametrii de dimensionare	216
9. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de tratare a nămolurilor	218
9.1 Clasificarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare	218
9.2 Cantități specifice de nămol	219
9.3 Caracteristicile nămolurilor	220
9.3.1 Caracteristici fizice	220
9.3.1.1 Umiditatea	220
9.3.1.2 Materiile solide	220
9.3.1.3 Greutatea specifică	221
9.3.1.4 Culoarea și mirosul	221
9.3.1.5 Filtrabilitatea	221
9.3.1.6 Puterea calorică	223
9.3.2 Caracteristici chimice	223
9.3.2.1 pH-ul	223
9.3.2.2 Fermentabilitatea	223
9.3.2.3 Metalele grele	224
9.3.2.4 Nutrienții	224
9.3.3 Caracteristici biologice și bacteriologice	225
9.4 Alegerea schemei de prelucrare a nămolurilor	225
9.4.1 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă într-o singură treaptă	227
9.4.2 Schema de prelucrare a nămolurilor cu îngroșare independentă a nămolului primar și a celui în exces și fermentare anaerobă într-o singură treaptă	229
9.4.3 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă în 2 trepte	230
9.4.4 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și fermentare anaerobă într-o singură treaptă	231
9.4.5 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și stabilizare aerobă	232
9.4.6 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stațiile de epurare fără decantor primar	233
9.4.7 Bilanțul de substanță pe linia nămolului	234
9.4.7.1 Bazinul de amestec și omogenizare	234
9.4.7.2 Concentratoarele de nămol	236
9.4.7.3 Fermentarea anaerobă într-o singură treaptă	238
9.4.7.4 Fermentarea anaerobă a nămolului în două trepte	240

9.4.7.5 Stabilizatorul de nămol	243
9.4.7.6 Deshidratarea nămolului	245
9.5 Prelucrarea preliminară a nămolurilor	247
9.5.1 Sitarea nămolurilor	247
9.5.2 Măruntirea nămolurilor	247
9.5.3 Conditionarea chimică a nămolurilor	248
9.5.3.1 Reactivi minerali	248
9.5.3.2 Polielectroliti sintetici	249
9.6 Concentrarea nămolurilor	251
9.6.1 Concentrarea gravitațională a nămolurilor	252
9.6.1.1 Parametrii de proiectare ai concentratoarelor gravitaționale de nămol	254
9.6.2 Concentrarea nămolurilor prin procedeul de flotatie cu aer dizolvat	257
9.6.2.1 Proiectarea sistemelor de flotatie cu aer dizolvat	258
9.6.3 Centrifugarea nămolurilor	260
9.6.3.1 Date de bază pentru proiectare	262
9.7 Stabilizarea nămolurilor din stațiile de epurare urbane/ rurale	264
9.7.1 Stabilizarea (fermentarea) anaerobă	264
9.7.1.1 Factori ce influențează fermentarea anaerobă	265
9.7.1.1.1 Materiile solide și timpul de retenție hidraulic	265
9.7.1.1.2 Temperatura	265
9.7.1.1.3 pH – ul	265
9.7.1.1.4 Substanțe toxice	266
9.7.1.1.5 Aplicarea fermentării anaerobe	266
9.7.1.1.6 Soluții pentru procesele de fermentare	267
9.7.1.2 Dimensionarea tehnologică a rezervoarelor de fermentare a nămolului	269
9.7.1.2.1 Colectarea și stocarea biogazului	272
9.7.1.2.2 Necesarul de reactivi chimici	273
9.7.1.2.3 Construcția rezervoarelor de fermentare	273
9.7.1.2.4 Alte elemente tehnologice ale rezervoarelor de fermentare anaerobe	274
9.7.2 Stabilizarea aerobă	275
9.7.2.1 Dimensionarea tehnologică	276
9.7.2.2 Stabilizarea cu var	278

9.8 Deshidratarea nămolurilor	279
9.8.1 Deshidratarea naturală	279
9.8.2 Deshidratarea mecanică	280
9.8.2.1 Deshidratarea prin centrifugare	280
9.8.2.2 Deshidratarea cu filtre bandă	281
9.8.2.3 Deshidratarea cu filtre presă	283
9.9 Tehnologii de prelucrare avansată a nămolurilor	287
9.9.1 Compostarea nămolurilor	287
9.9.1.1 Etapele procesului	287
9.9.1.2 Desfășurarea procesului	288
9.9.1.3 Balanta energetică	289
9.9.1.4 Raportul carbon / azot	289
9.9.1.5 Controlul temperaturii Si aerarea	290
9.9.1.6 Reducerea agentilor patogeni	290
9.9.1.7 Maturarea	291
9.9.1.8 Uscarea	291
9.9.1.9 Elemente de proiectare a sistemelor de compostare	291
9.9.2 Uscarea nămolurilor	294
9.9.2.1 Uscătoare rotative tubulare	296
9.9.2.2 Bilantul termic	297
9.9.2.3 Alegerea solutiei de uscare/incinerare a nămolurilor din statiile de epurare	302
9.9.2.3.1 Elemente generale	302
9.9.2.3.2 Mărimea SEAU	303
9.9.2.3.3 Folosirea nămolurilor în agricultură	305

CONSTRUIREA CURBELOR IDF (Intensitate – Durata – Frecventa)

1. Consideratii generale	310
2. Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitatiile maxime anuale de durată D	312
3. Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitatiile de durată D peste un anumit prag	312
4. Determinarea precipitatiilor în puncte fără măsurători	313
4.1. Ponderarea cu inversul pătratului distantei față de statiile cele mai apropiate	314

4.2. Analiza variabilității regionale a parametrilor statistici	314
5. Repartitii statistice utilizate	315
5.1. Distribuția Gumbel (EVI)	315
5.2. Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV)	317
5.3. Distribuția Pareto Generalizată (GPD)	318
 EXECUTAREA, EXPLOATAREA SI MONITORIZAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE	
1. Prevederi legislative	321
2. Materiale utilizate în realizarea lucrărilor de canalizare	321
3. Proiectul tehnologic	323
4. Executarea lucrărilor rețelei de canalizare	324
4.1. Considerații generale privind organizarea execuției lucrărilor de canalizare	324
4.2. Trasarea lucrărilor pe teren și pregătirea traseului	324
4.2.1. Trasarea canalului	324
4.2.2. Desfacerea pavajelor	324
4.2.3. Executarea săpăturilor	324
4.2.4. Sprijinirea tranșeelor	325
4.2.5. Epuismente	325
4.2.6. Pozarea tuburilor și executarea colectoarelor	325
4.2.7. Executarea umpluturilor	326
5. Executarea lucrărilor stației de epurare	326
5.1. Lucrări de organizare	326
5.2. Amenajarea terenului pentru statia de epurare	326
5.3. Trasarea pozitiei statiei de epurare	326
5.4. Execuția lucrărilor de construcții pentru statia de epurare	326
6. Măsurile pentru asigurarea calității lucrărilor	330
7. Recepția lucrărilor	330
8. Exploatarea lucrărilor de canalizare	331
8.1. Elaborarea Regulamentului de Exploatare si Întretinere	331
8.2. Conținutul cadru al regulamentului de exploatare si întreținere	332
8.3. Indicatori de performanță pentru statiile de epurare a apelor uzate	332
9. Măsurile de protecția muncii și a sănătății populației	334
9.1. Măsurile de protecția și securitatea muncii la executarea, exploatarea și întreținerea sistemului de canalizare	334
9.2. Măsurile de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de pompare	335
9.3. Măsurile de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de epurare	335
9.4. Protecția sanitară	336
9.5. Măsurile de protecție contra incendiului	337
 Bibliografie	 338

PROIECTAREA SISTEMELOR DE ALIMENTĂRI CU APĂ

CUPRINS

1. Date generale	1
1.1 Elemente componente și rolul acestora	1
1.2 Criterii de alegere a schemei	2
1.2.1 Sursa de apă	2
1.2.2 Relieful și natura terenului	3
1.2.3 Calitatea apei sursei	3
1.2.4 Mărimea debitului (cantitățile de apă furnizate – vehiculate de schemă).....	3
1.2.5 Condiții tehnico-economice	3
1.3 Criterii de alegere a schemei de alimentare cu apă	3
1.4 Debite de dimensionare și verificare pentru obiectele sistemului de alimentare cu apă	5
1.5 Calitatea apei sursei	8
1.5.1 Surse subterane	8
1.5.2 Surse de suprafață	9
1.6 Analiza evoluției sistemului de alimentare cu apă	12
2. Captarea apei	14
2.1 Captarea apei din sursă subterană	14
2.1.1 Tipuri de captări și domeniul de aplicare	14
2.1.2 Studiile necesare pentru elaborarea proiectului captării	18
2.1.2.1 Studiul hidrogeologic	18
2.1.2.2 Studiul topografic	22
2.1.2.3 Studiul hidrochimic	22
2.1.3 Proiectarea captărilor cu puțuri forate	24
2.1.3.1 Debitul de calcul al captării	24
2.1.3.2 Debitul maxim al unui puț forat.....	24
2.1.3.3 Numărul de puțuri forate.....	26
2.1.3.4 Lungimea frontului de captare, distanța între puțuri	26
2.1.3.5 Determinarea influenței între puțuri	27
2.1.3.6 Protecția sanitară a captărilor din apă subterană	28
2.1.3.7 Sistemul de colectare a apei din puțuri	30
2.1.3.8 Alte prevederi	33

2.1.4 Proiectarea captării cu dren	34
2.1.4.1 Aplicare	34
2.1.4.2 Studii necesare	34
2.1.4.3 Stabilirea elementelor drenului	34
2.1.4.4 Stabilirea secțiunilor drenului	35
2.1.4.5 Filtrul invers	36
2.1.4.6 Evitarea infiltrațiilor în dren de la suprafață prin zona de umplutură	36
2.1.4.7 Elemente constructive	36
2.1.4.8 Zona de protecție sanitară	37
2.1.5 Captarea izvoarelor	40
2.1.5.1 Studii necesare pentru captarea izvoarelor	40
2.1.5.2 Condiționări privind captarea izvoarelor	41
2.1.5.3 Construcția captărilor din izvoare	41
2.1.6 Tipuri special de captări din apă subterană	43
2.1.6.1 Captări din strate acvifere cu apă infiltrată prin mal	43
2.1.6.2 Îmbogățirea stratelor de apă subterană	43
2.2 Captarea apei din surse de suprafață	45
2.2.1 Tipuri de captări și domeniul de aplicare	45
2.2.1.1 Clasificare: tipuri de captări	45
2.2.1.2 Alegerea amplasamentului captării. Criterii	45
2.2.1.3 Alegerea tipului de captare. Criterii	46
2.2.2 Studii necesare pentru elaborarea proiectului captării	50
2.2.2.1 Studiul topografic	50
2.2.2.2 Studiul geomorfologic	51
2.2.2.3 Studiul geologic și geotehnic	51
2.2.2.4 Studiul climatologic și meteorologic	51
2.2.2.5 Studiul hidrologic	52
2.2.2.6 Studiul hidrochimic și de tratabilitate	52
2.2.2.7 Studiul de impact și studiul de siguranță	53
2.2.3 Soluțiile tehnice pentru captări din râuri	54
2.2.3.1 Captări în albie: crib și stație de pompare în mal	54
2.2.3.2 Captare în mal cu stație de pompare încorporată	58
2.2.3.3 Captări plutitoare	62
2.2.3.4 Captări din lacuri	64

2.2.3.4.1 Priza în aval de baraj	64
2.2.3.4.2 Prize în corpul barajului	64
2.2.3.4.3 Captări în lac	66
2.2.3.5 Captare cu baraj de derivație	66
2.2.3.6 Captare pe creasta pragului deversor	69
2.2.3.7 Captări în condiții speciale (dren în mal, și/sau sub albie)	70
3. Stații de tratare a apei	71
3.1 Obiectul stației de tratare	71
3.2 Criterii de alegere a filierei tehnologice a stației de tratare	73
3.2.1 Studii hidrochimice și de tratabilitate pentru apa sursei	74
3.2.1.1 Compuși chimici cu efecte asupra sănătății umane	74
3.2.1.2 Conținutul studiilor de tratabilitate	78
3.2.1.3 Caracteristicile principale ale reactivilor utilizați în tratarea apei	79
3.2.1.4 Determinarea dozelor de reactivi de coagulare utilizați în tratarea apei ..	83
3.2.1.4.1 Metodologia de efectuare a testelor de coagulare – floclare de laborator	83
3.2.1.4.2 Determinarea dozelor necesare de acid sulfuric, respectiv acid clorhidric	86
3.2.1.4.3 Determinarea caracterului coroziv al apei și a dozelor de reactivi pentru echilibrarea pH-ului	87
3.2.1.4.4 Determinarea dozelor de reactivi pentru corecția pH-ului	90
3.2.1.4.5 Determinarea dozelor de reactivi de oxidare	90
3.2.2 Calitatea apei cerută de utilizatori	93
3.2.3 Siguranța proceselor de tratare	93
3.2.3.1 Conformarea proceselor existente la schimbările de norme sau de calitate a apei la sursă.....	94
3.2.3.2 Fiabilitatea proceselor de tratare	94
3.2.3.3 Capacitatea tehnică a operatorului pe baza tehnologiei disponibile	94
3.2.4 Impactul asupra mediului înconjurător	94
3.3 Clasificarea stațiilor de tratare	95
3.4 Scheme tehnologice ale stațiilor de tratare particularizate pe tipuri de sursă	97
3.4.1 Stații de tratare pentru surse subterane	97
3.4.1.1 Schema S1 – apă subterană ușor tratabilă	97
3.4.1.2 Schema S2 – apă subterană cu tratabilitate normală	98
3.4.1.3 Schema S3 – apă subterană greu tratabilă	100
3.4.2 Stații de tratare cu surse de suprafață tip lac	103

3.4.2.1 Schema L1 – apă de lac ușor tratabilă	103
3.4.2.2 Schema L2 – apă de lac cu tratabilitate normală	106
3.4.2.3 Schema L3 – apă de lac greu tratabilă	109
3.4.3 Stații de tratare cu surse de suprafață tip râu	112
3.4.3.1 Schema R1 – apă de râu ușor tratabilă	112
3.4.3.2 Schema R2 – apă de râu cu tratabilitate normală	115
3.4.3.3 Schema R3 – apă de râu greu tratabilă	118
3.5 Proiectarea proceselor din stațiile de tratare	121
3.5.1 Deznisipare și predecantare	121
3.5.1.1 Deznisipatoare orizontale	121
3.5.1.2 Predecantoare. Decantoare statice	126
3.5.1.2.1 Domeniul de aplicare	126
3.5.1.2.2 Proiectarea decantoarelor statice	126
3.5.1.2.3 Stabilirea mărimii hidraulice w “in situ”	126
3.5.1.3 Predecantoare orizontale longitudinale	127
3.5.1.4 Predecantoare orizontal radiale	130
3.5.1.5 Predecantoare verticale	131
3.5.2 Pre – oxidare, oxidare, post – oxidare	133
3.5.2.1 Pre – oxidarea	133
3.5.2.1.1 Ozonul (O_3)	134
3.5.2.1.2 Dioxidul de clor (ClO_2)	135
3.5.2.2 Post – oxidarea	136
3.5.3 Coagulare – floculare	136
3.5.3.1 Coeficientul de coeziune al nămolului.....	139
3.5.4 Limpezirea apei prin decantare	141
3.5.4.1 Proiectarea tehnologică a decantoarelor lamelare	141
3.5.4.1.1 Dimensionarea decantoarelor lamelare	142
3.5.4.1.2 Prevederi constructive pentru construcțiile de coagulare – floculare și decantare	145
3.5.4.2 Alte tipuri de tehnologii de limpezire a apei prin decantare	146
3.5.4.2.1 Decantoare cu pulsație	146
3.5.4.2.2 Decantoare cu recirculare nămol	147
3.5.4.2.3 Decantoare cu floculare balastată și recirculare nămol	148
3.5.5 Limpezirea apei prin procedeul de flotație	149

3.5.6 Filtre rapide de nisip	151
3.5.6.1 Elemente componente	151
3.5.6.2 Caracteristici principale ale stației de filtre	151
3.5.6.3 Metode de filtrare	152
3.5.6.4 Schema generală a unui filtru rapid	152
3.5.6.5 Materialul filtrant	159
3.5.6.6 Rezervor de apă de spălare	160
3.5.6.7 Stația de pompare apă de spălare, stația de suflante	161
3.5.6.8 Conducerea procesului de filtrare	162
3.5.7 Filtre rapide sub presiune	163
3.5.7.1 Elemente componente	163
3.5.7.2 Proiectarea filtrelor rapide sub presiune	164
3.5.8 Filtre lente	166
3.5.8.1 Elemente componente	166
3.5.8.2 Proiectarea filtrelor lente	167
3.5.8.3 Condiționări ale filtrelor lente	168
3.5.9 Limpezirea apei prin filtrare pe membrane	169
3.5.9.1 Aplicarea și proiectarea instalațiilor cu membranele UF în stațiile de tratare pentru producerea apei potabile	171
3.5.9.2 Schema tehnologică pentru sistemele UF	171
3.5.9.3 Condiționări privind tehnologia limpezirii apei prin filtrare pe membrane UF	172
3.5.10 Procese de adsorbție prin utilizarea cărbunelui activ	173
3.5.10.1 Aplicare	173
3.5.10.2 Proiectarea sistemelor de adsorbție pe cărbune activ	173
3.5.10.3 Sisteme cu CAG (cărbune activ granular)	174
3.5.11 Stații de reactivi	176
3.5.11.1 Stații de reactivi cu stocare și dozare uscată	176
3.5.11.1.1 Dimensionare depozit reactiv uscat	177
3.5.11.1.2 Dimensionare dozator uscat și transportor	178
3.5.11.1.3 Dimensionare bazine de preparare și dozare	179
3.5.11.1.4 Pompe dozatoare	180
3.5.11.2 Stații de reactivi cu stocare și dozare lichidă	181
3.5.11.2.1 Dimensionare recipient de stocare reactiv	181
3.5.11.2.2 Dimensionare bazine de preparare și dozare	182

3.5.11.2.3 Pompe dozatoare	182
3.5.11.3 Prepararea și dozarea polimerului	183
3.5.11.3.1 Considerente de proiectare	183
3.5.11.3.2 Depozitarea stocului de polimer	183
3.5.11.3.3 Bazine de preparare și dozare	184
3.5.11.3.4 Pompe dozatoare.....	185
3.5.11.4 Prepararea și dozarea cărbunelui activ pudră (CAP).....	186
3.5.11.4.1 Considerente de proiectare	186
3.5.11.4.2 Depozitul de cărbune activ pudră	186
3.5.11.4.3 Alimentare și transport	187
3.5.11.4.4 Bazin de preparare și dozare	187
3.5.11.4.5 Pompe dozatoare	187
3.5.11.5 Prepararea și dozarea apei de var	188
3.5.11.5.1 Considerente de proiectare	188
3.5.11.5.2 Siloz pentru var pulbere	188
3.5.11.5.3 Alimentare și transport	189
3.5.11.5.4 Bazin preparare-dozare	189
3.5.11.5.5 Pompe dozatoare	189
3.5.11.6 Elemente generale privind realizarea stațiilor de reactivi	190
3.5.12 Stații de clor	192
3.5.12.1 Doze de clor	193
3.5.13 Recuperarea apelor tehnologice din stația de tratare	197
3.5.13.1 Bazine-decantor	197
3.5.13.2 Nămolul reținut în bazinele decantor	198
4. Rezervoare	199
4.1 Rolul rezervoarelor în sistemul de alimentare cu apă	199
4.1.1 Clasificarea rezervoarelor	199
4.1.2 Amplasarea rezervoarelor	200
4.2 Proiectarea construcțiilor de înmagazinare a apei	203
4.2.1 Capacitatea rezervoarelor	203
4.2.1.1 Volumul de compensare (V_{comp})	203
4.2.1.2 Volumul de avariei (V_{av})	205
4.2.1.3 Rezerva intangibilă de incendiu (V_i)	206
4.2.2 Configurația plană a rezervoarelor pe sol	207

4.2.3 Elementele constructive și tehnologice pentru siguranța rezervoarelor	208
4.2.3.1 Izolarea rezervoarelor	208
4.2.3.2 Instalația hidraulică a rezervoarelor	209
4.2.3.3 Instalația de iluminat și semnalizare	212
4.2.3.4 Instalațiile de ventilație	212
4.2.3.5 Etanșeitatea rezervoarelor	212
4.2.3.6 Verificarea etanșeității rezervoarelor	212
4.3 Dezinfectarea rezervoarelor de apă potabilă	213
4.4 Castele de apă	214
4.4.1 Rolul castelelor de apă în sistemul de alimentare cu apă	214
4.4.2 Elementele constructive și tehnologice ale castelelor de apă	214
4.4.3 Izolarea castelelor de apă	215
4.4.4 Instalația hidraulică a castelelor de apă	215
4.4.5 Instalațiile de iluminat și semnalizare	216
4.4.6 Complex rezervor subteran – castel de apă	216
5. Rețele de distribuție	218
5.1 Tipuri de rețele	218
5.1.1 Clasificare după configurația în plan a conductelor	218
5.1.2 Clasificare după schema tehnologică de alimentare a rețelei.....	218
5.1.3 Clasificare după presiunea asigurată în rețea în timpul incendiului	218
5.1.4 Clasificare după valoarea presiunii	219
5.2 Proiectarea rețelelor de distribuție	220
5.2.1 Forma rețelei	220
5.2.2 Debite de dimensionare a rețelei	221
5.2.3 Calculul hidraulic al conductelor rețelei	223
5.2.4 Asigurarea presiunii în rețea	225
5.2.4.1 Rețeaua de joasă presiune	225
5.3 Dimensionarea rețelelor de distribuție	227
5.3.1 Dimensionarea rețelei ramificate	227
5.3.1.1 Determinarea debitelor de calcul pe tronsoane	228
5.3.1.2 Verificarea rețelei ramificate	230
5.3.2 Dimensionarea rețelei inelare	230
5.3.2.1 Elemente generale	230

5.3.2.2 Elemente privind elaborarea unui model numeric de calcul pentru rețele de distribuție inelare	231
5.3.2.3 Proiectarea rețelelor de distribuție inelare pentru siguranța în exploatare	233
5.3.2.4 Verificarea rețelei inelare	234
5.4 Construcții anexe în rețeaua de distribuție	236
5.4.1 Cămine de vane	236
5.4.2 Cămine cu armături de golire	236
5.4.3 Cămine de ventil de aerisire – dezaerisire	236
5.4.4 Compensatori de montaj, de dilatare, de tasare	236
5.4.5 Hidranți de incendiu	237
5.5 Balanța cantităților de apă în rețelele de distribuție	239
5.5.1 Balanța de apă și determinarea apei care nu aduce venit (NRW – Non – Reveneue Water)	239
5.5.2 Indicatori de performanță	239
6. Aducțiuni	242
6.1 Aducțiuni. Clasificare	242
6.1.1 Aducțiuni gravitaționale sub presiune	242
6.1.2 Aducțiuni gravitaționale funcționând cu nivel liber	242
6.1.3 Aducțiuni cu funcționare prin pompare	243
6.1.4 Criterii generale de alegere a schemei hidraulice pentru aducțiuni	244
6.2 Studiile necesare pentru elaborarea proiectului aducțiunii	245
6.2.1 Studii topografice	245
6.2.2 Studii geologice și geotehnice	245
6.2.3 Studii hidrochimice	246
6.3 Proiectarea aducțiunilor	247
6.3.1 Stabilirea traseului aducțiunii	247
6.3.2 Dimensionarea secțiunii aducțiunii	250
6.3.2.1 Calculul hidraulic al aducțiunii	250
6.3.2.1.1 Calculul hidraulic al aducțiunii gravitaționale sub presiune	250
6.3.2.1.2 Calculul hidraulic al aducțiunii gravitaționale cu nivel liber	254
6.3.2.1.3 Calculul hidraulic al aducțiunii funcționând prin pompare	256
6.3.3 Siguranța operării aducțiunii	259
6.3.3.1 Aducțiuni din 2 fire legate cu bretele	259
6.3.3.2 Aducțiune cu 1 fir și rezervă de avarie.....	260
6.3.3.3 Comparăția soluțiilor	260

6.3.4 Materiale pentru realizarea aducțiunii	261
6.3.5 Construcții anexe pe aducțiune	263
6.3.5.1 Cămine	263
6.3.5.1.1 Cămine de vană de linie	263
6.3.5.1.2 Cămine de golire	263
6.3.5.1.3 Cămine de ventil	264
6.3.5.2 Traversările cursurilor de apă și căilor de comunicație	265
6.3.5.2.1 Traversarea cursurilor de apă	265
6.3.5.2.2 Traversarea căilor de comunicație	266
6.3.5.2.3 Traversări aeriene de văi (râuri)	267
6.3.5.3 Proba de presiune a conductelor	267
6.3.5.4 Masive de ancoraj	270
6.3.5.5 Măsuri de protecție sanitară	272
7. Stații de pompare	273
7.1 Elemente generale	273
7.2 Alcătuirea stațiilor de pompare	273
7.3 Parametri caracteristici în funcționarea stațiilor de pompare	274
7.4 Selectarea pompelor	277
7.4.1 Elemente generale	277
7.4.2 Echipare puțuri	278
7.4.3 Pompe air-lift (Mamut) pentru deznisiparea puțurilor	279
7.4.4 Stații de pompare pentru captări din surse de suprafață	280
7.4.5 Stații de pompare pentru aducțiuni	281
7.4.6 Stații de pompare pentru rețele de distribuție apă potabilă	282
7.5 Instalații hidraulice la stațiile de pompare	284
7.5.1 Date generale	284
7.5.2 Conducta de aspirație	284
7.5.3 Conducta de refulare	285
7.6 Determinarea punctului de funcționare al stațiilor de pompare	286
7.7 Determinarea cotei axului pompei	287
7.8 Reabilitarea stațiilor de pompare	288
7.9 Instalații de automatizare și monitorizare	288
Bibliografie.....	290

PROIECTAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ

1. Date generale

Definiție: sistemul de alimentare cu apă este complexul de lucrări ingineresti prin care se asigură prelevarea apei din mediul natural, corectarea calității, înmagazinarea, transportul și distribuția acesteia la presiunea, calitatea și necesarul solicitat de utilizator.

Obiectiv: asigurarea permanentă a apei potabile sanogene pentru comunități umane inclusiv instituții publice și agenți economici de deservire a comunității.

Unele sisteme au ca obiectiv asigurarea apei de calitate definitivă pentru alți utilizatori: platforme industriale, complexe pentru creșterea animalelor și alte activități industriale și agricole.

1.1 Elemente componente și rolul acestora

Reprezentarea schematică a obiectelor componente ale unui sistem de alimentare cu apă, cu păstrarea ordinii tehnologice se definește ca fiind schema sistemului de alimentare cu apă.

Schema unui sistem de alimentare cu apă se adoptă din numeroase variante posibile pe baza conceptului că cea mai bună schemă este definită de complexul de lucrări care:

- asigură timp îndelungat calitatea și necesarul de apă în condiții de siguranță privind sănătatea utilizatorilor la costuri suportabile;
- prezintă fiabilitatea necesară pentru a se adopta pe termen scurt și lung modificărilor de calitate a apei la sursă, modificărilor necesarului și cerinței de apă, extinderii și perfecționării tehnologiilor.

Schema unui sistem de alimentare cu apă se proiectează pentru o perioadă lungă de timp (minim 50 de ani).

Schema generală a unui sistem de alimentare cu apă se prezintă în figura 1.1.

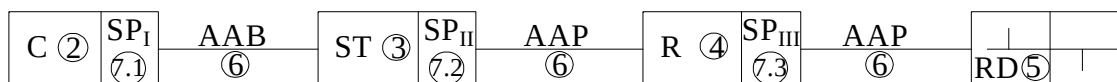


Figura 1.1. Schema generală sistem de alimentare cu apă (poziția 1).

- ② C: captare; asigură prelevarea apei din sursă: complexitatea lucrărilor este determinată de tipul sursei.

- ③ ST: stația de tratare; este un complex de lucrări în care pe baza proceselor fizice, chimice și biologice se aduce calitatea apei captate la calitatea apei cerute de utilizator.

Stațiile de tratare se bazează pe tehnologii și sunt susceptibile permanent de necesitatea perfecționării datorită deteriorării calității apei surselor și progresului tehnologic.

- ④ R: rezervoare; asigură înmagazinarea apei pentru: compensarea orară/zilnică a consumului, combaterea incendiului, operare în cazul avariilor amonte de rezervoare.
- ⑤ RD: rețea de distribuție; asigură transportul apei de la rezervor la branșamentele utilizatorilor la presiunea, calitatea și necesarul solicitat.
- ⑥ AAB, AAP: aducțiuni de apă brută (de sursă) sau potabilă; asigură transportul apei gravitațional sau prin pompare, cu nivel liber sau sub presiune între obiectele schemei sistemului de alimentare cu apă până la rezervor.
- ⑦ SP: stații de pompare; necesare în funcție de configurația profilului schemei; asigură energia necesară transportului apei de la cote inferioare la cote superioare.

Notă: Toate capitolele din prezentul Normativ vor avea numărul din schema generală a sistemului de alimentare cu apă (figura 1.1).

1.2 Criterii de alegere a schemei

Criteriile sunt determinate de factorii care pot influența alegerea schemei. Factorii de care depinde alegerea schemei sunt prezentați în cele ce urmează.

1.2.1 Sursa de apă

Se vor efectua studii complete privind sursele posibile care se vor lua în considerație conform cu capitolul 2.

Principalele elemente care trebuie stabilite sunt:

- siguranța sursei: debit asigurat, menținerea calității apei în limite normale în timp;
- amplasarea sursei în corelație cu amplasamentul utilizatorului și factorii de risc privind poluarea sau situațiile extreme (viituri, secetă, seisme).

Pentru schemele sistemelor de alimentare cu apă a comunităților umane vor fi preferate sursele subterane.

1.2.2 Relieful și natura terenului

Relieful și natura terenului pe care sunt distribuite obiectele schemei sistemului de alimentare cu apă influențează transportul apei, tipul construcțiilor pentru aducțiuni, rezervoarele, stațiile de pompare.

Se vor alege cu precădere schemele în care se poate asigura transportul gravitațional, existența terenurilor stabile pe configurația schemei, existența căilor de comunicație și un număr redus de lucrări de artă.

1.2.3 Calitatea apei sursei

Trebuie să îndeplinească condițiile impuse în studiile de tratabilitate cap. 1 § 1.5 și cap. 3 § 3.2.1.

1.2.4 Mărimea debitului (cantitățile de apă furnizate-vehiculate de schemă)

Analiza și rezolvările schemei trebuie să țină seama de numărul persoanelor afectate și/sau pagubele care pot apare în cazul defecțiunilor sistemului.

1.2.5 Condiții tehnico-economice

Este obligatoriu să se efectueze o analiză tehnico-economică și de risc pentru mai multe variante de scheme a sistemului de alimentări cu apă.

Se va adopta schema care:

- prezintă cei mai buni indicatori la cost specific apă (Lei/m^3), energie specifică (kWh/m^3) în secțiunea branșamentului utilizatorului;
- asigură risc minor din punct de vedere al fiabilității și siguranței în furnizarea continuă a apei de calitate;
- satisface în cele mai bune condiții cerința socială;
- adoptă cele mai noi tehnologii pentru toate materialele și procesele schemei sistemului de alimentare cu apă.

1.3 Criterii de alegere a schemei de alimentare cu apă

C_1 – condițiile locale: surse existente, relief, natura terenului, poziția și configurația amplasamentului.

C_2 – numărul de persoane afectate, risc minor, siguranță în asigurarea calității apei și necesarului de apă.

C_3 – costuri specifice ($\text{Lei/m}^3 \text{ apă}$)_{min} și energie (kWh/m^3)_{min} corelate cu cele mai bune tehnologii adoptate.

C_4 – criterii speciale: asigurarea apei pentru toți utilizatorii.

În figurile 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 se prezintă diferite tipuri de scheme în funcție de configurația terenului, sursă, mărimea debitului.

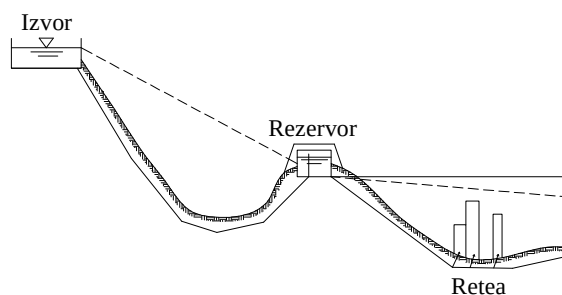


Figura 1.2. Scheme de alimentare cu apă în zone de munte.

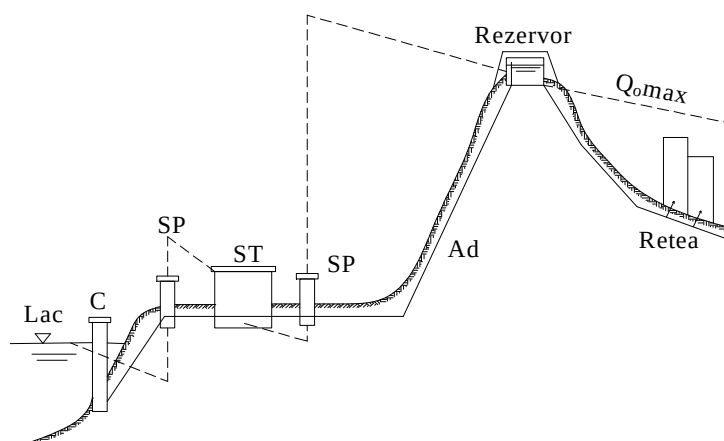


Figura 1.3. Schemă de alimentare cu apă în zone de deal.

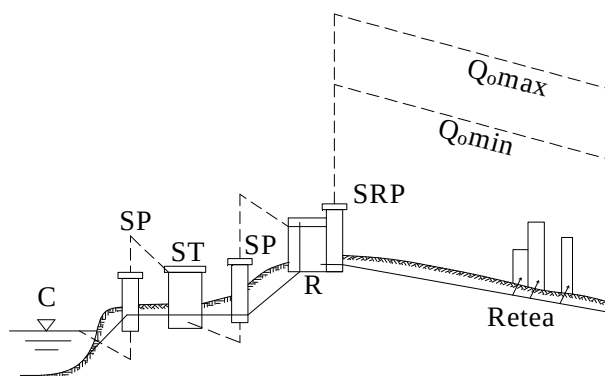


Figura 1.4. Schemă de alimentare cu apă în zone de șes (apă de suprafață).

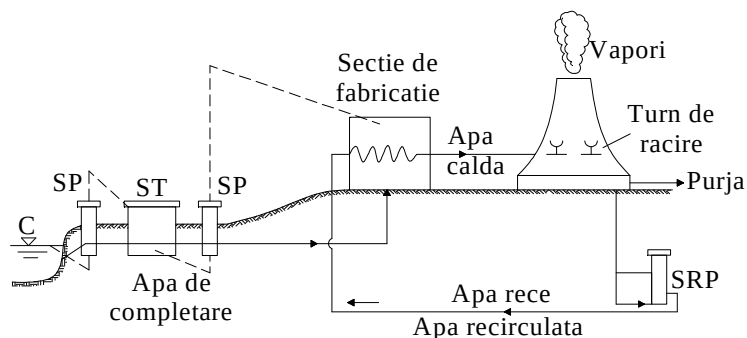


Figura 1.5. Schemă de alimentare cu apă industrială (în circuit închis).
SP – stație de pompare; ST – stație de tratare; C – captare; Ad – aducțiune; SRP – stație repompare.

1.4 Debite de dimensionare și verificare pentru obiectele sistemului de alimentare cu apă

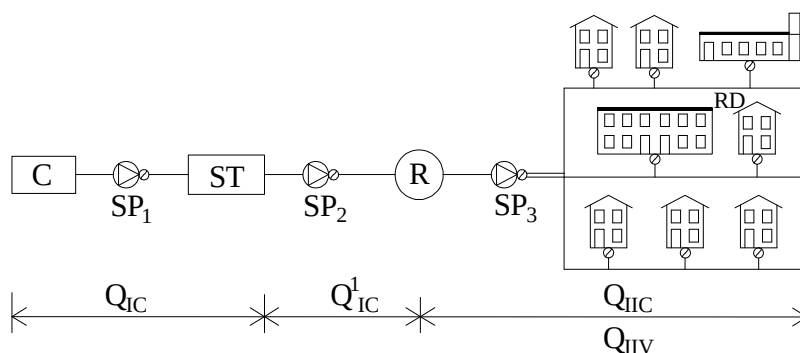


Figura 1.6. Debite de dimensionare și verificare pentru obiectele sistemului de alimentare cu apă.
C – captare; ST – stație tratare; R – rezervor; RD – rețea de distribuție; SP₁, SP₂, SP₃ – stații pompare.
⊗ – debitmetru/apometru.

- a) Toate obiectele și elementele schemei sistemului de alimentare cu apă de la captare la ieșirea din stația de tratare se dimensionează la:

$$Q_{IC} = K_p \cdot K_s \cdot (Q_{zi\ max} + Q_{RI}) \quad (m^3/zi) \quad (1.1)$$

unde:

K_p – coeficient de majorare a necesarului de apă pentru a ține seama de volumele de apă care nu aduc venit (NRW); se va adopta: $K_p = 1,25$ pentru sisteme reabilitate (după implementare lucrări); $K_p = 1,10$ pentru sisteme noi, valoarea exactă se va stabili conform balanței de apă;

K_s – coeficient de servitute pentru acoperirea necesităților proprii ale sistemului de alimentare cu apă: în uzina de apă, spălare rezervoare, spălare rețea distribuție; se va adopta $K_s \leq 1,05$;

$Q_{zi \max}$ este suma cantităților de apă maxim zilnice, în m^3/zi , pentru acoperirea integrală a necesarului de apă; se stabilește conform SR 1343-1/2006.

Q_{RI} – debitul de refacere a rezervei intangibile de incendiu; se stabilește conform SR 1343-1/2006.

b) Toate obiectele schemei sistemului de alimentare cu apă între stația de tratare și rezervoarele de înmagazinare (sistemul de aducțiuni) se dimensionează la debitul:

$$Q_{IC}^I = Q_{IC}/K_s \quad (m^3/zi) \quad (1.2)$$

c) Rezervoarele de înmagazinare vor asigura:

- rezervă protejată – volumul rezervei intangibile de incendiu;
- volumul de compensare orară și compensare zilnică pe perioada săptămânii;
- rezervă protejată – volumul de avarii pentru situațiile de întrerupere a alimentării rezervoarelor.

Volumul minim al rezervoarelor trebuie să reprezinte 50% din consumul mediu, care trebuie să fie asigurat de către operatorii care exploatează sisteme centralizate de alimentare cu apă, conform Legii 98/1994.

În situația în care configurația terenului permite, rezervoarele vor asigura și presiunea în rețeaua de distribuție.

d) Toate elementele componente ale schemei sistemului de alimentare cu apă aval de rezervoare se dimensionează la debitul:

$$Q_{IIC} = K_p \cdot Q_{or \max} + K_p \cdot \sum_{j=1}^n n_j \cdot Q_{ii} \quad (m^3/h) \quad (1.3)$$

unde:

Q_{IIC} – debit de calcul pentru elementele schemei sistemului de alimentare cu apă aval de rezervoare;

$Q_{or \max}$ – reprezintă valoarea necesarului maxim orar (m^3/h);

$n_j Q_{ii}$ – numărul de jeturi și debitele hidranților interiori (Q_{ii}) pentru toate incendiile teoretic simultane (n).

În cazul rețelei cu mai multe zone de presiune debitul $n_j Q_{ii}$ se calculează pentru fiecare zonă cu coeficienții de variație orară (K_{or}) adecvați și debitul $n_j Q_{ii}$ funcție de dotarea clădirilor cu hidranți interiori.

e) Verificarea rețelei de distribuție se face pentru 2 situații distincte:

- funcționarea în cazul stingerii incendiului folosind hidrantul interior cu cel mai mare debit și hidranți exteriori pentru celelalte (n-1) incendii;
- funcționarea rețelei în cazul combaterii incendiului de la exterior utilizând numai hidranții exteriori pentru toate cele n incendii simultane.

Verificarea rețelei la funcționarea hidranților exteriori trebuie să confirme că în orice zonă de presiune unde apar cele n incendii teoretic simultane și este necesar să se asigure în rețea (la hidranții în funcțiune):

- minim 7 m col. H₂O pentru rețele (zone de rețea) de joasă presiune la debitul:

$$Q_{IIV} = a \cdot K_p \cdot Q_{or\ max} + 3,6 \cdot n \cdot K_p \cdot Q_{ie} \quad (m^3/h) \quad (1.4)$$

în care:

Q_{IIV} – debitul de verificare;

a – coeficient de reducere a necesarului maxim orar pe perioada combaterii incendiului;

a = 0,7;

n – număr de incendii simultane exterioare;

Q_{ie} – debitul hidranților exteriori (l/s).

Pentru asigurarea funcționării corecte a hidranților interiori trebuie făcută și verificarea ca pentru orice incendiu interior (la clădirile dotate cu hidranți) presiunea de funcționare trebuie să fie asigurată în orice situație, inclusiv când celelalte incendii teoretic simultane sunt stinse din exterior.

$$Q_{IIV} = a \cdot K_p \cdot Q_{or\ max} + 3,6 \cdot K_p \cdot (n_j Q_{ii})_{max} + 3,6 \cdot (n - 1) \cdot K_p \cdot Q_{ie} \quad (m^3/h) \quad (1.5)$$

$(n_j Q_{ii})_{max}$ – cel mai mare incendiu interior care poate apare pe zona sau teritoriul localității.

Pentru localități cu debit de incendiu peste 20 l/s se va prevedea aducțiune dublă între rezervoare și rețea pentru ca în orice situație să existe alimentarea rețelei de distribuție.

1.5 Calitatea apei sursei

Proiectarea sistemelor de alimentare cu apă trebuie să aibă la baza studii hidrochimice și de tratabilitate, în funcție de sursa de apă (subterană, de suprafață).

1.5.1 Surse subterane

Poluanții care pot conduce la dificultăți în procesul de producere a apei potabile sunt:

- azotați
- azotiți;
- azotul amoniacal (amoniu);
- hidrogenul sulfurat;
- fierul;
- manganul.

La alegerea sursei de apă trebuie să se țină seama atât de aspectele cantitative cât și calitative. Determinarea calității sursei de apă trebuie să se realizeze pe o perioadă de timp de cel puțin 1 an prin analize lunare. Analiza calității apei trebuie să furnizeze informații privind caracteristicile fizico-chimice, biologice, bacteriologice și radioactive. Parametrii monitorizați sunt cei din legislația în vigoare privind calitatea apei potabile (Legea 458/2002 modificată și completată de Legea 311/2004). Metodele de analiză vor fi conforme standardelor în vigoare la momentul respectiv.

După analiza rezultatelor determinărilor experimentale sursa se va încadra în una din următoarele categorii (UTCb - Ghid de conformare a uzinelor de apă din România la prevederile legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile):

- sursa slab încărcată;
- sursa cu încărcare medie;
- sursa cu încărcare ridicată.

Tabelul 1.1. Variația parametrilor de calitate ai apei brute pentru cele trei tipuri de surse apă subterană.

Nr. Crt.	Denumire parametru	Sursă slab încărcată	Sursă cu încărcare medie	Sursă cu încărcare ridicată
1	Fier total (mg/l)	0,2 - 2,0	1,0 - 3,0	3,0 - 10,0
2	Mangan (mg/l)	0,05 - 0,5	0,3 - 0,8	0,8 - 1,0
3	Azotați (mg/l)	≤ 50	50 - 80	80 - 120
4	Azotiți (mg/l)	≤ 0,5	0,5-2,0	2,0 - 5,0
5	Amoniu (mg/l)	≤ 0,5	0,5-1,0	1,0 - 2,0
6	Hidrogen sulfurat (mg/l)	≤ 0,1	0,6 - 1,3	1,3 - 2,0

În cazul încadrării sursei în categoriile "sursă cu încărcare medie" respectiv "sursă cu încărcare ridicată" sunt necesare studii de tratabilitate la nivel de laborator și pe instalații pilot pentru alegerea schemei adecvate de tratare. Studiile de tratabilitate vor furniza următoarele date:

- reactivi și doze necesare;
- evaluarea concentrațiilor diferiților subproduși de reacție;
- parametri tehnologici pentru procesele propuse (timp de contact);
- estimare a consumului de energie;
- eficiențe de tratabilitate pentru diferite scheme tehnologice analizate;
- analiza costurilor de investiție și operare pentru diferite scheme tehnologice analizate;
- estimarea cantităților de reziduuri rezultate și elaborarea soluțiilor pentru neutralizarea și valorificarea acestora;

Se menționează faptul că determinarea dozelor de reactivi și a eficienței acestora este obligatoriu să se efectueze prin studii de laborator, dozele stoechiometrice fiind adeseori insuficiente unor reacții complete (clorul adăugat pentru eliminarea azotului amoniacal poate fi consumat de alți compuși cu caracter reducător prezenți în sursa de apă).

Pe baza studiilor de tratabilitate și a unei analize tehnico-economice se va adopta schema de tratare care să asigure pentru apa tratată încadrarea în condițiile impuse de legislația în vigoare pentru apa potabilă.

1.5.2 Surse de suprafață

Studiile hidrochimice pentru proiectarea stațiilor de tratare din surse de suprafață (lacuri, râuri) trebuie să furnizeze:

- date privind calitatea apei sursei din punct de vedere fizico-chimic, biologic, bacteriologic și radioactiv; analiza calității sursei trebuie să se realizeze pe o perioadă adecvată de timp astfel încât să se pună în evidență atât valorile medii ale diferiților parametri cât și valorile extreme (minime și maxime);
- date privind calitatea apei în diferite puncte pe adâncime în cazul lacurilor;
- date privind natura substanțelor organice;
- date privind micropoluantii organici (pesticide);
- date privind încărcarea cu metale grele;

- date privind încărcarea cu azot și fosfor necesare în vederea evaluării tendinței de eutrofizare a sursei, în cazul lacurilor;
- date privind corelarea calității apei cu anumite evenimente meteorologice (viituri);
- date privind frecvența de apariție a valorilor extreme pentru anumiți indicatori;
- încadrarea sursei de apă într-o categorie conform legislației în vigoare (NTPA 013/2002);
- o prognoză a calității apei pentru 20 - 30 ani pe baza evoluției calității în perioada de monitorizare și a diferitelor surse de poluare adiacente sursei respective;

Parametrii dominanți în calitatea apei surselor de suprafață și care vor fi monitorizați cu o frecvență mai ridicată sunt:

- turbiditatea
- încărcarea organică (indicele de permanganat);
- carbon organic total (TOC);
- amoniu;
- azotați (în cazul lacurilor);
- fosfor (în cazul lacurilor);
- pesticidele;
- metale grele;
- încărcarea biologică;

Parametrii cuprinși în legislația în vigoare în plus față de cei menționați vor fi monitorizați lunar iar metodele de analiză vor fi cele standardizate la momentul elaborării studiului.

Pentru alegerea tehnologiei de tratare după analiza rezultatelor determinărilor experimentale sursa se poate încadra în una din următoarele categorii în funcție de tipul acesteia: lac sau râu (UTCB - Ghid de conformare a uzinelor de apă din România la prevederile legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile):

- sursa slab încărcată;
- sursa cu încărcare medie;
- sursa cu încărcare ridicată.

În tabelul 1.2 sunt prezentate încărcările în diferiți poluanți pentru cele trei categorii de surse pentru lacuri iar în tabelul 1.3 încărcările corespunzătoare râurilor.

Tabelul 1.2. Variația parametrilor de calitate ai apei brute pentru cele trei categorii de apă - sursă lac.

Nr. Crt.	Denumire parametru	Sursă slab încărcată	Sursă cu încărcare medie	Sursă cu încărcare ridicată
1	Turbiditate (NTU)	≤ 50	≤ 50	≤ 50
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	2 - 5	2 - 6	2 - 7
3	TOC (mg/l)	7 - 10	10 - 12	> 12,0
4	Amoniu (mg/l)	0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0
5	Pesticide total (μg/l)	0,5 - 0,8	0,8 - 1,0	1,0 - 2,0
6	Cadmiu (mg/l)	sub CMA	cel puțin unul dintre metalele grele depășește concentrația prevăzută în Lege	cel puțin unul dintre metalele grele depășește concentrația prevăzută în Lege
7	Plumb (mg/l)			
8	Mangan (mg/l)			
9	Arsen (mg/l)			
10	Crom (mg/l)			
11	Cupru (mg/l)			
12	Nichel (mg/l)			
13	Mercur (mg/l)			
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 100.000	< 1.000.000	> 1.000.000

Tabelul 1.3. Variația parametrilor de calitate ai apei brute - sursa râu.

Nr. Crt.	Denumire parametru	Sursă slab încărcată	Sursă cu încărcare medie	Sursă cu încărcare ridicată
1	Turbiditate (NTU)	50 - 250	50 - 500	50 - 1000
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	2 - 4	3 - 5	2 - 7
3	TOC (mg/l)	6 - 8	8 - 10	12 - 15
4	Amoniu (mg/l)	≤ 0,5	0,3 - 0,6	0,6 - 1,0
5	Pesticide total (μg/l)	≤ 0,5	0,5 - 1,0	0,5 - 1,5
6	Cadmiu (mg/l)	-	cel puțin unul dintre metalele grele depășește concentrația prevăzută în Lege	cel puțin unul dintre metalele grele depășește concentrația prevăzută în Lege
7	Plumb (mg/l)			
8	Mangan (mg/l)			
9	Arsen (mg/l)			
10	Crom (mg/l)			
11	Cupru (mg/l)			
12	Nichel (mg/l)			
13	Mercur (mg/l)			
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 100.000	< 1.000.000	> 1.000.000

Alegerea sursei sistemului de alimentare cu apă trebuie să țină seama de respectarea condițiilor impuse de Normativul NTPA 013/2002.

1.6 Analiza evoluției sistemului de alimentare cu apă

Pentru toate sistemele de alimentare cu apă noi prin proiectare se va stabili planul de dezvoltare al obiectelor acestuia pentru o perspectivă de minim 30 de ani.

Planul de dezvoltare va cuprinde:

- estimarea dezvoltării sociale și urbanistice;
- aprecieri și estimări privind creșterea nivelului de trai, dotarea socială, creșterea numărului de utilizatori publici, dezvoltarea agenților economici și încadrarea zonei în planul integrat de dezvoltare regională;
- elaborarea balanței de apă conform tabelului 4, indicatorilor de performanță conform metodologiei IWA (International Water Association) și estimarea evoluției acestora;
- plan de modernizare sistem pe baza datelor obținute din operare în primii 3 ani de la punerea în funcțiune.

Planul de dezvoltare/modernizare al sistemului de alimentare cu apă va fi supus aprobării Consiliului Local al comunei, orașului, municipiului și va sta la baza tuturor lucrărilor estimate să fie executate în sistem.

Tabelul 1.4. Componentele balanței de apă.

(1) Volum de apă intrat în sistem	(2) Consum autorizat	(4) Consum autorizat facturat	Consum măsurat facturat	Apă care aduce venituri
			Consum nemăsurat facturat	
		(5) Consum autorizat nefacturat	Consum măsurat nefacturat	(8) Apă care nu aduce venituri (NRW)
			Consum nemăsurat nefacturat	
	(3) Pierderi de apă	(6) Pierderi aparente	Consum neautorizat	
			Erori de măsurare	
		(7) Pierderi reale	Pierderi pe conductele de aducțiune și/sau pe conductele de distribuție	
			Pierderi și deversări la rezervoarele de înmagazinare Scurgeri pe branșamente până la punctul de contorizare al consumatorului	

(1) Volumul de apă injectat în rețeaua de distribuție (m³/an);

(2) Volumul anual de apă utilizat de consumatorii autorizați: persoane fizice, instituții publice, agenți economici;

(3) Pierderi de apă = diferența (1) - (2);

- (4) Volumele de apă autorizate facturate pe baza contorizării sau altor sisteme de estimare;
- (5) Volumele de apă nefacturate: măsurate/nemăsurate, pentru: spălare rezervoare, spălare rețea, exerciții pompieri, alte utilități urbane/rurale;
- (6) Volume de apă utilizate de consumatori neautorizați, utilizare frauduloasă, erori tehnice la apometre și aparatele de măsură; sunt denumite și pierderi aparente;
- (7) Pierderi reale = volume de apă pierdute prin avarii conducte, branșamente, aducțiuni, deversări preaplin rezervoare;
- (8) Apa care nu aduce venit (NRW) rezulta suma (5) + (6) + (7).

Indicatorul apă care nu aduce venit (NRW) poziția 8, tabel 1.4 va trebui să se încadreze în:

- $\leq 25 - 30\%$ din volumul de apă intrat în sistem (poziția 1, tabel 1.4) pentru sisteme reabilitate;
- $\leq 10\%$ din volumul de apă intrat în sistem, pentru sisteme noi.

2. Captarea apei

2.1 Captarea apei din sursă subterană

2.1.1 Tipuri de captări și domeniul de aplicare

În timp au fost dezvoltate diferite tipuri de captări. Acest lucru a fost generat de:

- dezvoltarea metodelor de cunoaștere a stratelor acvifere subterane;
- dezvoltarea mijloacelor și tehnologiilor de execuție.

Se utilizează următoarele tipuri de captări:

- 1) Captări cu puțuri forate în strate freatice, de adâncime medie sau adâncime mare; stratul poate fi cu nivel liber, sub presiune (ascendant sau artezian) figurile 2.1 și 2.2.

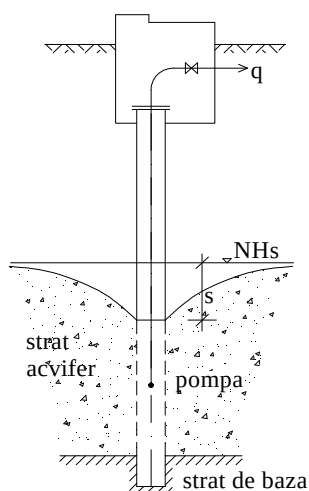


Figura 2.1. Puț în strat freatic.

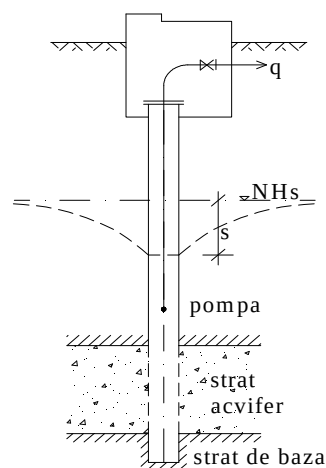


Figura 2.2. Puț în strat de adâncime (ascendant).

- 2) Captare cu dren (figura 2.3) aplicabilă în strate cu apă de calitate având:

- adâncimea de amplasare sub 10 m;
- grosimea stratului de apă 3 – 5 m;
- configurație favorabilă a stratului de bază.

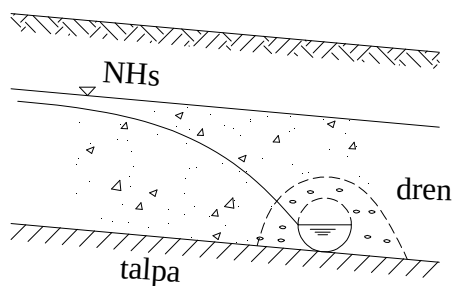


Figura 2.3. Captare cu dren perfect.

3) Captare cu puțuri cu drenuri radiale (figura 2.4); este o captare în condiții speciale:

- strat de apă de grosime redusă dar foarte permeabil ($K > 100 \text{ m/zi}$);
- strat amplasat la adâncimi relativ mari ($\approx 30 \text{ m}$).

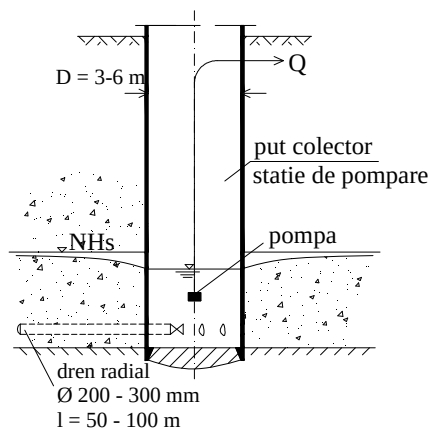


Figura 2.4. Captare cu dren radial.

4) Captarea din izvoare (figura 2.5); în condițiile existenței unei configurații favorabile formării izvorului.

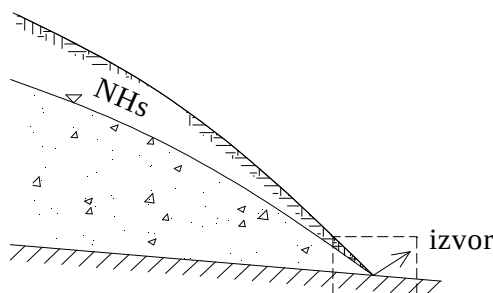


Figura 2.5. Captare de izvor.

5) Reguli generale de alegere a tipului de captare

a. Regula calității apei – se alege captarea de apă ale cărei caracteristici calitative sunt în limita de calitate cerută de normele în vigoare; se respectă astfel condiția de apă sanogenă pentru apa potabilă; dacă este necesară tratarea apei soluția va fi decisă după o comparație de soluții între costul tratării apei subterane sau costurile cerute de folosirea apei din altă sursă (subterană sau de suprafață); în cazul captării din straturi acvifere cu alimentare din malul râurilor se va urmări modificarea calității apei captate dar și eventualele modificări ale comportării acviferului (de regulă crește conținutul de Fe din apa captată); trebuie făcută o prognoză asupra calității apei râului;

b. Regula existenței unei configurații hidrogeologice favorabile pentru stratul purtător de apă: sisteme de alimentare strat, situația prelevărilor în ansamblul bazinului, evoluția în perioade lungi de timp;

c. Regula disponibilității terenului; se ia în studiu captarea situată pe un teren liber sau care nu va fi destinat altei folosințe și care are sau poate avea destinație publică; captarea cu zona de protecție de regim sever va deveni (dacă nu este) proprietatea beneficiarului captării – de regulă autoritatea locală;

d. Regula facilităților de exploatare; se preferă amplasamentul la care există un drum de acces, o linie de alimentare cu energie electrică;

e. Regula de disponibilitate; o sursă de apă subterană este o adevărată bogăție; în cazul în care rămân rezerve neexploatare pentru necesarul cerut în proiect acestea vor trebui conservate;

f. Regula alocării apei de calitate; apa subterană de calitate va fi alocată pentru folosința de apă potabilă la localități; este o apă sanogenă favorabilă sănătății organismului omenesc;

g. Regula economică; se adoptă soluția cea mai economică din punct de vedere al costurilor totale, prin comparație cu alte variante viabile: o captare din apropiere – cu disponibil de apă – chiar și cu tratare, o aducțiune care are traseul în apropiere și are disponibil de apă.

h. Reguli tehnice: (1) pentru debite mici și strate sărace în apă (grosime mică, conductivitate redusă, nisip fin) se aplică soluția cu dren; (2) pentru debite mici dar în strate adânci sau cu grosime mare de apă (peste 3 - 4 m) se adoptă soluția cu puțuri forate; (3) pentru debite mari și strate de adâncime medie-mare se adoptă soluția cu puțuri forate; (4) în acvifere cu strate suprapuse se va decide dacă se face o captare cu foraj unic sau o captare cu puțuri separate pe strate; (5) la strate suprapuse dar cu cote diferite ale nivelului hidrostatic se va analiza soluția captării selective a acestora; (6) soluția de realizare a forajului va fi stabilită funcție de alcătuirea granulometrică a stratelor cu apă (se va renunța la stratele care au mult nisip fin).

i. Regula celei mai bune soluții: într-o configurație hidrogeologică determinată va exista o singură soluție tehnică optimă și anume aceea care va asigura prelevarea unui debit maxim în condiții de siguranță inclusiv a calității apei;

În cazul stratului din roca fisurată studiile vor fi făcute cu metode specializate.

6) Principii generale în dimensionarea captărilor din apă subterană

- a. Se dimensionează o captare de apă subterană atunci când se demonstrează prin studii adecvate că există apă subterană bună de utilizat;
- b. Captarea se dimensionează la debitul zilnic maxim (cerința maxim zilnică);
- c. Frontul de puțuri va avea un număr de puțuri de rezervă; numărul minim este de 20% din numărul celor necesare pentru debitul cerut;
- d. Captarea se dimensionează și va funcționa continuu și la debite cu valori constante pe perioade cât mai lungi de timp; reglarea debitului necesar consumului se va face numai prin rezervorul de compensare a debitelor din schema sistemului de alimentare cu apă;
- e. Puțurile nu vor fi supraexploatare și nu vor funcționa dincolo de valoarea limită a vitezei de innisipare; alegerea pompelor amplasate în puț este deosebit de importantă; este rațional ca alegerea pompelor și echiparea să se facă după cunoșterea efectivă a parametrilor fiecărui puț finalizat;
- f. Fiecare puț va fi prevăzut cu un cămin (cabină) izolat etanș, cu ventilație asigurată natural și posibilitatea de intervenție la coloana definitivă a puțului;
- g. Captarea va avea zona de protecție sanitară chiar dacă apa captată nu este potabilă;
- h. Captarea se amplasează în concordanță cu prevederile planului de amenajare al bazinului hidrografic respectiv;
- i. Captarea va fi astfel amplasată încât să poată fi dezvoltată ulterior până la limita capacității stratului acvifer;
- j. Captarea va avea un sistem de supraveghere a funcționării (avertizare, măsurare caracteristici, consum de energie);
- k. Anual se va face o verificare a modului de funcționare a fiecărui puț; vor fi comparate valorile de lucru (debit, denivelare, consum specific de energie) cu datele de bază (cele de la punerea în funcțiune a captării); în cazuri special (anomalii importante) este rațională o cercetare a stării interioare a puțului cu camera TV;
- l. Dacă se apreciază ca puțurile vor trebui reabilitate periodic (spălare, deznisipare, schimbare coloana etc) este rațional ca măsurile necesare să fie prevăzute de la proiectare; îmbătrânirea puțurilor va fi luată în calcul.

2.1.2 Studiile necesare pentru elaborarea proiectului captării

Studiile pentru determinarea existenței și cunoașterea caracteristicilor apei subterane (capacitate strat, posibilități de captare, calitate apă, protecție sanitară) se realizează de firme specializate care au dotare cu utilaje și material, personal calificat și experiența în domeniu.

Studiile vor conține: studiu hidrogeologic, studiu hidrochimic și studiu topografic.

2.1.2.1 Studiul hidrogeologic

Se va executa în două etape:

a) Studiul hidrogeologic preliminar

Are la bază:

- cercetarea și interpretarea datelor existente (la autorități locale și/sau central) în zona viitoarei captări: foraje existente, date de exploatare, disfuncțiuni, cunoștințe existente despre stratele existente din zonă;
- date obținute prin metodele: geoelectrică, microseismică, alte metode nedistructive prin care se poate pune în evidență: adâncimile la care sunt cantonate stratele de apă subterană, calitatea apei subterane.

Rezultatele studiului preliminar trebuie să pună în evidență:

- estimarea configurației viitoarei captări;
- estimarea complexității și extinderii studiului hidrogeologic definitiv;
- etapele de derulare a studiului hidrogeologic definitiv.

b) Studiul hidrogeologic definitiv

Se execută prin foraje de explorare-exploatare care vor fi definitive ca părți componente ale viitoarelor lucrări de captare. Studiul hidrogeologic trebuie să pună la dispoziția proiectantului cele ce urmează:

- Configurația stratelor acvifere prin:
 - poziția exactă, grosimea, nivelul hidrostatic inclusiv variația acestuia în timp pe baza precipitațiilor din zonă; se vor estima nivelele hidrostatice minime cu asigurarea 95 - 97%; atunci când nu sunt măsurători sistematice de durată (min. 10 ani) pentru determinarea grosimii stratului de apă în strate acvifere cu nivel liber se va corecta grosimea măsurată cu raportul între nivelul minim multianual al precipitațiilor din zonă la nivelul măsurat în anul efectuării studiilor;
 - elaborarea schemei coloanei litologice (figurile 2.6, 2.7);

– propunerea de foraje de observație.

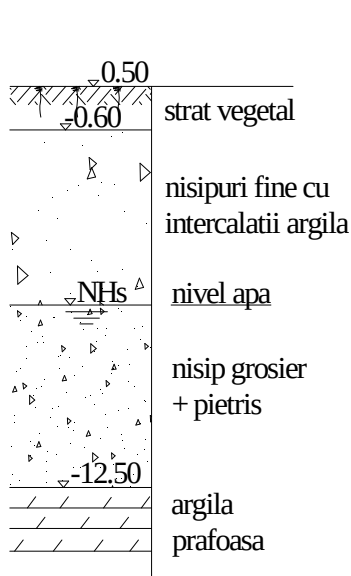


Figura 2.6. Coloană litologică în strat freatic.

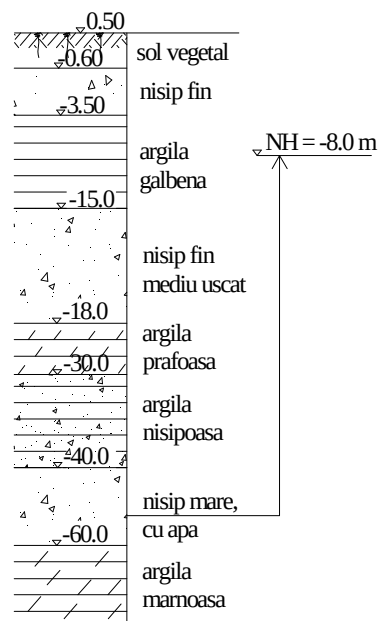


Figura 2.7. Coloană litologică în strat de adâncime.

- Direcția de curgere a apei subterane și panta hidrolică a stratului

Prin execuția unor grupuri de 3 foraje dispuse în triunghi (latura 150 m) în stații la 500 - 600 m distanță se vor determina curbele de egal nivel ale suprafeței apei subterane (hidroizohipse); pe această bază se determină direcția de curgere și panta stratului; aceste foraje de studiu vor fi definitivare ca foraje de observație în viitoarea captare.

- Determinarea capacității de debitare a forajului (curba puțului $q = f(s)$)

Variația debitului extras funcție de denivelare este elementul fundamental care stă la baza proiectării captării.

Determinarea curbei $q = f(s)$ se va executa pentru fiecare foraj de explorare după deznisiparea acestuia și echiparea corespunzătoare (coloană filtru, filtru invers).

Condițiile efectuării probelor de pompare sunt:

- după o perioadă de stabilizare a nivelelor în strat și foraj (0,5 - 3 zile) se vor extrage minim 3 debite constante în timp (min.50 - 70 ore) pentru care se vor obține 3 perechi de valori s_1, s_2, s_3 ;
- măsurarea volumetrică a debitelor extrase din fiecare foraj;
- urmărirea și notarea curbei și timpului de revenire după oprirea pomparei;

- prelevarea de probe de apă pentru analiza calitativă;
- elaborarea curbelor $q_i = f(s_i)$ pe un sistem de axe convenabil (ordonata „s”, abscisa „q”).
- Determinarea coeficientului de permeabilitate Darcy

Se determină:

- în laborator pe baza probelor luate din foraj în perioada execuției;
- prin determinări „in situ” cu efectuarea de măsurători obținute prin metoda pompărilor de probă; la fiecare foraj de explorare se vor executa încă 2 foraje de observație amplasate normal pe direcția de curgere a apei subterane la 10, respectiv 20 m de forajul de bază (figura 2.8);

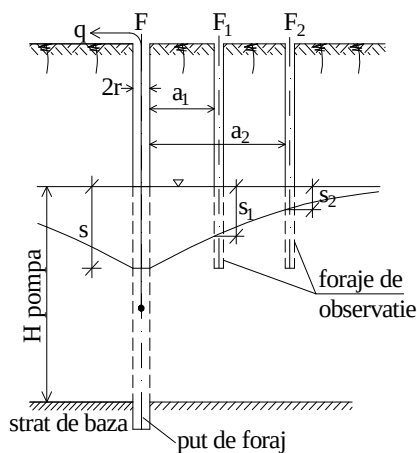


Figura 2.8. Schema de determinare a coeficientului de permeabilitate Darcy prin măsurători pe teren.

- pe baza determinărilor q_i și s_i completate cu s_{i1} , s_{i2} se poate calcula valoarea k folosind expresia:

$$k_i = \frac{q_i \cdot \ln a_2/a_1}{\pi (2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \quad (2.1)$$

- se vor obține 3 valori pentru fiecare foraj de explorare; efectuând medierea valorilor se va adopta o valoare a coeficientului de permeabilitate pentru fiecare zonă aferentă fiecărui foraj de explorare;
- valorile obținute pentru coeficientul de permeabilitate vor fi comparate cu valori obținute prin relații empirice date în literatură.

- Determinarea granulozității stratului

Probele de rocă scoase din foraje se cern și se trasează curbele granulometrice conform normelor în vigoare. Din curbe interesează valorile d_{10} , d_{40} și d_{60} ; pe baza acestora se stabilesc:

– viteza aparentă admisibilă de intrare a apei în foraj; se mai numește viteză de neînnisipare și este limitată pentru a nu se antrena materialul fin din strat în foraj;

Valorile vitezei admisibile acceptate:

$v_a = 0,5 \text{ mm/s}$ la $d_{40} = 0,25 \text{ mm}$

$v_a = 1,0 \text{ mm/s}$ la $d_{40} = 0,50 \text{ mm}$

$v_a = 2,0 \text{ mm/s}$ la $d_{40} = 1,00 \text{ mm}$

Pentru valori intermediare se interpolează.

La valori mai mari pentru granulele stratului se aplică relația empirică Sichardt:

$$v_a = \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (\text{m/s}) \quad (2.2)$$

în care k este exprimat în m/s.

- Debitul disponibil care poate fi captat din strat

$$Q = \alpha \sum_{i=1}^n H_i \cdot k_i \cdot i_i \cdot l_i \quad (\text{dm}^3/\text{s}) \quad (2.3)$$

H_i = înălțimea minimă a stratului de apă subterană considerată constantă pe lungimea l_i (m);

k_i = coeficientul de permeabilitate corespunzător zonei de lungime l_i (m/s);

Valorile H_i , k_i sunt determinate în cadrul studiului bazat pe foraje de explorare-exploatare conform cap. 3, § 3.2.1.

i_i = panta hidrolică a acviferului pe distanța l_i ;

l_i = distanța (lungimea) pentru care se estimează caracteristici apropiate pentru strat (m);

α = coeficient de transformare.

Studiul hidrogeologic trebuie să analizeze bilanțul între alimentarea stratului și debitul prelevat prin captare, sub forma:

$$P + A = \bar{Q} + Z + E \quad (2.4)$$

P – volumul mediu de apă din precipitații pe suprafața bazinului de recepție infiltrat în acvifer (m^3/an);

A – aport suplimentar din alte surse: infiltrații din râuri, lacuri (m^3/an);

$\bar{Q}$ – debitul mediu multianual ce se poate capta (m^3/an);

Z – exfiltrare din acvifer prin: izvoare, alimentare depresiuni, râuri, infiltrare în alte strate (m^3/an);

E – apa pierdută prin evapotranspirația vegetației din bazin (m^3/an);

2.1.2.2 Studiul topografic

Studiul topografic trebuie să conțină:

- plan general de încadrare în zonă, scara 1/25000 sau 1/50000;
- plan de situație de detaliu, cu curbe de nivel, scara 1/500 ... 1/1000 cu zona ce se estimează că va fi afectată de captare;
- prezența, poziția și caracteristicile tuturor rețelelor care trec prin zona captării și în vecinătate;
- poziția drumurilor existente și planificate în zonă precum și a surselor de energie;
- poziția unor eventuali poluatori (agenți economici, ferme) de natură să influențeze calitatea apei din strat direct sau indirect;
- poziția cursurilor permanente/nepermanente de apă din zonă;
- limitele de inundabilitate ale zonei la asigurare 1%, 0,5%.

2.1.2.3 Studiul hidrochimic

Trebuie să stabilească prin analize fizico-chimice, biologice și bacteriologice calitatea apei din strat.

Studiul se efectuează pe probe recoltate din fiecare foraj de explorare astfel:

- câte 2 probe înainte și după deznisipare foraj;
- 1 probă la fiecare mărime a debitului pentru determinarea $q = f(s)$;
- 1 probă la punerea în funcțiune a forajelor.

Analizele vor cuprinde indicatorii ceruți prin Legea 458/2002 și 311/2004.

Se vor lua în considerație următoarele:

- în cazul prezenței mai multor strate suprapuse și separate rezultatele vor fi date pentru fiecare strat în parte;
- rezultatele concludente (verificate cu probe martor) asupra parametrilor neconformi Legii;
- estimarea riscului de poluare din cauza surselor poluate din zonă;

- estimarea riscului de degradare a calității apei în timp și viteza acestei degradări;
- estimarea riscului de modificare a calității apei stratului de apă din cauza „îmbătrânirii puțurilor”

Rezultatele studiului vor fi completate în timp de către beneficiarul captării cu rezultatele obținute în exploatare.

2.1.3 Proiectarea captărilor cu puțuri forate

2.1.3.1 Debitul de calcul al captării

$$Q_c = [Q_{zi\ max} + Q_{RI}] \cdot k_p \cdot k_s \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.5)$$

$Q_{zi\ max}$ – necesarul maxim zilnic de apă;

Q_{RI} – debitul de refacere al rezervei de incendiu;

k_p – coeficient de pierderi inevitabile, cf. SR 1343 - 1/2006;

k_s – coeficient pentru necesități proprii ale sistemului de alimentare cu apă, cf. SR 1343-1/2006;

2.1.3.2 Debitul maxim al unui puț forat

Se cunoaște:

- curba de pompare, $q = f(s)$ pentru fiecare foraj;
- viteza aparentă admisibilă $v_a = f(d_{40})$ pentru granulozitatea stratului în zona forajului;
- diametrul forajului în zona coloanei de filtru; acesta s-a adoptat de comun acord, proiectant, executant foraje de explorare-exploatare; domeniul diametrelor normale este 200 - 400 mm, condiționat și de diametrul electropompei care va fi montată în puț, instalația de foraj utilizată;
- nu se va lua în considerație creșterea razei puțului datorată filtrului invers (min. 50 mm) între coloana filtru și strat; aceasta se va constitui în coeficientul de siguranță în aprecierea vitezei aparente admisibile.

În figura 2.9 se prezintă schema de determinare a debitului maxim pentru: strat freatic, strat sub presiune și straturi suprapuse.

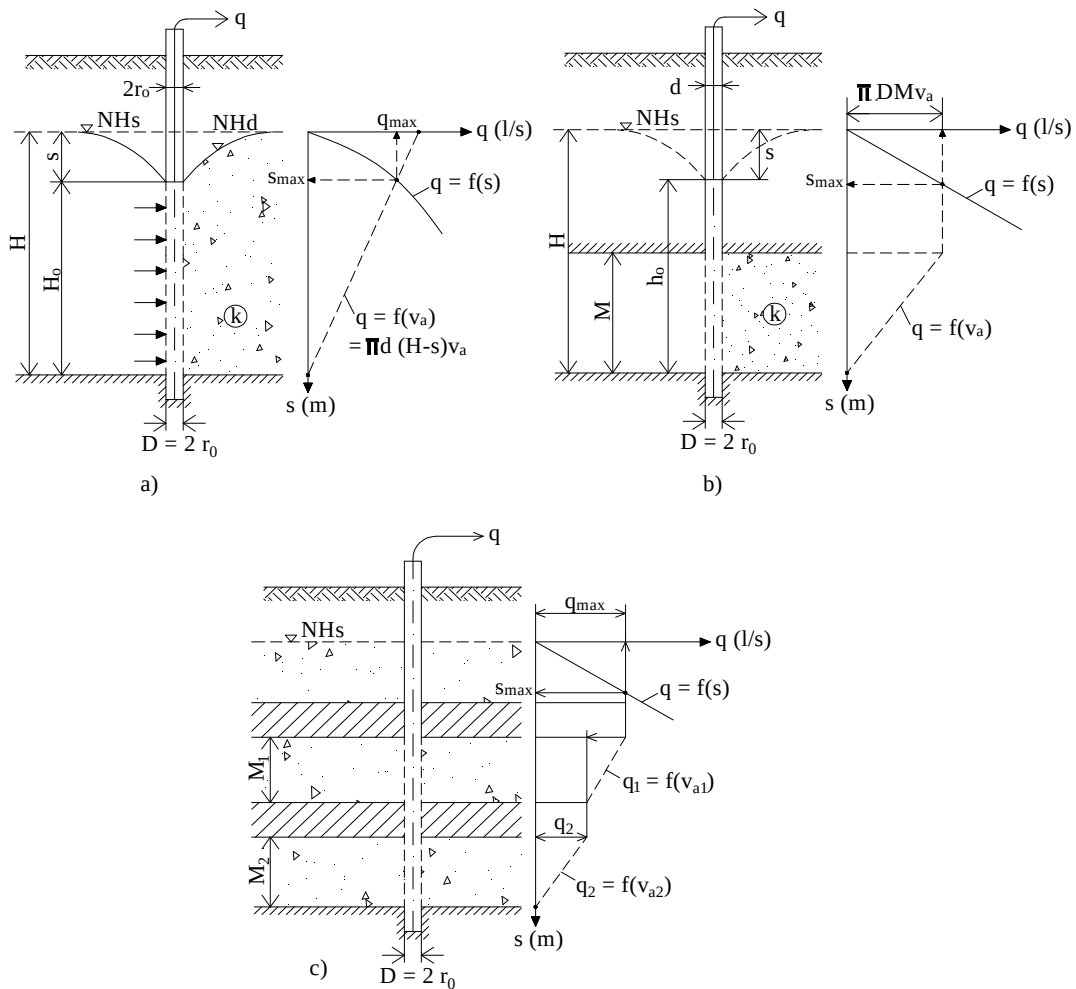


Figura 2.9. Schema de determinare a debitului maxim al unui puț (foraj): a) în strat freatic; b) în strat sub presiune; c) în straturi suprapuse (fără stratul freatic).

- Debitele capabile $q = f(v_a)$ pentru fiecare strat sunt:

– freatic:

$$q^F = f(d_{40}) = 2\pi r_o (\alpha_1 H - s) v_a \quad (2.6)$$

pentru $s = 0$

$$q_{max} = 2\pi r_o \alpha_1 \cdot H \cdot v_{a1} \quad (2.7)$$

pentru $s = H \rightarrow q = 0$

– strat sub presiune

$$q_{max} = 2\pi r_o \alpha_2 \cdot M \cdot v_a \quad (2.8)$$

– strate suprapuse

$$q_{max} = q_2 + q_1 = \pi r_o \alpha_2 \cdot M_2 \cdot v_{a2} + \pi r_o \alpha_2 \cdot M_1 \cdot v_{a1} \quad (2.9)$$

Semnificația notațiilor în relațiile (2.6), (2.7), (2.8) și (2.9) sunt:

H – grosimea minimă a stratului freatic (corectată datorită variației precipitațiilor), (dm);

M, M_1, M_2 – grosimea stratelor sub presiune, (dm);

v_a, v_{a1}, v_{a2} – vitezele aparente admisibile (de neînnisipare), (dm/s);

r_o, r_1 – raza forajului în zona stratelor captate, (dm);

d_{40} – diametrul ochiurilor sitei prin care trece 40% din materialul stratului;

α_1 – coeficientul de reducere a înălțimii stratului freatic care ține seama de lungimea activă a filtrului puțului; $\alpha_1 = 0,9$;

α_2 – coeficientul de reducere a lungimii coloanei de filtru; $\alpha_2 = 0,75-0,8$;

Debitul și denivelarea maximă se vor obține la intersecția curbei de pompare $q = f(s)$ și a curbei de neînnisipare $q = f(v_a)$ pe sistemul de axe s, q (figura 2.9).

Se atrage atenția asupra următoarelor:

- dacă denivelarea rezultă mai mare decât $H/3$ pentru strat freatic denivelarea se va limita la max. 33% iar debitul se va reduce corespunzător;
- în nici o situație nu se va depăși debitul maxim al puțului (figura 2.9).
- este obligatoriu ca diametrul coloanei filtru din perioada pompărilor de probă să rămână identic cu cel al puțului definitiv; în caz contrar sunt necesare calcule de corectare.

2.1.3.3 Numărul de puțuri forate

$$n_p = \frac{Q_c}{q_i} \cdot 1,2 \quad (\text{m}) \quad (2.10)$$

Se va rotunji superior la un număr exact.

Atunci când puțurile nu au același debit calculul se face prin însumarea valorilor.

1,2 – coeficient de siguranță privind respectarea valorii v_a în cazul scoaterii din funcțiune a unor puțuri pentru revizie instalație, pompă și deznisipare.

2.1.3.4 Lungimea frontului de captare, distanța între puțuri

- Lungimea frontului de captare se obține prin însumarea debitelor pe tronsoanele unde s-au estimat parametrii H_i, k_i, i_i apropiați.

$$L = \frac{Q_{lc}}{\sum H_i \cdot k_i \cdot i_i} \quad (\text{m}) \quad (2.11)$$

H_i – (m)

k_i – (m/zi)

i_i – panta stratului acvifer

Q_{IC} – (m^3/zi)

Pentru siguranța captării se pun următoarele condiții:

$$Q_{IC} \leq 0,9 \cdot Q$$

unde:

Q – debitul disponibil al stratului conform relației (2.3);

0,9 – coeficient de reducere a capacității stratului pentru servitute în aval de captare.

- distanța între puțuri

$$a = L/n_p \quad (m) \quad (2.12)$$

Pentru siguranța și reducerea influenței între puțuri:

$a \geq 50$ m la strate acvifere freatice;

$a \geq 100$ m la strate sub presiune până la adâncimea stratului de bază 100 m;

$a \geq 150$ m la strate sub presiune peste adâncimea de 100 m.

2.1.3.5 Determinarea influenței între puțuri

- a) Încercări „in situ”. După execuția primului grup de 3 foraje adiacente: P_{i-1} , P_i , P_{i+1} se vor realiza pompări simultane „in situ” pentru determinarea influenței între puțuri conform cu următoarele:

- din forajul P_i se va pompa debitul:

$$q_{max}^{P_i} = \frac{Q_{IC}}{0,8 n_p} \quad (m^3/zi) \quad (2.13)$$

considerând situația în care 20% din puțuri sunt în revizie.

- din forajul P_{i-1} se va pompa un debit identic puțului P_i ;
- se vor efectua măsurători pentru denivelări și analize de calitate apă din cele 2 foraje;
- puțul P_{i+1} este oprit pe perioada efectuării pompărilor din puțurile P_{i-1} și P_i ;

Pentru ca încercarea să fie considerată reușită este necesar ca denivelările, nivelele în foraje și nivelele în strat să corespundă datelor din curbele de pompare $q = f(s)$ cf. § 2.1.3.2 și diagramele de calcul a debitelor optime conform figurii 2.9.

În situația în care denivelările în forajele P_i și P_{i-1} depășesc valorile calculate conform graficelor din figura 2.8 cu mai mult de 10% referitor la s_{max} corespunzător $q_{max}^{P_i}$ se procedează la creșterea distanței între foraje și corespunzător extinderea lungimii frontului de captare.

b) Verificarea ansamblului captării

Procedura de determinare a influenței între puțuri se va efectua de regulă pe grupuri de câte 3 foraje adiacente pentru toate puțurile din ansamblul captării.

Principiul fundamental care se va lua în considerație va fi: fiecare foraj (puț) poate asigura un debit unic determinat de condițiile impuse prin caracteristicile stratului și elementele de construcție și amenajare a forajului. Acest debit nu va fi influențat (eventual modificat) de forajele învecinate.

Toate determinările asupra fiecărui foraj (sau grupuri de foraje) vor fi efectuate în regim permanent înțelegând prin aceasta:

- debite constante extrase din foraj;
- nivel în foraj fără variații pe perioada pompărilor;
- perioada minimă de timp pentru a se considera regim permanent este min 72 ore.

2.1.3.6 Protecția sanitară a captărilor din apă subterană

Conform HG 930/2005 trebuie asigurate următoarele:

- a) Perimetrul de regim sever care delimitează o suprafață în jurul captării de la limita căreia apa curge în strat către puțuri min. $T = 20$ zile.

În mod expeditiv se calculează aplicând ecuația de continuitate: volumul de apă extras din puț în timpul T egal cu volumul de apă conținut în strat în interiorul limitei distanței de protecție sanitară.

- pentru acvifer freatic

$$D_1 = \sqrt{\frac{q_{max} \cdot T}{\pi (H - s/2) \cdot p}} \quad (m) \quad (2.14)$$

- pentru strat sub presiune

$$D_1 = \sqrt{\frac{q \cdot T}{\pi \cdot M \cdot p}} \quad (m) \quad (2.15)$$

q, q_{max} – debitul și debitul maxim extras din foraj (m^3/z);

$T = 20$ zile;

H – grosimea minimă a stratului de apă (m);

M – grosimea minimă a stratului sub presiune (m);

s – denivelarea corespunzătoare debitului maxim (m);

p – porozitate strat.

D_1 – este valabil pentru puț în bazin.

Pentru un șir de puțuri se utilizează diagrama din figura 2.10 unde pe baza raportului D_1/a se obține D_{am}/a , D_{av}/a și D_{lat}/a .

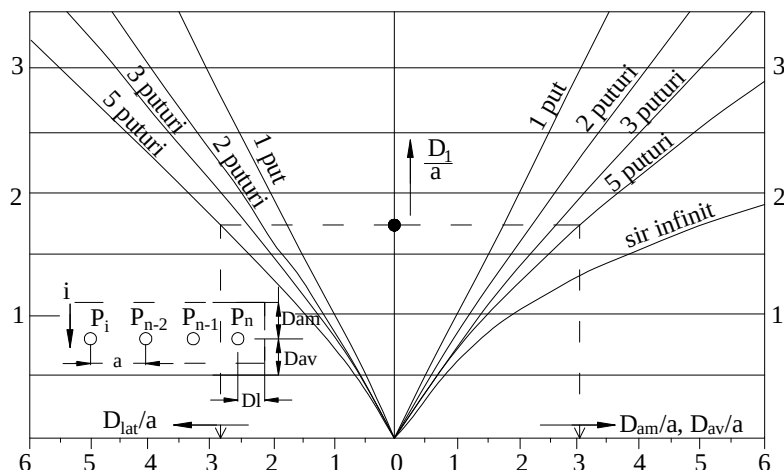


Figura 2.10. Grafic pentru calculul simplificat al distanței de protecție sanitară pentru puțuri.

În situația în care rezultă:

$D_{am} > 50$ m, $D_{av} > 20$ m și $D_1 > a/2$ se adoptă:

$D_{am} = 50$ m, $D_{av} = 20$ m; $D_1 = d/2$ și se pune condiția realizării obligatorii a dezinfecției apei captate.

Zona (suprafața) perimetrului de regim sever se împrejmuește, se plantează cu iarbă și accesul va fi restricționat și admis doar pentru personalul autorizat de operator. În această suprafață se interzice realizarea oricărei construcții care nu are legătură cu captarea; în cazul supravegherii cu personal se interzice evacuarea apelor uzate în strat (se va adopta soluția de pompare a apelor în afara zonei).

În conformitate cu HG 930/2005 pentru captările mai mari (peste 5 puțuri) este obligatorie determinarea perimetrului de regim sever cu ajutorul unui model matematic al acviferului. Cu această ocazie de estimează și riscul de impurificare al apei subterane.

b) Zona de restricție

Este suprafața delimitată de perimetrul de la limita căruia apa curge până la captare în 50 zile.

Sunt interzise activitățile care pot conduce la poluarea apei din strat; amplasarea de construcții și/sau desfășurarea unor activități se face numai cu avizul organelor sanitare.

Problemele legate de exploatarea suprafețelor de proprietari privați vor fi rezolvate conform prevederilor legislative.

În cazul puțurilor din strate de adâncime la care tavanul este format din roci relativ puțin permeabile și cu o grosime mai mare de 60 - 70 m zona de protecție de regim sever se poate realiza independent la fiecare puț. Suprafața protejată va avea latura de min. 20 m. Dacă forajele de observație vor fi folosite și pentru controlul calității apei atunci acestea vor avea protecția sanitară asigurată.

Zona de restricție se va marca cu borne și elemente de identificare/avertizare.

2.1.3.7 Sistemul de colectare a apei din puțuri

Se vor lua în considerație două sisteme:

- a) Sistemul de colectare prin sifonare.
- b) Sistemul de colectare prin pompare.
- a) Sistem de colectare prin sifonare

În figura 2.11 se prezintă schema sistemului de colectare prin sifonare și elementele componente. Sistemul va fi adoptat numai în condiții speciale, justificate.

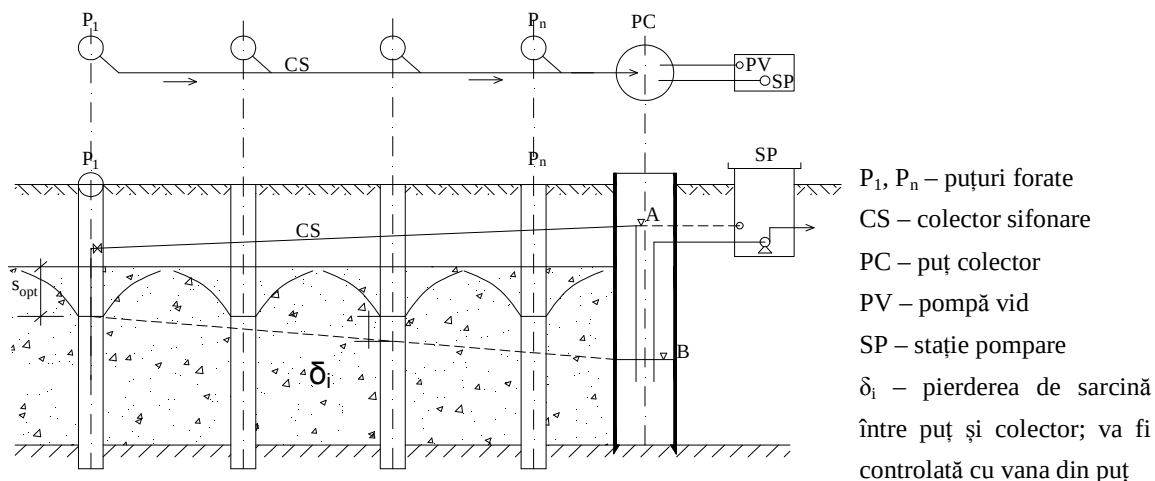


Figura 2.11. Schema sistemului de colectare prin sifonare.

Colectarea apei se realizează prin sifonare între P_i și un puț colector PC; pentru siguranță puțul colector se așează la jumătatea captării.

Dimensionarea sistemului hidraulic de sifonare:

- viteze economice $v = 0,5 - 0,8$ m/s; recomandabil crescătoare către puțul colector;

- pompa de vacuum: $q_{aer} = 10\% Q_{ap\grave{a}}$; presiune 0,5 bari; se prevede o pompă în funcțiune și una de rezervă;
- panta constructivă a colectorului de sifonare: min. 1‰ ascendentă spre puțul colector;
- diferența de cotă între punctul cel mai înalt al colectorului de sifonare (cota A) și nivelul minim al apei în puțul colector (cota B): max. 5 m;
- conductele de sifonare vor fi închise hidraulic în fiecare puț și puțul colector: imersarea minimă a capetelor conductelor va fi de 0,75 m.

➤ Condiționări privind aplicarea soluției prin sifonare

- Calitatea apei extrase din foraje

Va trebui să existe asigurarea că apa nu conține compuși dizolvați care datorită presiunii de vacuum pot să-și schimbe starea și să producă depuneri pe conductă (ex. apă cu Fe: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$).

- Lungimea maximă a colectorului de sifonare nu va depăși 500,0 m;
- Configurația terenului: terenul va trebui să ofere posibilitatea să se realizeze:
 - pozarea colectorului de sifonare cu pantă ascendentă către puțul colector;
 - să se poată asigura acoperirea peste generatoarea superioară cu min. $h_{îngheț}$;
 - adâncimile de pozare max. 4,0 m.

NOTĂ: este esențială realizarea unui sistem etanș; o singură neetanșeitate (ruptură, fisură) scoate din funcțiune toată conducta.

b) Sistemul de colectare prin pompare

Schema cuprinde:

- echiparea fiecărui puț cu pompe individuale (submersibile cu ax vertical);
- construcția unui sistem de conducte de legătură (tip conducte sub presiune prin pompare) între puțuri.

În figura 2.12 este prezentată o schemă pentru sistemul de colectare prin pompare în rezervor tampon așezat pe amplasament și repomparea apei. Dacă se justifică pomparea poate fi făcută direct în rezervor.

Rezolvările care se cer:

- dimensionarea conductelor de legătură între puțuri și rezervor;
- alegerea electropompelor pentru echiparea fiecărui puț.

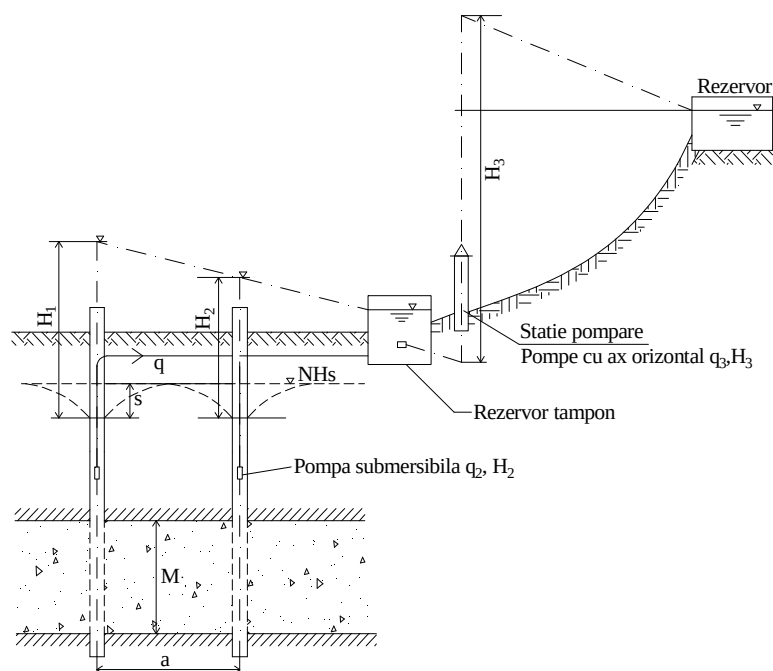


Figura 2.12. Schema sistemului de colectare prin pompare.

➤ Dimensionarea conductelor

Se va asigura dimensionarea pe principiul: cheltuieli anuale minime din investiții și exploatare.

Etapele vor fi:

- o predimensionare hidraulică pe baza cunoașterii debitelor și vitezelor economice;
 $v_{ec} = 0,8 - 1,2 \text{ m/s}$ (diametre mici, viteze mici);
- alegerea electropompelor pe baza debitelor și înălțimile de pompare pentru schema adoptată în predimensionare;
- stabilirea punctului de funcționare pentru fiecare electropompă care echează puțurile; punctul de funcționare este reprezentat de intersecția între curbele $q = f(H)$ pentru pompă și $q = f(h_r)$ pentru sistemul de conducte de refulare.

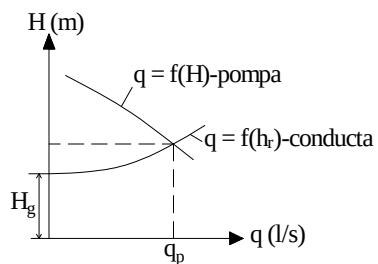


Figura 2.13. Determinarea punctului de funcționare pentru o electropompă.

Punctul de funcționare va trebui să pună în evidență:

- valoarea q_p – debitul pompat; această valoare va trebui să nu depășească debitul maxim al puțului P_i ;
- poziția punctului de funcționare va trebui să indice:
 - un randament min. de 75% al electropompei pentru debite unitare ≥ 15 l/s pompă;
 - pentru debite reduse se vor adopta soluțiile care să conducă la cheltuieli minime din investiții și exploatare.

În situația în care cele 2 condiții anterioare nu sunt realizate:

- se urmărește schimbarea curbei $q = f(h_r)$ prin modificarea unor diametre;
- se elaborează soluții pentru îndeplinirea condițiilor: alt tip de pompă; pentru pompele cu debite ≥ 20 l/s se va analiza și soluția cu folosirea pompelor cu turație variabilă.

2.1.3.8 Alte prevederi

Pentru captări importante (peste 50 l/s) se va face un calcul de optimizare a alcătuirii captării prin:

- alegerea diametrului forajului $q = f(s, d)$;
- alegerea distanței dintre puțuri $a = f(q, s)$;
- alegerea sistemului de colectare a apei din puțuri.

Se impune dotarea sistemului cu:

- electrovane de reglaj-limitare debit prelevat din foraje;
- sisteme automate pentru asigurarea funcționării electropompelor;
- sisteme de măsură on-line: debite, presiuni, parametrii foraj, parametrii energetici, stare de funcționare.

Echipamentele vor fi amplasate în căminul/cabina puțului; toate datele vor fi transmise la un dispecer zonal care va urmări permanent operarea captării.

La fiecare km din lungimea frontului de captare va fi prevăzută o linie de foraje de observație (minim 2 amonte și una aval).

2.1.4 Proiectarea captării cu dren

2.1.4.1 Aplicare

Soluția de captare cu dren (captare orizontală) se aplică în situațiile:

- baza (talpa) stratului acvifer se află la adâncimi $\leq 10,0$ m;
- stratul freatic, grosime 4 - 5 m, permeabilitate bună $k > 50$ m/zi;
- elemente favorabile pentru configurația curgerii stratului subteran astfel încât acesta să poată fi interceptat după o direcție determinată printr-un dren;
- drenul se va executa ca dren perfect, așezat pe talpa stratului.

2.1.4.2 Studii necesare

Sunt identice celor de la captări cu puțuri (cap. 2) cu următoarele precizări:

- forajele de studiu vor fi foraje de explorare; acestea se vor amplasa după direcția normală la direcția de curgere a apei subterane la max. 500 m; forajele de explorare se vor definitiva ca foraje de observație pentru viitoarea captare.

2.1.4.3 Stabilirea elementelor drenului

- lungime dren

$$L = 1,2 \cdot \frac{Q_{IC}}{\sum H_i \cdot k_i \cdot i_i} \quad (\text{m}) \quad (2.16)$$

1,2 – coeficient de siguranță care ține seama de aproximările unor elemente din studii;

Q_{IC} – debitul de calcul (m^3/zi);

H_i – grosimile minime ale stratului acvifer pe sectoare având caracteristici hidrogeologice apropiate;

k_i – coeficient de permeabilitate mediu corespunzător sectorului i (m/zi);

i_i – panta hidrolică a stratului acvifer conform studiilor.

În figura 2.14 sunt indicate elementele componente ale unei captări cu dren.

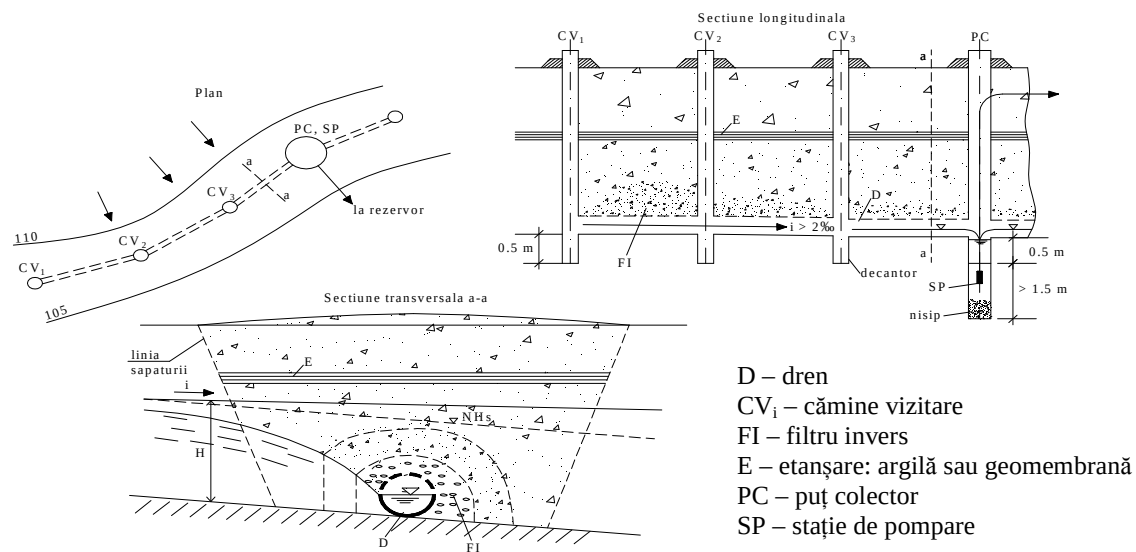


Figura 2.14. Elementele componente ale unei captări cu dren.

2.1.4.4 Stabilirea secțiunilor drenului

Se consideră că:

- secțiunea drenului funcționează cu grad de umplere $a = h/D \leq 0,5$;
- fiecare tronson de dren se dimensionează la debitul din secțiunea aval:

$$q_{calcul}^{i-k} = q_{am}^i + q_{sp} \cdot l_{i-k} \quad (l/s) \quad (2.17)$$

unde:

- q_{am}^i – debitul influent în capătul amonte al tronsonului;
- q_{sp} – debit specific pe metru linear de lungime a tronsonului;
- panta minimă constructivă a tubului de dren va fi 2 ‰;
- diametrul minim al tronsoanelor de dren $D_n \geq 20$ cm.

Tuburile de drenaj vor fi prevăzute cu orificii pe suprafața laterală de deasupra diametrului orizontal astfel:

- procentul orificiilor: 3 - 4% din suprafața laterală de deasupra diametrului orizontal;
- diametrul orificiilor: $d_{or} \geq 1,5 d_g$; d_g – diametrul granulelor primului strat de filtru de pietriș al filtrului invers care îmbracă tubul drenului.
- tubul drenului va fi realizat astfel încât să fie în concordanță cu agresivitatea mediului (apă+sol), calitatea apei și presiunea rocii.

În cazuri justificate drenul poate fi realizat cu secțiune vizibilă.

2.1.4.5 Filtrul invers

Filtrul din jurul tuburilor de drenaj va lua în considerație:

- min. 3 straturi fiecare de pietriș mărgăritar de 10 cm grosime;
- stratul exterior $d_{g\ ext} \geq 3\ d_{40}$ al stratului acvifer;
- stratul median $d_{g\ m} = 3\ d_{g\ ext}$;
- stratul de contact cu tubul de drenaj $d_{g\ cd} = 3\ d_{gm}$.

➤ prin d_g se înțelege diametrul d_{10}

Realizarea filtrului din jurul drenului se va face din material granular (pietrișuri sortate și spălate); principalele condiționări sunt:

- domeniul diametrelor granulelor se va adopta respectând principiile: coeficient de uniformitate $c_u = d_{60}/d_{10} \leq 1,4$; procentele de parte fină ($d < d_{min}$) și fracțiune mare ($d > d_{max}$) nu vor depăși 5% din total;
- materialul va fi spălat și sortat corespunzător.
- stratele se vor amplasa folosind cofraje mobile

2.1.4.6 Evitarea infiltrațiilor în dren de la suprafață prin zona de umplură

Se va amenaja la 50 cm deasupra stratului de apă în regim natural cu un sistem etanș format din geomembrană și/sau strat de argilă de min. 50 cm grosime.

2.1.4.7 Elemente constructive

a) Tuburi de drenaj

Tuburile de drenaj se pot executa din: beton simplu sau armat, gresie, materiale plastice sau materiale compozite. Orificiile vor fi realizate uzinat.

Condiționările sunt impuse de:

- rezistența la solicitările date de împingerea pământului;
- compatibilitățile sanitare la calitatea apei;
- rezistența la acțiunea agresivă a apei și a solului.

Îmbinarea cu mufă sau manșon de trecut pe tub este recomandabilă.

b) Cămine de vizitare

Se prevăd în aliniament la max. 60 m și la toate schimbările de direcție în plan orizontal și vertical.

La fiecare cămin se va prevedea:

- un depozit de 50 cm adâncime pentru reținerea nisipului fin;

- o supraînălțare de 50 cm peste cota terenului amenajat; aceasta va fi închisă cu capac și va fi prevăzută cu gură de aerisire.

Căminele vor fi prevăzute cu scări (trepte) pentru accesul personalului de exploatare.

c) Puțul colector

Se amenajează la jumătatea lungimii drenului sau în punctul de intersecție a 2 ramuri de dren.

Diametrul puțului colector rezultă din:

- acumularea unui volum sub cota radierului drenurilor influente format din:

- volum de acumulare nisip min. 100 cm din înălțime;
- volum de aspirație electropompe:

$$V_{AP} = Q_{captat} \cdot T_u \quad (\text{m}^3) \quad (2.18)$$

$T_u = 1 - 10$ minute

- volum de închidere hidraulică conducte aspirație min. 30 cm din înălțime.

Se adoptă o adâncime de min. 1,5 - 2,0 m și rezultă diametrul puțului colector. Proiectantul poate decide amenajarea stației de pompare în interiorul puțului colector pe baza analizei următorilor factori:

- calitatea apei captate; în situațiile în care apa este potabilă SP se prevede într-o construcție independentă în exteriorul PC;
- dacă apa captată urmează să fie tratată: SP se poate amenaja în interiorul PC; se interzice dezinfectarea apei în puțul colector.

d) Foraje de observație

La captările importante în lungul drenului, pe fiecare kilometru se va realiza un sistem de foraje de observație organizate în profile de 3 foraje (2 în amonte și unul în aval).

2.1.4.8 Zona de protecție sanitară

Zona de protecție sanitară va respecta elementele de la captarea cu puțuri. Diferența este legată de continuitatea zonei în jurul captării.

Distanța dintre dren și zona de protecție se determină expeditiv cu relația 2.19 pentru panta mică ($i < 0,003$) a stratului acvifer astfel:

$$D_{am} = \frac{k}{q} \left[\left(\frac{3q^2 T}{4pk} + h_0^3 \right)^{2/3} - h_0^2 \right] \quad (\text{m}) \quad (2.19)$$

D – distanța amonte (m);

Distanța aval va avea cel puțin 10 m.

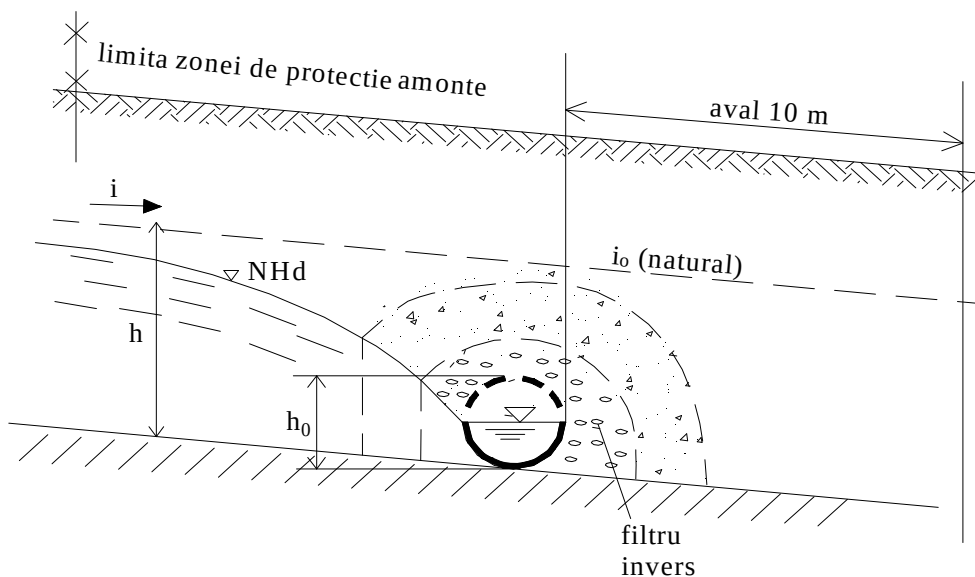


Figura 2.15. Schema de calcul a distanței de protecție sanitară amonte.

$$D_{am} = \frac{k \cdot i \cdot T}{p} \quad (\text{m}) \quad (2.20)$$

Distanța aval va avea cel puțin 10 m.

$$D = \frac{H}{i} \cdot \left(\eta_0 - \eta_1 + \ln \frac{1 - \eta_0}{1 - \eta_1} \right) \text{ (m)} \quad (2.21)$$

$\eta_0 = h_0/H$; h_0 – grosimea stratului de apă la limita filtrului invers; se calculează din curba de infiltrație, la distanța egală cu jumătate din lățimea gropii la nivelul filtrului invers.

$\eta_1 = h_1/H$; h_1 – grosimea stratului de apă la limita zonei de protecție sanitară; se calculează prin aproximații succesive cu ajutorul graficului din figura 2.16; se calculează η ; se calculează $\frac{T \cdot k \cdot i}{p \cdot H}$; coordonata dată de cele 2 valori (η_0 și $\frac{T \cdot k \cdot i}{p \cdot H}$); cu relația 2.21 se calculează D.

Distanța de protecție în aval și lateral se adoptă de minim 20 m.

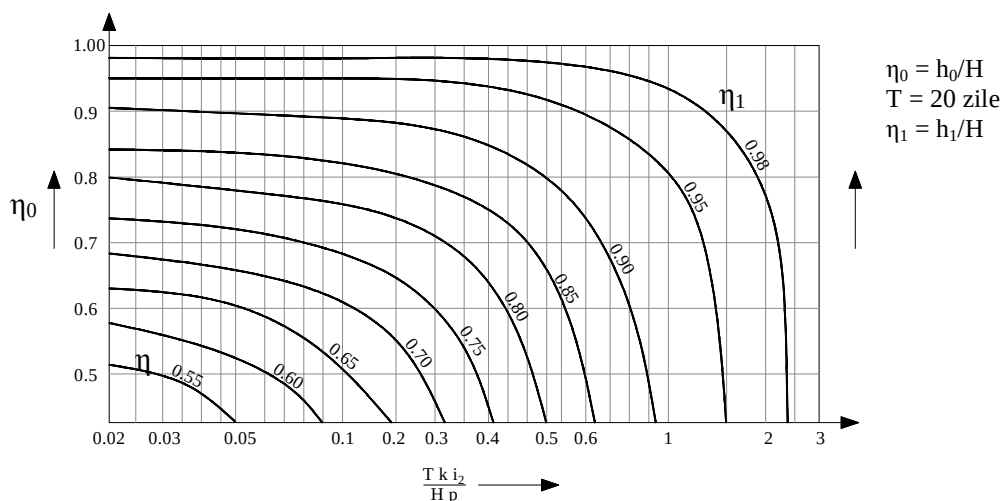


Figura 2.16. Grafic pentru calculul simplificat al distanței de protecție sanitară pentru dren.

Pentru captări importante mărimea perimetrului se determină prin interpretarea rezultatelor obținute pe un model matematic al stratului. Se verifică periodic cu ajutorul datelor din foraje de observație.

2.1.5 Captarea izvoarelor

Izvoarele sunt definite ca surse subterane care se formează în condiții hidrogeologice favorabile.

Sunt puse în evidență:

- izvoare concentrate care apar la zi concentrat în zone limitate;
- izvoare distribuite care se manifestă și curg pe zone mai largi.

Izvoarele pot fi descendente dacă curg la suprafață pe un taluz sau o albie naturală sau ascendente dacă apar la suprafață dintr-o zonă inferioară hidrogeologic.

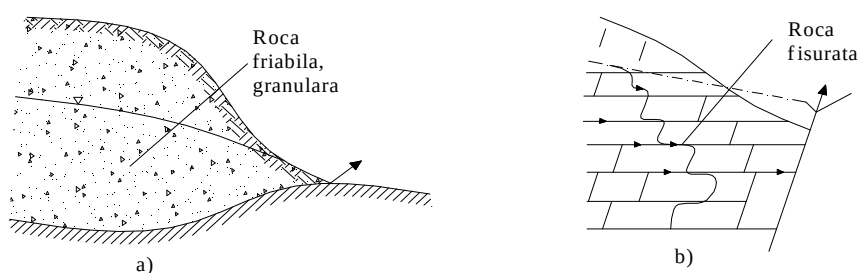


Figura 2.17. Captare de izvor: a) izvor descendent (de coastă), b) izvor ascendent.

2.1.5.1 Studii necesare pentru captarea izvoarelor

- Calitatea apei și variația debitului

Adoptarea deciziei de captare a unui izvor se va realiza pe baza studiilor privind variația debitului și calității acestuia în corelație cu factorii naturali de influență.

Urmărirea debitului izvorului prin măsurători „in situ” se va realiza pe o perioadă de min. 1 an, datele fiind completate cu informații obținute de la factorii locali pe o perioadă de min. 10 ani.

Se definește indicele de debit:

$$I = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad (2.22)$$

Sunt 3 situații:

- $I < 10$ – se recomandă captarea;
- $10 < I < 20$ – soluția captării izvorului se compara tehnico-economic cu soluția din alte surse, decizia fiind adoptată pe costuri de operare și investiții minime;
- $I > 20$ – nu se recomandă captarea.

Calitatea apei izvorului se va urmări prin probe recoltate curent (1 probă săptămânal) și în perioadele evenimentelor meteorologice (ploi, topirea zăpezilor).

Analizele de calitate apei izvorului vor pune în evidență: $t^{\circ}\text{C}$, culoare, turbiditate, gust, conductivitate, reziduu fix, substanțe organice, analize bacteriologice și biologice.

Analizele de calitate apă și urmărirea variației debitului izvorului vor pune în evidență bazinul hidrogeologic de alimentare al acestuia. Studiile vor trebui să inventarieze/analizeze toate sursele posibile de poluare din bazinul hidrogeologic aferent izvorului.

Elementele care sunt luate în calcul pentru captarea unui izvor:

- debitul minim care asigură cerința de apă solicitată;
- calitatea apei corespunde cerinței sau poate fi corectată cu tehnologii existente fără costuri exagerate;
- să se poate asigura protecția sanitară.

2.1.5.2 Condiționări privind captarea izvoarelor

- Se captează integral debitul izvorului; surplusul de debit peste cerința solicitată se descarcă prin prea-plin controlat;
- Captarea în secțiune reală de debușare din complexul geologic;
- Se va menține prin construcția captării regimul natural de curgere;
- Execuția cu mijloace care să nu producă modificări în structura geologică a configurației izvorului;
- Eliminarea influențelor exterioare care pot periclita existența izvorului (cariere, mine, construcții drumuri, CF).

2.1.5.3 Construcția captărilor din izvoare

Schema captării unui izvor de coastă este dată în figura 2.18.

Captarea cuprinde:

- bazin de deznisipare (1); se produce reținerea particulelor antrenate din strat; volumul camerei se dimensionează la un timp de staționare de 30 - 50"; compartimentul va fi prevăzut cu un prea-plin pentru descărcarea debitului neutilizat și un prag pentru încărcarea camerei (2);
- cameră de încărcare aducțiune (2); dimensiunile și volumul acestui compartiment sunt determinate pe baza elementelor constructive pentru realizare construcție și elemente de calcul hidraulic pentru încărcare aducțiune, golire și înălțime lamă deversoare;

- cameră instalații hidraulice: vane închidere aducțiune, golire compartimente; dimensiunile sunt impuse de gabaritul instalațiilor hidraulice

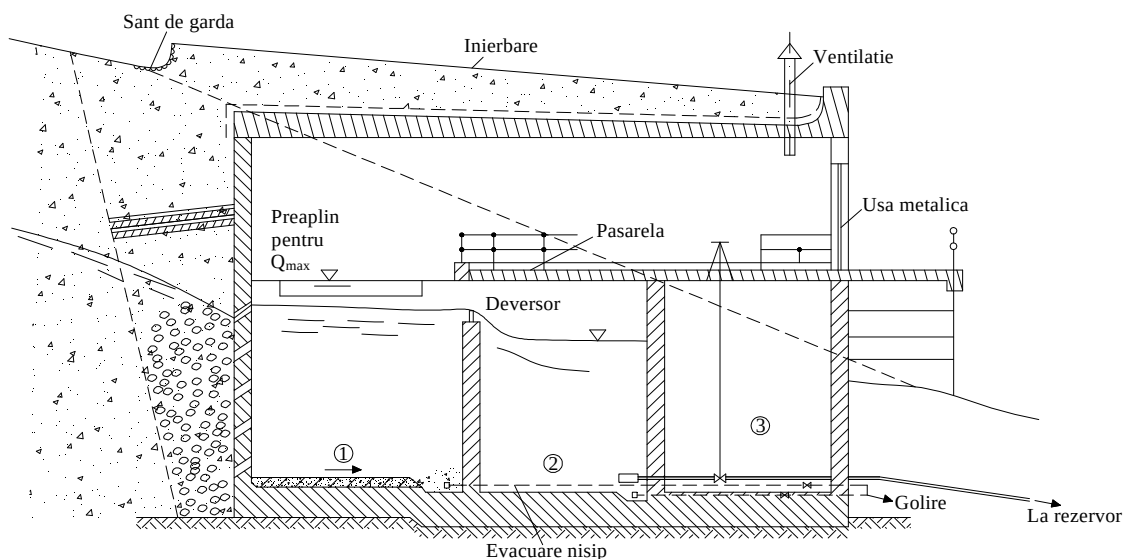


Figura 2.18. Captarea izvorului de coastă:
1. cameră de deznisipare; 2. cameră de încărcare; 3. cameră uscată.

Pentru construcția captării izvorului se va asigura:

- Filtru de pietriș sortat în amonte de peretele pentru prelevarea apei; min. 3 straturi de 10 cm grosime din pietriș sortat cu granulometrie descrescătoare spre stratul acvifer. În perete se vor monta barbacane prefabricate cu orificii mai mici decât mărimea maximă a granulelor filtrului.

Se vor adopta măsuri constructive pentru:

- evitarea infiltrațiilor în camera de captare prin execuția unei hidroizolații exterioare a suprafeței construcției.

2.1.6 Tipuri speciale de captări din apă subterană

2.1.6.1 Captări din strate acvifere cu apă infiltrată prin mal

Sunt recomandate în următoarele condiții:

- albii majore dezvoltate pe zone aluvionare întinse și cu grosimi mari;
- variații mari de nivele ale râului în zonă;
- calitatea apei râului relativ stabilă sau cu variații mici de conținut în suspensii.

Proiectarea acestui tip de captare urmează procedura stratelor acvifere cu nivel liber în soluția puțuri forate sau drenuri.

Adoptarea unei soluții de captare din strate acvifere cu apă infiltrată prin mal va avea la bază:

- studii hidrogeologice definitive derulate pe o perioadă de min. 1 an astfel încât să cuprindă integral relația râu-strat;
- studiul colmatării zonei de infiltrație;
- studii hidrochimice privind modificările calitative ale apei râului prin infiltrația în strat.

Decizia se va adopta pe baza unei analize tehnico-economice care va lua în considerație:

- costurile de investiție pentru realizarea captării inclusiv amenajările conexe: amenajare zonă de infiltrație, dig de protecție;
- costurile de investiție privind tratarea apei captate;
- costurile de operare.

Soluția se va compara cu: altă sursă, altă opțiune, costul apei furnizate.

În general la captări de acest tip apar fenomene:

- reducere a debitului captării în perioade scurte (2 - 3 ani);
- modificarea calității apei captate.

Calculule complexe și studiile nu pot stabili cu precizie aceste modificări și o serie de nedeterminări rămân; urmărirea și monitorizarea permanentă a captării trebuie realizată.

2.1.6.2 Îmbogățirea stratelor de apă subterană

Soluția se impune în situații favorabile de strate acvifere amplasate în apropierea surselor de suprafață unde se urmărește:

- folosirea completă a instalației unei captări existente;
- crearea unei rezerve de apă subterană;

- îmbunătățirea matricei de calitate a apei prin staționarea/curgerea în subteran perioade mari de timp (≈ 100 zile).

Sunt necesare studii și instalații corespunzătoare pentru tratarea apei de suprafață care se va infiltra.

2.2 Captarea apei din surse de suprafață

2.2.1 Tipuri de captări și domeniul de aplicare

Captările din râuri, lacuri sau alte surse de suprafață se realizează în cazul când alte surse de apă în zonă nu pot asigura cerința de apă pentru un utilizator calitativ și/sau cantitativ.

2.2.1.1 Clasificare: tipuri de captări

- a. Captare în albie: crib și stație de pompare în mal; aplicare – când adâncimea minimă necesară se realizează în albie.
- b. Captare în mal: cu stație de pompare încorporată sau independentă; aplicare – când există adâncimea minimă la malul concav al apei; debite mari.
- c. Captări plutitoare: aplicare – fluvii cu variații mari de nivel.
- d. Captări din lac naturale și/sau artificiale.
- e. Captare cu baraj de derivație – se aplică când adâncimea apei este redusă.
- f. Captări în condiții speciale (dren în mal, și/sau sub albie) – se aplică când malurile albiei și/sau patul sunt formate din aluviuni permeabile.

2.2.1.2 Alegerea amplasamentului captării. Criterii

- a. Captarea se amplasează amonte de localitate (utilizator);
- b. Captarea se amplasează în zona stabilă a albiei, neinundabilă, pe același mal cu localitatea, în zone de aliniament sau a malului concav al sectorului de râu;
- c. Zonă accesibilă, apropiată de căile de comunicație și de sursele de energie;
- d. Poziția captării trebuie să fie încadrată în planul general de gospodărire cantitativă și calitativă a sectorului de râu.
- e. Amplasamentul captării trebuie să permită relizarea condițiilor pentru:
 - prelevarea apei cu turbiditate minimă, pierderi de sarcină hidraulică minime;
 - evitarea antrenării aluviunilor în priză;
 - lucrări de apărări de maluri și îndiguiri de mică amploare.
 - asigurarea condițiilor pentru realizarea zonelor de protecție sanitară.
- f. Terenul de fundare trebuie să fie corespunzător pentru amplasarea unei construcții hidrotehnice, ca stabilitate și capacitate portantă.
- g. Se recomandă ca albia să fie stabilă sau să se poată stabiliza cu lucrări de regularizare în zona prizei pe distanțele:

- în amonte $L_1 = (4 \dots 5) \cdot B$ pentru sectoarele rectilinii și $L_2 = (6 \dots 7) \cdot B$ pentru sectoarele curbe;
- în aval $L_1 = (4 \dots 5) \cdot B$ pentru sectoarele rectilinii și $L_2 = (10 \dots 14) \cdot B$ pentru sectoarele curbe.

în care:

B – lățimea albiei minore stabile la nivelul minim cu asigurarea de calcul pentru captare.

- h. Prizele de apă din lacuri se amplasează la adâncimi cel puțin egale cu de 3 ori înălțimea valului .

La alegerea amplasamentului captării din lac se va ține seama de următoarele:

- rezultatele studiilor asupra calității apei din lac și evoluția sa în timp;
- evitarea zonelor de instabilitate a fundului și malurilor lacului;
- evitarea zonelor în care vânturile dominante pot antrena plutitori, alge, gheață și zai, sau antrenează apa cu caracteristici defavorabile calitativ;
- amplasarea captărilor de apă este interzisă la coada lacului de acumulare, unde se depun cele mai multe aluviuni;
- corelarea lucrărilor de captare cu situațiile care apar în perioadele de curățire a lacului.

2.2.1.3 Alegerea tipului de captare. Criterii

- a. Alegerea tipului de captare se va face în funcție de:

- tipul sursei (curs de apă, lac);
- coordonarea cu schemele de gospodărire a apelor din bazinul hidrografic respectiv;
- cantitatea de apă necesară folosinței: mărimea debitului mediu zilnic, maxim zilnic, anual;
- condițiile de calitate a apei preluate prin priză;
- gradul de asigurare a captării pentru debitele și nivelele maxime și minime;
- condițiile specifice locale ale amplasamentului: topografice, geotehnice, hidrogeologice și hidrologice.

- b. La captările din cursurile de apă, tipul de captare se alege în funcție de următorii factori:

- b.1 α – coeficientul de captare, determinat cu relația:

$$\alpha = \frac{Q_c}{Q_{min}} \quad (2.23)$$

în care:

Q_c – debitul de calcul care urmează a fi captat;

Q_{min} – debitul minim affluent pe râu în amplasamentul prizei de apă, la gradul de asigurare a folosinței deservite; în cazul în care se captează debite pentru mai multe folosințe, Q_{min} se stabilește ținând seama de gradul de asigurare și procentul de debit captat pentru fiecare folosință în parte adoptând asigurarea cea mai defavorabilă; obligatoriu se va ține seama de debitul ecologic de pe râu.

b.2 adâncimea de apă minimă din râu, în fața prizei H_{min} corespunzătoare lui Q_{min} ;

b.3 necesitățile de autospălare a aluviunilor din fața prizei.

c. Captările în curent liber se recomandă să fie utilizate în cazurile în care:

$$\alpha \leq 0,25 \text{ și } H_{min} \geq H_{nec} \quad (2.24)$$

d. Captările în mal se recomandă să se folosească dacă adâncimea de apă H_{min} lângă malul râului respectă condiția:

$$H_{min} \geq H_{nec} = H_p + H_f + H_a \quad (2.25)$$

în care:

H_p – înălțimea pragului ferestrei față de fundul râului, având valoarea minimă de 0,3 ... 0,75 m, în funcție de înălțimea stratului de aluviuni posibil de a fi târâte în priză;

H_f – înălțimea ferestrei pentru captarea debitului Q_c ;

H_a – acoperirea cu apă a ferestrei, necesară pentru captarea apei fără plutitori și/sau particule solide; se adoptă valoarea cea mai mare dintre valorile rezultate din aplicarea relațiilor următoare:

$$H_a = h_v + h_{g2} \quad (2.26)$$

$$H_a = h_{g1} + h_{g2} \quad (2.27)$$

în care:

h_v – este jumătate din înălțimea totală a valului;

h_{g1} – grosimea maximă a gheții;

h_{g2} – garda minimă până la oglinda apei (min. 0,5 m).

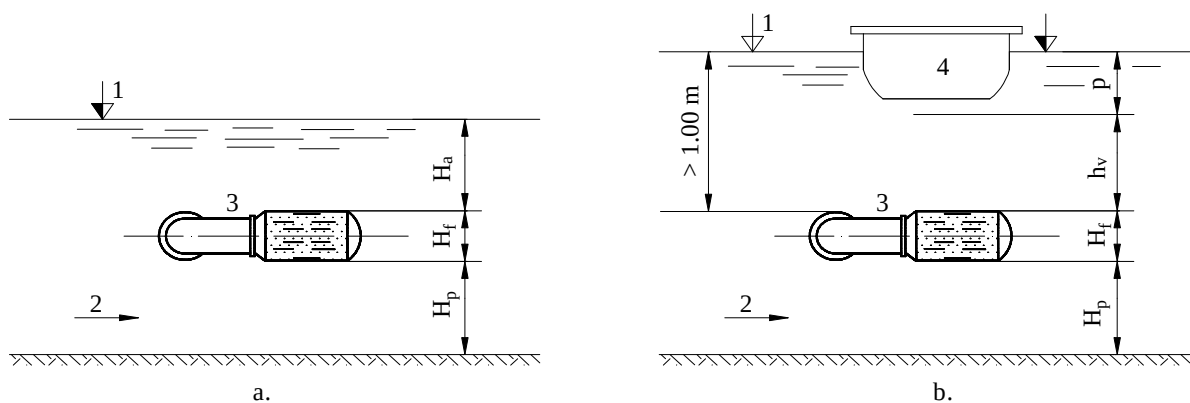


Figura 2.19. Poziția prizei în adâncime.

a. la râuri fără navigație; b. râuri navigabile; 1. nivelul minim asigurat;
2. sensul curentului; 3. priza de apă (sorb); 4. plutitor.

e. Captările cu crib se prevăd dacă adâncimea de apă H_{min} în zona talvegului respectă condiția:

$$H_{min} \geq H_p + H_f + H_a \quad (2.28)$$

în care:

H_p – înălțimea de la fundul râului până la limita inferioară de intrare a apei în grătar;

H_f – înălțimea ferestrei cribului (la grătare verticale);

H_a – acoperirea cu apă necesară deasupra ferestrei care se determină astfel:

- în cazul râurilor fără navigație, cea mai mare dintre valorile rezultate din aplicarea relațiilor:

$$H_a = h_{g1} + h_{vt} + h_{g2} \quad (2.29)$$

$$H_a = h_v + h_{g1} + h_{g2} \quad (2.30)$$

- în cazul râurilor navigabile, cea mai mare dintre valorile rezultate din aplicarea relațiilor:

$$H_a = h_{g1} + h_{vt} + h_{g2} \quad (2.31)$$

$$H_a = h_v + h_{gt} + h_{g2} \quad (2.32)$$

$$H_a = p + h_v + h_{g2} \quad (2.33)$$

în care:

h_v, h_{g1}, h_{g2} – idem § 2.2.1.3 d;

h_{vt} – acoperirea cu apă necesară evitării vortexului;

p – pescajul maxim al navelor care circulă în zonă.

- f. Captările cu stații de pompare plutitoare se recomandă în cazurile când adâncimea minimă permite soluția de plutire a prizei (în general pe fluvii și râuri cu variații mari de nivel și în lacuri); se consideră că variația nivelului apei este mare dacă diferențele sunt peste 3 – 4 m. Condiția ca să se poată adopta captarea cu stație de pompare plutitoare este ca $H_{min} > H_{nec}$.

$$H_{min} \geq H_{nec} = \max \begin{cases} H_{nec} = h_{g1} + h_{vt} + h_s + h_{g2} \\ H_{nec} = h_v + h_{vt} + h_s + h_{g2} \\ H_{nec} = h_{gn} + p \end{cases} \quad (2.34)$$

unde:

$h_v, h_{g1}, h_{g2}, h_{vt}, p$ – idem § 2.2.1.3. d și e.

h_s – distanța minimă a sorbului față de fundul râului;

h_{gn} – pescajul ambarcațiunii stației de pompare plutitoare;

- g. În cazul captărilor de apă din lac, tipul de captare se alege în funcție de următorii factori:

- tipul lacului: natural sau artificial;
- tipul barajului (în cazul lacurilor artificiale);
- limitele maxime și minime de variație a nivelului apei din lac;
- evoluția nivelului fundului lacului, în zona captării în timp;
- variația calității apei în lac, atât pe verticală cât și în funcție de distanța de la țărm și în timp;
- posibilitățile de etapizare a execuției captării în corelație cu alte utilizări ale apei lacului;
- siguranța și ușurința în exploatare.

2.2.2 Studii necesare pentru elaborarea proiectului captării

Elaborarea proiectelor pentru captări de apă de suprafață vor fi precedate de următoarele investigații, studii și cercetări de laborator:

- studii topografice;
- studii geomorfologice;
- studii geologice și geotehnice;
- studii hidrologice;
- studii climatologice și meteorologice;
- studii hidrochimice și de trataibilitate;
- studii de impact și de siguranță (risc).

Pentru captările de apă din lacuri trebuie întocmite studii suplimentare asupra:

- stării de eutrofizare a lacului; evaluarea riscului de înrăutățire a calității apei;
- influența acțiunii vântului, valurilor și curenților de apă din lac asupra viitoarei captări;
- regimului de exploatare a apei din lac în cazul folosințelor multiple.

2.2.2.1 Studiul topografic

Studiul topografic trebuie să conțină:

- planuri de situație (la scări convenabile 1:10.000 ... 1:5.000; de ansamblu și de detaliu), pe care să fie amplasată sursa de apă de suprafață luată în considerare;
- precizarea limitei de inundabilitate, corespunzătoare nivelului maxim istoric al apei, pe ambele maluri, precum și cu diferite asigurări de calcul, conform standardelor în vigoare;
- profile transversale prin albia râului, lacului;
- profile topografice în lungul cursului de apă prin talvegul râului și în lungul malurilor;
- cote exacte, la nivelul oglinzii apei, măsurate instantaneu, în amonte și aval de captare, pentru calculul pantei naturale de curgere în zona de amenajare a captării de apă;

- în cazul lacurilor de acumulare artificiale sau a celor naturale se fac periodic măsurători batimetrice, necesare la calculul volumului de apă înmagazinat la un moment dat în funcție de nivelul apei în lac și pentru stabilirea ritmului de colmatare;
- limitele de proprietate, natura juridică a proprietății, zonele construite, perimetre degradate, indicarea balastierelor, a incintelor industriale, a depozitelor de reziduri, a tuturor surselor posibile de poluare.

2.2.2.2 Studiul geomorfologic

Factorii geomorfologici sunt influențați de curgerea apelor de șiroire de pe versanți în râuri sau acumulări, evapotranspirația, condiții de infiltrare a apei în subteran, fenomene de eroziune, material antrenat de torenți.

Studiul geomorfologic furnizează următoarele elemente:

- pantele naturale ale terenului pe diferite sectoare de bazin;
- sectoarele ocupate cu terase și lunci, unde infiltrația în subteran este mult favorizată;
- influența condițiilor geomorfologice asupra disponibilităților de captare a debitului necesar în diferite puncte;
- sectoare optime de amplasare a unor captări cu barare, captări de mal sau alte tipuri de captare;
- lucrări necesare pentru corectarea unor deficiențe.

2.2.2.3 Studiul geologic și geotehnic

Studiile geologice și geotehnice se referă la:

- constituția litologică a bazinului hidrografic, precum și gradul de tectonizare a acestor formațiuni, care furnizează elemente privitoare la scurgerea de suprafață, eventuale pierderi de teren, gradul de mineralizare în timp a apelor râului/lacului;
- stabilitatea malurilor lacului și a amplasamentului lucrărilor auxiliare captării.
- stratificația terenului în amplasament și caracteristicile geotehnice ale fiecărui strat, atât în stare uscată cât și umedă.

2.2.2.4 Studiul climatologic și meteorologic

Studiile furnizează următoarele date:

- precipitații medii anuale, minime, maxime instantanee, și modul de repartiție al acestora în cursul anului;

- volumele de apă furnizate sursei în cazul ploilor medii și excepționale;
- umiditatea relativă lunară, anuală și multianuală;
- temperatura medie anuală și variația temperaturilor în decursul anului;
- regimul vânturilor din zonă;
- regimul înghețului.

2.2.2.5 Studiul hidrologic

Studiul hidrologic ia în considerare atât regimul de scurgere natural, cât și cel amenajat și furnizează următoarele elemente:

- dinamica albiei în zona captării cu referire la fenomenele de depunere și eroziune, afuieri generale și locale, limitele de inundabilitate;
- debite medii anuale și lunare (min. 3 ani) cu asigurările corespunzătoare;
- debitul minim de calcul cu asigurarea cerută de obiectivul pentru care se face captarea;
- debitul solid (târât și în suspensie) și corelația acestuia cu debitele lichide;
- date privind temperatura apei și variația ei în timp;
- corelația dintre debitele și nivelurile apei din râurile și lacurile de acumulare;
- încadrarea în planul de gospodărire a apelor pe bazin;
- debite de servitute în aval.

2.2.2.6 Studiul hidrochimic și de tratabilitate

Studiile privind calitatea apei de suprafață se referă la:

- încadrarea în categoria de râu conform cu NTPA 013/2002 și asigurarea calității acesteia;
- încadrarea în criteriile stabilite de NTPA 013/2002 pentru apa destinată potabilizării;
- inventarierea surselor de poluare a râului ce ar putea induce substanțe periculoase pentru calitatea apei (ape uzate industriale, de canalizare, spălare suprafețe, drumuri, depozite); vor fi indicate și nivelele de îmbunătățire a calității apei ca urmare a îmbunătățirii epurării apei în amonte.
- agresivitatea apei față de betoane și metale;

Studiile de tratabilitate a apei precizează:

- procedeele tehnologice de tratare care trebuie analizate, în funcție de caracteristicile fizice, chimice, biologice și microbiologice ale apei de tratat în concordanță cu categoria de folosință;
- tipuri de reactivi necesari și recomandați în procesul de tratare a apei;
- dozele estimate de reactivi în corelație cu caracteristicile apei brute;
- schemele tehnologice de principiu și parametrii de proiectare tehnologică.

2.2.2.7 Studiul de impact și studiul de siguranță

Impactul unei captări din surse de apă de suprafață asupra mediului este în general negativ. Pentru reducerea acestor efecte trebuie luate măsuri speciale pentru a se asigura limitele admise pentru protecția mediului în sensul conservării condițiilor naturale existente înainte de construcția captării.

Procedura de elaborare și conținutul cadru al studiilor de impact trebuie să fie conform reglementărilor tehnice în vigoare.

Studiul de siguranță (risc) comportă trei etape:

Etapa I: Analiza situației existente

Se elaborează o documentație în care se analizează planurile de securitate actuale.

Etapa a II –a: Studiu de securitate cu obiectivele principale:

- identificarea riscurilor care pot afecta lucrarea și cauzele lor;
- evaluarea importanței acestor situații de risc, caracterizate prin indicii de criticitate;
- menționarea și definirea măsurilor corective.

Etapa a III – a: Clasificarea riscurilor și recomandări

Aprecierile de risc se fac pentru situația actuală și de viitor. Evaluarea factorilor de risc pentru sursa de apă se face atât din punct de vedere calitativ cât și cantitativ, ambele fiind importante pentru funcționarea sistemelor de alimentare cu apă.

2.2.3 Soluțiile tehnice pentru captări din râuri

2.2.3.1 Captare în albie: crib și stație de pompare în mal

Se aplică atunci când adâncimea minimă necesară se realizează în albie (la debite minime pe râu înălțimea apei este mai mare de 1,20 m).

Elementele componente ale captării sunt date în figura 2.20.

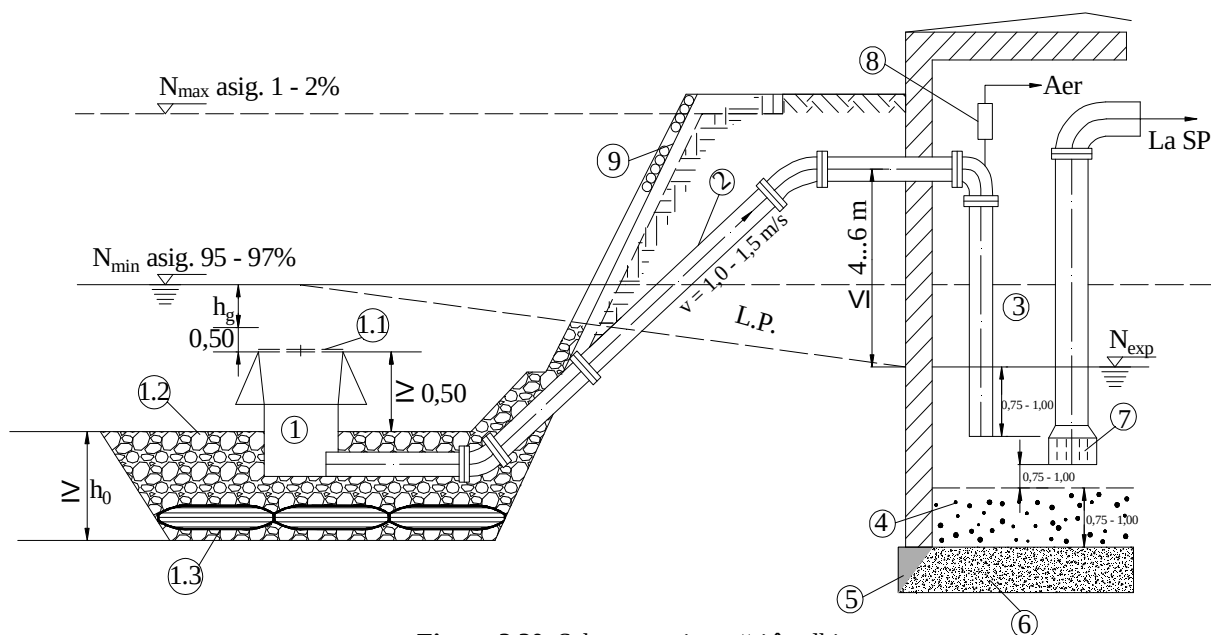


Figura 2.20. Schema unei captări în albie.

1. Crib din elemente prefabricate/monolit	4. Volum acumulare nisip antrenat
1.1 Grătar	5. Cușit cheson
1.2 Anrocamente de fixare	6. Saltea beton simplu
1.3 Saltea de fascine (ϕ 10 – 15 cm)	7. Sorb conductă aspirație
prinse cu sârmă la 30 – 40 cm	8. Sistem de amorsare (pompe vid)
2. Conductă de legătură crib – mal	9. Pereu pe pat din balast
3. Stație de pompare mal	

1. Crib:

- construcție permanentă de protecție a sorbului;
- se poate realiza ca o construcție independentă din: căsoaie de lemn, beton armat, tablă protejată sau inox;
- se așează pe talvegul apei pe un pat de anrocamente dacă fundul albiei este stabil sau în cazul albiilor cu fundul nestabil (nisip fin, mâl) patul de anrocamente trebuie să fie așezat pe o saltea de fascine.

- în cazul unor captări mari (peste 200 – 500 l/s) din motive de siguranță se realizează două crihuri; acestea vor fi așezate la min. 20 m între ele; se consideră că nu pot apărea deficiențe la ambele construcții simultan; ambele crihuri sunt în funcțiune;
- se execută cu batardou pentru punerea la uscat.
- construcția se verifică la plutire și stabilitate în toate ipotezele de funcționare.

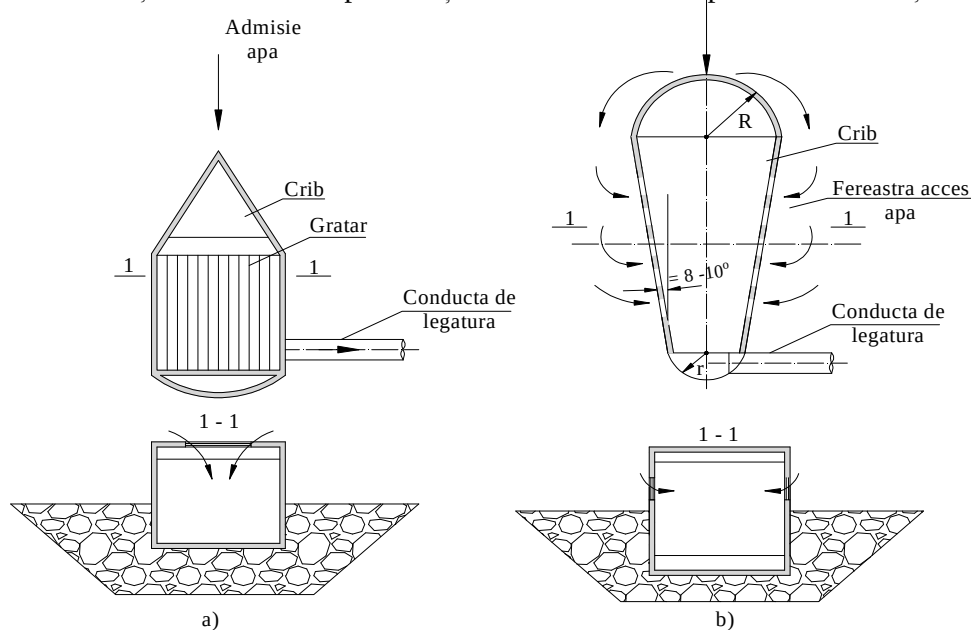


Figura 2.21. Tipuri de crihuri.
a) grătar plan; b) grătar în pereți laterali.

1.1 Grătarul cribului

- se dimensionează la o viteză medie de trecere între bare de 0,1 – 0,3 m/s;
- se execută din bare rezistente la șocul cu plutitorii, iar amplasarea lor se face pe partea laterală sau superioară a cribului (șoc redus din cauza plutitorilor, acces redus al aluviunilor din cauza întoarcerii curentului de apă, aluviunile trec având inerție mai mare).

La toate tipurile de priză se determină pierderile de sarcină care apar datorită grătarelor, ferestrelor, timpanelor, nișelor, în funcție de dispoziția constructivă.

Pierderile de sarcină la grătare înclinate sau verticale se calculează cu relația Kirschmer:

$$\Delta h_{gr} = \zeta_{gr} \cdot \frac{v_i^2}{2g} = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \frac{v_i^2}{2g} \cdot \sin \alpha \quad (2.35)$$

unde:

v_i – viteza apei între barele grătarului;

α - unghiul format de bare cu orizontala;

s – grosimea maximă a unei bare;

b – distanța între bare;

β - coeficient de formă a barelor.

ζ_{gr} – coeficient de rezistență hidraulică a grătarelor.

Pentru $\alpha = 0$ (grătare orizontale) pierderea de sarcină se calculează cu relația:

$$\Delta h_g = h_{r_{bs}} + h_{r_{ls}} \quad (2.36)$$

unde:

$h_{r_{bs}}$ = pierderi de sarcină locale la îngustarea bruscă de secțiune;

$h_{r_{ls}}$ = pierderi de sarcină locale la largirea bruscă de secțiune.

Valorile coeficientului β sunt date, în funcție de tipurile de bare, în figura 2.22.

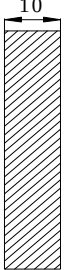
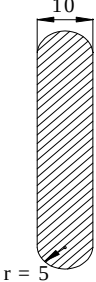
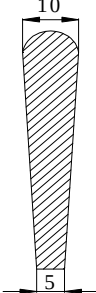
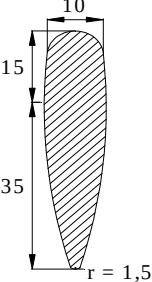
Tipul de bare (mm)	a.	b.	c.	d.	e.
					
β	2,42	1,67	1,00	0,76	1,70

Figura 2.22. Valorile coeficientului (β) de formă a barelor grătarelor .

În calcule pentru a ține seama de gradul de înfundare al grătarului de adoptă:

$$h_r = 3 \cdot \Delta h_{gr} \quad (2.37)$$

1.2 Ferestrele prizei

Ferestrele prizelor fiind acoperite de grătare, în calcul se va introduce un coeficient care depinde de procentul dintre plinuri și goluri și gradul de înfundare al grătarului.

Notând grosimea barelor cu s și intervalele dintre bare cu b și ținând seama de obturarea posibilă cu plutitori sau aluviuni cu un procent (în practică "p" se poate lua 25%), suprafața totală a ferestrelor de captare este:

$$F_{tot} = \zeta \cdot (1 + \beta_o) \cdot A_{net} \quad (2.38)$$

în care:

$$A_{net}^F = \frac{Q}{V} = \frac{A_{Tot}^F}{\zeta \cdot (1 + \beta_0)} \quad (2.39)$$

$$\beta_0 = \frac{s + p \cdot b}{(1 - p) \cdot b} \quad (2.40)$$

ζ – coeficient de corecție al contracției; ζ se poate lua în practică de la 1,05 la 1,10, în funcție de forma barelor, înclinarea lor și direcția generală a curentului de apă față de planul de amplasare al grătarului;

s – grosimea barelor;

b – distanța dintre bare (goluri);

p – coeficient de obturare a grătarului.

Lungimea și înălțimea ferestrei se determină cu formula:

$$A_{Tot}^F = B_{tot} \cdot H_g \quad (2.41)$$

în care:

B_{tot} – lățimea ferestrei.

$$B_{tot} = (n + 1) \cdot b \cdot n_s \quad (2.42)$$

H_g – înălțimea ferestrei.

În stabilirea debitului Q pentru dimensionarea grătarelor se va ține seama și de debitul de spălare în sens invers în perioada de funcționare a captării; valoare $Q_{spălare}$ poate fi $(1,5 - 2) \cdot Q_{captat}$;

1.3 Saltea de fascine

– este utilizată în cazul în care patul albiei este instabil;

2. Conducta de legătură

– se dimensionează la o viteză de 1,0 – 1,5 m/s;

– poate fi sub formă de conductă sifon sau de aspirație realizată din tuburi de oțel.

3. Stație de pompare

– este echipată cu electropompe corespunzătoare Q și H_p ;

– în cazul conductelor de sifonare scurte (sub 50 m de la priză la mal) camera colectoare de pe mal lipsește iar prelevarea apei se poate prin racordare directă la pompe cu amorsare cu un rezervor vidat.

2.2.3.2 Captare în mal cu stație de pompare încorporată

Se adoptă atunci când:

- se asigură adâncimea minimă la malul concav;
- debitul captat este mare;
- nu este rațională realizarea unui crib;
- albia este stabilă în zonă;
- albia majoră nu permite realizarea unui batardou pentru perioada de execuție sau remedieri în exploatare.

Captarea în mal se poate realiza în variante constructive diferite, în funcție de debitul captat și de destinația apei captate (cheson de formă circulară sau rectangulară, cameră uscată/umedă pentru pompe):

- a. captări cu cheson în mal - pentru centre populate sau industrii, debitul este mediu, iar apa urmează să suporte o tratare pentru corectarea calității;
- b. captări în mal cu bazin deschis (figura 2.23) - pentru debite mari de apă (mari unități industriale, centre populate mari, irigații, CET-uri).

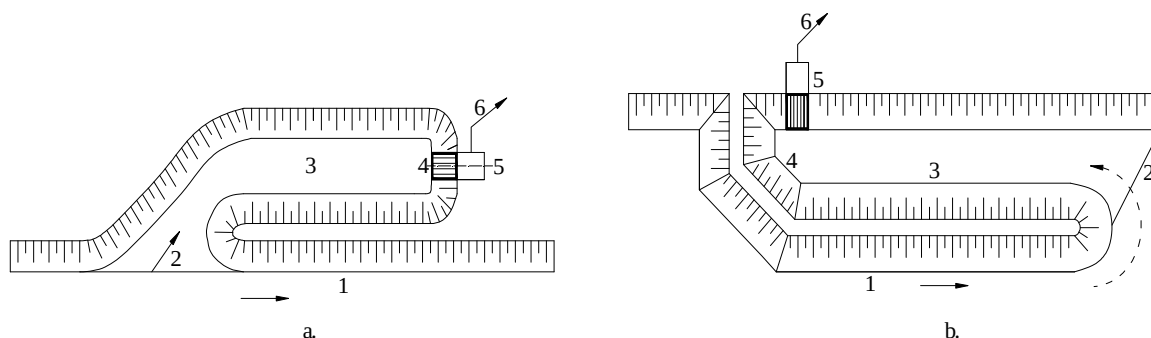


Figura 2.23. Schemele captărilor cu bazin:

a. cu bazin săpat în mal; b. cu bazin avansat în albie;

1. râu; 2. prag; 3. bazin; 4. priză; 5. stație de pompare; 6. conductă de aducțiune (refulare).

Captarea cu cheson este o construcție monolită, care de obicei cuprinde și stația de pompare.

Elementele componente ale captării cu cheson în mal sunt date în figura 2.24.

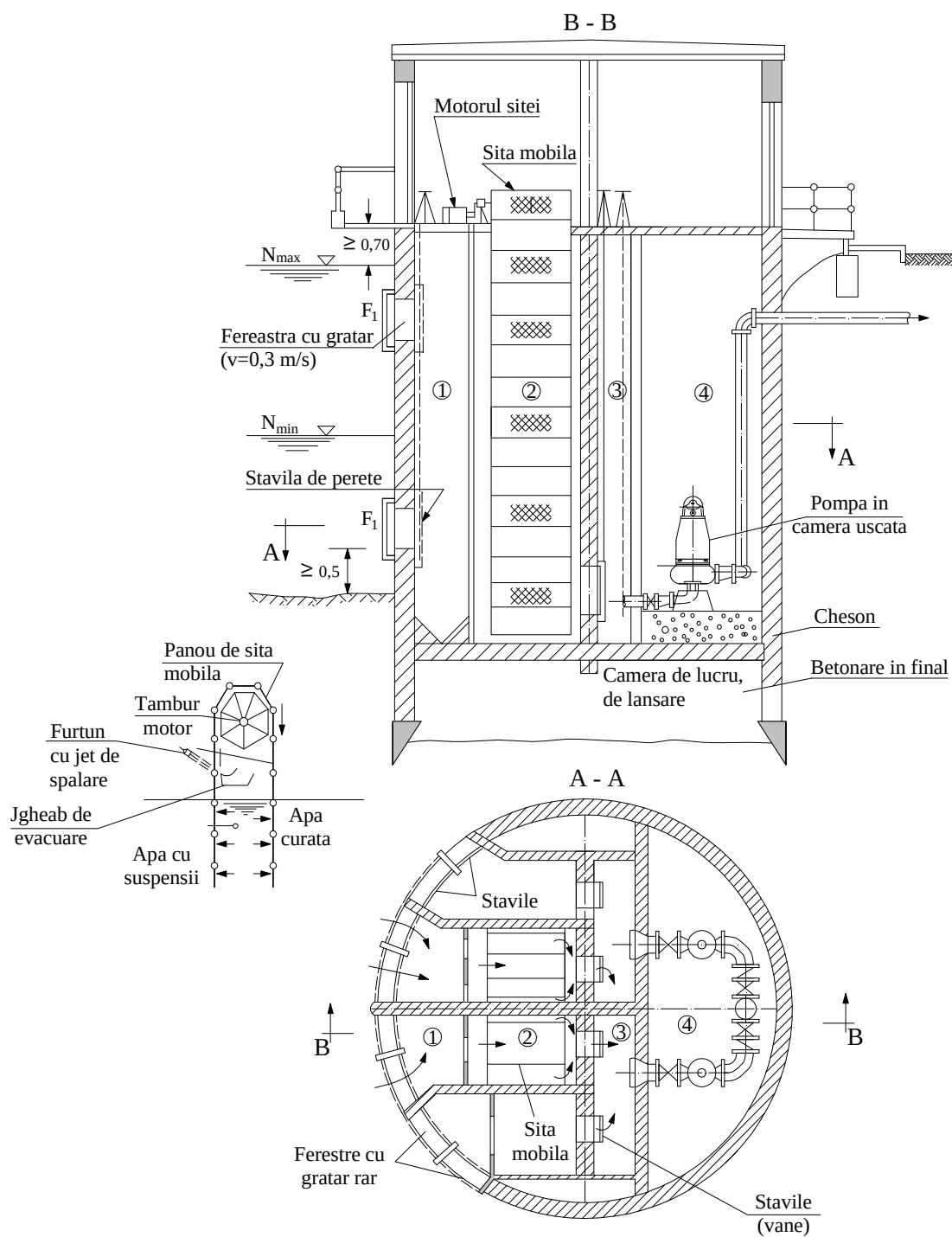


Figura 2.24. Captare de mal, cu cheson.

a. secțiune verticală B – B; b. detaliu sită; 1. camera de admisie și deznisipare a apei; 2. camera sitelor rotative; 3. cameră cu rol de bazin de aspirație pentru pompe; 4. cameră uscată pentru pompe.

Chesonul este o lucrare, de regulă cilindrică, așezată stabil în mal (fundată la o adâncime unde nu se pot produce afuieri – la ape mari – adâncime numită adâncimea de afuiere), care are deschideri protejate în zona apei.

Construcția este compartimentată în plan pe linii tehnologice independente, dintre care una este întotdeauna de rezervă. În interior, se deosebesc următoarele compartimente:

1.Camera de admisie și deznisipare a apei (cu posibilități de evacuare a nisipului depus);

2.Camera sitelor rotative; sitele rotative sunt formate din panouri de sită cu ochiuri de dimensiuni mici, articulate și trecute peste două tambururi – unul sus (motor) și altul jos (pasiv); apa trece prin panourile de sită, sunt reținute impuritățile mari, plutitorii în general; panourile se ridică permanent, ajungând deasupra nivelului apei în fața unui jet de spălare;

Sitele folosite pot fi plane și fixe la construcțiile mici și site mobile la prizele mari. Dimensionarea sitelor se face la o viteză de 0,1 ... 0,2 m/s în cazul sitelor plane, fixe, și la 1 m/s pentru sitele rotative cu curățire continuă.

Sitele se dimensionează la secțiunea corespunzătoare nivelurilor minime ale apei din râu ($v = 0,1 \dots 0,2$ m/s) și se verifică la scoaterea din funcțiune a unui compartiment. La dimensionare se ține seama de obturarea (înfundarea) secțiunilor cu 20 ... 50% care crează între amonte și aval o diferență de nivel de 0,1 ... 0,3 m.

Sitele se prevăd cu ochiuri de 1 x 1 mm în cazul apelor cu suspensii foarte fine și cu ochiuri de 5 x 5 mm până la 20 x 20 mm la debite mari .

3.Bazin de aspirație pentru pompele din camera uscată;

Camera de aspirație se dimensionează pentru un timp de trecere a apei de 60 ... 100 s. La debite importante, pentru reducerea volumului camerei de aspirație, sunt indicate studii speciale de laborator care să determine pe lângă volumul camerei de aspirație, și forma acesteia.

Calculul conductelor de aspirație se face la viteza de 0,6 ... 1,0 m/s pentru a avea pierderi de sarcină reduse. Viteza pe conductele de aspirație nu trebuie să scadă sub 0,6 m/s pentru a nu se produce sedimentarea suspensiilor gravimetrice din apa brută. În cazuri special folosind pompe submersibile, pompele pot fi amplasate direct în bazinul de aspirație.

4. Camera uscată, care adăpostește pompele treapta I (care trimit apa de la sursă la stația de tratare). În cazul în care nu se dispune de pompe cu ax vertical (care au motoarele montate pe platforma superioară), pot fi prevăzute pompe cu ax orizontal, cu adoptarea unor măsuri importante de păstrare uscată a camerei. Camera uscată poate fi suprimată în situațiile în care pentru cerința de apă și înălțimea de pompare sunt disponibile electro – pompe submersibile cu randamente satisfăcătoare.

În partea superioară a construcției, se prevăd: camera de comandă, camera de manevră a vanelor și pompelor de epuismen, camera motoarelor pompelor verticale și sala transformatoarelor (dacă este cazul). Nivelul planșeului se execută de obicei cu circa 0,7 m peste nivelul maxim al apelor râului, cu asigurarea 1%. În fața prizei, se execută o pasarelă de acces a personalului pentru curățarea grătarelor de la priză și îndepărtarea plutitorilor și gheții. Grătarele sunt de tip rar, cu distanțe între bare de 3 – 10 cm.

Admisia apei în priză se face prin două serii de ferestre –fereastre sub nivelul minim și fereastre sub nivelul maxim. Pentru dimensionarea ferestrelor prizei sunt recomandate vitezele de trecere a apei prin grătare specificate în tabelul 2.1.

Tabel 2.1. Vitezele de trecere a apei prin grătare.

Condiții existente pe râu	Viteza de trecere a apei prin grătar în m/s	Observații
Zai*	max. 0,1	Poate fi mărită dacă se iau măsuri speciale împotriva zaiului** și lama de apă peste grătar este de min. 0,80 m.
Plutitori	max. 0,3	În cazul grătarelor fără curățire mecanică.
Plutitori	de la 0,3 ... 0,6	În cazul grătarelor cu curățire mecanică.

*Zai - gheață în cristale fine; se formează în apa râului în condiții speciale de h_{ap} , $t^{\circ}C$ apă și $t^{\circ}C$ aer.

** Blocarea barelor grătarelor cu zaiul se evită prin încălzirea grătarelor la $t^{\circ}C = t^{\circ}C_{ap} + 0,1 \div 0,2^{\circ}C$.

La nivelurile mari în râu, se lucrează cu fereastra de sus, pentru a evita antrenarea în priză a aluviunilor târâte de apă la partea de jos a albiei. Pentru închidere, fiecare fereastră are prevăzută o stavilă plană, manevrabilă de la suprafață. În fața ferestrelor, grătarele sunt rare, din bare rotunde (țeavă) sau profile, și se pot curăța cu greble mecanice (la prizele mari) sau manual. Grătarele trebuie să fie executate cu exactitate și iarna se pot înlocui cu grătare din lemn sau se pot lua măsuri speciale pentru a se evita prinderea zaiului de barele metalice (încălzire bare grătar cu diferență de temperatură față de apă de min. $0,1^{\circ}C$).

2.2.3.3 Captări plutitoare

Pentru râuri și fluvii cu variații mari de nivel și adâncimi de captare asigurate la malul concav se poate adopta soluția unei captări plutitoare (figura 2.25) formată din:

- ambarcațiune (ponton) ancorată la mal printr-un sistem amovibil care va permite ridicarea și coborârea verticală odată cu variația nivelului apei în sursă;
- stație de pompare amplasată în compartimentele pontonului;
- legătura la mal prin sisteme autoportante (≥ 2) care pot fi conductele de refulare ale pompelor.

Prin proiect se va asigura mișcarea întregului ponton pe verticală între cotele minime ale nivelului sursei și cotele maxime prin articulații fixate la mal.

În realizarea captării plutitoare se impun următoarele condiționări:

- pentru fiecare electro – pompă se va asigura aspirație independentă cu prelevarea apei din sursă la 1,0 – 1,25 m sub nivelul instantaneu;
- ansamblul prelevării apei din sursă, electro – pompele și conductele de refulare, va funcționa unitar având: sisteme de izolare, interconectare, măsurători hidraulice și electrice;

Ambarcațiunea (pontonul) va fi considerată de clasă în conformitate cu prevederile navigației pe râu, fluviul sursă. Siguranța la avarie poate fi analizată.

Se vor prevedea măsuri pentru:

- accesul personalului de operare și verificare pe ambarcațiune și spațiile necesare acestui personal;
- asigurarea spațiilor pentru activitatea personalului de operare la utilajele montate pentru prelevarea și refularea apei brute (min. 1,25 – 1,5 m în jurul fiecărui agregat);
- asigurarea ancorării ambarcațiunii pentru siguranța totală: mecanic, electric, tehnologic la toate nivelele, debitele și condițiile care pot să fie întâlnite pe râu: plutitori, gheață.
- protecția contra avariilor la ciocnirea cu vasele de transport.

Instalația de manevrare și legare:

- babalele vor fi amplasate în ambele borduri: în pupă și provă; vor fi executate din oțel sudat, iar parâmele vegetale;
- scondrii metalici vor asigura legarea pontonului;

- conductele de refulare independente de la fiecare pompă vor fi autoportante pe 25 – 30 m și vor asigura fixarea pontonului la mal prin articulații sferice care vor permite deplasarea verticală sus – jos și invers a pontonului, funcție de nivelul apei în fluviu.

Se va executa la mal un sistem de fixare a sistemului de articulații sferice – conducte de refulare.

Se vor adopta măsuri pentru:

- stabilizarea malurilor și albiei în zona amplasamentului cu perete de piatră și fundație pe masiv de anrocamente corespunzătoare adâncimilor maxime pe râu;
- construcția ambarcațiunii se va executa din tablă de oțel conform normelor navelor și ambarcațiunilor caracteristice râului/fluviului sursă.

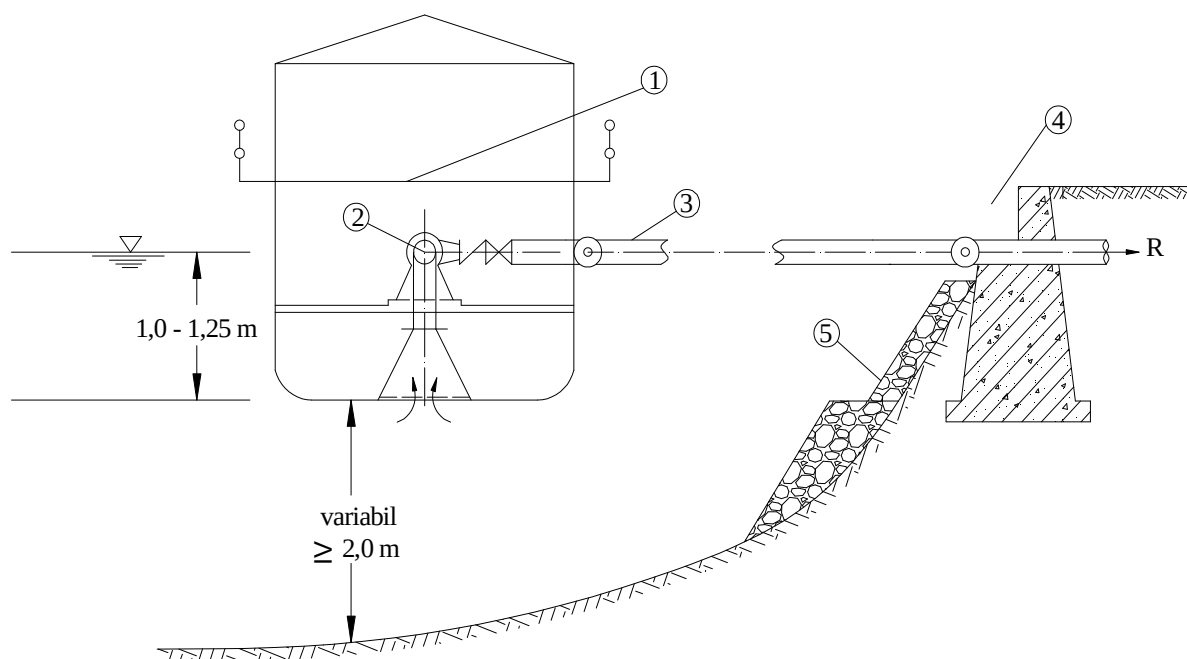


Figura 2.25. Captare plutitoare – secțiune.

1. ambarcațiune (ponton); 2. electro – pompe; 3. conducte refulare cu articulație sferică la capătul dinspre mal;
4. zid de sprijin (ancoraj); 5. apărare de mal.

2.2.3.4 Captări din lacuri

Priza de apă poate fi realizată în corpul barajului, în aval de baraj sau în lac. Elementele care conduc la stabilirea soluției sunt:

- tipul de construcție de barare a albiei;
- poziția utilizatorului de apă față de lac: captare din lac, dacă acesta este amplasat amonte și departe de baraj; în baraj sau aval, pentru un consumator amplasat în aval;
- mărimea lacului, variația nivelului apei în lac;
- utilizarea complexă a apei acumulate (de regulă, la stabilirea amplasamentului lacului se elaborează un plan de gestionare a resursei);
- tipul de baraj și simultaneitatea execuției barajului cu priza pentru folosințe de apă; în general, după executarea barajului priza poate fi numai în aval sau în lac;
- condițiile reale de teren; trebuie ținut seama că barajele cu lacuri mari de acumulare sunt situate în zona de deal – munte;
- condițiile raționale de tratare a apei obținute din lac.

2.2.3.4.1 Priza în aval de baraj

Se poate executa în forme și la debite adecvate situației locale. Sunt posibile următoarele tipuri de captări:

- captări în curent liber, de forma celor descrise la râuri la care debitul regularizat prin lac are valori mult mai mari;
- captări în baraj sau în lac, în cazul în care lacul are ca principală folosință alimentarea cu apă sau când barajul este realizat pentru un lac de compensare a debitelor rezultate de la funcționarea unor centrale hidroelectrice din amonte;
- captări în lac, în cazul în care lacul compensează folosința energetică, iar beneficiarul este departe de baraj, în amonte.

2.2.3.4.2 Prize în corpul barajului

Sunt gândite și executate odată cu barajul, astfel încât să nu pericliteze siguranța în funcționare a acestuia, dar să poată preleva apa de calitate cea mai bună existentă la un moment dat în lac. Dacă barajul este din beton, priza este de regula comună cu barajul (figura 2.26).

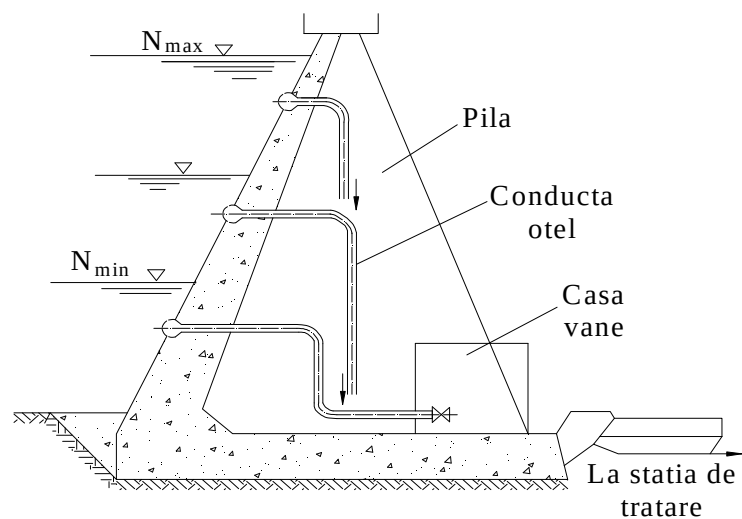


Figura 2.26. Captări în barajul cu contraforți.

Captările cu turn (figura 2.27) se recomandă când adâncimea și calitatea corespunzătoare a apei se găsește la distanță de mal. Captările cu turn se preferă în cazul când captarea nu se poate realiza cu criuri care să prezinte grad de siguranță corespunzător cerinței utilizatorului.

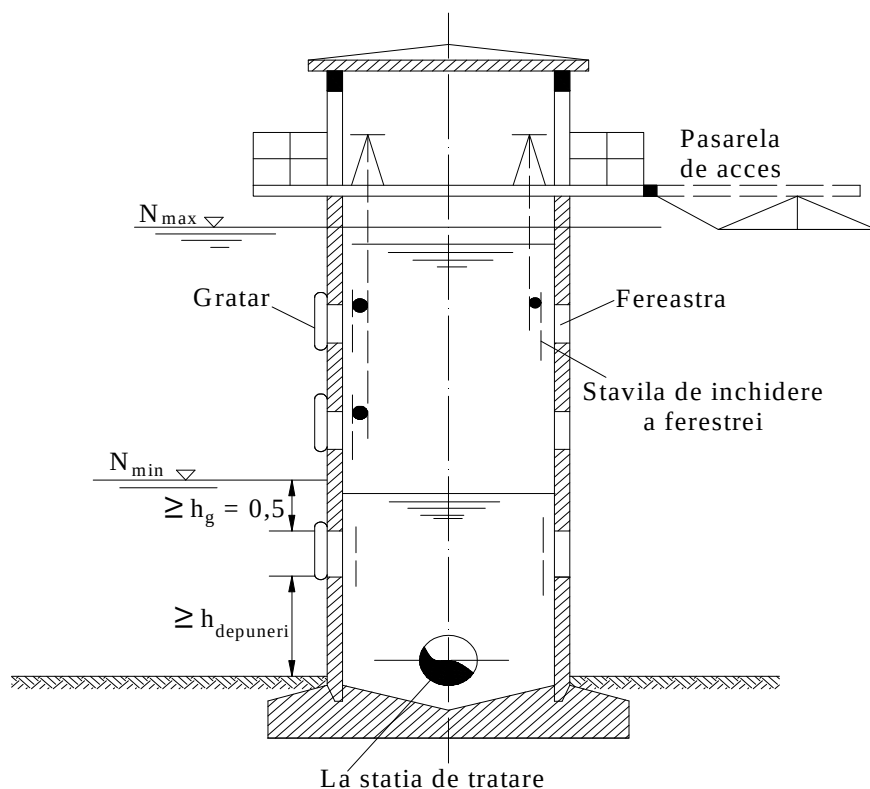


Figura 2.27. Priza turn în lac.

2.2.3.4.3 Captări în lac

Se utilizează atunci când în amplasament nivelul apei este asigurat întotdeauna deasupra unor valori limită. Se pot practica: o captare de tip turn (figura 2.27), când debitul captat este important, iar nivelul lacului relativ constant; o captare plutitoare, când alimentarea cu apă este sezonieră și condițiile de iarnă nu sunt severe; o captare de fund, când lacul este de adâncime mare și cu un volum de apă important (figura 2.28).

Captarea de fund este formată dintr-un sorb (pot fi prevăzute mai multe asemenea construcții independente) protejat de o confecție metalică stabilă de tip tetrapod. Se amplasează deasupra nivelului (apreciat) de colmatare și sub nivelul minim al apei din lac (acoperire mai mare pentru a fi evitați plutitorii). Zona captării va fi balizată pentru a fi ferită de accesul plutitorilor și ușor reperată pentru control; se marchează și zona de protecție, dacă este cazul. Conducta de legătură (suficient de elastică dacă are lungime mare) se lansează prin plutire și poate permite ridicarea prizei în caz de nevoie. Captarea va fi amplasată la o asemenea adâncime, încât să nu fie deplasată de valuri într-o zonă în care valurile nu pun în mișcare depunerile de pe fund și deteriorează calitatea apei. Acest tip de captare este destinată mai ales prelevării apei din lacurile naturale.

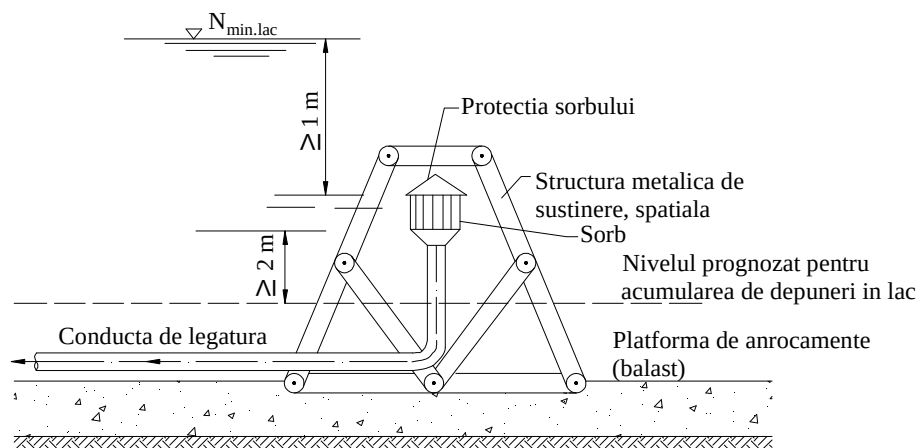


Figura 2.28. Captare de fund în lac – schema generală de amplasare.

2.2.3.5 Captare cu baraj de derivație

Se prevede atunci când nu se asigură adâncimea de apă pentru captare ($H_{min} < H_{nec}$).

Barajul de derivație (stăvilar) trebuie să asigure următoarele condiții:

- să fie stabil la acțiunea dinamică a apei;

- să permită evacuarea debitelor mari fără a provoca inundații sau deteriorarea altor construcții; în caz de navigație se va analiza și soluția cu stavile;
- să permită evacuarea ghețurilor de primăvară;
- să asigure navigația, plutăritul, circulația peștilor sau alte folosințe.

Forma captării depinde de:

- mărimea debitului captat, raportul debit captat / debit râu;
- variația debitului râului și aluviunilor transportate;
- posibilitățile de execuție;
- valoarea debitului de servitute/ ecologic.
- amplasamentul efectiv al prizei (natura albiei, adâncimea stratului impermeabil, înălțimea malurilor);

În figura 2.29 este prezentată schema unei captări cu baraj de derivație cu priză laterală.

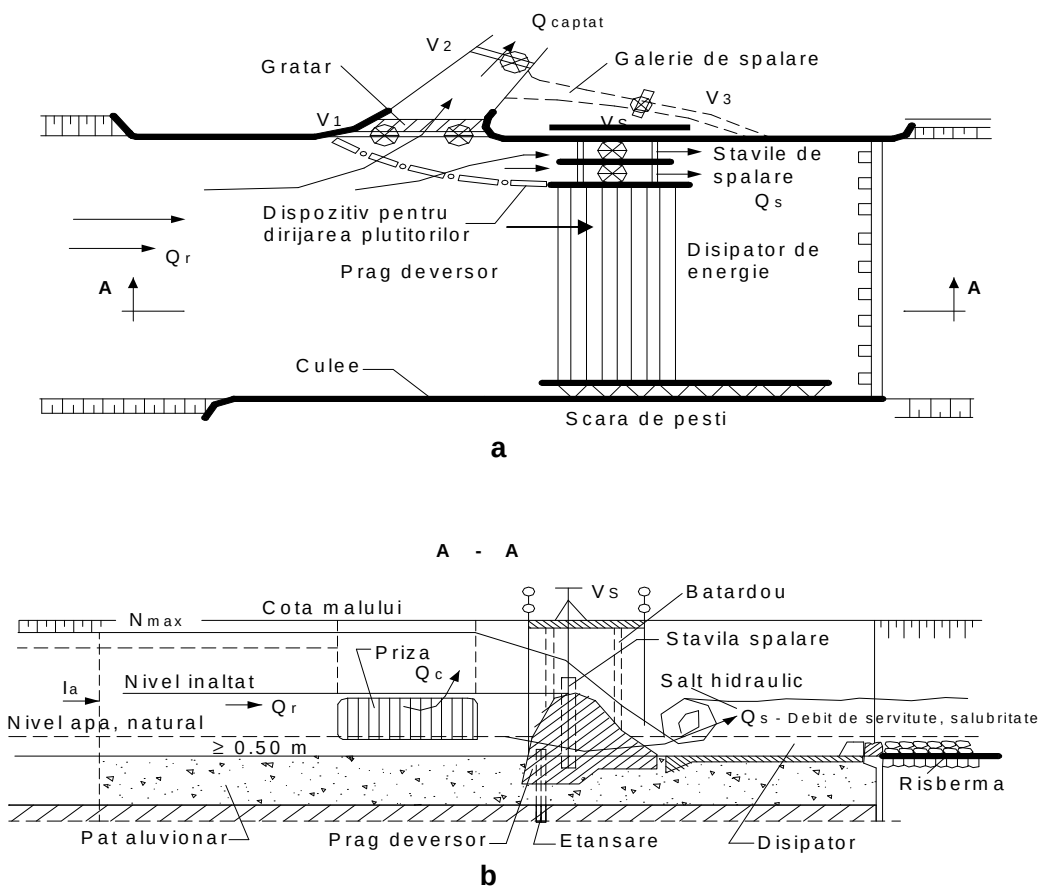


Figura 2.29. Captare cu baraj de derivație.
 a. vedere în plan; b. secțiune verticală prin pragul deversor.

1.Priza

- este o deschidere în culee, protejată cu un grătar contra plutitorilor;
- se prevede cu un prag (grătarul se așează deasupra fundului albiei la min. 0,3-0,5m) pentru a evita antrenarea aluviunilor mari în priză;
- pentru a evita blocarea grătarului cu plutitori, viteza de trecere este redusă, 0,1 – 0,3 m/s, și priza are o formă de confuzor.
- accesul apei poate fi închis cu stavile; dacă deschiderea totală este mare, ea se poate reduce cu ajutorul unor pile intermediare;

În pile, înaintea nișei stavilei, se prevăd profile U înglobate în beton, cu deschiderea spre apă, pentru a se putea lansa batardoul (umplură din elemente, grinzi de lemn sau metal), în scopul punerii la uscat a incintei pentru eventuale reparații; în confuzor vitezele apei sunt reduse, se produc depuneri, care pot afecta curgerea pe canalul de legătură; spălarea acestora se poate face cu o golire secundară – de spălare; dacă se închide total sau parțial plecarea spre beneficiar (stavila V_2) și se deschide stavila V_3 , se poate asigura o circulație forțată cu o viteză mare (diferența de nivel amonte-aval este mare).

La debite suficiente pe râu se poate funcționa cu vana V_3 parțial deschisă – spălarea făcându-se continuu; pentru evitarea antrenării plutitorilor mari și a gheții în sloiuri, se amenajează un perete de lemn scufundat parțial (0,3 m) sau o linie de bușteni legați articulat (care plutesc). Vana/vanele de spălare vor fi totdeauna parțial deschise pentru evacuarea debitului de servitute/ecologic.

2.Disipator de energie:

- se execută atât în dreptul stavilelor de spălare, cât și al barajului deversor, în aval;
- are rolul de a transforma energia apei dată de căderea concentrată la o limită care să nu producă eroziuni, spălări în aval de construcție, spălări care ar putea periclita stabilitatea acesteia;
- lungimea lui va fi aleasă astfel ca la plecarea apei viteza să fie cel mult egală cu viteza de curgere naturală a apei.

Alte elemente care trebuie luate în considerație la realizarea unei captări de derivație:

- corpul barajului deversor trebuie să îndeplinească condițiile de stabilitate la solicitările forțelor exterioare și contra afuiurilor; legătura construcției din albie cu malurile se face prin intermediul culeilor; lângă baraj malurile trebuie să fie

amenajate pentru a nu se produce inundații la ape mari având în vedere asigurările de debite și niveluri normate prin STAS 4273/1983 și STAS 4068-2/1987.

- în condiții favorabile lângă captare se poate prevedea și deznisipatorul; se spală mai ușor; nisipul nu va produce dificultăți prin depunerea pe aducțiune.
- la captările cu baraj de derivație se prevăd scări de pești care permit trecerea acestora din bieful aval spre bieful amonte.
- pe râuri de munte cu caracter torențial, se prevăd în amonte de barajul de captare două - trei baraje din lemn și anrocamente (în cascade) pentru reținerea aluviunilor, care să reducă panta naturală a râului la o pantă de compensație; acestea feresc barajul atât de acțiunea dinamică a unor aluviuni mari, cât și acumularea de aluviuni.

2.2.3.6 Captare pe creasta pragului deversor

Este o captare cu grătar pe creastă (figura 2.30), denumită și tiroliză, care se adoptă în cazul în care debitul râului la ape mici este redus și nu se poate asigura devierea prin captarea în mal. Captarea se aplică în zone de munte, la râuri cu caracter torențial pentru debite mici. În unele situații, masivul de beton se execută sub forma unui prag de fund – cu grătar la nivelul fundului apei (grătarul este înclinat aval pentru a evita blocarea cu aluviuni mari).

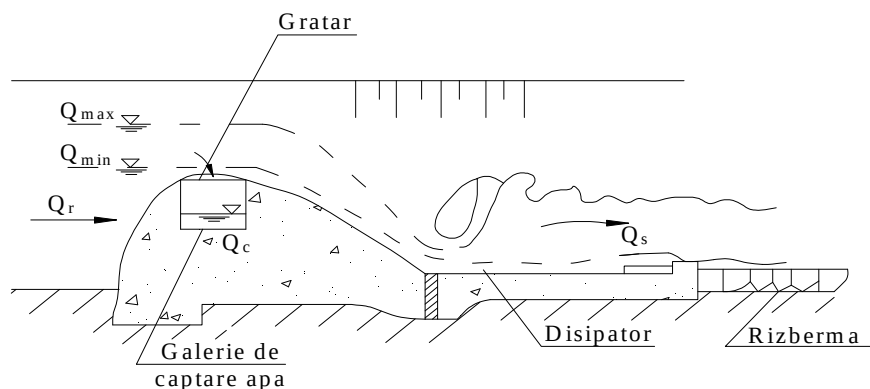


Figura 2.30. Captare tiroliză.

2.2.3.7 Captări în condiții speciale (dren în mal, și/sau sub albie) – se adoptă atunci când malurile albiei și/sau patul sunt formate din aluviuni permeabile, debitul pe râu este foarte redus iar iarna înghețul este sever.

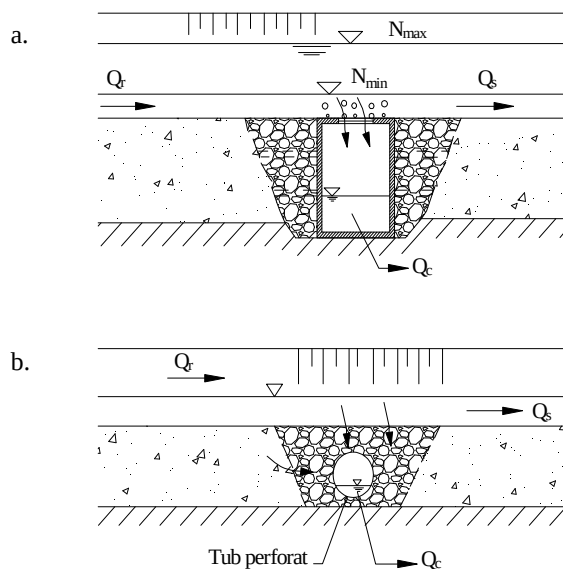


Figura 2.31. Captări sub fundul albiei.

a. captare cu galerie transversală pe fundul albiei; b. dren (tub perforat pe suprafața laterală de deasupra diametrului amplasat sub fundul albiei; Q_r – debit de servitute; Q_c – debit captat; Q_r – debit râu.

Captarea cu dren (figura 2.31.a) este aplicabilă la râurile cu pat aluvionar cu granulație medie sau mare. Este o captare pentru debite reduse (în general $< 20 - 30$ l/s) și reprezintă o soluție mai economică decât barajele de derivație.

Se poate așeza normal pe albie sau oblic pentru a mări lungimea de captare.

Captarea sub albie (figura 2.31.b) se adoptă în situația unor localități amplasate în zona colinară pentru care singura sursă de apă o constituie râul sau pârâul care izvorăște de la cote înalte, al cărui debit scade foarte mult în perioadele de iarnă și vară, și în cazul în care fenomenele de îngheț durează timp îndelungat. În această situație, o captare în albia râului va fi afectată, iar exploatarea va pune probleme deosebite. Pentru evitarea unor asemenea probleme, au fost imaginate și executate captări sub fundul albiei, într-o zonă în care albia este bine dezvoltată și are un pat de 2-3 m de aluviuni. Construcția transversală drenează apa și la un mal se execută un puț colector de unde apa este prelevată și transportată. Aceste captări se deosebesc de captările de apă infiltrată prin mal sau sub fundul albiei (cu drenuri radiale), deoarece apa captată are tot caracteristicile unei ape de suprafață.

3. Stații de tratare a apei

3.1 Obiectul stației de tratare

Stația de tratare reprezintă ansamblul de construcții și instalații în care se desfășoară procese prin care se asigură corectarea calității apei sursei pentru obținerea cerințelor utilizatorului privind calitatea apei.

Filiera tehnologică generală a unei stații de tratare poate cuprinde procesele:

- 1) deznisipare – aplicabil pentru conținut MTS > 30% particule discrete;
- 2) predecantare – aplicabil pentru $T_u^{AB} > 500$ °NTU;
- 3) pre-oxidarea – asigură protecția filierei la poluări accidentale și la variațiile calitative ale sursei;
- 4) coagulare-floculare – se asigură destabilizarea particulelor coloidale prin tratare cu reactivi chimici și condițiile hidrochimice în vederea reținerii acestora;
- 5) limpezire prin decantare pentru reținerea suspensiilor coagulate, se impune $T_u^{AD} \leq 4$ °NTU;

unde:

T_u^{AD} – turbiditatea apei decantate în °NTU.

- 6) limpezire prin filtrare pe strat de nisip pentru asigurarea unei turbidități ≤ 1 °NTU;
- 7) afinare – proces format din oxidare cu O₃ (ozon) urmată de adsorbția pe CAG (cărbune activ granular) pentru reținerea micropoluantilor;
- 8) corecție pH – încadrarea calității apei în zona neutră din punct de vedere al indicilor Langelier și Ryznar.
- 9) dezinfecție – neutralizare virusuri, bacterii și asigurarea calității sanogene.

Procesele 1), 2), 3) pot fi by-passate temporar în funcție de calitatea apei sursei.

Alte filiere tehnologice de stații de tratare sunt particularizate pe tipuri de surse pentru:

- procese de deferizare-demanganizare;
- reducerea/creșterea durtății apei;
- reducerea conținutului de amoniu, hidrogen sulfurat și carbon organic total;
- reducerea conținutului de azotați.

Orice filieră de tratare este însoțită de elemente necesare pentru asigurarea proceselor.

Printre acestea se menționează:

- stația de reactivi chimici, cu rolul de a stoca, prepara și doza reactivii necesari proceselor de tratare (coagulanți, flocluanți, agenți dezinfectanți, corecție pH, oxidare);
- sisteme de spălare filtre rapide constituite din stații de pompe și suflante;
- laborator, pentru monitorizarea și controlul proceselor de tratare și calitatea apei produse;
- sistem propriu de alimentare cu apă și canalizare;
- sisteme de recuperare a apei de la spălare filtre, a nămolului din decantoare și procesarea nămolurilor;
- sisteme de control și automatizarea funcționării procesului.

În figura 3.1 se prezintă schema generală a unei stații de tratare.

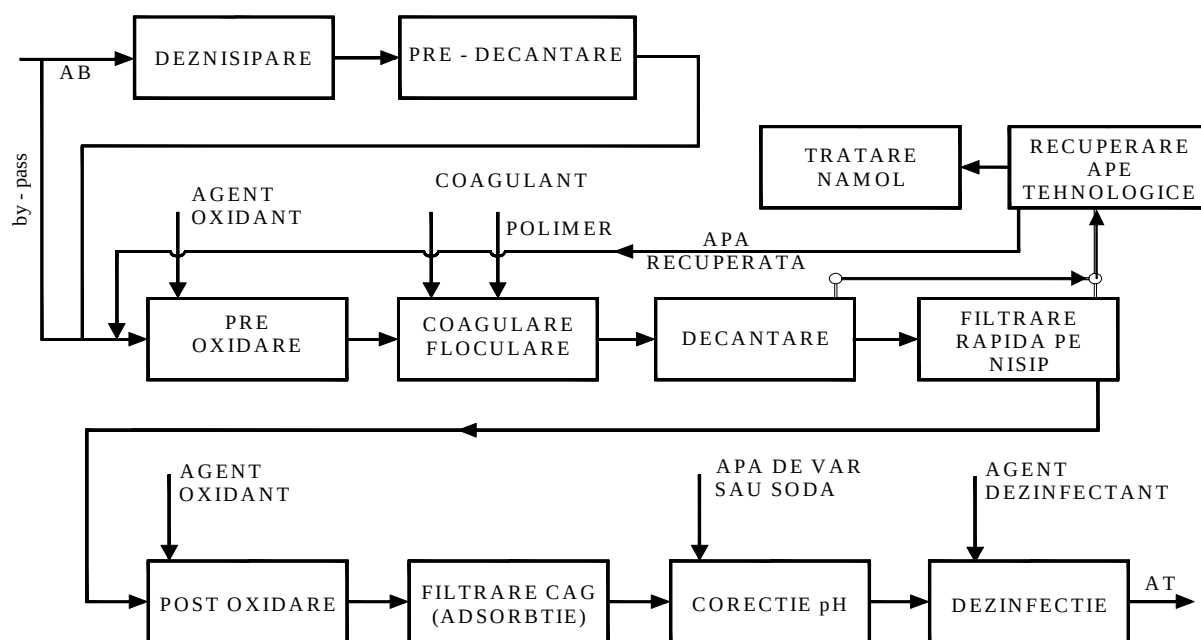


Figura 3.1. Schema generală a unei stații de tratare (AB – apă brută, AT – apă tratată).

3.2 Criterii de alegere a filierei tehnologice a stației de tratare

C₁. Criterii tehnice

Adoptarea deciziilor privind alegerea unei filiere pentru o uzină de producție a apei potabile trebuie să aibă la bază:

- concluziile studiilor sistematice asupra sursei: hidrochimice, biologice și bacteriologice pe o perioadă cât mai îndelungată (min. 1 an);
- încercări experimentale “in situ” pe instalații pilot care să simuleze procesele tehnologice din filiera care se va adopta; aceste tipuri de încercări sunt obligatorii pentru debite necesare unei populații peste 200 000 locuitori;
- prognoza variației calității apei sursei pentru o perioadă de 10 – 15 ani corelată cu posibilitatea introducerii sau retehnologizării unor procese existente;
- încercări experimentale și simulări privind modificările de calitate a apei produse în sistemul de distribuție al utilizatorului.

C₂. Criterii de fiabilitate

În adoptarea oricărei filiere de tratare se impune prevederea unor procese și sisteme care pot funcționa temporar pentru siguranța calității apei produse. Cele mai importante dintre acestea se referă la:

- operarea la poluări accidentale ale sursei cu substanțe toxice, microbiologice sau radioactive; în aceste situații sistemele de poldere, oxidare și adsorbție se impun pentru evitarea scoaterii din funcțiune a uzinelor;
- asigurarea biostabilității apei impune prevederea controlului strict al pH-ului de coagulare – floculare și afinarea în avalul filierei;
- asigurarea echilibrului calciu – carbonic din punct de vedere al caracterului încrusterat sau agresiv al apei pe baza unei analize aprofundate a reactivilor de coagulare – floculare și a necesității obiective a prevederii sistemelor care să realizeze corectarea indicatorului pH.

C₃. Criterii economice

Adoptarea oricărei scheme tehnologice pentru o stație de tratare va avea la bază realizarea a minimum două opțiuni de surse disponibile; acestea vor lua în considerație criteriile

C_1 , C_2 , costurile de investiție, costurile de operare și vor fi comparate pe bază de indicatori specifici: Lei/m³ apă produsă, kWh/m³ apă.

Elementele determinante sunt diferite pentru fiecare sursă de apă iar alegerea proceselor de tratare este o funcție de calitatea apei cerută de consumator, în conjuncție cu prevederile standardelor și normativelor, precum și de costurile de investiție și operare implicate. Factorii care trebuie luați în considerare la selectarea proceselor de tratare sunt:

- calitatea apei sursei, indice de tratabilitate, variații de calitate, evoluție în timp;
- siguranța proceselor de tratare în asigurarea calității apei produse; mărimea stației de tratare referitor la numărul de persoane afectate;
- nivelul tehnologic disponibil;
- calitatea apei cerută de utilizator;
- costuri de investiție și de operare;
- compatibilitatea cu mediul înconjurător;

3.2.1 Studii hidrochimice și de tratabilitate pentru apa sursei

Proiectarea stațiilor de tratare apă potabilă trebuie să aibă la baza studii hidrochimice și de tratabilitate, în funcție de sursa de apă (subterană, de suprafață).

3.2.1.1 Compuși chimici cu efecte asupra sănătății umane

O serie de compuși prezenți în sursele de apă pot genera în anumite concentrații efecte adverse asupra sănătății umane. În tabelul următor se prezintă compușii chimici și efectele acestora asupra sănătății umane și sursele de contaminare.

Tabelul 3.1. Efecte adverse ale diferiților compuși chimici asupra sănătății umane.

Nr. crt.	Compus	C.M.A. (mg/l)	Efecte asupra sănătății umane	Sursa de contaminare
1	Fluoruri	4.0	Fluoroze ale scheletului și dentitiei	Resurse naturale, îngrășăminte, industria aluminiului, reactivi de tratare a apei..
2	Benzen	0.005	Cancer	Anumite alimente, gaze, medicamente, pesticide, vopseluri, industria de mase plastice.
3	Tetraclorură de carbon	0.005	Cancer	Solvenți și sub-produșii lor de degradare.
4	p-diclorbenzen	0.075	Cancer	Deodoranți.
5	1,2-diclorețan	0.005	Cancer	Benzina cu plumb, insecticide, vopseluri.
6	1,1-dicloretilen	0.007	Cancer, boli de ficat și de rinichi	Mase plastice, pigmenți, parfumuri, vopseluri.

Nr. crt.	Compus	C.M.A. (mg/l)	Efecte asupra sănătății umane	Sursa de contaminare
7	Tricloretilenă	0.005	Cancer	Textile, adezivi și degresanți pentru metale.
8	1,1,1-triclorețan	0.2	Boli de ficat și ale sistemului nervos	Adezivi, aerosoli, textile, vopseluri, cerneluri, degresanți pentru metale.
9	Clorură de vinil	0.002	Cancer	Conducte de PVC, solvenți.
10	Giardia lamblia	FST	Gastroenterita	Fecale umane și animale.
11	Legionella	FST	Legionelloza	Ape naturale; se pot dezvolta în sistemele de încălzire.
12	Coliformi totali	absent	Indică prezența organismelor patogene gastroenterice	Fecale umane și animale.
13	Escherichia coli	FST	Gastroenterita	Fecale umane și animale.
14	Coliformi fecali	FST	Indică prezența organismelor patogene gastroenterice	Fecale umane și animale.
15	Turbiditate	FST	Interferă cu dezinfectia	Coloizi minerali sau organici
16	Virusi	FST	Gastroenterita	Fecale umane și animale
17	Fibre azbest (>10 μm)	7 MFL	Cancer	Conducte de azbociment.
18	Bariu	2	Boli ale sistemului circulator	Depozite naturale, pigmenți, rășini epoxidice, cărbune.
19	Cadmiu	0.005	Boli ale rinichilor	Conducte galvanizate corodate, depozite naturale, baterii, vopseluri.
20	Crom (total)	0.1	Boli de ficat, rinichi și ale sistemului circulator	Depozite naturale, minerit, placare electrolitică, pigmenți.
21	Mercur (anorganic)	0.002	Boli ale rinichilor și ale sistemului nervos	Depozite naturale, baterii, comutatoare.
22	Azotați	10	Methemoglobinie	Deșeuri animale, îngrășăminte, depozite naturale, fose septice, canalizări.
23	Azotiți	1	Methemoglobinie	Din conversia azotaților.
24	Seleniu	0.05	Boli ale ficatului	Depozite naturale, minerit, arderea cărbunilor și uleiurilor depozitate.
25	Acrilamida	FST	Cancer, efecte ale sistemului nervos	Polimeri utilizați în tratarea apei și epurarea apelor uzate.
26	Alaclor	0.002	Cancer	Erbicide pentru porumb, soia.
27	Aldicarb	În curs de cercetare	Boli ale sistemului nervos	Insecticide pentru bumbac, cartofi, alte legume.
28	Aldicarb sulfonat	În curs de cercetare	Boli ale sistemului nervos	Biodegradarea aldicarbului.
29	Aldicarb sulfoxid	În curs de cercetare	Boli ale sistemului nervos	Biodegradarea aldicarbului.
30	Atrazina	În curs de cercetare	Tumori ale glandei mamare	Erbicide pentru porumb.
31	Carbofuran	0.04	Boli ale sistemului nervos și ale sistemului reproductiv	Erbicide pentru porumb și bumbac.
32	Clordan	0.002	Cancer	Insecticid pentru termite.
33	Clorbenzen	0.1	Boli ale sistemului nervos și ficatului	Solvenți pentru degresarea metalelor.
34	2,4-D	0.07	Boli ale ficatului și rinichilor	Erbicide pentru gâsă, porumb, gazon.

Notații: CM – concentrația maximă; FST – funcție de schema de tratare; MFL – milioane fibre la litru

Nr. crt.	Compus	C.M.A. (mg/l)	Efecte asupra sănătății umane	Sursa de contaminare
35	o-Diclorbenzen	0.6	Boli ale ficatului, rinichilor și sngelui	Vopseluri, componente pentru curățarea motoarelor, solvenți, reziduuri chimice.
36	cis-1,2-Dicloretilen	0.07	Boli ale ficatului, rinichilor sistemului nervos și sistemului circulator	Solvenți industriali.
37	trans-1,2-Dicloretilen	0.1	Boli ale ficatului, rinichilor sistemului nervos și sistemului circulator	Solvenți industriali.
38	Dibromclorpropan	0.0002	Cancer	Erbicide pentru soia, bumbac, ananas, livezi de pomi fructiferi.
39	1,2-diclorpropan	0.00005	Boli ale ficatului, rinichilor și sistemului nervos	Erbicide, solvenți industriali
40	Epiclorhidrina	FST	Cancer	Reactivi pentru tratarea apei, rășini epoxidice.
41	Etilbenzen	0.7	Boli ale ficatului, rinichilor și sistemului nervos	Benzina, insecticide, reziduuri chimice.
42	Etilen dibromit	0.00005	Cancer	Benzina cu plumb, erbicide.
43	Heptaclor	0.0004	Cancer	Insecticide contra termitelor utilizate în cultura porumbului.
44	Heptaclor epoxid	0.0002	Cancer	Biodegradarea heptaclorului.
45	Lindan	0.0002	Boli ale ficatului, rinichiului, sistemului nervos	Insecticide utilizate contra dăunătorilor din fermele de vite.
46	Metoxiclor	0.04	Tulburări de creștere, boli ale ficatului, rinichiului și sistemului nervos	Insecticide pentru fructe, legume, vite, animale de casă.
47	Pentaclorofenol	0.001	Cancer și boli ale ficatului și rinichilor	Conservanți pentru lemn, erbicide, reziduuri din turnurile de răcire.
48	PCBs	0.0005	Cancer	Uleiuri refrigerante pentru transformatori electrici.
49	Stiren	0.1	Boli ale ficatului și sistemului nervos	Plastic, cauciuc, rășini, industria farmaceutică, scurgeri din gropi de gunoi orășenești.
50	Tetracloretilen	0.005	Cancer	Depozitarea incorectă a solvenților.
51	Toluen	1	Boli ale ficatului, rinichilor, sistemului nervos și sistemului circulator	Aditivi pentru benzină, solvenți.
52	Toxafen	0.003	Cancer	Insecticide.
53	2,4,5-TP	0.05	Boli ale ficatului și rinichilor	Erbicide.
54	Xilen (total)	10	Boli ale ficatului, rinichilor și sistemului nervos	Subprodusi de rafinare ai benzinei, vopseluri, cerneluri, detergenți.
55	Plumb	FST	Boli ale rinichilor și sistemului nervos	Depozite naturale sau industriale, instalații, aliaje.
56	Cupru	FST	Iritații gastrointestinale	Depozite naturale sau industriale, conservanți pentru lemn, instalații.
57	Antimoniu	0.006	Cancer	Stingătoare de incendiu, electronice, ceramică, artificii.
58	Beriliu	0.004	Boli ale oaselor și plămânilor	Electrice, aerospațiale, industria de aparate.
59	Cianuri	0.2	Afecțiuni ale tiroidei și sistemului nervos	Electroplacare, oțel, materiale plastice, minerit, îngrășăminte.

Notații: CM – concentrația maximă; FST – funcție de schema de tratare; MFL – milioane fibre la litru

Nr. crt.	Compus	C.M.A. (mg/l)	Efecte asupra sănătății umane	Sursa de contaminare
60	Nichel	În curs de cercetare	Boli de inima și ale ficatului	Aliaje metalice, electroplacare, baterii, industria chimică.
61	Thaliu	0.002	Boli ale rinichilor, ficatului creierului și intestinelor	Electronice, medicamente, aliaje, sticlă.
62	Adipat (di(2-etilhexil))	0.4	Scade greutatea corporală	Cauciuc sintetic, îmbrăcăminte pentru alimente.
63	Dalapon	0.2	Boli ale ficatului și rinichilor	Erbicide pentru pomi fructiferi, fasole, cafea, gazon, drumuri, căi ferate.
64	Diclorometan	0.005	Cancer	Vopseluri, degresanți pentru metal, solvent.
65	Dinoseb	0.007	Boli ale tiroidei și organelor reproductive	Erbicide pentru porumb.
66	Diquant	0.02	Boli ale ficatului, rinichilor	Erbicide pentru sisteme acvatice.
67	Dioxina	3×10^{-8}	Cancer	Subprodus din industria chimică; impurități în erbicide.
68	Endothal	0.002	Boli ale ficatului, rinichilor și afecțiuni gastrointestinale	Erbicide pentru porumb, sisteme acvatice naturale.
69	Endrin	0.002	Boli ale ficatului, rinichilor și afecțiuni cardiace	Insecticide.
70	Glifosat	0.7	Boli ale ficatului și rinichilor	Erbicide pentru iarbă și gazon.
71	Hexaclorbenzen	0.001	Cancer	Subproduși ai industriei de pesticide.
72	Hexachlorciclo-pentadiena	0.05	Boli ale rinichilor și stomacului	Produs intermediar în industria pesticidelor.
73	Oxamil (vidat)	0.2	Boli ale rinichilor	Insecticide pentru mere, cartofi și roșii.
74	PAHs (benzo(a)-piren)	0.0002	Cancer	Arderea substanțelor organice, vulcani, combustibili fosili.
75	Ftalat (di(2-etilhexil))	0.006	Cancer	PVC și alte materiale plastice.
76	Picloram	0.5	Boli ale rinichiului și ficatului	Erbicide pentru plante lemnoase.
77	Simazina	0.004	Cancer	Erbicide pentru iarbă, porumb, sisteme acvatice.
78	1,2,4-Triclorbenzen	0.07	Boli ale ficatului și rinichilor	Industria de erbicide, industria de coloranți.
79	1,1,2-Triclorețan	0.005	Boli ale rinichilor, ficatului și sistemului nervos	Solvenți în cauciuc, alți produși organici, deșeuri din industria chimică.
80	Emitatori Beta / foton (I)	4 mrem/an	Cancer	Depozite naturale sau artificiale.
81	Emitatori Alfa (I)	15 pCi/l	Cancer	Depozite naturale.
82	Emitatori Alfa (P)	15 pCi/l	Cancer	Depozite naturale.
83	Radiu 226+228 (I)	5 pCi/l	Cancer osos	Depozite naturale.
84	Radiu 226 (P)	20 pCi/l	Cancer osos	Depozite naturale.
85	Radiu 228 (P)	20 pCi/l	Cancer osos	Depozite naturale.
86	Uraniu	0.02	Cancer	Depozite naturale.
87	Bromați	0.01	Cancer	Sub-produs al ozonului.
88	Bromdiclorometan	Vezi TTHM	Cancer, boli ale ficatului, rinichilor și sistemului reproductiv	Sub-produs al clorului.
89	Clorită	1.0	Neurotoxicitate	Sub-produs al dioxidului de clor.

Notații: CM – concentrația maximă; FST – funcție de schema de tratare; MFL – milioane fibre la litru

Nr. crt.	Compus	C.M.A. (mg/l)	Efecte asupra sănătății umane	Sursa de contaminare
90	Cloroform	Vezi TTHM	Cancer, boli ale ficatului, rinichilor și sistemului reproductiv	Sub-produs al clorului.
91	Dibromoclorometan	Vezi TTHM	Boli ale sistemului nervos, ficatului, rinichilor și sistemului reproductiv	Sub-produs al clorului.
92	Acid dicloracetic	Vezi HAA5	Cancer, boli ale sistemului reproductiv	Sub-produs al clorului.
93	Acid haloacetic (HAA5)	0.06	Cancer	Sub-produs al clorului.
94	Acid tricloracetic	Vezi HAA5	Boli ale ficatului, rinichilor, splinei și afecțiuni de dezvoltare	Sub-produs al clorului.
95	Trihalometani Total (TTHM)	0.08	Cancer	Sub-produs al clorului.
96	Cryptosporidium	FST	Boli gastroenterice	Fecale umane și animale.
97	Sulfați	500	Diaree	Depozite naturale.

Notății: CM – concentrația maximă; FST – funcție de schema de tratare; MFL – milioane fibre la litru.

3.2.1.2 Conținutul studiilor de tratabilitate

Încadrarea în una din categoriile de calitate conform NTPA 013/2002 – “Norme de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare ” conduce la decizia de adoptare a proceselor de tratare aplicabile sursei. Eficiența acestora va fi determinată pe baza studiilor de tratabilitate. Acestea trebuie să furnizeze următoarele informații:

- tipul de oxidant, doze necesare și timp de contact pentru preoxidare;
- tipul de coagulant, doze necesare;
- tehnologia de limpezire (decantare sau flotație) și parametrii tehnologici pentru toate treptele de oxidare din filiera de tratare;
- doze de ozon necesare în procesul de post-oxidare și timp de contact;

Alegerea oxidanților va ține seama de concentrația de materii organice a apei brute și potențialul de formare a subprodusilor de dezinfecție. Se va estima potențialul de formare a subprodusilor pentru fiecare oxidant introdus în schema de tratare.

3.2.1.3 Caracteristicile principale ale reactivilor utilizați în tratarea apei

Tabel 3.2 Caracteristicile principale ale reactivilor utilizați în tratarea apei.

Nr crt	Denumire	Formula	Forma de prezentare	Densitate vrac (g/cm ³)	C _{uzuale} (%)	Densitate la diferite concentrații (g/cm ³)	Doze uzuale (g/m ³)	Utilizare
1.	Sulfat de aluminiu	Al ₂ (SO ₄) ₃ x 18 H ₂ O	solid sub formă granulară sau plăci de culoare albă; lichid : soluție de diferite concentrații	0,97	5 – 30	5% - 1,05 10% - 1,105 15% - 1,16 20% - 1,226 25% - 1,29 30% - 1,333	20 – 80	Procese de coagulare - floclurare
2.	Clorura ferică	FeCl ₃ x 6H ₂ O	solid lichid brun roșcat: soluție de concentrație 35-45%	1,42	35	5% - 0,405 10% - 0,85 15% - 1,32 20% - 1,82 25% - 2,34 30% - 2,91 35% - 3,53 40% - 4,17 45% - 4,85	5 – 15	Procese de coagulare - floclurare
3.	Sulfat feric	Fe ₂ (SO ₄) ₃ x 9H ₂ O	solid lichid – soluție concentrație 42%	1,5		5% - 0,415 10% - 0,84 15% - 1,315 20% - 1,81 25% - 2,41 30% - 3,07 35% - 3,76 40% - 4,49 45% - 5,28	10 - 20	Procese de coagulare - floclurare
4.	Polimeri	-	solid (granular) emulsie	-	0,1-1	-	0,01-0,5	Procese de floclurare
5.	Var	Ca(OH) ₂	solid – pulbere de culoare albă	0,65	5 % 0,16 %	1,03 1,0	15 - 100	Corecție pH
6.	Hidroxid de sodiu (Soda)	NaOH	lichid solid: fulgi de culoare albă	1,057 2,13	48-50%	-	5 - 10	Corecție pH
7.	Carbonat de sodiu	Na ₂ CO ₃	solid - pulbere de culoare albă	2,5	25 – 30	-	5 – 10	Corecție pH
8.	Hipoclorit de sodiu	NaClO	lichid gălbui: soluție de concentrație 11-16 %Cl ₂	1,2 – 1,3	-	-	0,5 – 1,5	Oxidare-Dezinfecte
9.	Acid sulfuric	H ₂ SO ₄	lichid	1,84	95	1,84	5 – 15	Corecție pH
10.	Acid clorhidric	HCl	lichid gălbui	1,19	37		5 - 15	Corecție pH

➤ Cărbune activ

• Obiectiv

Procesul este asigurat prin utilizarea cărbunelui activ sub formă de pudră (PAC) sau granular (CAG).

Obiectivul urmărit în stațiile de tratare: adsorția micropoluantilor, substanțelor toxice, substanțelor organice oxidate în prealabil, substanțelor care dau gust/miros/culoare.

Printre proprietățile principale ale cărbunelui activ se enumeră:

- conținutul de cenușă;
- umiditatea;
- densitatea;
- mărimea particulelor;
- duritatea;
- volumul și distribuția după mărimea porilor.

• *Conținutul de cenușă*

Conținutul în cenușă este reprezentat de reziduul obținut prin calcinarea la temperatura de 954° C timp de 3 ore în aer. Uzual, conținutul de cenușă variază între 3 și 10%. Pentru reducerea cantității de cenușă, se poate utiliza spălarea cu acid.

• *Umiditatea*

Umiditatea se determină prin uscarea în cuptor timp de 3 ore a unei cantități de 5 sau 10 g de cărbune activ la temperatura 150° C. Se determină greutatea înainte și după uscare și răcire în exicator.

• *Densitatea*

Sunt mai multe tipuri de densități care se analizează, printre care se menționează:

- densitatea în vrac sau densitatea aparentă;
- densitatea particulei;
- densitatea reală.

Densitatea în vrac sau densitatea aparentă reprezintă greutatea cărbunelui activ uscat raportată la volumul pe care acesta îl ocupa. Aceasta se determină prin umplerea unui cilindru cu volumul de 100 ml cu cărbune prin cadere liberă dintr-o mașină vibratoare și cântărirea volumului respectiv. Valorile uzuale sunt în gama 0,5 – 0,6 g/ml pentru cărbune activ fabricat din cărbune mineral, respectiv 0,24 – 0,30 g/ml pentru cărbune activ fabricat din lemn.

Densitatea particulei reprezintă densitatea unei particule singulare. Volumul pe care se bazează include volumul porilor precum și volumul materialului. Densitatea particulei se determină în mod uzual cu mercur la presiunea atmosferică (mercurul umple spațiile goale din particula de cărbune activ, dar nu umple porii). Valorile uzuale sunt în gama 0,74 – 0,80 g/ml.

Densitatea reală sau densitatea scheletului este cea determinată numai pe materialul (cărbunele) propriu-zis. Pentru determinarea acesteia se utilizează uzual o metodă de înlocuire cu heliu (heliul intră practic în toți porii materialului). Valorile uzuale sunt în gama 2,1 – 2,2 g/ml.

- *Mărimea particulelor*

Aceasta se determină prin cernerea a 100 sau 200 g de cărbune printr-un sistem de site mecanice timp de 10 minute după care se cântăresc reținerile pe fiecare sită în parte. În tabelul 3.3 se prezintă caracteristicile sitelor utilizate în sistemul american.

Tabelul 3.3. Caracteristicile sitelor.

Numărul sitei	Deschiderea ochiurilor sitei (mm)
4	4,70
6	3,33
8	2,36
12	1,65
14	1,40
16	1,17
18	0,0991
20	0,833
25	0,701
30	0,589
35	0,495
40	0,417
45	0,351
50	0,295
60	0,246
80	0,175
100	0,150
200	0,074
325	0,043

Valorile uzuale ale mărimii particulelor de cărbune activ granular sunt: 8/20 (granulele trec prin sita 8 și sunt reținute pe sita 20), 8/30, 10/30, 12/20, 12/30, 12/40 și 20/50.

Cărbunele activ pudră se încadrează de obicei la sitele 100/325.

- *Duritatea*

Abilitatea cărbunelui activ de a rezista la abraziune este unul dintre parametrii cei mai importanți. Procedura de determinare a durității cărbunilor activi presupune cernerea acestora urmată de agitarea cărbunelui într-un recipient alături de bile de oțel inoxidabil. Cărbunele este cernut pe o sită care are ochiurile mai mici de două ori decât ochiurile minime rezultate prin cernerea inițială. Indicele de duritate este exprimat ca procentul de greutate reținut pe această sită.

Indicele de abraziune este reducerea diametrului mediu al particulelor care apare în testul descris anterior exprimată ca un procent din diametrul mediu inițial. Diametrul mediu al particulelor este calculat dintr-o distribuție a mărimii sitelor prin multiplicarea fracțiunilor de greutate reținute pe fiecare sită cu valoarea medie a ochiurilor sitei pe care cărbunele a fost reținut și cu sita imediat de dinainte (mai mare) și însumarea acestor fracțiuni. Valorile uzuale ale indicelui de abraziune sunt 65 – 80% (practic 70 – 75%).

- *Volumul și distribuția după mărime a porilor*

Volumul porilor reprezintă volumul total al porilor din particula de cărbune activ granular raportat la greutate. Valorile uzuale sunt de ordinul 0,8 – 1,2 ml/g pentru cărbune activ fabricat din cărbuni minerali, respectiv 2,2 – 2,5 ml/g pentru cărbune activ fabricat din lemn. Volumul total al porilor poate fi determinat printr-un test de adsorbție cu azot desfășurate astfel încât azotul condensat să intre în totalitate în porii cărbunelui.

Cărbunele activ conține o structură complexă de pori, de forme și mărimi diferite. Porii au de obicei o geometrie neregulată și sunt interconectați. Dimensiunile porilor sunt uzual între 10 Å și 100.000 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$). Distribuția după mărime a porilor depinde de tipul de material utilizat și de metoda și de durata procesului de activare. Prin metode bine stabilite (de exemplu determinarea volumului de mercur care poate fi forțat să intre în pori ca o funcție de presiune) este posibil să se determine volumul porilor de o anumită dimensiune.

Acest parametru este exprimat ca o funcție cumulativă a volumului porilor de raza porilor. Figura următoare prezintă o distribuție tipică. Distribuția după mărime a porilor este un parametru de alegere a cărbunelui activ. Astfel, pentru reținerea compușilor care dau culoare este necesar un cărbune cu pori mari ($> 20 \text{ Å}$). Pentru adsorbția gazelor sunt necesari pori cu dimensiuni reduse ($< 10 \text{ Å}$).

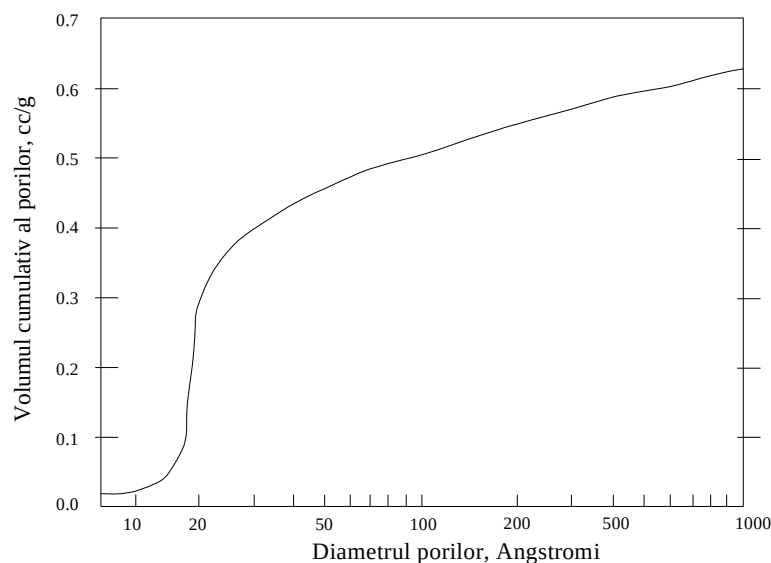


Figura 3.2. Distribuția volumului cumulativ al porilor.

3.2.1.4 Determinarea dozelor de reactivi de coagulare utilizați în tratarea apei

Alegerea reactivilor de coagulare și a adjuvanților este necesar să se realizeze pe baza testelor de coagulare la nivel de laborator (jar test).

3.2.1.4.1 Metodologia de efectuare a testelor de coagulare – floculare de laborator

Alegerea reactivilor de coagulare-floculare se realizează în urma testelor de laborator, stabilindu-se tipul și cantitatea necesară de coagulant care conduc la cea mai bună limpezire a apei, precum și condițiile de coagulare necesare (pH).

Procedeul de stabilire a dozelor de reactivi este cunoscut sub denumirea de procedeu Jar-test. Dispozitivele utilizate sunt constituite din agitatoare mecanice montate pe suporturi pentru 5-8 pahare (uzual 6) de 1 dm³ capacitate. Procedeul constă în introducerea apei de studiat bine omogenizată (apa brută) în fiecare pahar, și adăugarea în fiecare a unor cantități cunoscute de soluție, corespunzătoare unor doze prestabilite. Se amestecă probele prin pornirea agitatorului. Se realizează un amestec rapid (250 – 400 rot./minut) și apoi se continuă cu o turație redusă (20 – 60 rot./minut) timp de 10 – 15 min. Agitarea lentă permite aglomerarea suspensiilor coagulate în flocoane mai mari, ușor sedimentabile. După oprirea agitatorului, paharele se lasă să sedimenteze timp de 20 – 30 de minute.

După sedimentare se recoltează probe de supernatant prin sifonare sau cu ajutorul unei pipete de 25 ml pe care se efectuează cel puțin următoarele determinări: turbiditate, pH, indice de

permanganat.

Materiale necesare:

- Floculator de laborator clasic cuprinzând:
 - 4 până la 6 posturi de agitare cu viteză reglabilă de la 15 la 400 rot/min. și timer;
 - agitatoare cu palete plate plasate toate la aceeași înălțime;
 - pahare Berzelius cu capacitatea de 1 litru.
- Materiale de prelevare a apei brute:
 - găleată de 10 – 15 litri,
 - cilindru gradat de 1 litru.
- Materiale de prelevare a supernatantului:

Înălțimea de prelevare fiind stabilită între 5 și 6 cm sub nivelul superior al apei al fiecărui vas se pot recomanda diferite aparate de prelevare:

- seringi de 100 ml cu racord de prelungire, permițând prelevarea sub nivelul apei prin aspirare;
- vase realizate cu ștuțuri pe peretele recipientului la 5 – 6 cm sub nivelul apei, echipate cu robineți, permițând prelevarea apei prin gravitație;
- pahare Berzelius (de la 250 la 300 ml) spălate și uscate în prealabil în vederea analizelor ulterioare.
- Materiale analitice:
 - pH-metru;
 - reactivi și sticlărie pentru măsurarea indicelui de KMnO_4 ;
 - turbidimetru;
 - materiale de laborator pentru prepararea soluției diluate de coagulant de concentrație 10 g/l.

Prepararea coagulanților

Se prepară o soluție diluată de concentrație 10 g/l, exprimată în produs tehnic comercial. Această concentrație a fost aleasă în vederea facilitării luării probelor și efectuării calculelor (1ml de soluție diluată, 10 g/l introdusă într-un litru de apă brută de analizat corespunde la o doză de tratare de 10 mg/l sau 10 g/m^3). Pentru a evita degradarea soluțiilor diluate de coagulant se recomandă utilizarea acestora numai în ziua preparării lor.

Mod de lucru

Se prelevează volumul necesar de apă brută ($\sim 10 \text{ dm}^3$) pentru efectuarea tuturor testelor prevăzute, avându-se în vedere ca temperatura apei să rămână cea din mediul natural.

- se omogenizează apa brută înainte de umplerea fiecărui vas.
- se umple fiecare vas cu 1 litru de apă brută măsurată cu cilindrul gradat.
- se reglează agitarea rapidă între 250 și 400 rot/min.
- se umplu seringile sau pipetele cu dozele dorite de reactiv de coagulare.
- se adaugă în fiecare pahar doza de coagulant dorită cu ajutorul seringilor sau pipetelor în zona de turbulență maximă (adaosul de coagulant înaintea pornirii agitatoarelor va conduce la reacția punctuală și la reducerea eficienței de coagulare).
- se menține agitarea rapidă timp de 1 – 3 minute.
- se reduce viteza de agitare la 20 – 60 rot./min.
- se menține agitarea lentă timp de 15 – 20 minute.
- se oprește agitarea, se îndepărtează agitatoarele și se pornește cronometrul pentru faza de sedimentare (15 – 30 min.).
- se recoltează din fiecare vas 100 până la 200 ml de apă decantată, de la 5 – 6 cm sub nivelul liber al apei pentru determinarea turbidității, pH-ului, indicelui de permanganat.

Această operație se efectuează fie prin sifonare, fie cu seringile, evitând agitarea supernatantului.

Probele de apă decantată recoltate se omogenizează bine înainte de a trece la orice fel de analiză.

Interpretarea rezultatelor

Interpretarea are drept scop determinarea tipului și dozei de coagulant care conduce la cele mai bune eficiențe de reducere a turbidității și încărcării organice și a dozei optime, stabilind graficele de variație a următorilor parametri în funcție de doza de coagulant folosită, pentru fiecare din reactivii utilizați:

- turbiditatea;
- indicele de permanganat;
- evoluția pH-ului.

De asemenea, pentru fiecare dintre reactivii analizați sunt necesare determinări de metal rezidual în supernatant. Concentrațiile acestora se vor corela cu pH-ul de coagulare, în sensul că acesta trebuie să fie în domeniul de solubilitate minimă a hidroxidului aferent coagulantului utilizat: hidroxid de fier, respectiv hidroxid de aluminiu.

Testele privind utilizarea polimerilor în procesul de coagulare-floculare au la baza aceeași metodologie cu mențiunea că dozele de polimer (0.05 – 0.2 mg/l) se vor adăuga la dozele optime de reactiv de coagulare în ultimele 10 – 20 secunde de agitare rapidă.

Adaosul polimerului în același timp cu coagulantul nu permite formarea microflocoanelor conducând la eficiențe reduse de coagulare-floculare; adaosul de polimer în perioada agitării lente nu permite dispersarea acestuia în masa de apă dată fiind și vâscozitatea acestuia și volumele mici introduse (0.05 – 0.2 ml în cazul în care se utilizează soluții de concentrație 0.1%).

Trebuie acordată atenție deosebită dizolvării complete a polimerului urmându-se instrucțiunile de dizolvare din fișa tehnică a acestuia.

După selectarea reactivului de coagulare, a polimerului, a oxidanților și determinarea dozelor optime, testele de tratabilitate se vor efectua la nivel de instalație pilot astfel încât să fie posibilă determinarea globală a eficienței de tratare.

3.2.1.4.2 Determinarea dozelor necesare de acid sulfuric, respectiv acid clorhidric

În vederea creșterii eficiențelor de reținere a încărcării organice în procesul de coagulare este necesară ajustarea pH-ului în sensul reducerii acestuia. Reducerea pH-ului se realizează cu acid sulfuric în cazul utilizării sulfatului de aluminiu ca reactiv de coagulare, respectiv cu acid clorhidric în cazul utilizării clorurii ferice ca reactiv de coagulare.

Doza de acid pentru reducerea pH-ului se determină astfel:

- se prepară o soluție diluată de acid (1% - 2 %);
- se adaugă cantități de acid în proba de apă brută (1dm^3) astfel încât pH-ul să se reducă cu 0, 2 – 0,3 unități și se agită bine;
- se continuă adaosul de acid respectiv agitarea până la obținerea valorii dorite a pH-ului; se notează cantitatea de acid consumat;
- se efectuează teste de coagulare – floculare pentru mai multe valori ale pH-ului cuprinse între pH-ul natural al apei și $\text{pH} = 5,5 - 6$;

- pH-ul optim de coagulare va fi cel la care are loc reducerea încărcării organice cu cea mai mare eficiență.

3.2.1.4.3 Determinarea caracterului coroziv al apei și a dozelor de reactivi pentru echilibrarea pH-ului

Apa tratată are caracter coroziv în cele mai multe cazuri. Estimarea caracterului coroziv se poate realiza prin determinarea indicilor Langelier sau Ryznar.

Cel mai cunoscut este indicele Langelier (I_L) care este definit ca diferența între pH-ul apei și pH-ul de saturație al acesteia, acesta fiind pH-ul la care apa având aceeași alcalinitate și aceeași concentrație de calciu ar fi în echilibru cu carbonatul de calciu solid.

Apele cu pH mai mare decât pH-ul de saturație (indice Langelier pozitiv) sunt suprasaturate cu carbonat de calciu și au tendința să depună cruste, iar apele cu pH mai mic decât pH-ul de saturație sunt nesaturate și vor fi agresive.

Un alt indice care ajută la aprecierea caracterului agresiv al apei este indicele Ryznar.

Pentru a determina acești indici este necesar să se determine prin analiză următorii indicatori fizico-chimici:

- pH-ul inițial al apei de analizat;
- temperatura;
- conținutul de calciu, exprimat în mg/l CaCO_3 ;
- alcalinitatea totală, exprimată în mg/l CaCO_3 ;
- reziduu fix (105°C) în mg/l.

Cu aceste date, din diagrama Langelier (figura 3.3), se va determina un pH de saturație, pH_s , astfel:

- se ridică o verticală din punctul corespunzător conținutului de calciu până în punctul în care intersectează dreapta pCa ; se notează valoarea corespunzătoare de pe scala din stânga; aceasta va fi pCa .
- se ridică o verticală din punctul corespunzător alcalinității până ce intersectează dreapta pAlc ; valoarea corespunzătoare pe scala din stânga va fi pAlc .
- din punctul corespunzător rezidului fix se ridică o verticală până la intersecția cu curba corespunzătoare temperaturii de lucru; pe scala din dreapta se va citi constanta de temperatură, C .

pH-ul de saturație va fi: $\text{pH}_s = \text{pAlc} + \text{pCa} + C$

Stabilirea caracterului apei după Langelier:

$$I_L = \text{pH}_0 - \text{pH}_s$$

Tabel 3.4. Stabilirea potențialului coroziv al unei ape conform Indicelui Langelier.

Indice Langelier	Potențial coroziv
-5	Coroziune severă – necesară tratarea
-4	Coroziune severă – necesară tratarea
-3	Coroziune moderată/ severă
-2	Coroziune moderată – trebuie considerată tratarea
-1	Coroziune ușoară – apa poate fi tratată
-0.5	Coroziune ușoară/ aproape de echilibru – nu este necesară tratarea
0	Echilibru calco-carbonic
0.5	Aproape de echilibru
1	Depunere ușoară de cruste – probleme estetice
2	Depunere ușoară de cruste – probleme estetice
3	Depunere moderată de cruste – este necesară tratarea
4	Depunere severă de cruste – necesită tratare
5	Depunere severă de cruste – necesită tratare

Stabilirea caracterului agresiv după Ryznar:

$$I_R = 2\text{pH}_s - \text{pH}_0$$

Tabel 3.5. Stabilirea potențialului coroziv al unei ape conform Indicelui Ryznar.

Indice Ryznar	Potențial coroziv
4 – 5	antaratraj important
5 – 6	antaratraj ușor
6 – 7	echilibru
7 – 7,5	ușor corozivă
7,5 – 9	puternic corozivă
> 9	foarte puternic corozivă

Stabilirea dozelor de reactivi pentru anularea caracterului agresiv al apei se va face experimental prin adăosul a diferite doze de reactivi de neutralizare (var, sodă) și determinarea pH-ului de saturație. Doza optimă de reactiv de neutralizare va fi doza la care pH-ul apei este egal cu pH-ul de saturație.

Indice de saturație Langelier

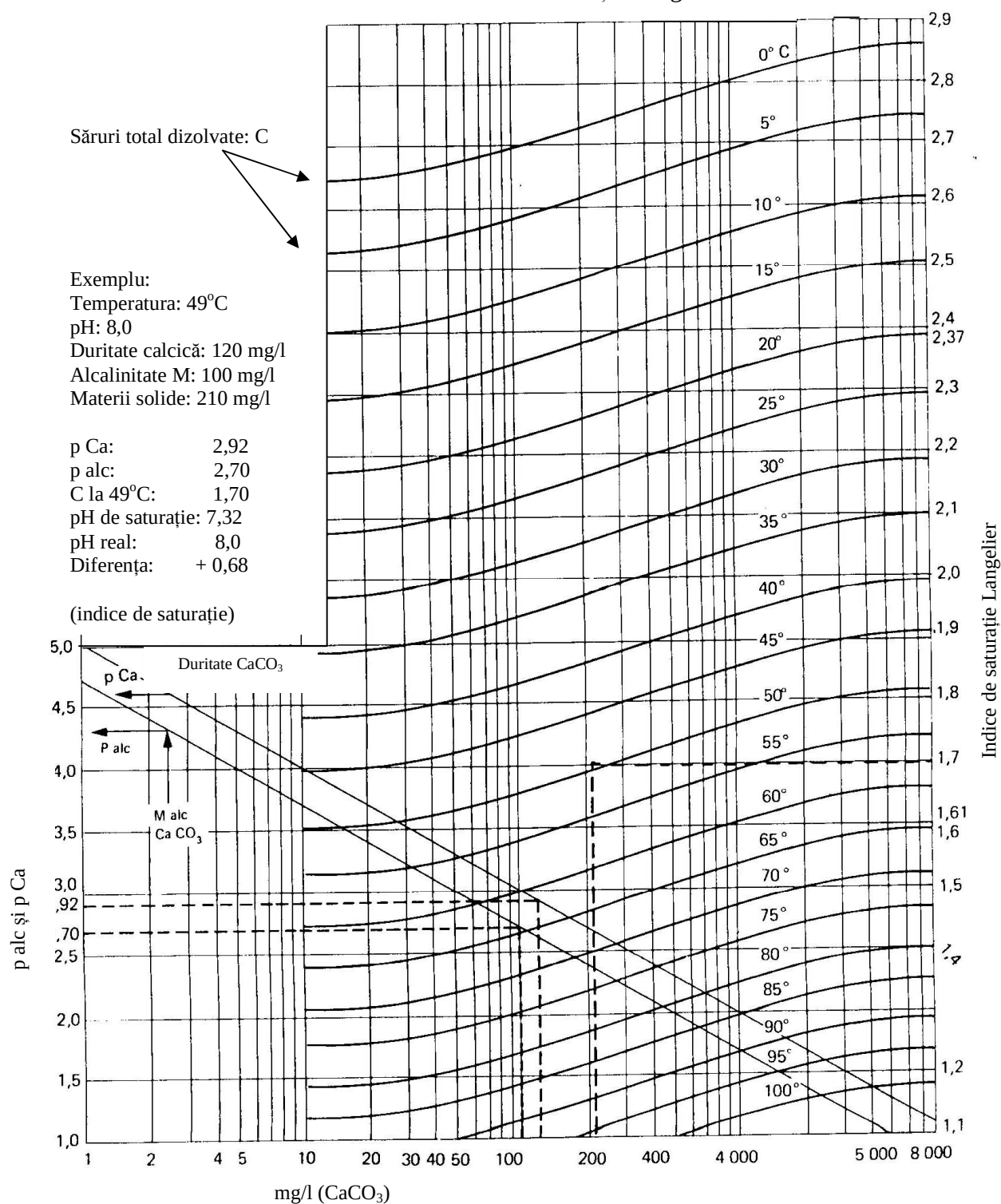


Figura 3.3. Diagrama Langelier.

3.2.1.4.4 Determinarea dozelor de reactivi pentru corecția pH-ului

Stabilirea dozelor de reactivi pentru anularea caracterului agresiv al apei se va realiza experimental prin adăosul a diferite doze de reactivi de neutralizare (var, sodă) și determinarea pH-ului de saturație. Modul de determinare a acestora este prezentat în continuare:

- se prepară soluții diluate: apă de var (0,13 CaO %) respectiv soluții de concentrație 1 – 2% pentru sodă și sodă caustică.
- se adaugă doze diferite de reactiv la apa tratată în domeniul (2 – 15 mg/l);
- se agită 1 – 2 minute pentru omogenizare;
- se determină prin analize de laborator indicatorii necesari calculării pH-ului de saturație: pH, concentrație de calciu, alcalinitate, concentrație totală de săruri, temperatura.
- pentru fiecare doză de reactiv se calculează pH-ul de saturație.
- doza optimă va fi doza la care pH-ul de saturație calculat va fi egal cu pH-ul determinat al probei (figura 3.4).

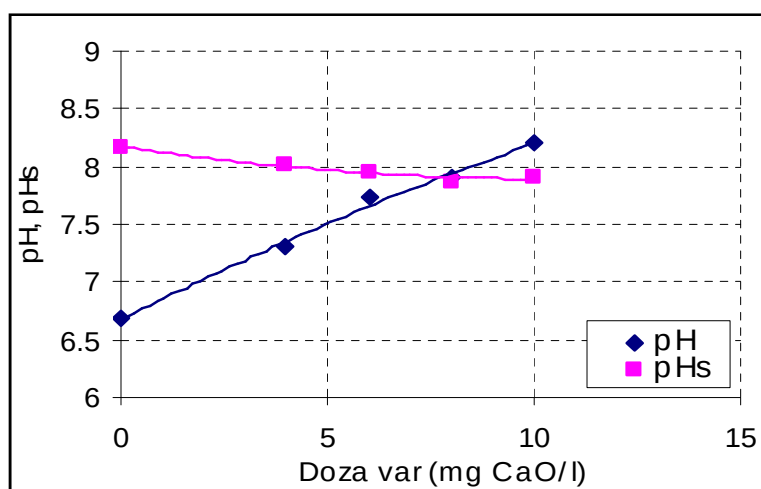


Figura 3.4. Curbă titrare cu var.

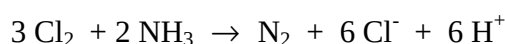
3.2.1.4.5 Determinarea dozelor de reactivi de oxidare

Selectarea oxidantului se va realiza în funcție de calitatea apei brute. Astfel, în cazul apelor de suprafață care necesită preoxidare se va analiza posibilitatea utilizării dioxidului de clor sau a ozonului datorită potențialului acestor tipuri de apă de a forma cu clorul compuși organo-clorurați.

În cazul apelor subterane, sunt necesare procese de oxidare pentru îndepărtarea fierului și manganului, a hidrogenului sulfurat și a azotului amoniacal.

În cazul în care în apă există numai fier și mangan se va analiza eficiența de îndepărtare a acestor doi compuși prin aerare și filtrare dar și prin adaos de permanganat și filtrare.

Singurul reactiv capabil să oxideze azotul amoniacal este clorul. În soluție apoasă, clorul liber oxidează amoniacul la azot gazos printr-o serie de reacții care conduc într-o primă etapă la formarea monocloraminei, dicloraminei și tricloraminei. Pentru doze de clor suficient de mari, reacția care conduce la degradarea totală cu formare de azot este:



Această reacție implică o stoechiometrie de 7,6 g $\text{Cl}_2/\text{g N-NH}_3$, care corespunde unui punct denumit punct de ruptură sau « break-point ».

Necesarul de clor reprezintă cantitatea de clor care va reacționa cu compușii reducători existenți în apă (fier, mangan, hidrogen sulfurat, azot amoniacal). Este diferența între cantitatea de clor adăugată în apă (doza de clor) și cantitatea de clor detectabilă în apă.

Evoluția concentrației clorului rezidual (exprimat în mg/l), în funcție de doza de clor aplicată în cursul clorinării unei ape naturale, conduce la o curbă caracterizată prin patru zone (figura 3.5).

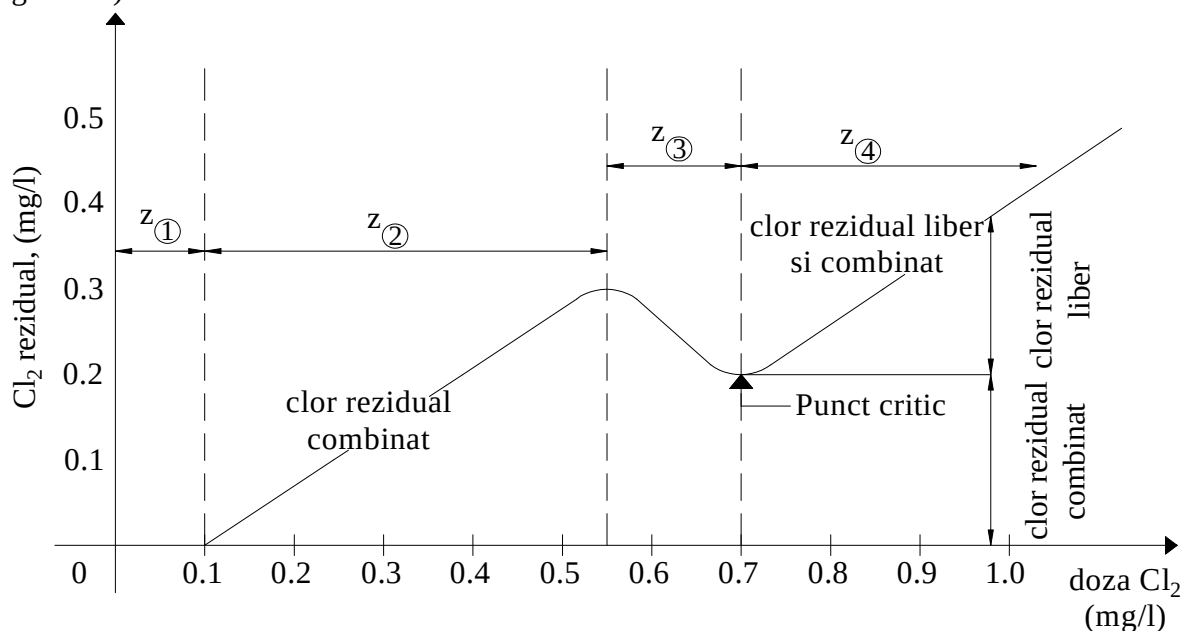


Figura 3.5. Reprezentarea grafică a curbei de clorinare în prezența amoniului.

zona I: consumul instantaneu al clorului de către elementele reducătoare prezente în apă; zona II: formarea monocloraminelor și dicloraminelor; zona III: distrugerea cloraminelor (trecerea în N_2); zona IV: acumularea clorului liber în apă.

În general, punctul critic este deplasat față de punctul stoechiometric, 7,6.

Prin urmare, curba de clorare va fi determinată experimental astfel:

- se efectuează analize de calitate pentru apa brută;
- se determină doza de clor stoechiometrică necesară pentru oxidarea elementelor reducătoare din proba de apă (exemplu: 2,08 mg $\text{Cl}_2/\text{mg H}_2\text{S}$, 1,9 mg $\text{Cl}_2/\text{mg Fe}^{2+}$, 7,6 mg $\text{Cl}_2/\text{mg N-NH}_3$);
- se aleg 8 – 10 doze de clor diferite din domeniul dozei determinate stoechiometric și se introduc în 8 – 10 probe de apă (anterior dozării se determină cu exactitate concentrația în Cl_2 a hipocloritului de sodiu utilizat pentru teste);
- se agită pentru omogenizare și se așteaptă un timp necesar reacției de 30 min.;
- din fiecare probă se prelevează eșantioane pentru determinarea clorului și a concentrației de azot amoniacal;
- necesarul de clor va fi doza care va conduce la concentrația minimă de azot amoniacal și clor regăsit în proba de apă.

În figura 3.6 este prezentată, ca exemplu, o curba de clorare determinată experimental pentru o proba de apă cu conținut de hidrogen sulfurat și amoniu.

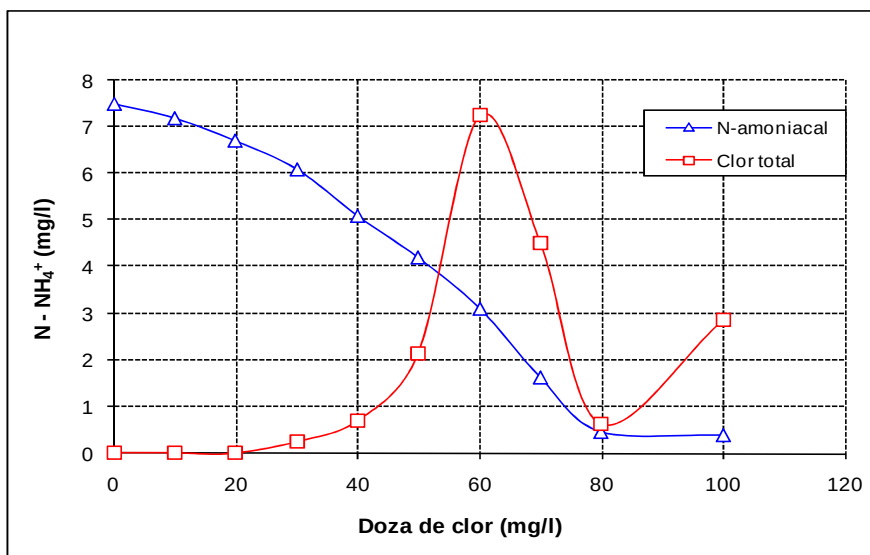


Figura 3.6. Curba de clorare determinată experimental pentru apa cu conținut de amoniu și hidrogen sulfurat (exemplu).

Utilizarea clorului în procesul de tratare a apei în vederea potabilizării impune determinarea potențialului de formare a trihalometanilor.

3.2.2. Calitatea apei cerută de utilizator

Calitatea apei potabile trebuie să se încadreze în Legea Nr. 458/2002 și Legea Nr. 311/2004 (tabel 2 conform Monitor Oficial, Partea I nr. 582/30.06.2004).

Legea reglementează calitatea apei potabile, având ca obiectiv protecția sănătății oamenilor împotriva efectelor oricărui tip de contaminare prin asigurarea calității de apă curată și sanogenă.

Condițiile de calitate fundamentale sunt:

- turbiditate $\leq 1^{\circ}$ NTU;
- conținut de carbon organic total ≤ 3 mg C/dm³;
- biologie – zero;
- bacteriologie – zero.

Calitatea apei potabile este corespunzătoare când valorile stabilite pentru parametri sunt în conformitate cu legea în următoarele puncte de prelevare a probelor:

- a) la robinetul consumatorului și în secțiunea bransamentului clădirii, în cazul apei potabile furnizate prin rețeaua publică de distribuție;
- b) la punctul de curgere a apei din cisternă, în cazul apei potabile furnizate în acest mod;
- c) în punctul în care apa se îmbuteliază în sticle sau în alte recipiente;
- d) în punctul din care apa este preluată în procesul de producție, în cazul apei utilizate în industriile care utilizează apa potabilă.

Din comparația elementelor rezultate din studiile hidrochimice privind calitatea apei sursei și parametrii ceruți pentru apa produsă se pot stabili procesele obiectiv necesare pentru alegerea filierei tehnologice a stațiilor de tratare.

3.2.3 Siguranța proceselor de tratare

Procesele din stațiile de tratare trebuie concepute pe minimum două linii care să poată funcționa independent sau interconectat prin scoaterea din funcțiune parțială a unui proces. Pentru utilaje trebuie prevăzute rezerve funcționale conform principiului: 1 + 1; 2 + 1; 3 + 1.

Un element fundamental este asigurarea siguranței la poluări accidentale ale sursei; se vor prevedea sisteme de preoxidare (Cl₂, ClO₂) și sisteme de dozare CAP (cărbune activ pudră) în toate situațiile de necesitate.

3.2.3.1 Conformarea proceselor existente la schimbările de norme sau de calitate a apei la sursă

Există situații în care uzinele de apă existente nu mai corespund din punct de vedere al proceselor de tratare. În această situație se impune reabilitarea uzinei de apă. Se impune: analiza tehnico – economică a reabilitării proceselor existente comparată cu prevederea de construcții și instalații noi. Decizia va fi adoptată pe baza costurilor specifice (lei/m³), siguranței în asigurarea calității apei, duratei de exploatare sigură, posibilității de modernizare în perspectivă.

3.2.3.2 Fiabilitatea proceselor de tratare

Proiectantul trebuie să prevadă procese care să asigure parametrii ceruți în toate situațiile de complex de calitate a apei sursei.

Se vor analiza și prevedea soluții pentru funcționarea în situații speciale: ape cu turbidități mari (> 2000° NTU), ape reci (2 – 3 °C), închiderea unor procese, poluări accidentale (poldere).

3.2.3.3 Capacitatea tehnică a operatorului pe baza tehnologiei disponibile

Capacitatea operatorului uzinei de apă de a se alinia în mod permanent la schimbările de standarde și/sau ale calității apei brute, reprezintă un parametru important.

Proiectele stațiilor de tratare trebuie să includă pregătirea personalului de operare corespunzător tehnologiilor adoptate și gradului de automatizare și control al stației.

Tendința este să se adopte tehnologii cu operare complet automatizată.

3.2.4 Impactul asupra mediului înconjurător

Toate stațiile de tratare trebuie să dispună de instalații pentru recuperarea apelor tehnologice (spălare filtre, nămol de la decantoare) și tratarea nămolului. Apa recuperată din debitul influent este de maximum 5%.

3.3 Clasificarea stațiilor de tratare

Având în vedere multitudinea tipurilor de procese de tratare, varietatea de surse și de posibilități de poluare a acestora, identificarea și încadrarea schemelor de tratare se va realiza în trei categorii:

A. Încadrarea pe tipuri de surse:

A₁. surse subterane;

A₂. surse de suprafață tip lac (limpezi și relativ constante din punct de vedere calitativ);

A₃. surse de suprafață tip râu (cu încărcare variabilă).

B. Încărcările cu impurificatori și stabilirea gradului prin care fiecare schemă răspunde la cerințele Legii 458/2002 privind calitatea apei potabile; pe baza parametrilor dominanți pentru fiecare tip de sursă și al influenței asupra alegerii schemei și din punct de vedere al frecvenței de depășire rezultă:

B₁. surse slab încărcate;

B₂. surse cu încărcare medie;

B₃. surse foarte încărcate.

C. mărimea debitului încadrat în trei domenii:

C₁. debite mici ($0 - 100 \text{ dm}^3/\text{s}$);

C₂. debite medii ($100 - 1000 \text{ dm}^3/\text{s}$);

C₃. debite mari ($> 1000 \text{ dm}^3/\text{s}$).

În figura 3.7 este prezentată diagrama de identificare și modul de stabilire a schemelor stațiilor de tratare.

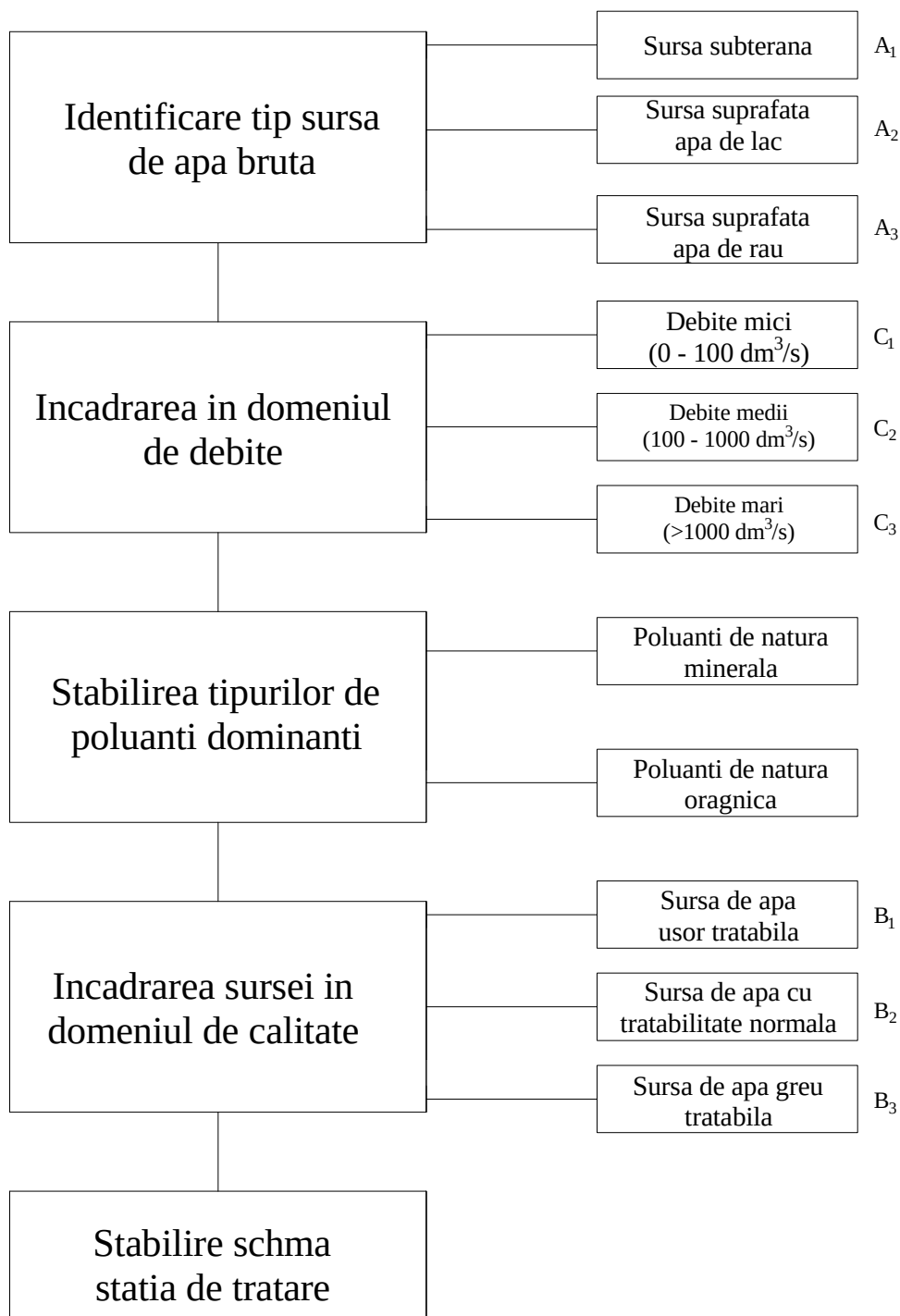


Figura 3.7. Schema de identificarea a tipului de sursă și a schemei de reabilitare a uzinei de apă.

3.4 Scheme tehnologice ale stațiilor de tratare particularizate pe tipuri de sursă

3.4.1 Stații de tratare pentru surse subterane

3.4.1.1 Schema S1 – apă subterană ușor tratabilă

Sursa se consideră ușor tratabilă când prezintă concentrații mai ridicate numai în ceea ce privește fierul și manganul. Principalii parametri de calitate ai apei brute se încadrează în domeniul din următorul tabel.

Tabelul 3.6. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă ușor tratabilă.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Fier total (mg/l)	0,2 - 2,0	0,2
2	Mangan (mg/l)	0,05 - 0,5	0,05
3	Azotați (mg/l)	≤ 50	50
4	Azotiți (mg/l)	$\leq 0,5$	0,5
5	Amoniu (mg/l)	$\leq 0,5$	0,5
6	Hidrogen sulfurat (mg/l)	$\leq 0,1$	0,1

În această variantă sunt necesare următoarele procese de tratare:

- Pre-oxidare, proces prin care fierul și manganul își schimbă valența și trec din formă solubilă în formă insolubilă; procesul se realizează prin:
 - aerarea apei (insuflare de aer în masa de apă) prin intermediul unui sistem de injecție aer comprimat; se va aplica aerarea cu bule fine în bazine de contact;
 - striparea apei (difuzia apei într-o masă de aer) prin utilizarea de sisteme de sprinklere sau duze;
 - pentru situații particulare se va analiza oxidarea cu permanganat de potasiu sau utilizarea altor agenți oxidanți;
- Filtrarea apei pentru reținerea suspensiilor de fier și mangan oxidate prin:
 - stație de filtre rapide de nisip; se vor asigura toate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
 - pentru gama de debite reduse sau foarte reduse se va utiliza filtrarea pe membrane (ultra sau micro-filtrare) în locul stației de filtre rapide de nisip;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

În figura 3.8 este prezentată schema stației de tratare în varianta de sursă subterană ușor tratabilă.

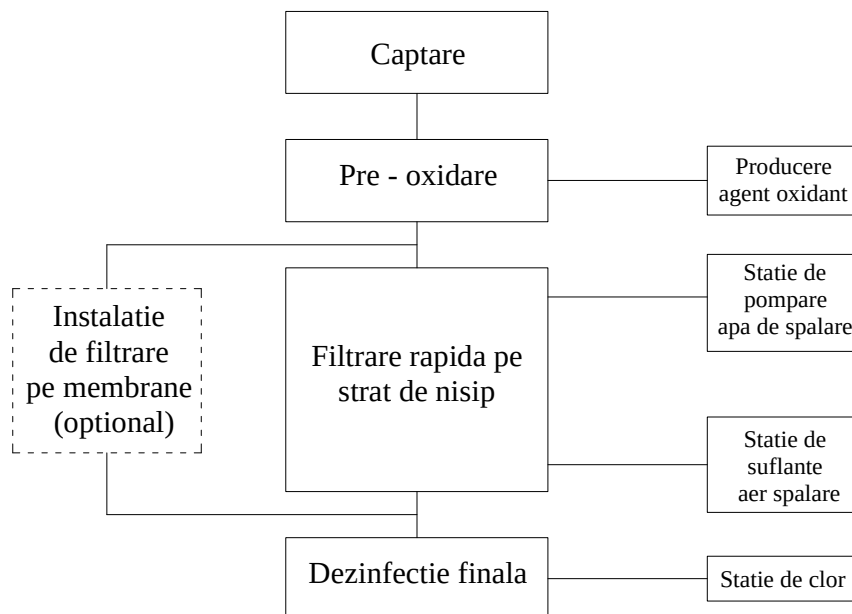


Figura 3.8. Schema stației de tratare pentru apă subterană ușor tratabilă.

3.4.1.2 Schema S2 – apă subterană cu tratabilitate normală

Sursa se consideră cu tratabilitate normală când pe lângă fier și mangan conține și/sau amoniu respectiv hidrogen sulfurat. Domeniul principalilor parametri de calitate ai apei brute și tratate sunt prezentați în tabelul următor.

Tabelul 3.7. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă cu tratabilitate normală.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Fier total (mg/l)	1,0 - 4,0	0,2
2	Mangan (mg/l)	0,3 – 1,0	0,05
3	Azotați (mg/l)	≤ 50	50
4	Azotiți (mg/l)	≤ 0,5	0,5
5	Amoniu (mg/l)	0,5 – 3,0	0,5
6	Hidrogen sulfurat (mg/l)	0,1 – 3,0	0,1

În figura 3.9 este prezentată schema stației de tratare pentru apa subterană cu tratabilitate normală.

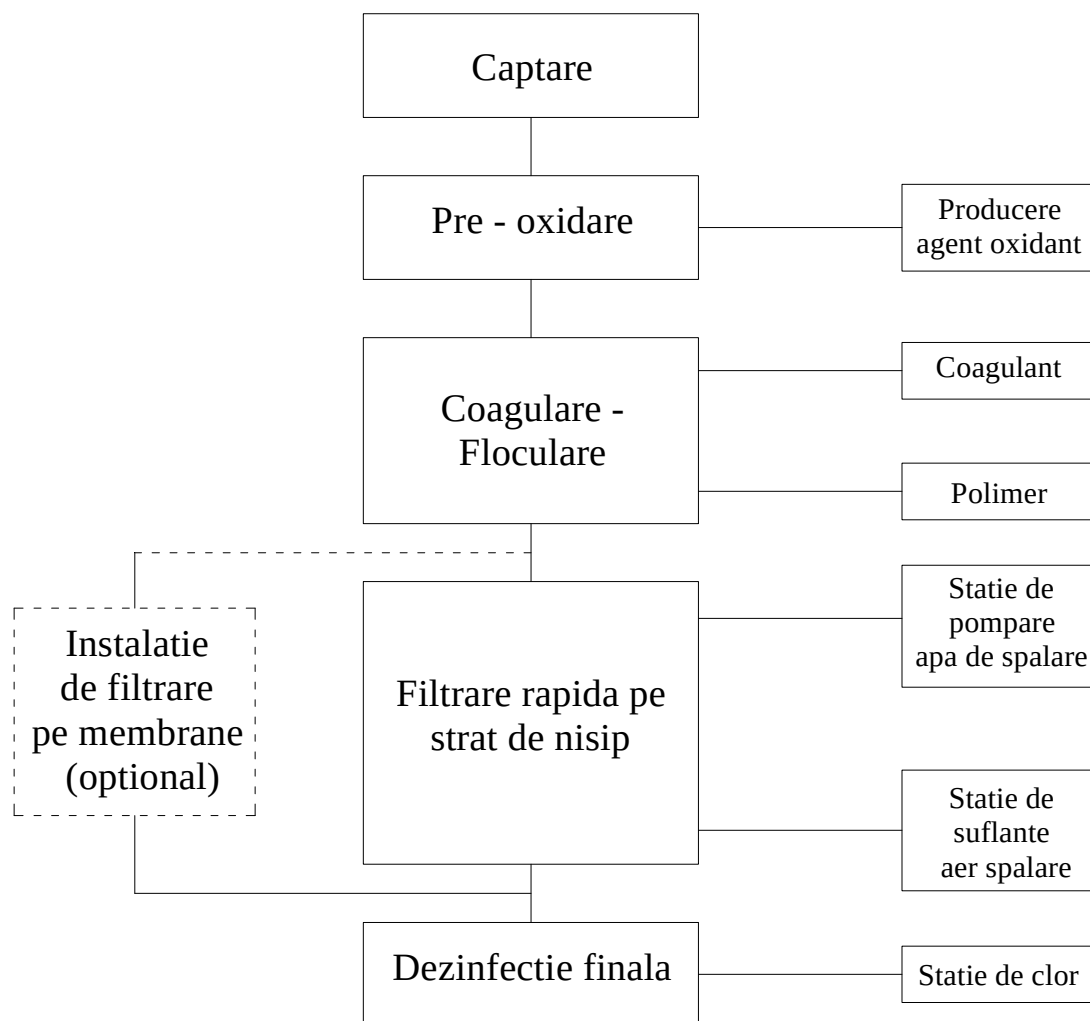


Figura 3.9. Schema stație de tratare pentru apă subterană cu trataibilitate normală.

În această variantă sunt necesare următoarele procese de tratare:

- Pre-oxidare, procesul se realizează prin:
 - Pentru eliminarea fierului și manganului se recomandă aerarea apei atunci când concentrațiile maxime în apa brută apar numai ocazional sau ozonul atunci când concentrațiile înregistrează valori ridicate;
 - Pentru oxidarea amoniului și a hidrogenului sulfurat este necesară utilizarea clorului în doză stoechiometrică; este necesară în acest sens realizarea unei stații de clor cu toate componentele necesare (stocare, preparare, dozare, injecție); hidrogenul sulfurat este un compus volatil care se poate elimina cu eficiențe bune prin procese

de aerare; se utilizează oxidarea cu clor; se menționează că amoniul și hidrogenul sulfurat reacționează numai cu clorul, nu cu alți agenți oxidanți (dioxid de clor, ozon); în urma oxidării cu clor a hidrogenului sulfurat sulfurul se transformă în sulf coloidal și apa capătă aspectul unei suspensii lăptoase care trebuie limpezită; amoniul se îndepărtează numai prin oxidare cu clor la breakpoint, nefiind necesară o filtrare ulterioară; în astfel de procese este necesar să se introducă procesele de coagulare – floclare;

- Filtrarea apei pentru reținerea suspensiilor de fier, mangan și hidrogen sulfurat oxidate:
 - stație de filtre rapide de nisip; vor fi asigurate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
 - pentru gama de debite reduse sau foarte reduse se va utiliza filtrarea pe membrane (ultra sau micro-filtrare) în locul stației de filtre rapide de nisip; este recomandabilă soluția cu MBR – membrane submersate în reactor biologic.
- Treapta de dezinfecție cu clor.

3.4.1.3 Schema S3 - apă subterană greu tratabilă

Sursa greu tratabilă este apa care conține azotați și azotiți sau concentrații ridicate de amoniu sau hidrogen sulfurat. Pentru situația în care apar depășiri la parametrii azotați și azotiți mai mari decât cele prezentate în tabelul de mai jos se recomandă identificarea altei surse, datorită dificultăților deosebite de tratare. Variația principalilor parametri de calitate ai apei brute și tratate sunt prezentați în tabelul următor.

Tabelul 3.8. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă greu tratabilă.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Fier total (mg/l)	$\leq 0,2$	0,2
2	Mangan (mg/l)	$\leq 0,05$	0,05
3	Azotați (mg/l)	50 - 100	50
4	Azotiți (mg/l)	0,5 – 1,0	0,5
5	Amoniu (mg/l)	3,0 – 8,0	0,5
6	Hidrogen sulfurat (mg/l)	3,0 – 10,0	0,1

În această variantă sunt necesare următoarele procese de tratare:

- Pre-oxidare, procesul se va realiza prin:
 - Pentru oxidarea amoniului și a hidrogenului sulfurat este necesară utilizarea clorului în doză stoechiometrică; este necesară în acest sens realizarea unei stații de clor cu toate componentele necesare (stocare, preparare, dozare, injecție); hidrogenul sulfurat este un compus volatil care se poate elimina într-o bună măsură, dar nu total și prin procese de aerare; se menționează că atât amoniul și hidrogenul sulfurat reacționează numai cu clorul, nu cu alți agenți oxidanți (dioxid de clor, ozon); în urma oxidării cu clor a hidrogenului sulfurat sulfurul se transformă în sulf coloidal și apa capătă aspectul unei suspensii laptoase care trebuie limpezită; amoniul se îndepartează numai prin oxidare cu clor la breakpoint, nefiind necesară o filtrare ulterioară; se impun studii aprofundate privind reținerea compușilor sulfurului coloidal pe medii granulare și/sau membrane; pentru cantități de sulf coloidal format ($\text{H}_2\text{S} > 4 - 5 \text{ mg/l}$) se impune o limpezire prin decantare cu/fără reactivi de coagulare – floculare.
- Filtrarea apei pentru reținerea sulfurului coloidal:
 - stație de filtre rapide de nisip; vor fi asigurate toate facilitățile necesare funcționării normale iar spalarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
 - pentru gama de debite reduse sau foarte reduse se va utiliza filtrarea pe membrane (ultra sau micro-filtrare) în locul stației de filtre rapide de nisip;
- Osmoza inversă pentru 20% din debitul total pentru reținerea azotaților sau azotiților strict pentru a se încadra în prevederile de calitate ale apei potabile; procesul produce permeat în proporție de circa 75% și concentrat în proporție de circa 25% din cantitatea de apă procesată; pentru concentrat se vor prevedea măsuri speciale de stocare și valorificare ulterioară; în aceste situații coeficientul de pierderi tehnologice se va adopta corespunzător;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

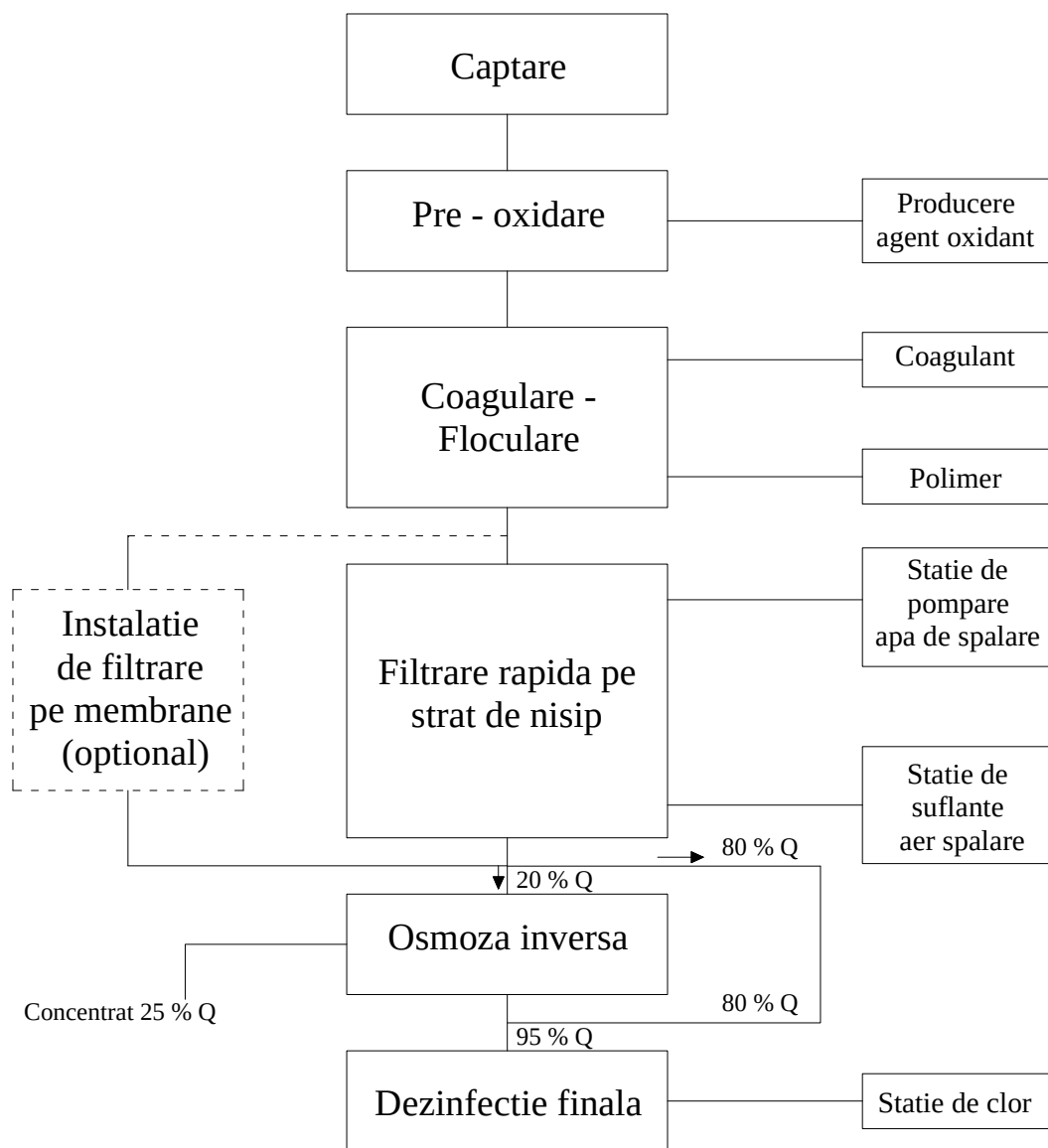


Figura 3.10. Schema stație de tratare pentru apă subterană greu tratabilă.

3.4.2 Stații de tratare cu surse de suprafață tip lac

3.4.2.1 Schema L1 – apă de lac ușor tratabilă

Sursa care prezintă depășiri în ceea ce privește turbiditatea, carbonul organic total și/sau pesticide. Se menționează faptul că, în conformitatea cu prevederile Legii 458/2002, pentru eficiența dezinfecției este necesară o turbiditate maximă de 1.0 NTU. Se consideră o concentrație maximă de 2.5 mg C/l pentru carbon organic total ca fiind acceptabilă consumatorilor din punct de vedere al asigurării biostabilității apei la consumator. Din punct de vedere al pesticidelor, este suficientă depășirea concentrației unuia sau mai multor pesticide în apa brută pentru ca aceasta să fie luată în considerație.

Principalii parametri de calitate ai apei brute se încadrează în domeniul din tabelul următor.

Tabelul 3.9. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate – sursă tip lac ușor tratabilă.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Turbiditate (NTU)	≤ 50	1,0
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	2 - 5	5,0
3	TOC (mg/l)	3-5	2,5
4	Amoniu (mg/l)	< 0,5	0,5
5	Pesticide total (mg/l)	< 0,5	0,5
6	Cadmiu (mg/l)	sub CMA	0,005
7	Plumb (mg/l)		0,01
8	Mangan (mg/l)		0,05
9	Arsen (mg/l)		0,01
10	Crom (mg/l)		0,05
11	Cupru (mg/l)		0,1
12	Nichel (mg/l)		0,02
13	Mercur (mg/l)		0,001
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 100.000	-

În această variantă sunt necesare următoarele trepte de tratare:

- Treapta de coagulare- floculare care trebuie să asigure fazele procesului de coagulare- floculare cu reacție rapidă și reacție lentă, agitatoare cu turație variabilă care asigură variația gradientului de viteză; trebuie incluse și instalații de stocare-preparare-dozare coagulant și polimer, inclusiv circuite de injecție; se recomandă utilizarea clorurii

ferice ca reactiv de coagulare, datorită eficiențelor mai ridicate în raport cu sulfatul de aluminiu pentru acest tip de ape. Pentru perioadele de ape reci se recomandă și un adaos de polimer;

- Treapta de decantare recomandabilă cu modul lamelar pentru laminarizarea mișcării și utilizarea recirculării nămolului pentru creșterea gradului de probabilitate a ciocnirilor eficiente inter-particule;
- Ca variantă opțională pentru treapta de decantare se recomandă și treapta de flotație; aceasta trebuie să cuprindă bazinele de flotație propriu-zise și instalațiile de producere și injecție a aerului comprimat;
- Stație de filtre rapide de nisip; asigură facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
- Ca o alternativă la schema clasică de limpezire se recomandă să fie analizată filtrarea pe membrane în situația în care conținutul în suspensii este relativ scăzut și constant;
- Pentru corecția pH-ului trebuie prevăzută o instalație de preparare-dozare apă de var care va cuprinde: silozuri stocare var stins inclusiv instalații de încărcare, bazine de preparare lapte de var și sisteme de dozare var pudră, saturatoare de var pentru preparare soluției de apă de var la concentrația de saturație, precum și hala pentru echipamentele de preparare și dozare;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

Figura următoare prezintă schema stației de tratare în varianta de sursă de suprafață tip lac ușor tratabilă.

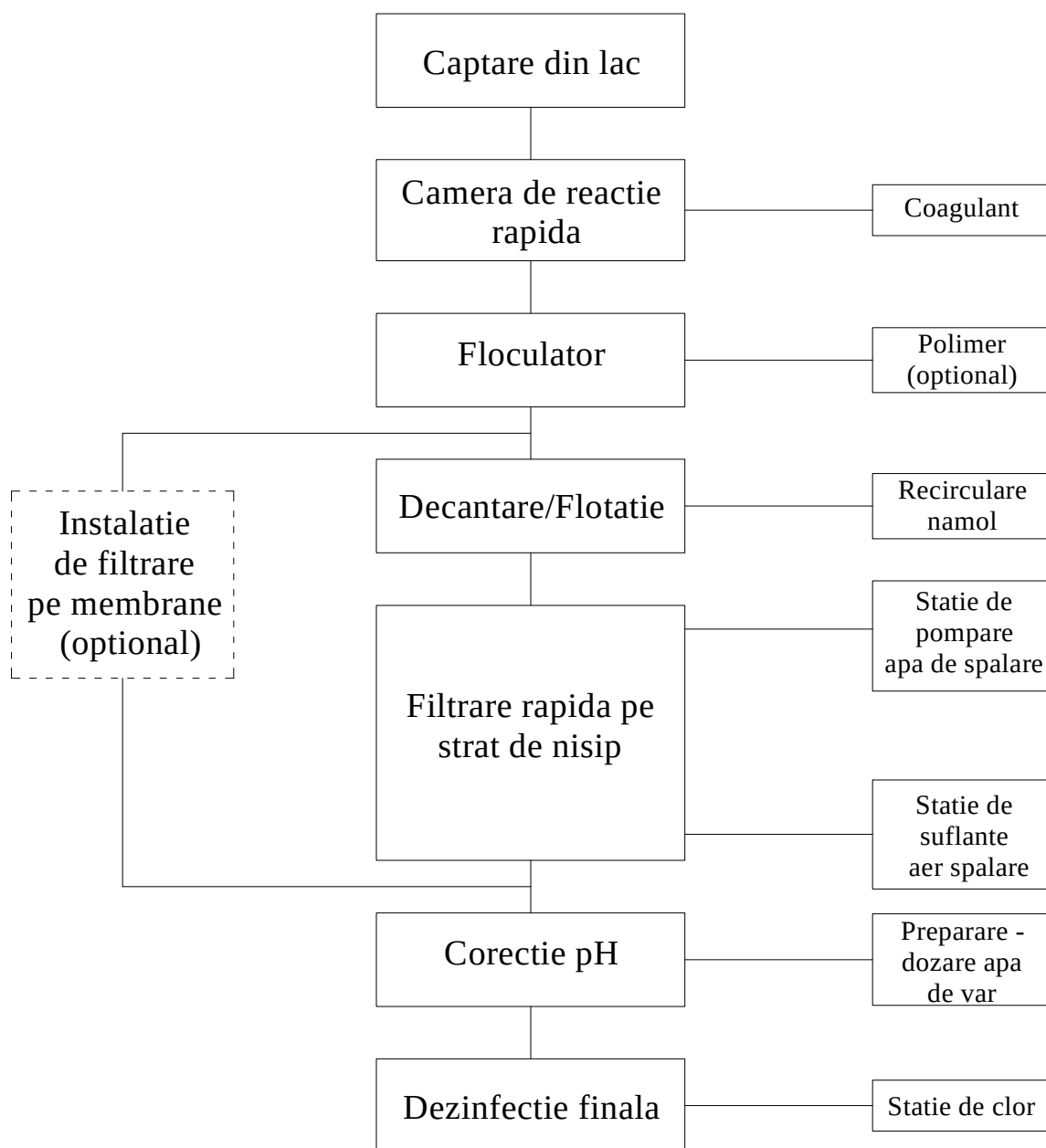


Figura 3.11. Schema stație de tratare cu sursă de suprafață tip lac ușor tratabilă.

3.4.2.2 Schema L2 – apă de lac cu tratabilitate normală

Sursa prezintă depășiri în ceea ce privește turbiditatea, carbonul organic total, în mod permanent și/sau ocazional la pesticide, respectiv metale grele. Domeniul principalilor parametri de calitate ai apei brute și tratate sunt prezentați în tabelul următor.

Tabelul 3.10. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate – sursă lac cu tratabilitate normală.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Turbiditate (NTU)	≤ 50	1,0
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	2 - 6	5,0
3	TOC (mg/l)	5 - 8	2,5
4	Amoniu (mg/l)	0,5 – 1.0	0,5
5	Pesticide total (mg/l)	0,5 - 0,8	0,5
6	Cadmiu (mg/l)	depășiri ocazionale cu maxim 50% a valorilor CMA	0,005
7	Plumb (mg/l)		0,01
8	Mangan (mg/l)		0,05
9	Arsen (mg/l)		0,01
10	Crom (mg/l)		0,05
11	Cupru (mg/l)		0,1
12	Nichel (mg/l)		0,02
13	Mercur (mg/l)		0,001
14	Incarcare biologică (unit./l)	< 1.000.000	-

În această variantă sunt necesare următoarele trepte de tratare:

- Instalarea unui post de carbune activ pudră pentru situația de poluare accidentală la sursă, și pentru reținerea pesticidelor; trebuie să cuprindă instalația de preparare, circuitul de injecție și hala pentru depozitare și preparare;
- Treapta de pre-oxidare; se vor utiliza diverși agenți oxidanți, recomandabil dioxidul de clor sau ozon; în situația în care sunt depășiri la amoniu se recomandă utilizarea clorului dar cu atenție deosebită datorită potențialului ridicat de formare al trihalometanilor pentru acest tip de sursă;

- Treapta de coagulare - floclare trebuie să asigure reacție lentă și reacție rapidă, agitatoare cu turație variabilă care asigură variația gradientului de viteză; vor fi incluse instalații de stocare – preparare – dozare coagulant și polimer, inclusiv circuite de injecție; se recomandă utilizarea clorurii ferice ca reactiv de coagulare, datorită eficiențelor mai ridicate în raport cu sulfatul de aluminiu pentru acest tip de ape. Pentru perioadele de ape reci se recomandă și un adaos de polimer;
- Treapta de decantare recomandabilă cu modul lamelar pentru laminarizarea mișcării și utilizarea recirculării nămolului pentru creșterea gradului de probabilitate a ciocnirilor eficiente inter – particule;
- Ca variantă opțională pentru treapta de decantare se recomandă și treapta de flotație care trebuie să cuprindă bazine de flotație propriu-zise și instalații de preparare și injecție a aerului comprimat la presiunea de vaporizare;
- Stație de filtre rapide de nisip; trebuie asigurate toate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
- Ca o alternativă la schema clasică de limpezire se recomandă a fi analizată filtrarea pe membrane în situația în care conținutul în suspensii este relativ scăzut și constant;
- Pentru corecția pH-ului trebuie prevăzută o instalație de preparare-dozare apă de var care va cuprinde: silozuri stocare var stins inclusiv instalații de încărcare, bazine de preparare lapte de var și sisteme de dozare var pudră, saturatoare de var pentru preparare soluției de var la concentrația de saturație, precum și hala pentru echipamentele de preparare și dozare;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

În figura 3.12 este prezentată schema stației de tratare în varianta de sursă de suprafață tip lac cu tratabilitate normală.

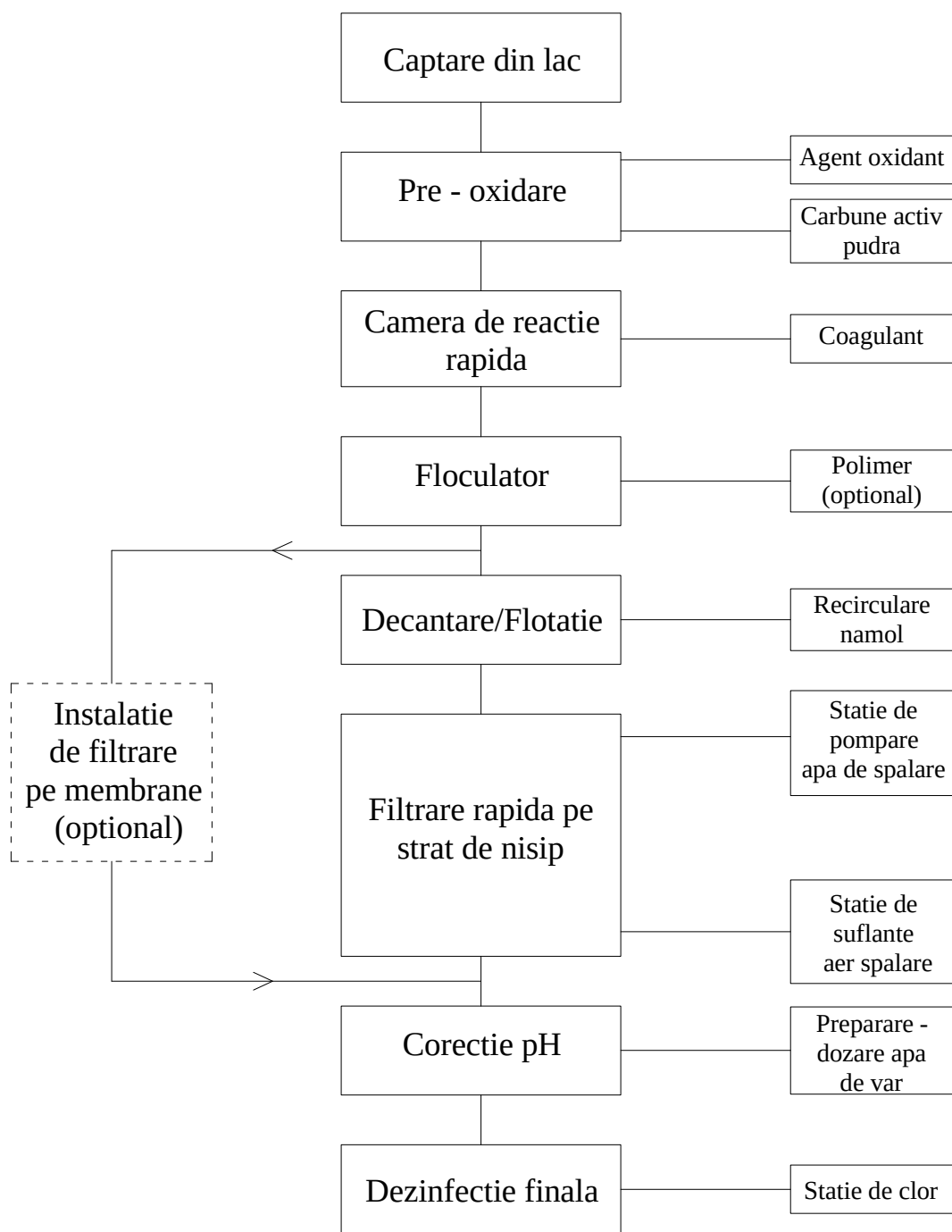


Figura 3.12. Schema stație de tratare cu sursă de suprafață tip lac cu tratabilitate normală.

3.4.2.3 Schema L3 – apă de lac greu tratabilă

Sursa greu tratabilă se consideră sursa care conține substanțe organice, carbon organic total și/sau pesticide în mod permanent, sau ocazional metale grele.

Tabelul 3.11. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă tip lac greu tratabilă.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Turbiditate (NTU)	≤ 100	1,0
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	5 – 8	5,0
3	COT (mg/l)	8 – 10	2,5
4	Amoniu (mg/l)	0,5 – 1,5	0,5
5	Pesticide total (mg/l)	0,5 – 1,2	0,5
6	Cadmiu (mg/l)	depășiri ocazionale cu maxim 70% a valorilor CMA	0,005
7	Plumb (mg/l)		0,01
8	Mangan (mg/l)		0,05
9	Arsen (mg/l)		0,01
10	Crom (mg/l)		0,05
11	Cupru (mg/l)		0,1
12	Nichel (mg/l)		0,02
13	Mercur (mg/l)		0,001
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 10.000.000	-

În această variantă sunt necesare următoarele trepte de tratare:

- Treapta de pre-oxidare; se vor utiliza agenți oxidanți, recomandabil dioxidul de clor și ozonul; în cazul în care sunt depășiri la amoniu se recomandă utilizarea clorului dar cu atenție deosebită datorită potențialului ridicat de formare al trihalometanilor pentru acest tip de sursă;
- Treapta de coagulare - floclurare trebuie să asigure reacție lentă și reacție rapidă, agitatoare cu turație variabilă care asigură variația gradientului de viteză; vor fi incluse și instalații de stocare-preparare-dozare coagulant și polimer, inclusiv circuite de injecție; se recomandă utilizarea clorurii ferice ca reactiv de coagulare, datorită

eficiențelor mai ridicate în raport cu sulfatul de aluminiu pentru acest tip de ape. Pentru perioadele de ape reci se recomandă și un adaos de polimer;

- Treapta de decantare recomandabilă cu modul lamelar pentru laminarizarea mișcării și utilizarea recirculării nămolului pentru creșterea gradului de probabilitate a ciocnirilor eficiente inter-particule;
- Ca variantă opțională pentru treapta de decantare se recomandă și treapta de flotație care trebuie să cuprindă bazine de flotație propriu-zise și instalații de preparare și injecție a aerului comprimat la presiunea de vaporizare; uzual se utilizează flotația cu aer dizolvat prin presurizarea unei părți din debitul de apă;
- Stație de filtre rapide de nisip; trebuie asigurate toate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
- Stație de repompare pentru asigurarea sarcinii hidraulice necesare funcționării treptei de afinare;
- Treapta de afinare care trebuie să cuprindă post-oxidare cu ozon (cuprinde bazine de contact, generator de ozon și toate instalațiile necesare de producere și injecție) urmată de adsorbție pe filtre de carbune activ granular; filtrele CAG trebuie prevăzute cu facilități de spălare în contracurent de apă;
- Pentru corecția pH-ului se recomandă utilizarea unei soluții bazice (apă de var sau sodă) pentru cazul în care pH-ul apei brute este scăzut sau înregistrează scăderi importante în schema de tratare datorită proceselor (în special la coagulare avansată); instalațiile trebuie să cuprindă stocarea, prepararea, dozarea și injecția reactivului;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

Figura 3.13 prezintă schema stației de tratare în varianta de sursă de suprafață tip lac greu tratabilă.

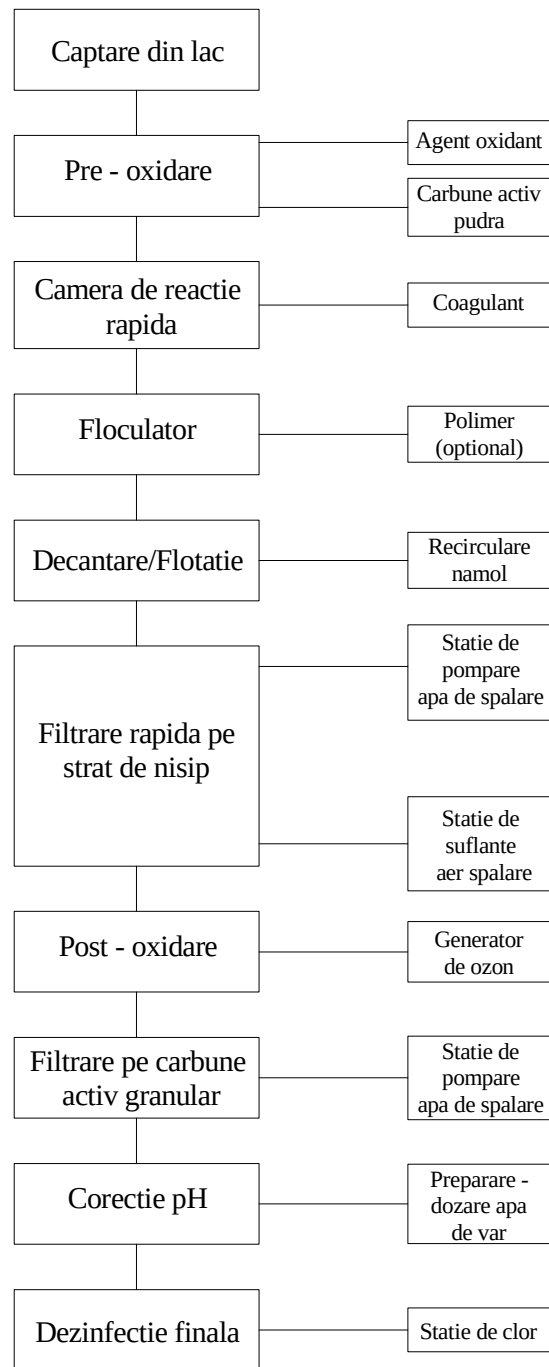


Figura 3.13. Schema stație de tratare cu sursă de suprafață tip lac greu tratabilă.

3.4.3 Stații de tratare cu surse de suprafață tip râu

3.4.3.1 Schema R1 – apă de râu ușor tratabilă

Sursa se consideră ușor tratabilă când prezintă carbon organic total și/sau pesticide ocazional. Pentru eficiența dezinfecției este necesară o turbiditate maximă de 1.0 NTU. Se consideră o concentrație maximă de 2,5 mg C/l pentru carbon organic total ca fiind acceptabilă consumatorilor din punct de vedere al asigurării biostabilității apei la consumator.

Principalii parametri de calitate ai apei brute și tratate se încadrează în domeniul din tabelul următor.

Tabelul 3.12. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă tip râu, ușor tratabilă.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Turbiditate (NTU)	50 - 250	1,0
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	2 - 5	5,0
3	TOC (mg/l)	3 - 5	2,5
4	Amoniu (mg/l)	≤ 0,5	0,5
5	Pesticide total (mg/l)	≤ 0,5	0,5
6	Cadmiu (mg/l)	-	0,005
7	Plumb (mg/l)		0,01
8	Mangan (mg/l)		0,05
9	Arsen (mg/l)		0,01
10	Crom (mg/l)		0,05
11	Cupru (mg/l)		0,1
12	Nichel (mg/l)		0,02
13	Mercur (mg/l)		0,001
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 100.000	-

În această variantă sunt necesare următoarele procese de tratare:

- Treapta de pre-oxidare trebuie să cuprindă: bazine de contact inclusiv sistem de dispersie și injecție, instalație de preparare - dozare agent oxidant; în funcție de calitatea apei brute se recomandă utilizarea diverși agenți oxidanți printre care se menționează: ozon, dioxid de clor, clor gazos;

- Adsorbție: se recomandă prevederea unui post de carbune activ pudra pentru situația poluărilor accidentale la sursă, în special pentru reținerea pesticidelor; va cuprinde instalația de preparare, circuitul de injecție și depozit de carbune;
- Treapta de coagulare - floclare trebuie să asigure reacție lentă și reacție rapidă, agitatoare cu turație variabilă care asigură variația gradientului de viteză; vor fi incluse și instalații de stocare-preparare-dozare coagulant și polimer, inclusiv circuite de injecție;
- Treapta de decantare recomandabilă cu modul lamelar pentru laminarizarea mișcării și utilizarea recirculării nămolului pentru creșterea gradului de probabilitate a ciocnirilor eficiente inter - particule;
- Stație de filtre rapide de nisip; trebuie asigurate toate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
- Recuperarea apei de la spălare filtre și a nămolului din decantoare cu recircularea supernatantului și deshidratarea și valorificarea corespunzătoare a nămolului;
- Pentru corecția pH-ului se recomandă utilizarea unei soluții bazice (apă de var sau sodă) pentru cazul în care pH-ul apei brute este scăzut sau înregistrează scăderi importante în schema de tratare datorită proceselor (în special la coagulare avansată); instalațiile trebuie să cuprindă de stocare, preparare, dozare și injecție a reactivului;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

În figura 3.14 se prezintă schema stației de tratare în varianta de sursă de suprafață tip râu ușor tratabilă.

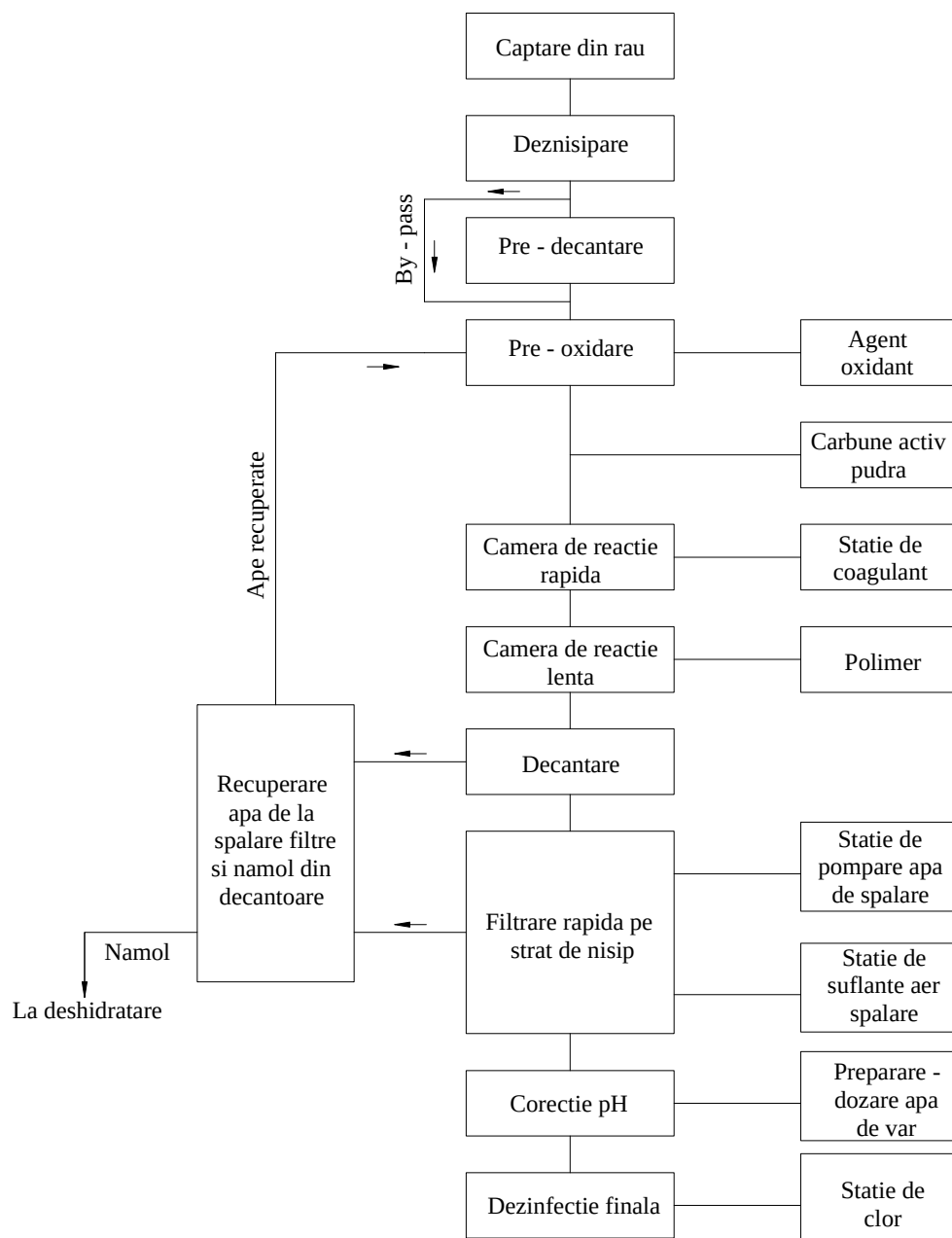


Figura 3.14. Schema stație de tratare cu sursă de suprafață tip râu ușor tratabilă.

3.4.3.2 Schema R2 – apă de râu cu tratabilitate normală

Sursa se consideră sursă cu tratabilitate normală când prezintă carbon organic total și/sau pesticide ocazional.

Principalii parametri de calitate ai apei brute și tratate se încadrează în domeniul din tabelul următor.

Tabelul 3.13. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă tip râu, cu tratabilitate normală.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici impuse apei tratate
1	Turbiditate (NTU)	50 - 500	1,0
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	3 - 6	5,0
3	TOC (mg/l)	5 - 8	2,5
4	Amoniu (mg/l)	≤ 0,5	0,5
5	Pesticide total (mg/l)	0,5 – 0.8	0,5
6	Cadmiu (mg/l)	cel puțin unul dintre metalele grele depășește ocazional concentrația	0,005
7	Plumb (mg/l)		0,01
8	Mangan (mg/l)		0,05
9	Arsen (mg/l)		0,01
10	Crom (mg/l)		0,05
11	Cupru (mg/l)		0,1
12	Nichel (mg/l)		0,02
13	Mercur (mg/l)		0,001
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 1.000.000	-

În această variantă sunt necesare următoarele procese de tratare:

- Treapta de pre-oxidare trebuie să cuprindă: bazine de contact inclusiv sistem de dispersie și injecție, instalație de preparare-dozare agent oxidant; în funcție de calitatea apei brute se recomandă utilizarea diverși agenți oxidanți printre care se menționează: ozon, dioxid de clor, clor gazos;
- Treapta de coagulare - floclurare trebuie să asigure reacție lentă și reacție rapidă, agitatoare cu turație variabilă care asigură variația gradientului de viteză; vor fi

incluse și instalații de stocare-preparare-dozare coagulant și polimer, inclusiv circuite de injecție;

- Treapta de decantare recomandabilă cu modul lamelar pentru laminarizarea mișcării și utilizarea recirculării nămolului pentru creșterea gradului de probabilitate a ciocnirilor eficace inter - particule;
- Stație de filtre rapide de nisip; trebuie asigurate toate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra - curent cu apă și aer simultan;
- Recuperarea apei de la spălarea filtre și a nămolului din decantoare cu recircularea supernatantului și deshidratarea și valorificarea corespunzătoare a nămolului;
- Stație de repompare pentru asigurarea sarcinii hidraulice necesare funcționării treptei de afinare;
- Treapta de afinare care trebuie să cuprindă post-oxidare cu ozon (cuprinde bazine de contact, generator de ozon și toate instalațiile necesare de producere și injecție) urmată de adsorbție pe filtre de carbune activ granular; filtrele CAG trebuie prevăzute cu facilități de spălare în contracurent de apă;
- Pentru corecția pH-ului se recomandă utilizarea unei soluții bazice (apă de var sau sodă) pentru cazul în care pH-ul apei brute este scăzut sau înregistrează scăderi importante în schema de tratare datorită proceselor (în special la coagulare avansată); instalațiile trebuie să cuprindă de stocare, preparare, dozare și injecție a reactivului;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

În figura 3.15 se prezintă schema stației de tratare în varianta de sursă de suprafață tip râu cu tratabilitate normală.

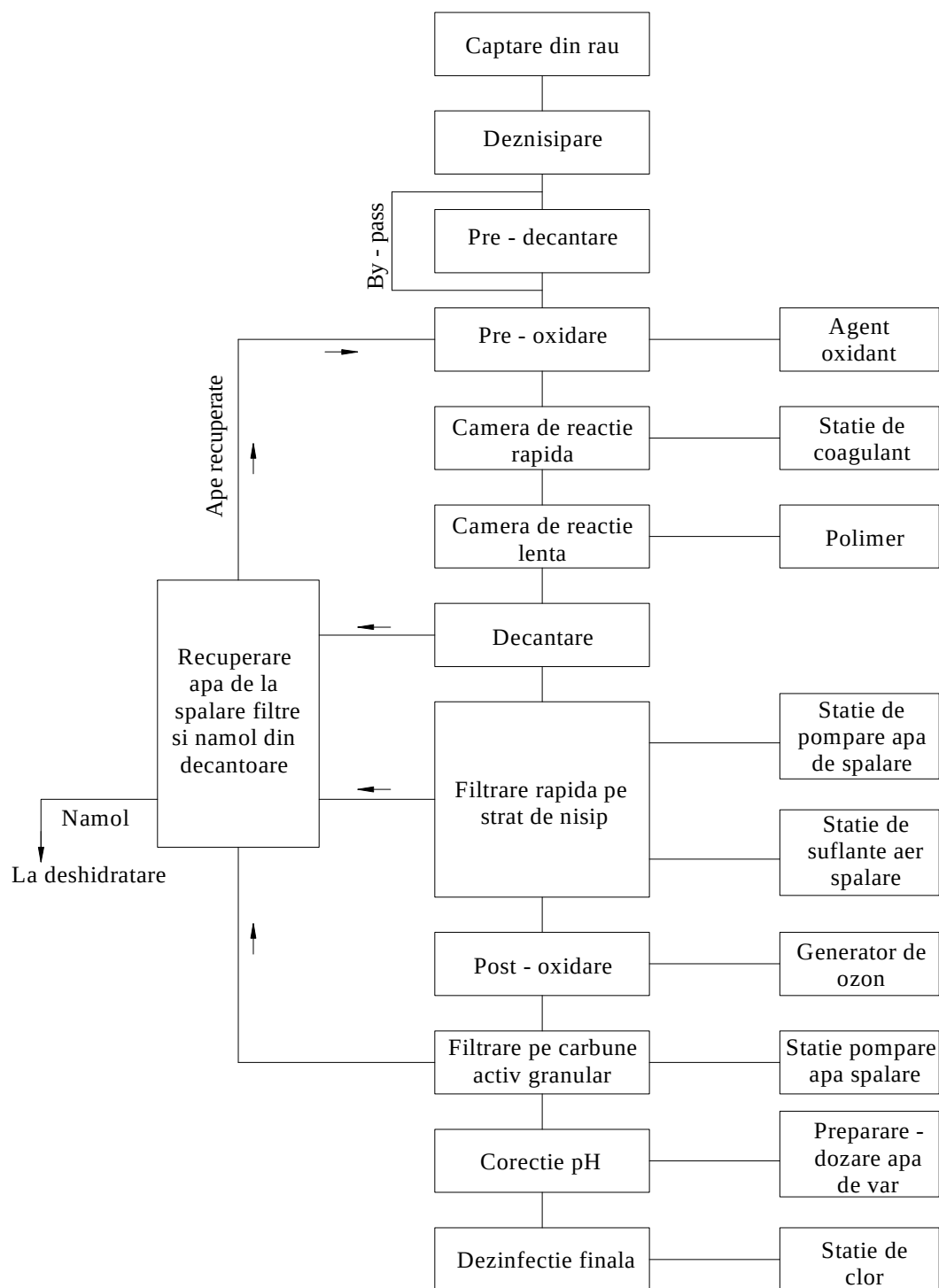


Figura 3.15. Schema stație de tratare cu sursă de suprafață tip râu cu tratabilitate normală.

3.4.3.3 Schema R3 – apă de râu greu tratabilă

Sursa se consideră greu tratabilă când prezintă carbon organic total și/sau pesticide ocazional.

Principalii parametri de calitate ai apei brute și tratate se încadrează în domeniul din tabelul următor.

Tabelul 3.14. Variația parametrilor de calitate ai apei brute și tratate - sursă tip râu greu tratabilă.

Nr. crt.	Denumire parametru	Caracteristici apă brută	Caracteristici necesare apă tratată
1	Turbiditate (NTU)	> 500	1,0
2	CCO-Mn (mg O ₂ /l)	3 - 6	5,0
3	TOC (mg/l)	8 - 12	2,5
4	Amoniu (mg/l)	0,5 – 1,0	0,5
5	Pesticide total (mg/l)	0,5 – 1,5	0,5
6	Cadmiu (mg/l)	cel puțin unul dintre metalele grele depășește permanent concentrația	0,005
7	Plumb (mg/l)		0,01
8	Mangan (mg/l)		0,05
9	Arsen (mg/l)		0,01
10	Crom (mg/l)		0,05
11	Cupru (mg/l)		0,1
12	Nichel (mg/l)		0,02
13	Mercur (mg/l)		0,001
14	Încărcare biologică (unit./l)	< 10.000.000	-

În această variantă sunt necesare următoarele procese de tratare:

- Treapta de pre-oxidare trebuie să cuprindă: bazine de contact inclusiv sistem de dispersie și injecție, instalație de preparare-dozare agent oxidant; în funcție de calitatea apei brute se recomandă utilizarea diverși agenți oxidanți printre care se menționează: ozon, dioxid de clor, clor gazos;
- Adsorbție preliminară: se recomandă prevederea unui post de carbune activ pudră pentru situația poluărilor accidentale la sursă, în special pentru reținerea pesticidelor; va cuprinde instalația de preparare, circuitul de injecție și depozit de carbine;

- Coagulare avansată: se recomandă adaosul de acid în amonte de adaosul de coagulant pentru situația în care materiile organice naturale înregistrează valori ridicate; se impune prevedea unui post de preparare, dozare și injecție acid;
- Treapta de coagulare - floclare trebuie să asigure reacție lentă și reacție rapidă, agitatoare cu turație variabilă care asigură variația gradientului de viteză; vor fi incluse și instalații de stocare-preparare-dozare coagulant și polimer, inclusiv circuite de injecție;
- Treapta de decantare recomandabilă cu modul lamelar pentru laminarizarea mișcării și utilizarea recirculării nămolului pentru creșterea gradului de probabilitate a ciocnirilor eficiente inter-particule;
- Stație de filtre rapide de nisip; trebuie asigurate toate facilitățile necesare funcționării normale iar spălarea se va realiza în contra-curent cu apă și aer simultan;
- Recuperarea apei de la spălarea filtre și a nămolului din decantoare cu recircularea supernatantului și deshidratarea și valorificarea corespunzătoare a nămolului;
- Stație de repompare pentru asigurarea sarcinii hidraulice necesare funcționării treptei de afinare;
- Treapta de afinare care trebuie să cuprindă post-oxidare cu ozon (cuprinde bazine de contact, generator de ozon și toate instalațiile necesare de producere și injecție) urmată de adsorbție pe filtre de carbune activ granular; filtrele CAG trebuie prevăzute cu facilități de spălare în contracurent de apă;
- Pentru corecția pH-ului se recomandă utilizarea unei soluții bazice (apă de var sau sodă) pentru cazul în care pH-ul apei brute este scăzut sau înregistrează scăderi importante în schema de tratare datorită proceselor (în special la coagulare avansată); instalațiile trebuie să cuprindă de stocare, preparare, dozare și injecție a reactivului;
- Treapta de dezinfecție cu clor.

În figura 3.16 se prezintă schema stației de tratare în varianta de sursă de suprafață tip râu greu tratabilă.

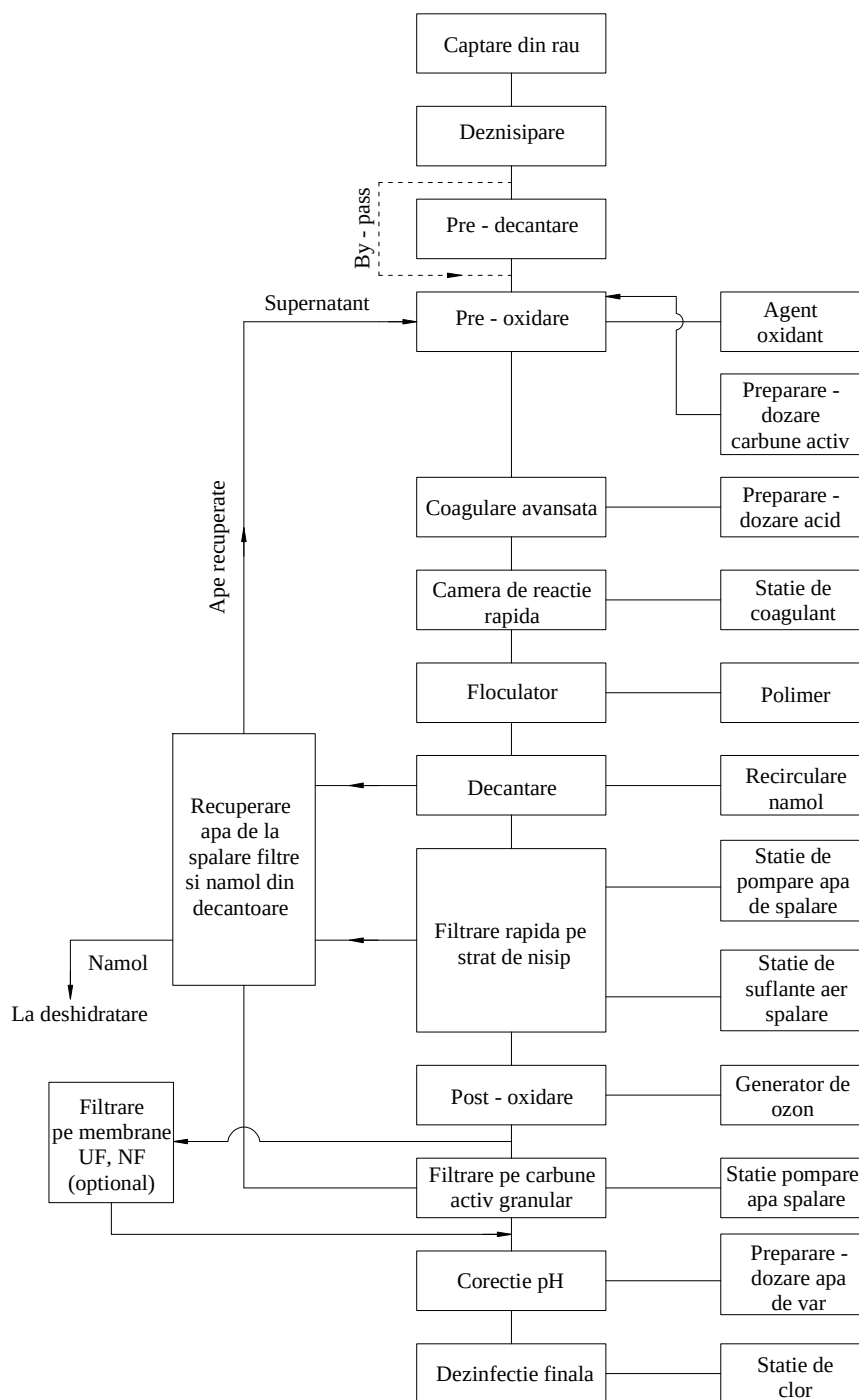


Figura 3.16. Schema stație de tratare cu sursă de suprafață tip râu greu tratabilă.

3.5 Proiectarea proceselor din stațiile de tratare

3.5.1 Deznisipare și predecantare

Deznisipatoarele se prevăd în cazul unui conținut de suspensii solide în suspensie de tip particule discrete de 25 – 30% din concentrația totală de materii totale în suspensie; obiectivul deznisipării este reținerea particulelor cu diametrul $> 0,2 \text{ mm}$, într-un interval de timp de 2 ... 3 minute.

Clasificarea deznisipatoarelor:

- După direcția de curgere a apei prin deznisipator:
 - deznisipatoare orizontale;
 - deznisipatoare verticale.
- După modul de amplasare:
 - deznisipatoare amplasate în construcții comune din cadrul ansamblului lucrărilor de captare a apei;
 - deznisipatoare amplasate independent.

3.5.1.1 Deznisipatoare orizontale

Deznisipatoarele orizontale (figura 3.17) se compun din: cameră de liniștire, cameră de depunere a nisipului și cameră de colectare a apei deznisipate.

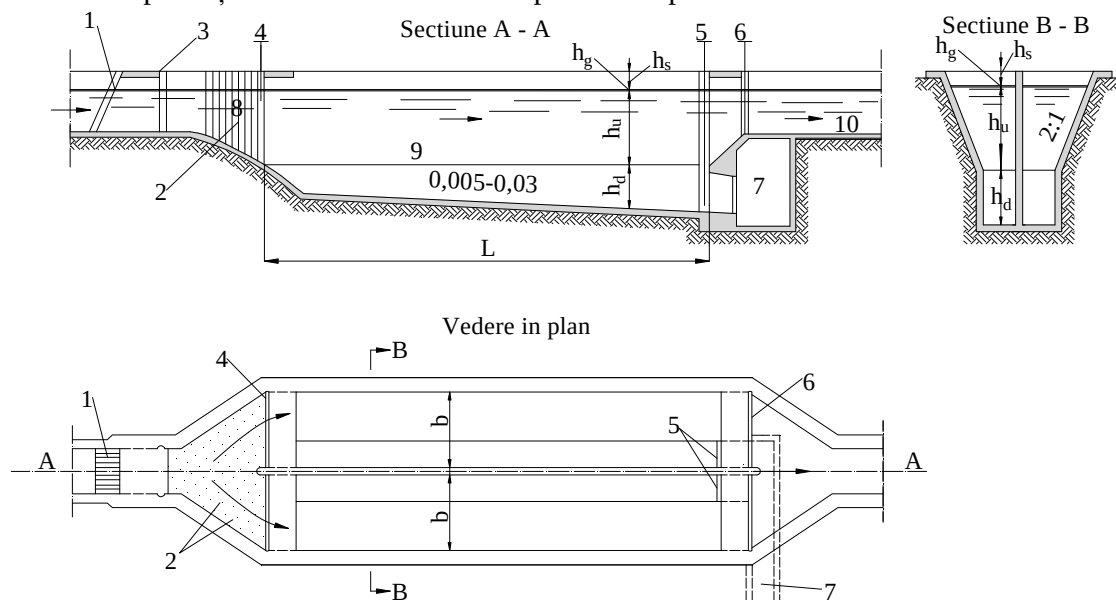


Figura 3.17. Deznisipator orizontal longitudinal.

1. Grătar; 2. Bare de liniștire; 3. Nișă pentru batardou necesar la reparații în caz de avarie; 4. Stăvilor de intare; 5. Vane de golire; 6. Stăvilor de ieșire; 7. Galerie de golire; 8. Cameră de liniștire și distribuție a apei; 9. Cameră de separare a nisipului; 10. Cameră de colectare a apei deznisipate.

1. Camera de liniștire

Camera de liniștire trebuie să reducă viteza apei până la viteza de curgere în camera de reținere a nisipului și să asigure o viteză uniformă în secțiunea transversală a deznisipatorului (0,1 ... 0,4 m/s).

Pereții laterali ai camerei de liniștire se realizează evazați. Pentru evazare se recomandă înclinarea de 5/1 ... 10/1.

Dispozitivele pot fi constituite din sisteme de grătare (bare verticale de ϕ 30 ... 50 mm, dispuse în zig – zag, la distanța de 25...35 cm între ele).

Între camera de liniștire și cea de depunere a nisipului, trebuie prevăzute dispozitive de închidere, în scopul de a bloca accesul apei în cazul efectuării lucrărilor de reparații sau altor intervenții.

2. Camera de separare a nisipului

Zona activă a camerei de separare a nisipului se dimensionează în funcție de viteza de sedimentare a suspensiilor din apă, stabilită pe baza datelor experimentale. În lipsa acestor date, viteza de sedimentare w_a , în funcție de diametrul suspensiilor d , se poate lua conform tabelului 3.15.

Tabelul 3.15. Valorile vitezei de sedimentare w_a , în funcție de diametrul suspensiilor d .

d_{mm}	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
w_a (mm/s)	21,6	32,4	43,2	54,0	64,8	73,2	80,7	87,5	94,4

Observație: Datele din tabel sunt pentru granule de cuarț cu greutatea specifică de 2,65 kN/m³ la temperatura de + 10°C.

Secțiunea transversală a zonei active se determină cu relația:

$$A = \frac{Q_c}{v}, (m^2) \quad (3.1)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul al instalației, în m³/s;

v – viteza de trecere a apei prin deznisipator ($v = 0,1...0,4$ m/s).

Dimensiunile geometrice ale zonei active (b și h_u ale unui compartiment) se stabilesc cu relația:

$$b = \frac{A}{n \cdot h_u}, (m) \quad (3.2)$$

unde:

b – lăţimea unui compartiment (0,8...2,5 m);

n – numărul de compartimente care lucrează în paralel;

h_u – înălţimea utilă a deznisipatorului (1,0...2,5 m).

Lungimea camerei de deznisipare (L) se stabileşte cu relaţia:

$$L = \alpha \cdot h_u \cdot \frac{v}{w}, (m) \quad (3.3)$$

unde:

L – lungimea camerei de deznisipare, în m;

α – coeficient cu valoarea între 1,5 ... 2,0;

w – viteza de sedimentare a celor mai mici particule ce trebuie reţinute în deznisipator, în m/s;

v – viteza de trecere a apei prin deznisipator, în m/s;

Experimental, w se stabileşte cu diagrama de depuneri pentru reţinerea a 20...30% din particule. În lipsa datelor experimentale viteza de sedimentare a nisipului se va lua 0,02...0,03 m/s (pentru granule de nisip de 0,2...0,3 mm) până la 0,09 m/s pentru granule de nisip de 1 mm (STAS 3573/1991).

Volumul de depuneri V_d se calculează cu relaţia:

$$V_d = \frac{a \cdot p_0 \cdot Q_c \cdot T}{\gamma}, (m^3) \quad (3.4)$$

unde:

V_d – volumul de depuneri, în m^3 ;

a – procentul de nisip reţinut în deznisipator (0,25...0,3);

p_0 – concentraţia totală de particule în suspensie, la viitură, în g/m^3 ;

Q_c – debitul deznisipatorului, în m^3/s ;

γ – greutatea volumică a depunerilor (1500...1700 daN/m^3);

T – durata între două curăţiri, în ore.

Înălţimea stratului de depuneri se stabileşte cu relaţia:

$$h_d = \frac{V_d}{B \cdot L}, (m) \quad (3.5)$$

unde:

h_d – înălțimea stratului de depuneri, în m;

L – lungimea deznisipatorului, în m;

B – lățimea deznisipatorului, în m.

Înălțimea totală H a camerei de depunere a nisipului, în metri, se stabilește cu relația:

$$H = h_u + h_d + h_g + h_s, (m) \quad (3.6)$$

în care:

h_u – înălțimea zonei active, având valoarea între limitele 0,6 ... 2,50 m;

h_d – înălțimea spațiului pentru colectarea nisipului, în metri; se determină funcție de mărimea debitului de apă, conținutul de suspensii care trebuie reținute, sistemul de curățire, intervalul între două curățiri, în m;

h_g – înălțimea spațiului de siguranță pentru îngheț, având valoarea între limitele 0,30 ... 0,50 m;

h_s – înălțimea spațiului de siguranță, având valoarea între limitele 0,15 ... 0,25 m.

Stabilirea înălțimii zonei active pentru deznisipatoarele care se prevăd a fi executate în comun cu captarea se recomandă să se facă pentru un nivel corespunzător apelor mici și în orice caz sub nivelul apelor medii.

Raportul între înălțimea și lungimea unui compartiment se recomandă să fie de 1/6...1/10 iar între înălțime și lungime de 1/10...1/15.

Timpul de trecere a apei prin compartimentul de depunere se adoptă de 30...100 s și se stabilește în funcție de gradul cerut de reținere a suspensiilor. În cazuri justificate, timpul de trecere poate avea valori mai mari.

Spațiul pentru colectarea nisipului se stabilește în funcție de conținutul de suspensii medii anuale în apa brută și se verifică în raport cu conținutul de suspensii al viiturilor anuale. Acest spațiu trebuie dimensionat astfel încât să poată înmagazina cantitatea de nisip rezultat între două curățiri succesive. În lipsa datelor experimentale se poate considera că în deznisipator se rețin 25...30% din suspensiile din apa brută.

Evacuarea nisipului colectat în camera de depunere se poate face hidraulic, mecanic sau manual. Evacuarea hidraulică se poate face gravitațional sau prin sifonare.

Spațiul pentru colectarea nisipului se realizează cu pereți verticali și o pantă a radierului de 0,5...3% în sensul evacuării apei, astfel încât să se asigure o viteză de evacuare a apei cu

nisipul de minimum 2 m/s. Spațiul pentru colectarea nisipului se prevede în capătul din aval, cu un orificiu de evacuare închis cu stavilă sau alt tip de dispozitiv care să poată bloca ieșirea apei în intervalul dintre curățiri. Lățimea deschiderii orificiului trebuie să fie aceeași cu lățimea spațiului de colectare.

În cazul evacuării hidraulice prin sifonare, spațiul de colectare se realizează sub forma unui șir de pâlnii dispuse în lungul deznisipatorului, fiecare pâlnie fiind racordată la sistemul de golire. Pereții laterali ai pâlniilor se realizează cu înclinarea de cel puțin 1/1.

În cazul curățirii mecanice, spațiul de colectare se realizează sub forma unei rigole longitudinale cu lățimea de 0,40...0,80 m. Lățimea părții superioare a camerei de depunere se alege astfel încât să corespundă cu dimensiunile dispozitivului mecanic de curățire.

Evacuarea manuală a nisipului se prevede numai în cazul deznisipatoarelor pentru debite reduse $\leq 50 \text{ dm}^3/\text{s}$ și cantități mici de nisip în apă.

Intervalul de timp între două curățiri succesive se recomandă să fie:

- la evacuarea manuală 5...10 zile;
- la evacuarea mecanică și evacuarea hidraulică prin sifonare, maximum 12 h;
- la evacuarea hidraulică gravitațională, maximum 5 zile.

Numărul de zile se determină pe baza hidrografului viiturii, cu frecvența de 50...80%.

Fiecare compartiment al camerei de depunere a nisipului se prevede cu dispozitive de golire.

3.Camera de colectare a apei deznisipate

Această cameră asigură legătura între compartimentele camerei de depunere a nisipului și sistemul de transport al apei cu treptele următoare de tratare.

Camera de colectare se prevede cu dispozitive de închidere pentru fiecare din compartimentele de depunere, în scopul separării acestora la reparații și intervenții.

3.5.1.2 Predecantoare. Decantoare statice

3.5.1.2.1 Domeniul de aplicare

Decantoarele statice sunt bazine în care se asigură curgerea apei orizontal – longitudinal/radial sau vertical cu viteze reduse astfel încât particulele discrete să se separe.

Aceste tipuri de decantoare sunt utilizate în cazul:

- apelor cu turbidități mari (> 1000 °NTU) pentru care procesele de limpezire prin decantare nu pot asigura performanța la apa decantată (≤ 4 °NTU);
- în predecantare se poate utiliza reactivi de coagulare pe baza experimentelor “in situ” care demonstrează eficacitatea reactivilor.

3.5.1.2.2 Proiectarea decantoarelor statice

Dimensionarea tehnologică a decantoarelor are la bază studii de laborator “in situ” pe apa sursei.

Determinarea numărului și dimensiunilor decantoarelor se face în funcție de:

- debitul de calcul Q_c ;
- viteza de sedimentare w , stabilită pe baza curbelor de variație a procentului de rețineri cu mărimea hidraulică;

Eficiența de sedimentare E_s , se stabilește:

$$E_s = \frac{p_i - p_{ad}}{p_i} \cdot 100, (\%) \quad (3.7)$$

unde:

E_s - eficiența de sedimentare, %;

p_i – concentrația în suspensii a apei înainte de predecantare, (mg/l);

p_{ad} – concentrația în suspensii a apei după predecantare, (mg/l);

3.5.1.2.3 Stabilirea mărimii hidraulice w “in situ”

- În pahare de 1 l (minim 5 bucăți) se pune apă de sursă;
- Se determină la intervale $T_i = 30'', 1', 3', 5', 10', 30', 1h, 2h$, înălțimea h_i a coloanei de apă limpezită;
- Se determină prin filtrare, uscare și cântărire cantitatea de suspensii cedată la T_i – notată p_i ; p_0 – cantitatea de suspensii în proba inițială;

- Se întocmesc diagrame de tip figura 3.18.

$$p_i/p_o(\%) = f(T_i) \quad (3.8)$$

$$\frac{p_i}{p_o(\%)} = f\left(w = \frac{h_i}{T_i}\right) \quad (3.9)$$

Se va adopta pentru dimensionarea predecantorelor mărimea hidraulică w (sau încărcarea superficială) corespunzător procentului de rețineri care se impune a fi realizat: 40%; 50%; 60%.

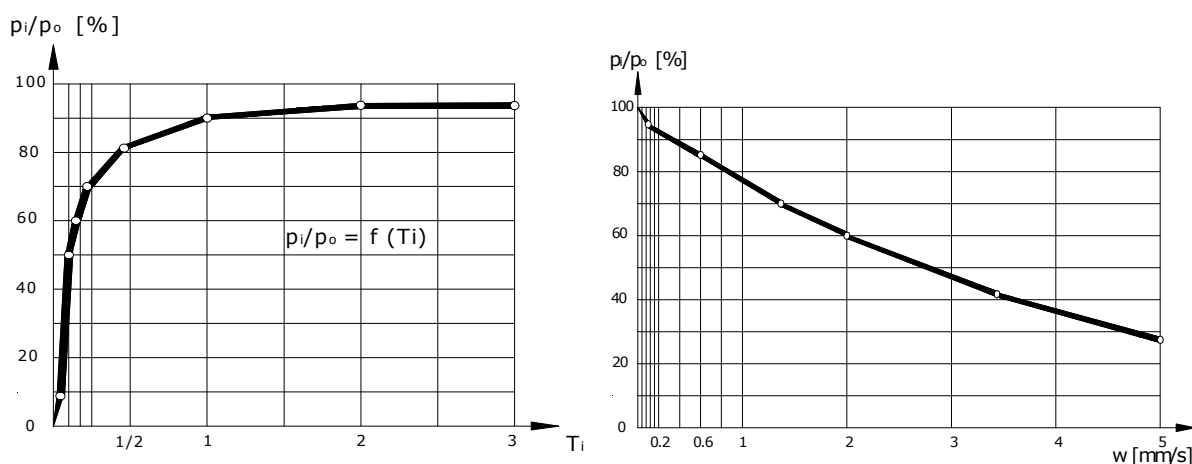


Figura 3.18. Diagrame de sedimentare.

3.5.1.3 Predecantore orizontale longitudinale

Dimensionarea predecantorelor orizontale-longitudinal (figura 3.19) constă în stabilirea elementelor:

- Suprafața oglinzii apei:

$$A = \alpha \cdot \frac{Q}{w}, (m^2) \quad (3.10)$$

în care:

α – este un coeficient de siguranță (1,05 – 1,10);

Q – debitul instalației (m^3/h);

w – mărimea hidraulică pentru cantitatea de suspensii care se cere să fie reținută, în $m^3/h, m^2$;

- Lungime L și lățimea B a predecantorelor:

$$A = L \cdot B, (m^2) \quad (3.11)$$

Se impun condițiile:

$$b \leq L/10; B = n \cdot b; n \geq 2 \quad (3.12)$$

în care:

b – lăţimea unui compartiment (se stabileşte prin calcul tehnico - economic al structurii bazinului);

n – numărul de compartimente, minimum 2;

L – lungimea predecantorului, în m;

B – lăţimea predecantorului, în m.

- Lungimea se calculează cu relaţia (3.13):

$$L = \alpha \cdot H \cdot \frac{v}{w}, (m) \quad (3.13)$$

în care:

α – este un coeficient de siguranţă (1,05 – 1,10);

$H = 2,0 - 2,5$ m; corelat cu b şi elementele optime din dimensionare structură;

v – viteza medie de curgere în bazin.

- Timpul de predecantare: T_d , în ore:

$$T_d = \frac{V}{Q}, (ore) \quad (3.14)$$

în care:

V – volumul predecantorului, în m^3 ;

Q – debitul instalaţiei, în m^3/h .

Timpul de predecantare trebuie să rezulte $\leq 1^h$.

- Volumul de nămol V_N acumulat în predecantor, între două curăţiri:

$$V_N = \frac{Q \cdot T \cdot (p_i - p_{ad})}{c \cdot \gamma_n}, (m^3) \quad (3.15)$$

în care:

Q – debitul instalaţiei, în m^3/z ;

T – durata între două curăţiri, în zile;

p_i – concentraţia medie în suspensii a apei brute pe durata T , în $kg\ s.u./m^3$;

p_{ad} – concentraţia în suspensii a apei predecantate, în $kg\ S.U./m^3$;

c – concentraţia în substanţă uscată a nămolului ($c = 0.05 \div 0.1$);

γ_n – greutatea specifică a nămolului ($\gamma_n = 1050 \div 1100\ daN/m^3$).

Se impun soluţii pentru a se asigura funcţionarea optimă a predecantoarelor orizontale longitudinal prin realizarea uniformităţii distribuţiei şi colectării apei.

- Adâncimea totală H_t a decantoarelor orizontale longitudinale se determină:

$$H_t = H + h_d + h_s, (m) \quad (3.16)$$

în care:

H – adâncimea utilă a decantorului, în m;

h_d – grosimea medie a stratului de nămol depus pe radier, în m;

h_s – înălțimea de siguranță (0,25 m).

Curațirea predecantoarelor orizontale-longitudinale se poate realiza:

- cu poduri racloare care strâng nămolul în bașe de nămol de unde este evacuat gravitațional sau prin pompare;
- prin golirea fiecărui compartiment și spălarea hidraulică a acestuia.

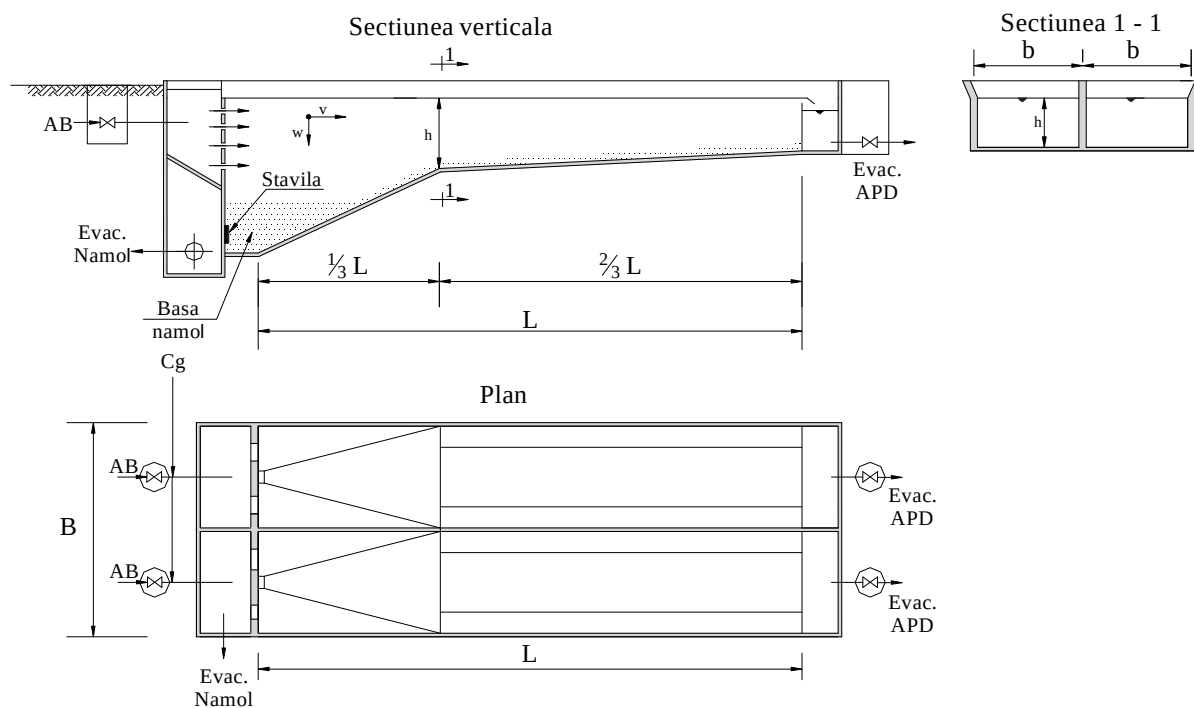


Figura 3.19. Schemă predecantor orizontal-longitudinal: plan și secțiuni.

La proiectarea predecantoarelor orizontale-longitudinale se vor lua în considerație și prevederile STAS 3620-1/1985.

3.5.1.4 Predecantoare orizontal radiale

Dimensionarea predecantoarelor orizontal radiale (figura 3.20) are la bază mărimea hidraulică w a particulelor care trebuie reținute. Se consideră timpul de sedimentare egal cu perioada în care particula amplasată în poziția cea mai dezavantajoasă este reținută.

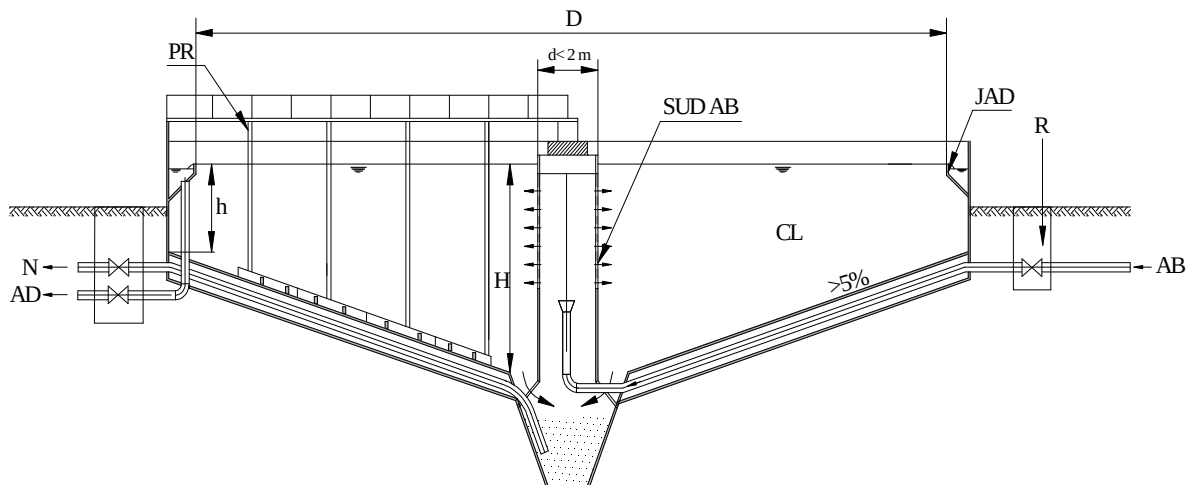


Figura 3.20. Predecantor orizontal radial.

AB – apă brută; AD – apă decantată; R – reactiv; CL – cameră limpezire; CR – cameră de reacție; PR – pod raclor; SUD AB – sistem uniformizare apă brută; JAD – jgheab apă decantată; N – nămol;

- Timpul de sedimentare:

$$t_s = \frac{h}{w} \leq 1^h \quad (3.17)$$

în care:

h = adâncimea apei la ieșire, în m;

w = mărimea hidraulică a particulelor care trebuie reținute în predecantor; se determină prin studii “in situ” cf. § 3.5.1.2.3.

- Volumul util al decantorului:

$$V_u = Q \cdot t_s, \quad (3.18)$$

Diametrul predecantorului se determină în funcție de V_u , h , H , d și respectând condiția ca panta radierului să fie $\geq 5\%$.

Viteza medie a apei și raportul D/H se verifică cu relația (3.19):

$$v_m = \frac{D - d}{2 \cdot t_s} = \frac{Q}{2\pi \cdot r_m \cdot h_m} \leq 0,03 \text{ (m/s)}; \quad \frac{D}{H} > 6 \quad (3.19)$$

în care:

D – diametrul bazinului;

H – adâncimea maximă;

r_m – raza medie a decantorului;

h_m – adâncimea apei în decantor la r_m .

Pe baza experienței practice, se adoptă adâncimea h la ieșirea apei ($2 \div 3$ m).

Diametrul predecantoarelor radiale este cuprins între 15...60 m, în țara noastră existând proiecte tip pentru decantoarele radiale cu: $D = 16, 25, 30, 35, 40$ și 45 m.

Nămolul se colectează cu poduri racloare prevăzute cu lame segmentate pentru ca nămolul să fie transportat succesiv de pe o lamă pe următoarea spre bașa centrală.

Prin proiectare se vor adopta soluții care să evite blocarea podului raclor datorită gheții.

3.5.1.5 Predecantoare verticale

Se recomandă pentru debite $\leq 50 \text{ dm}^3/\text{s}$ și în cazul când condițiile geotehnice permit execuția în adâncime.

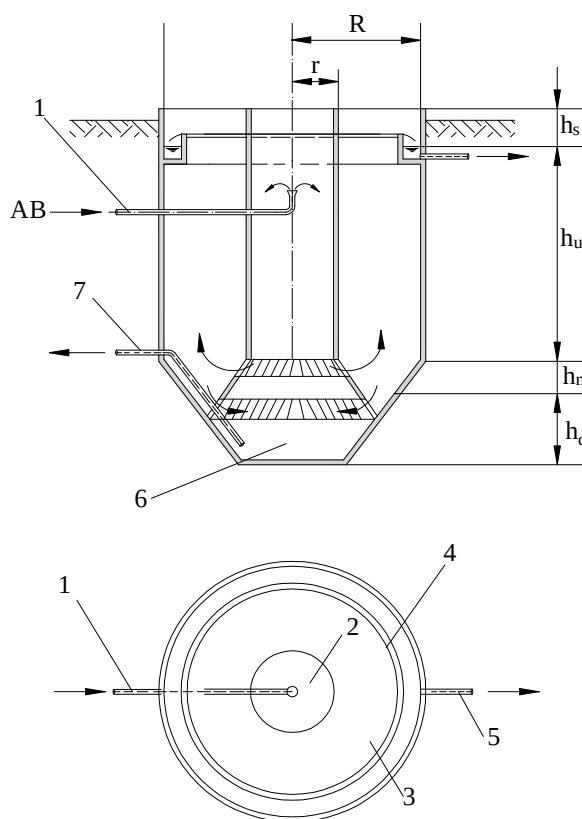


Figura 3.21. Decantor vertical.

1. conductă de admisie apă brută; 2. cameră de distribuție cu dispozitivul de admisie a apei (ecran deflector); 3. deversor triunghiular; 4. rigolă pentru colectarea apei decantate; 5. conductă evacuare apă decantată; 6. pâlnie colectoare nămol; 7. conductă evacuare nămol.

- Aria oglinzii apei se determină:

$$A = \frac{Q}{i_H} = \pi \cdot (R^2 - r^2), (m^2) \quad (3.20)$$

în care:

Q – debitul instalației, în m³/h;

A – aria oglinzii apei, în m²;

i_H – încărcarea hidraulică, în m³/h, m², se va adopta din condiția $i_H \leq w$, determinată cf. § 3.5.1.2.3;

R – raza predecantorului vertical, în m;

r – raza tubului central (0,3 – 0,4 m).

- Înălțimea utilă a pre-decatorului vertical:

$$h_u = T_d \cdot v, (m) \quad (3.21)$$

în care:

T_d – timpul de decantare, în secunde; se va adopta maxim 1^h;

v – viteza medie de curgere ascendentă ($v \leq w$), în mm/s.

Diametrul D al predecantorului vertical se recomandă să fie de maximum 8 m.

În zona de depunere a nămolului, radierul bazinului se realizează tronconic cu panta $\geq 45^\circ$.

Înălțimea zonei de colectare a nămolului se stabilește în funcție de debit, de concentrația inițială în suspensii a apei brute, de eficiența de predecantare și de intervalul de timp între două evacuări.

3.5.2 Pre – oxidare, oxidare, post – oxidare

Procesele de oxidare trebuie adoptate în toate stațiile de tratare în mai multe secțiuni caracteristice ale schemei conform conceptului trepte de oxidare multiple:

- pre-oxidare în capătul amonte al filierei pentru oxidarea substanței organice, plancton, inactivare microorganisme; obiectiv: asigurarea funcționării optime a proceselor de tratare și evitarea contaminării filierei tehnologice;
- post-oxidarea; amplasat după procesele de tratare convenționale (decantare și filtrare rapidă pe strat de nisip), urmărește oxidarea totală a micro poluanților, reducerea materiilor organice naturale și inactivarea totală în ape limpezi a compușilor biologici și bacteriologici; necesitatea post – oxidării se va stabili pe baza concluziilor studiilor de tratabilitate;
- oxidare (neutralizare) pentru asigurarea dezinfecției apei.

3.5.2.1 Pre – oxidarea

Se utilizează următorii agenți oxidanți: clor, ozon, dioxid de clor; alegerea oxidantului se va efectua prin analize tehnico – economice luând în considerație și efectele privind formarea unor subprodusi ca urmare a procesului.

Determinarea dozelor se va efectua în conformitate cu § 3.2.1.4 din studiile de tratabilitate.

Pentru toți oxidanții: Cl_2 , ClO_2 și O_3 elementele tehnologice ale reactoarelor de contact vor respecta următoarele:

- se prevăd ≥ 2 bazine de reacție cu dotarea necesară pentru ca fiecare să funcționeze independent;
- se vor alege soluții care să elimine scurt-circuitarea hidraulică a reactoarelor; raportul între timpul real de contact și timpul teoretic va fi $\geq 0,9$;
- procesul de pre-oxidare poate fi by – passat în funcție de necesitatea pre-oxidării apei sursei;

Se vor adopta măsuri de protecție anticorozivă a construcțiilor, utilajelor și protecția personalului de operare împotriva efectelor gazului rezidual.

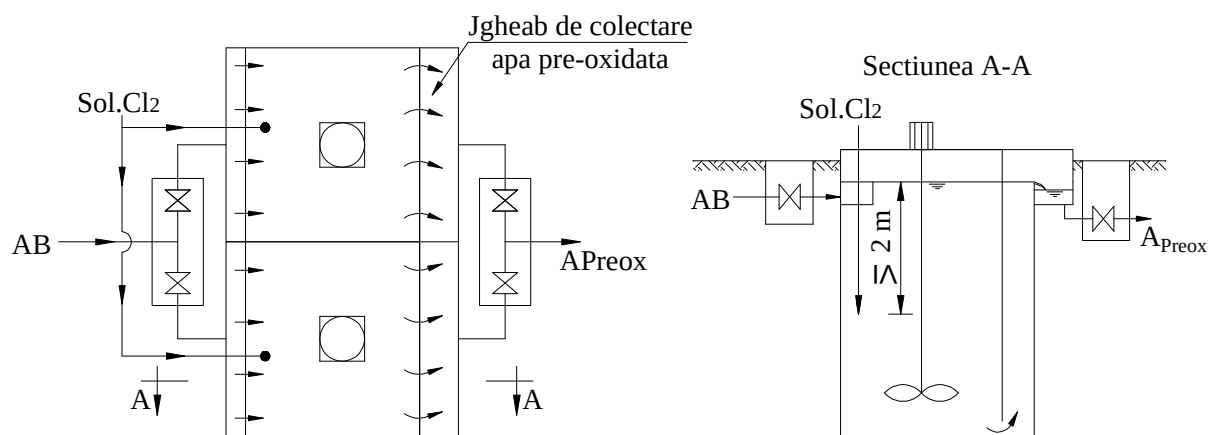


Figura 3.22. Bazin de reacție cu Cl_2 (ape limpezi: subterane, lac).

3.5.2.1.1 Ozonul (O_3)

Dozele uzuale de ozon sunt în gama $1 - 3 \text{ mg O}_3/\text{dm}^3$ iar timpul de contact uzual este $T_C = 8 \dots 10$ minute. Se va adopta soluția cu două reactoare în serie, ca în figura 3.23. Adâncimea apei în reactoare $\geq 5 \text{ m}$.

Conceptual reactoarele de ozon vor funcționa pe baza interceptării curentului de apă descendent de către voalul de bule fine de ozon în mișcare ascendentă.

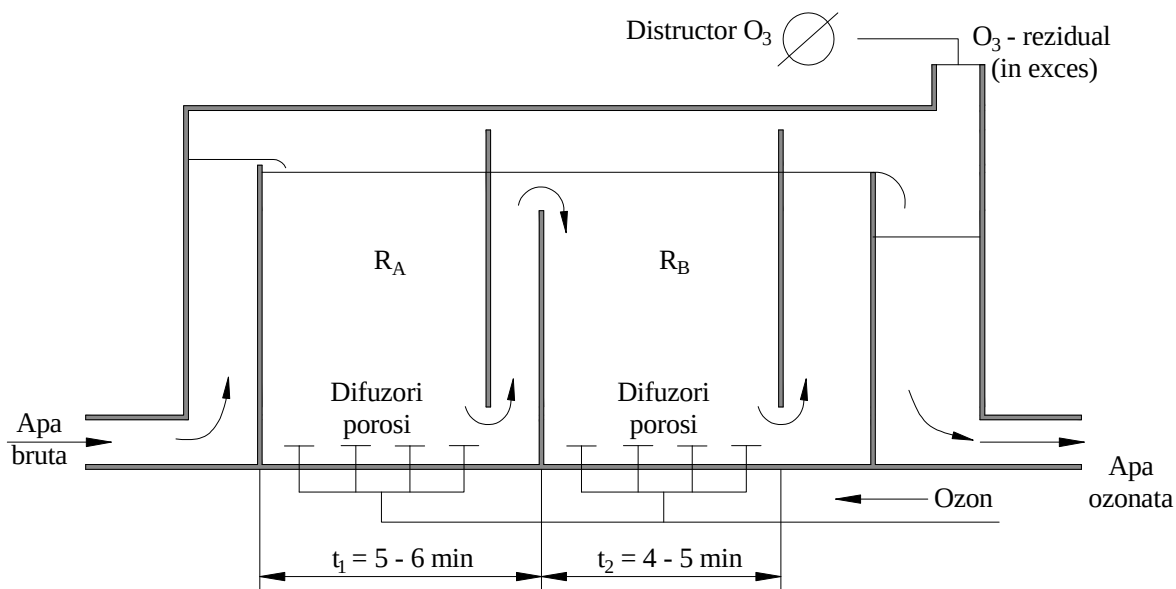
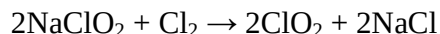


Figura 3.23. Bazine de contact cu ozon.

3.5.2.1.2 Dioxidul de clor (ClO_2)

Se obține din clorită de sodiu și clor conform reacției:



Stoechiometric, 1 g dioxid de clor se obține din 1,34 g clorită de sodiu și 0,5 g de clor.

Este instabil și exploziv la temperaturi $T > (-40^\circ\text{C})$. Se produce imediat înainte de injecția în apă. La 20°C și presiune parțială de 5,3 kPa, solubilitatea este 4 g/dm^3 .

Avantajele utilizării ClO_2 sunt:

- nu formează sub-produși de tip trihalometani (THM);
- are putere oxidantă mai bună, oxidează fenoli și este foarte eficientă la pH peste 8,5.

Dozele utilizate: 0,1 – 0,5 mg/l, timpul de contact fiind $T_C = 10\text{ min}$. Se menționează că pentru doze mai mari de 0,5 mg/l există riscul formării de sub-produși de tip cloriți.

Reactoarele de pre-oxidare (figura 3.24) amestecul cu agitatoare mecanice (rezistente la coroziune) care asigură amestecul mecanic cu randamente ridicate între apa de tratat și soluția de ClO_2 . Gradientii necesari de asigurați $G \geq 500\text{ s}^{-1}$.

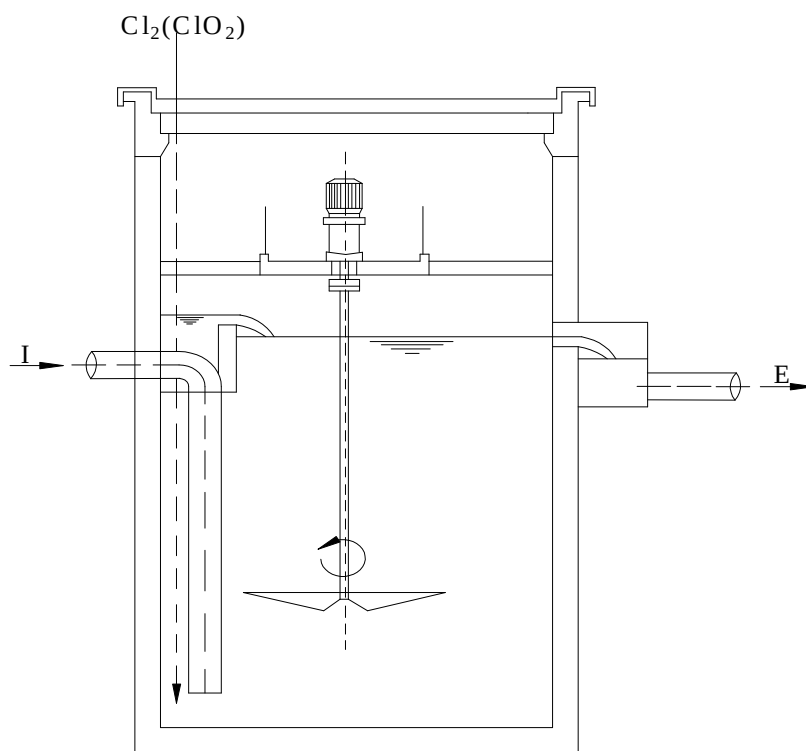


Figura 3.24. Bazin de contact pre – oxidare.

I – intrare apă brută; E – evacuare apă oxidată; Cl_2 – clor; ClO_2 – dioxid de clor.

3.5.2.2 Post –oxidarea

În filierele de tratare se va introduce conceptul de post – oxidare cu ozon pe apa limpezită după filtrele rapide de nisip pentru că eficiența transferului crește, se reduc dozele de ozon și oxidarea micro – poluanților devine eficientă.

Încadrarea procesului de post – oxidare în schema stației de tratare se realizează totdeauna ca în figura 3.25.

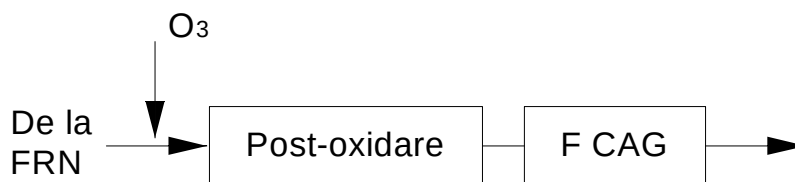


Figura 3.25. Încadrarea procesului de post-oxidare.

Dozele de O_3 în post – oxidare nu depășesc 2 mg/l. Alcătuirea reactoarelor de ozon sunt identice cu cele utilizate în pre – oxidare.

3.5.3 Coagulare – floculare

Obiectivul procesului: destabilizarea particulelor coloidale din apă, agregarea și flocularea acestora cu reactivi chimici pentru a fi reținute.

Aplicare: toate categoriile de apă care conțin particule coloidale sau dizolvate (precipitabile) necesar a fi reținute.

Procesele cuprind:

- Faza I – Reacție rapidă. Introducerea soluției de coagulant, amestecul total cu apă la gradientul hidraulic $G = 500 - 700 \text{ s}^{-1}$; timpul de contact pentru reacția rapidă este determinat $T_{RR} = 1 - 3 \text{ min}$. Pentru îmbunătățirea probabilității de ciocnire a particulelor se adaugă și nămol de recirculare (la concentrații $50 - 70 \text{ g/dm}^3$) în proporție $5 - 7 \%$ din debitul de apă brută.
- Faza a - II^a – (Floculare). Se adaugă un adjuvant de coagulare (polimer), se asigură gradienti hidraulici $G = 30 - 100 \text{ s}^{-1}$ și timpi de floculare $t_F = 10 - 15 \text{ min}$. funcție de tratabilitatea apei.

Configurația generală a compartimentelor de coagulare – floculare se indică în figura 3.26.

C_{RR} – camera de amestec și reacție rapidă:

- $V_{RR} = Q_{AB} \cdot t_{RR}, (m^3)$ (3.22)

- $t_{RR} = 1 - 3$ minute.

în care:

Q_{AB} – debit, în m^3/min ;

t_{RR} – timpul de reacție, în min.

Se prevăd două compartimente, fiecare cu minimum 2 electro-agitatoare având puterea:

$$P = G^2 \cdot V \cdot \frac{1}{k^2}, (W) \quad (3.23)$$

unde:

G – gradient hidraulic $\geq 500 s^{-1}$;

V – volum camera de amestec și reacție rapidă, în m^3 ;

k – coeficient adimensional ce depinde de temperatura apei;

$k = 23,6$ la $0^\circ C$ și $k = 38,9$ la $40^\circ C$.

F – camera de floclare:

- $V_F = Q_{AB} \cdot t_F, (m^3)$ (3.24)

- $t_F = 10 - 15$ minunte; se va stabili prin studiul de tratabilitate.

Următoarele elemente tehnice se impun să fie respectate:

- Criteriul produsului: concentrație, gradient, timp.

$$G \cdot C \cdot T = \text{optim} \quad (3.25)$$

în care:

G – gradient de floclare ($50 - 100 s^{-1}$);

C – concentrația în suspensii în camera de floclare; variabilă de la $1000 - 5000$ g s.u./ m^3 ;

reprezintă o caracteristică care se va determina “in situ” luând în considerație variațiile calitative ale apei sursei;

T – timpul de floclare determinat de $t^\circ C$ și efectele polimerului;

- Se impune adoptarea electro-agitatoarelor cu turație variabilă pentru a se prelua variațiilor calitative ale apei brute.

- Secțiunea de injecție polimer (dacă este necesar) se vor prevedea minimum 3 opțiuni care să poată fi utilizate în operare:

– introducere polimer în camera de amestec și reacție rapidă;

- introducere polimer la ieșirea din camera de amestec și reacție rapidă;
- introducere polimer în apa brută în amonte de injecție coagulant ($\cong 30$ s).

Proiectantul va trebui să prevadă elementele care permit schimbarea secțiunii de introducere polimer pe baza celei mai bune eficiențe. Eficiența se va evalua prin determinarea coeficientului de coeziune a nămolului cf. § 3.5.3.1.

Configurația C_{RR} și F se va realiza cu mai multe electro – agitatoare pentru a permite adaptarea la variațiile calitative ale apei brute și revizia periodică a unui agitator în operare.

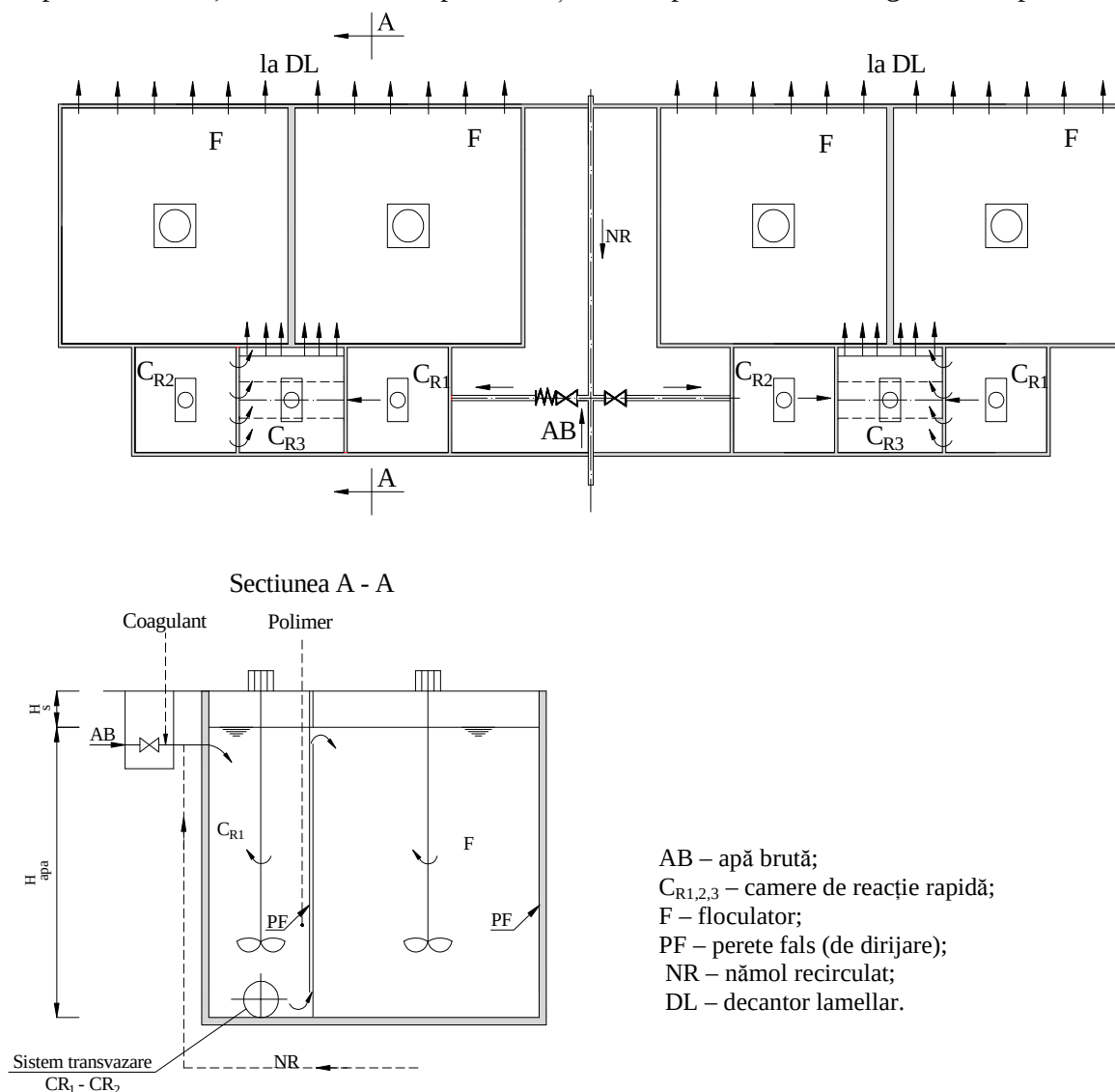


Figura 3.26. Plan și secțiune cameră de reacție rapidă (C_{RR}) și cameră de floclurare (F).

3.5.3.1 Coeficientul de coeziune al nămolului

1. *Determinarea coeficientului de coeziune (K).* Coeficientul de coeziune caracterizează coeziunea nămolului și furnizează informații valoroase în cazul decantoarelor suspensionale.

Un strat de nămol ocupă un volum aproximativ proporțional cu viteza unui curent ascendent de apă care-l străbate.

Experimentarea propriu-zisă constă în trecerea unui curent ascendent de apă decantată (supernatantul – în cazul jar-testului) printr-un tub transparent și gradat la baza căruia s-a introdus un volum de nămol (figura 3.27).

- se umple mai întâi tubul 1 cu apă decantată folosind vasul de nivel constant 2;
- se introduce la partea inferioară 50 – 100 ml nămol cu ajutorul pâlniei 3 care trebuie să nu treacă prin sita de la baza tubului; se notează volumul de nămol pe gradația tubului;
- cu ajutorul robinetului pentru reglarea debitului 4 se stabilește debitul minim care permite înfoierea nămolului (se măsoară volumul de apă care curge prin preaplinul 5 într-un timp, t . Se fac cel puțin patru determinări cu debite crescătoare; se recomandă ca la reglarea debitelor să se evite șocurile care duc la expandarea nămolului necorelată cu debitul trecut prin tub.
- pentru fiecare din debite se citește volumul de nămol expandat din tub.

2. *Prelucrarea datelor*

- debitele se vor transforma în viteze prin împărțirea lor la secțiunea tubului;
- se construiește un grafic, trecându-se pe abscisă valorile pentru volumul de nămol expandat și pe ordonată viteza ascensională a apei prin tub în m/h;
- se unesc punctele obținute cu o dreaptă, valoarea reprezentând segmentul dintre origine și intersecția dreptei obținute cu axa y va fi coeficientul de coeziune a nămolului (figura 3.28).

Reprezentând grafic viteza ascensională a apei în tub (m/h) în funcție de volumul de nămol expandat (figura 3.28) se obține coeficientul de coeziune K .

$$K = \frac{v}{\left(\frac{V}{V_o} - 1\right)} \text{ (m/h)} \quad (3.26)$$

unde:

v – viteza ascensională a apei în tub, în m/h;

V_o – volumul inițial de nămol;

V – volumul de nămol expandat.

Pentru nămoluri coezive coeficientul K are valori cuprinse în intervalul 0,8 – 1,2 în timp ce pentru nămoluri care rețin cantități mari de apă K are valori de cel mult 0,3.

Gradul de coeziune a nămolului influențează semnificativ atât procesul de decantare cât și procesul de filtrare (creșterea coeficientului de coeziune conduce la creșterea ciclului de filtrare).

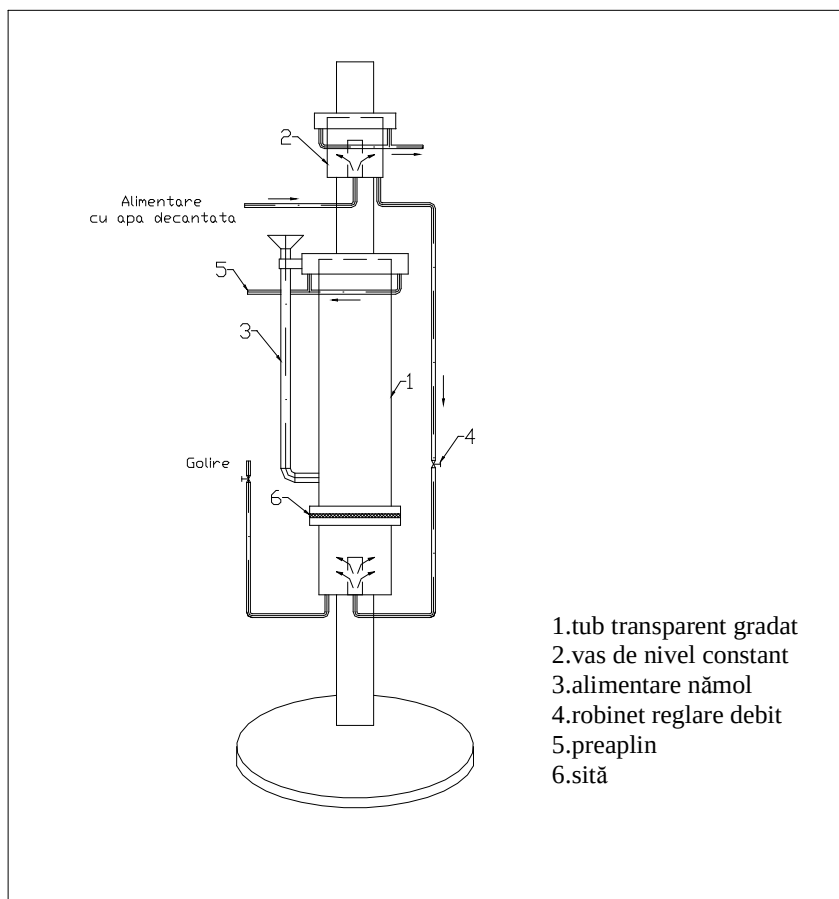


Figura 3.27. Instalație pentru determinarea coeficientului de coeziune al nămolului.

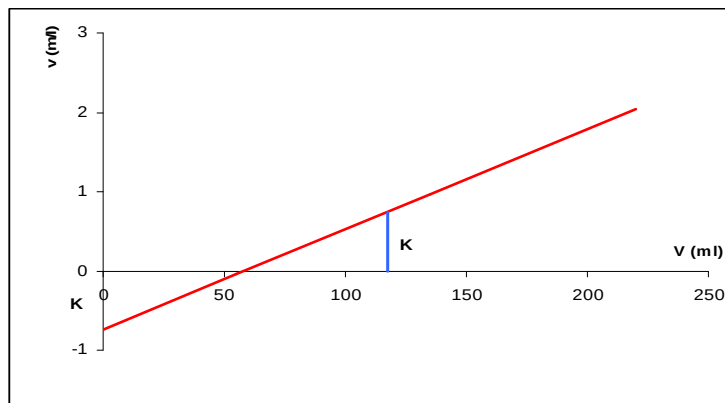


Figura 3.28. Variația volumului de nămol în funcție de viteza ascensională.

3.5.4 Limpezirea apei prin decantare

Obiective proces:

- asigurarea unei turbidități a apei decantate $Tu \leq 4^\circ \text{NTU}$;
- concentrarea nămolului reținut în sisteme încorporate procesului de decantare sau independente la un conținut în suspensii de $\geq 40 \text{ g s.u./m}^3$;
- asigurarea unor pierderi tehnologice sub 3 % din influentul decantoarelor;
- utilizarea eficientă a sărurilor de Al sau Fe pentru coagulare astfel încât să se realizeze costuri minime și să se evite depășirea CMA la Al^{3+} , Fe^{2+} în apa decantată

3.5.4.1 Proiectarea tehnologică a decantoarelor lamelare

Configurația tehnologiei decantoarelor lamelare se prezintă în figura 3.29.

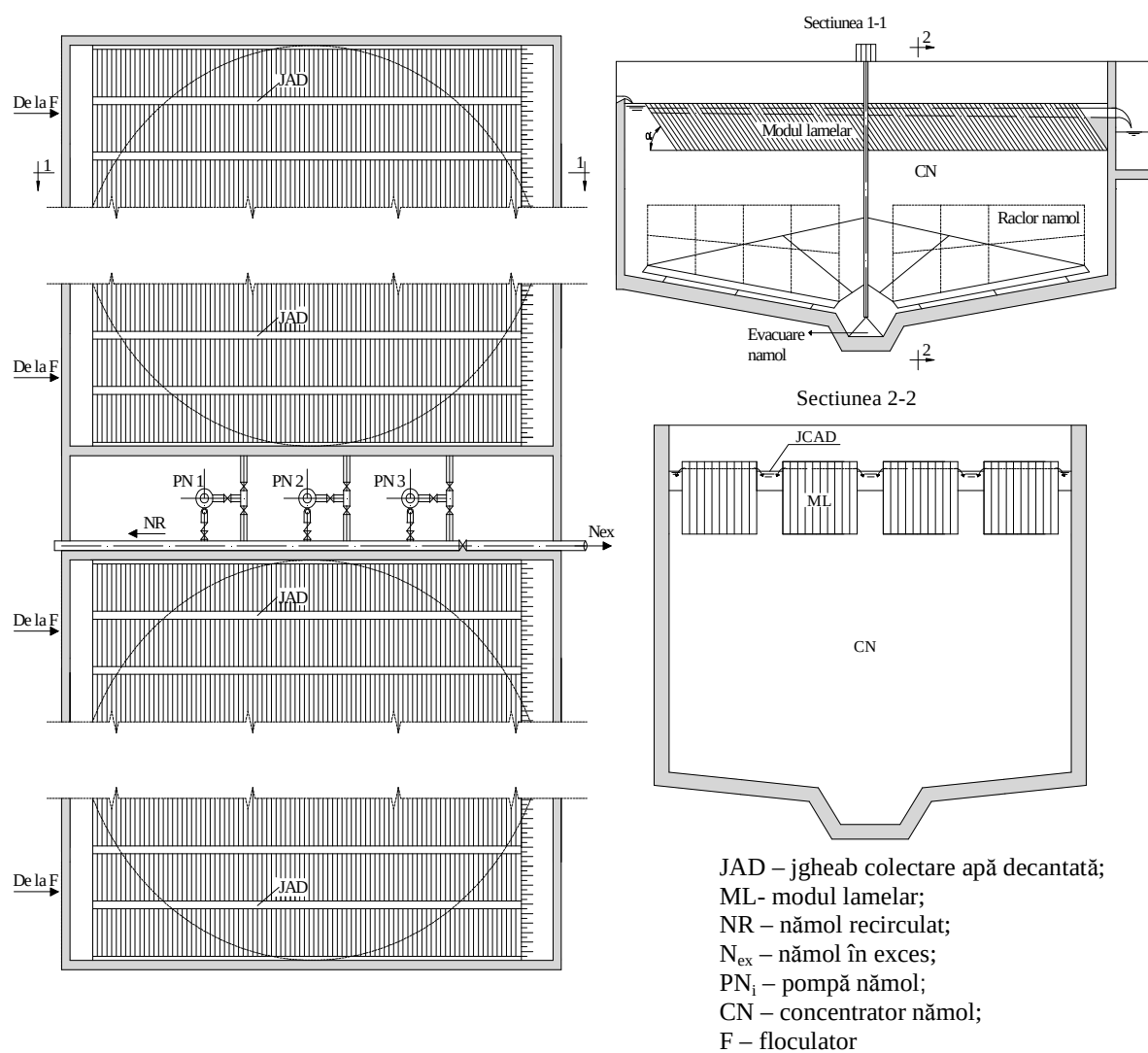


Figura 3.29. Plan și secțiune prin decantorul lamelar.

Elementele tehnologice impuse:

- necesitatea unui proces de coagulare-floculare în amonte care să asigure destabilizarea și aglomerarea particulelor coloidale (§ 3.5.3);
- prevederea unui modul lamelar de tip în curent ascendent care să asigure:
 - separarea apei de particulele floculate de nămol;
 - laminarizarea mișcării pentru eliminarea influenței pereților;
- sistem de colectare, concentrare a nămolului reținut; sistemul eficace este un concentrator de nămol amplasat sub modulul lamelar;
- sistem de colectare uniformă a apei decantate; acest sistem va îndeplini și rolul de regulator aval pentru uniformitatea distribuției debitului în modulul lamelar.

3.5.4.1.1 Dimensionarea decantoarelor lamelare

- *Suprafața oglinzii apei*

$$A_{nec} = \frac{Q}{i_h}, (m^2) \quad (3.27)$$

în care:

Q – debitul influent, m^3/h ;

i_h – încărcarea hidraulică; se adoptă $8 - 15 m^3/h, m^2$; adoptarea unei valori din domeniu se va efectua pe baza studiului de tratabilitate, eficiența procesului de coagulare – floculare (coeficientul de coeziune a nămolului).

- *Modulul lamelar*

Se poate realiza în două opțiuni:

- casete rectangulare din plăci PE/PVC sudate (figura 3.30);
- din plăci PE, PVC, PP cu profil semi – hexagonal (figura 3.31).

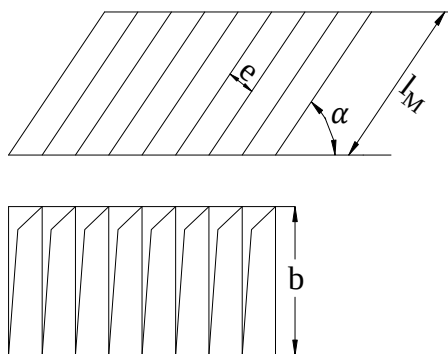


Figura 3.30. Modul lamelar – casete rectangulare din plăci PE/PVC sudate.

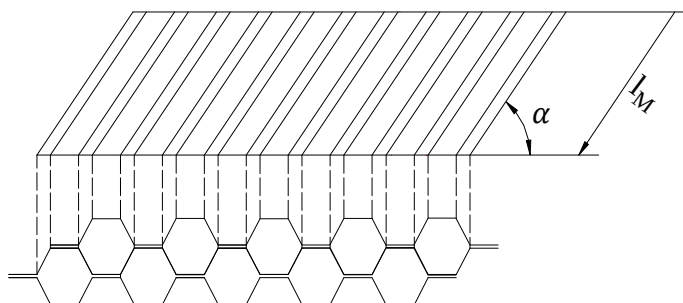


Figura 3.31. Modul lamelar din plăci PE, PVC, PP cu profil semi – hexagonal.

Condițiile de dimensionare impuse modului lamelar:

- raza hidraulică: raportul între suprafața vie și perimetrul ud al unei lamele determinată după direcția normală la direcția de curgere; $r_H \leq 30 \text{ mm}$;
- valoarea numărului Reynolds al mișcării definit:

$$R_e = \frac{v \cdot r_H}{\nu} \leq 70 \quad (3.28)$$

- viteza medie de curgere în lamelă nu va depăși 3 mm/s ($10,8 \text{ m/h}$);
- mărimea de separare suspensională:

$$u = v \cdot \frac{e}{l_M \cdot \cos \alpha} \leq 0,1 \text{ mm/s} \quad (3.29)$$

- lungimea modului lamelar, l_M , va rezulta din limitările numărului Reynolds și mărimii de separare suspensională;

Verificarea încărcării hidraulice pe proiecția orizontală a modului lamelar:

$$i_{H1} = \frac{Q}{n_{lam} \cdot l_M \cdot \cos \alpha \cdot b} \leq 1 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2 \quad (3.30)$$

unde:

n_{lam} – număr lamele;

l_M – lungimea lamelei, în m;

b – lățimea lamelei, în m;

e – înălțimea lamelei după direcția normală la direcția de curgere, în m;

α – unghiul de înclinare față de orizontală.

• *Unghiul de înclinare al modului lamelar*

Se va adopta unghiul de înclinare al modului față de orizontală $\alpha = 52^\circ$; acesta reprezintă unghiul de echilibru între curgerea continuă a nămolului (60°) și curgerea intermitentă sub formă de acumulări (45°).

• *Sistemul de colectare apă decantată*

- Colectarea apei decantate se va realiza cu jgheaburi dotate cu deversori triunghiulari cu funcționare neînecată;
- Distanța dintre axul jgheaburilor de colectare nu va depăși $1,0 \text{ m}$;
- Amplasarea jgheaburilor se prevede:

- deasupra modului lamelar; radiatorul jgheaburilor se va amplasa la minimum 0,2 m față de cota superioară a modului; această soluție se va adopta pentru încărcări hidraulice $i_H = 8 - 10 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$;
- prin calcul și sistemul de operare adoptat se va asigura evitarea înecării jgheaburilor de colectare;
- jgheaburile se vor executa din tablă de oțel inoxidabil și prin sistemul constructiv adoptat se va asigura posibilitatea reglării astfel încât erorile raportate la debitul specific ($\text{dm}^3/\text{s.m.l. deversor}$) să nu depășească $\pm 1\%$.
- amplasarea jgheaburilor se va realiza între module pentru încărcări hidraulice $i_H = 14 - 15 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$ conform cu figura 3.32.

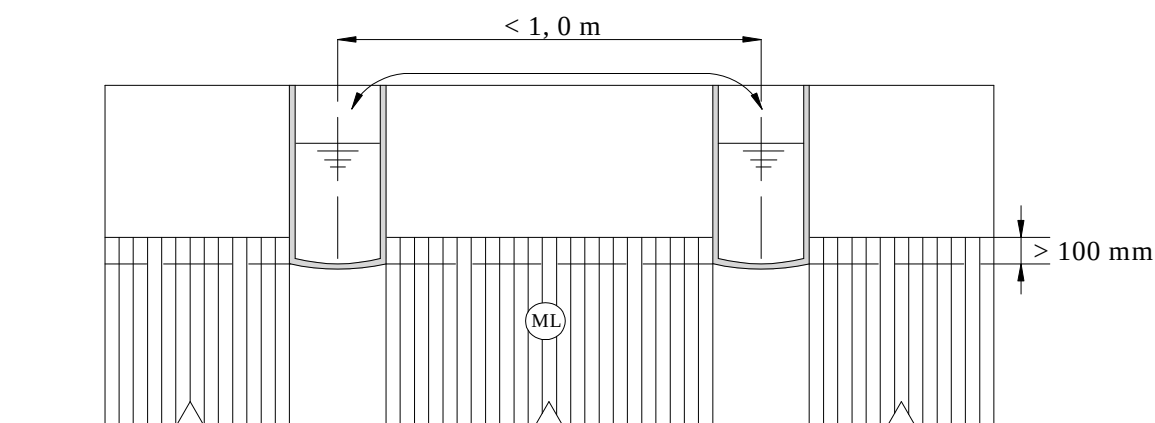


Figura 3.32. Amplasarea jgheaburilor de colectare apă decantată pentru $i_H = 14 - 15 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$.

- Sistemul: concentrator de nămol

Soluția recomandată constă în realizarea unui concentrator de nămol la partea inferioară a modului lamelar al cărui volum se determină pe baza cantității de substanță uscată calculată:

$$K_{s.u.} = Q_{AB} \cdot (C_{AB} - C_{AD}), (kg \text{ s.u.}/zi) \quad (3.31)$$

unde:

Q_{AB} – debitul de apă brută al unității de decantare, m^3/zi ;

C_{AB} – concentrația în suspensii apă brută, $\text{kg s.u.}/\text{m}^3$;

C_{AD} - concentrația în suspensii apă decantată, $\text{kg s.u.}/\text{m}^3$.

Volumul de nămol având o concentrație $c_{s.u.}$ se determină:

$$V_N = K_{s.u.} \cdot \frac{1}{c_{s.u.} \cdot \gamma_{NC}}, (m^3/zi) \quad (3.32)$$

unde:

$C_{s.u.}$ – concentrația în substanță uscată a nămolului ($0,03 - 0,05 \text{ kg/m}^3$);

γ_{NC} – greutatea specifică a nămolului concentrat ($1050 - 1100 \text{ daN/m}^3$).

Stabilirea suprafeței și volumului concentratoarelor de nămol se va efectua luând în considerație:

- încărcări masice de $40 - 60 \text{ kg s.u./m}^2, \text{zi}$;
- concentrația optimă a nămolului evacuat din concentrator $\cong 50.000 \text{ gr s.u./m}^3$.

Evacuarea nămolului se va asigura intermitent în perioade scurte ($5 - 10$ minute, orar sau la 2^h) și va fi declanșat prin măsurarea on – line a concentrației nămolului; programul de evacuare se va stabili „in situ” pe baza variației conținutului în suspensii al apei brute.

Omogenizarea, amestecul și colectarea nămolului se va realiza cu raclor imersat (cf. figura 3.27); sistemul mecanic va fi dimensionat la concentrația maximă a nămolului ($80 - 100 \text{ kg s.u./m}^3$) cu $1 - 2$ rotații/oră. Nămolul în exces din concentrator se va evacua cu electro-pompe de nămol corespunzător concentrațiilor maxime.

- Nămolul de recirculare

Debitul de nămol de recirculare:

$$Q_{NR} = [0,07 - 0,1] \cdot Q_{AB} \quad (3.33)$$

Nămolul de recirculare se va introduce în conducta de apă brută în amonte de camera de amestec și reacție rapidă.

Pentru ape limpezi (turbidități $\cong 10^\circ\text{NTU}$) și reci ($t^\circ\text{C} \leq 10^\circ\text{C}$) pentru care camera de amestec și reacție rapidă este prevăzută în trepte ($2 - 3$ agitatoare înseriate) este recomandabil să se prevadă opțiunea introducerii nămolului de recirculare în a doua cameră de amestec – reacție.

3.5.4.1.2 Prevederi constructive pentru construcțiile de coagulare – floclulare și decantare

Construcțiile pentru procesele de coagulare – floclulare și limpezire prin decantare vor fi acoperite și se vor crea condiții de operare normale:

- pasarele de acces la utilaje prevăzute cu balustrade;
- temperaturi $\geq 10^\circ\text{C}$ permanent;
- posibilități de revizie periodică a utilajelor prin acces direct sau demontarea acestora.

1.5.4.2 Alte tipuri de tehnologii de limpezire a apei prin decantare

Proiectantul poate alege și alte tehnologii de limpezire a apei prin decantare, cele mai multe bazate pe tehnologii de firmă. Alegerea unei tehnologii va avea la bază:

- elementele rezultate din studiile de tratabilitate;
- costurile de investiție și operare;
- siguranța procesului în obținerea performanței privind calitatea apei independent de condițiile și variațiile de calitate ale apei sursei;
- perspectiva modernizării în timp a tehnologiei ca urmare a schimbărilor de calitate a apei sursei.

În cele ce urmează se vor prezenta principiile generale ale unor tehnologii de firmă și condițiile în care acestea pot fi luate în considerație pentru aplicare.

3.5.4.2.1 Decantare cu pulsație

Tehnologie dezvoltată de firma Degremont Franța.

Concepția acestui tip de tehnologie este:

- introducerea intermitentă a apei brute în bazin (denumită pulsație) astfel încât să creeze gradientul hidraulic pentru coagularea – floclarea suspensiei; se utilizează un gradient hidraulic echivalent la $12 - 15 \text{ W/dm}^3/\text{s}$;
- eliminarea sistemelor de colectare nămol prin prevederea unui sistem hidraulic de jeturi înecate care realizează autospălarea radierului bazinului;
- dotarea cu sisteme de variație a gradientului hidraulic în faza de floclare (superpulsator) și/sau module lamelare (pulsatube/ultrapulsator).

În figura 3.33 se indică schema generală și elementele componente.

Aplicarea acestei tehnologii conform cu datele firmei:

- turbidități $\leq 1500^\circ \text{ NTU}$, lipsite total de suspensii gravimetrice;
- ape brute ușor tratabile; coeficientul de coeziune nămol $> 1,2 \text{ m/h}$.

Avantaje: realizează toate procesele: coagulare – floclare, limpezire, concentrare nămol într-o singură unitate; nu utilizează recirculare nămol.

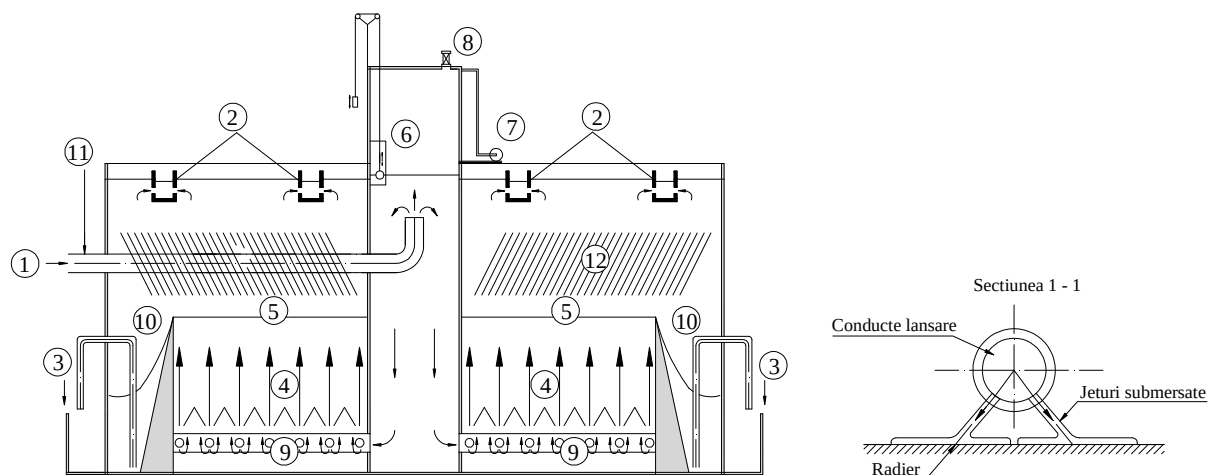


Figura 3.33. Decantor cu pulsație.

1. introducere apă brută; 2. jgheaburi de colectare apă decantată; 3. evacuare nămol; 4. flocluator; 5. strat suspensional; 6. bazin de acumulare – lansare; 7. pompă vid; 8. electro – valvă de lansare de contact cu presiunea atmosferică; 9. sistem de conducte de lansare și autocurățire nămol; 10. concentrator de nămol; 11. injecție reactivi; 12. modul lamelar.

3.5.4.2.2 Decantare cu recirculare nămol

Concepția acestui tip de tehnologie are la bază aceleași elemente fundamentale prezentate în § 3.5.4.1.1.

Aplicare: ape brute de râu/lac; turbidități $\leq 1500^\circ$ NTU; tratabilitate normală.

Avantaje: admite și particule gravimetrice ($d_g < 0,2$ mm) și asigură prin recircularea în camera de reacție rapidă creșterea concentrației suspensiei flocluate la $4000 - 5000$ g s.u./m³.

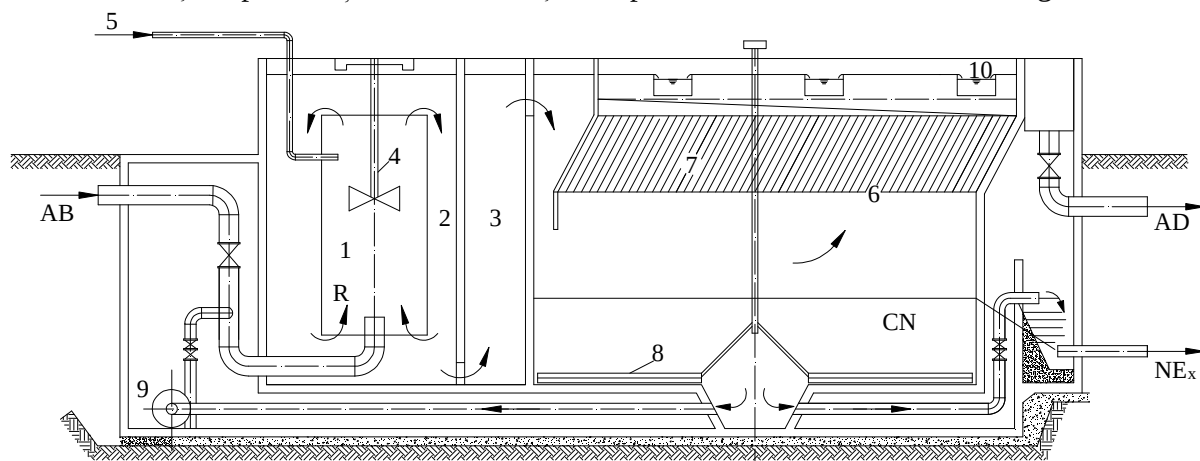


Figura 3.34. Decantor cu camere de reacție rapidă și lentă și modul lamelar în curent ascendent.

AB – apă brută; AD – apă decantată; R – cameră de reacție; CN – concentrator de nămol; NE_x – nămol în exces; 1. tub central cameră de reacție; 2. cameră de reacție rapidă; 3. cameră de reacție lentă; 4. amestecător cu elice; 5. injecție reactivi; 6. zonă de decantare; 7. modul lamelar; 8. pod raclor; 9. pompă recirculare nămol; 10. colectare AD.

3.5.4.2.3 Decantoare cu floclare balastată și recirculare nămol

Tehnologia a fost dezvoltată de Consorțiul Veolia Water prin cercetări și perfecționări continue timp de 30 ani. Actualmente este cea mai performantă tehnologie pe plan mondial.

Concepția:

- introduce micronisip ($d_g = 30 - 60 \mu m$) în apa brută și realizează fixarea particulelor flocluate pe suportul solid dat de micro-nisip; cantitățile de micro-nisip $2,0 - 2,5 \text{ kg/m}^3 \text{ apă}$;
- separă în hidrocicloane micro-nisipul de nămol și îl reintroduce în circuitul de coagulare – floclare; pierderile de micro-nisip sunt estimate la $2 - 3\%$;
- elementele de coagulare – floclare și decantare lamelară corespund § 3.5.3.

Avantaje:

- aplicabil la ape cu trataibilitate redusă, limpezi ($\cong 10^\circ \text{ NTU}$) și reci;
- performanțe: admite încărcări $30 - 50 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$ la suprafața oglinzii apei în decantorul lamelar și asigură turbidități la apa decantată $\leq 1^\circ \text{ NTU}$.

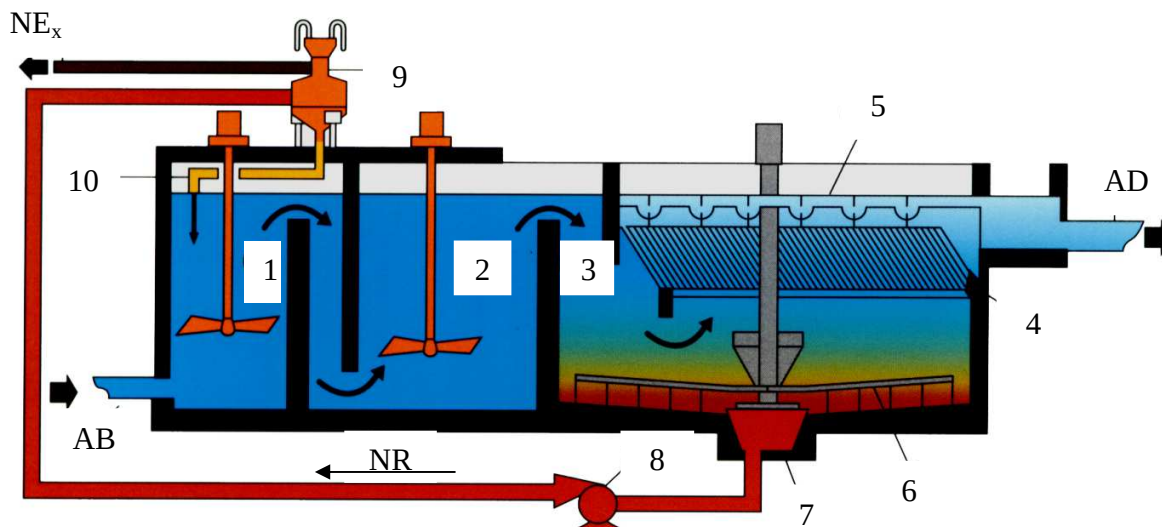


Figura 3.35. Decantor cu floclare balastată.

AB – apă brută; AD – apă decantată; NE_x – nămol în exces; NR – nămol recirculat;

1. cameră de reacție rapidă; 2. cameră de reacție lentă; 3. admisie decantor; 4. modul lamelar în curent ascendent; 5. sistem de colectare apă decantată; 6. pod raclor; 7. bașă nămol; 8. pompă recirculare amestec nămol/micronisip; 9. hidroclon pentru separare micronisip; 10. recuperare și injecție micronisip.

3.5.5 Limpezirea apei prin procedeul de flotație

Aplicare: procedeul se aplică pentru ape brute relativ limpezi (turbidități < 20° NTU) caracterizate prin natura particulelor coloidale și dizolvate de tip MON (materii organice naturale).

În procesele de coagulare-floculare la aceste categorii de ape se produc conglomerate (flocoane) ușoare pentru care un proces invers sedimentării devine mai avantajos.

Sistemul de flotație cu aer dizolvat (FAD) cuprinde elementele prezentate în figura 3.36.

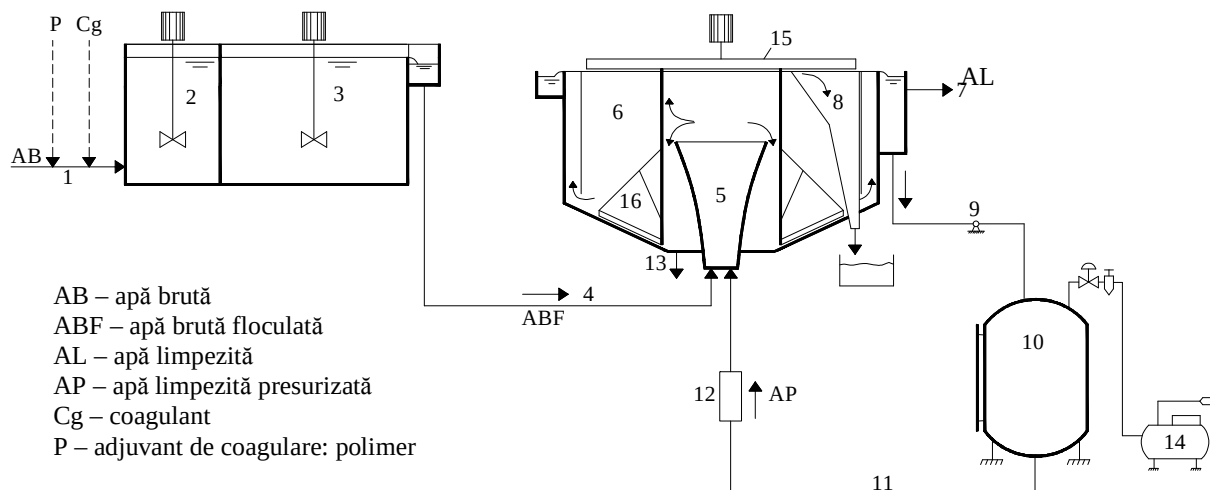


Figura 3.36. Schema generală proces flotație.

1. apă brută (de sursă); 2. amestec, reacție rapidă; 3. floculator; 4. apă brută floculată; 5. camera de amestec apă presurizată, apă floculată; 6. camera de limpezire; 7. apă limpezită; 8. sistem evacuare suspensii flotante; 9. apă limpezită recirculată; 10. recipient presurizare apă; 11. apă în amestec cu aer; 12. sistem reducere presiune; 13. evacuare nămol; 14. compresor; 15. sistem colectare suspensii flotante; 16. racor imersat: colectare nămol.

Procesul de flotație cu aer dizolvat se va aplica pe baza studiilor hidrochimice și de tratabilitate efectuate „in situ” pe instalații pilot pentru sursa de apă luată în considerație.

Elementele de dimensionare care se vor lua în considerație sunt:

- încărcarea hidraulică a bazinului de flotație $i_H = 2 - 10 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ m}^2$;
- suprafața orizontală a bazinului:

$$A = \frac{Q_{AB}}{i_H} \text{ (m}^2\text{)} \quad (3.34)$$

Q_{AB} – debitul de apă brută (m^3/h)

i_H – încărcare hidraulică ($\text{m}^3/\text{h}, \text{ m}^2$)

- debitul de apă limpezită recirculată

$$Q_{recir.} = (0,15-0,6) \cdot Q_{AB} \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (3.35)$$

Variația încărcărilor și debitelor între limitele domeniului se va stabili prin studii și depinde de calitatea apei sursei.

Cantitatea minimă de aer pentru o eficiență favorabilă: 5000 mg/l echivalent la 5 m³ de aer/m³ apă tratată; mărimea bulelor de aer se va încadra în domeniul 40 - 70 μm.

Recipienții de presurizare se dimensionează pentru:

- timp contact: 10 - 60 sec;
- presiune: 4 - 6 bar.

În toate aplicațiile în care se propune ca soluție FAD (flotație cu aer dizolvat) proiectantul va lua în considerație și analiza unei opțiuni (variante) de limpezire a apei prin decantarea lamelară (DL).

Elementele obligatorii care se vor analiza în cele 2 variante: FAD și DL sunt:

- analiza costurilor energetice ale proceselor de coagulare-floculare pentru cele două tehnologii: fără recircularea nămolului în procesul FAD și cu recircularea nămolului în DL;
- comparația costurilor energetice pentru bazinul de flotație incluzând toate componentele: evacuare spumă, evacuare și concentrare nămol, recipient de presurizare, producția de aer comprimat, comparativ cu decantorul lamelar având: concentrator nămol, raclor amestec și colectare nămol și pompele de recirculare nămol;
- stabilitatea și siguranța fiecărui proces prin determinarea coeficientului de asigurare în timp a turbidității limită a apei limpezite; acest coeficient se determină:

$$K_T = \frac{T - t}{T} \cdot 100 \quad (3.36)$$

unde:

T – perioada (30 zile, 365 zile) în care se efectuează analizele de apă decantată;

t – perioada în care $T_u^{AD} \leq T_u^{AD} \text{ lim} = 4^\circ \text{ NTU}$;

Construcția sistemelor FAD se va realiza sub forma bazinelor circulare sau rectangulare.

Pentru debite $Q_{AB} \leq 50 \text{ dm}^3/\text{s}$ radierul bazinelor se va construi cu o pantă $\geq 45^\circ$ pentru colectarea și curgerea nămolului spre secțiunea de evacuare; la debite mai mari bazinele se vor prevedea cu raclor imersat pentru colectarea nămolului depus pe radier.

Camera de amestec între apa presurizată și apa brută flocluată va fi dimensionată pentru realizarea amestecului printr-un amestecător static, cameră de amestec cilindrică și transformator de energie cinetică în energie potențială de presiune de tip difuzor dimensionat astfel încât să nu se realizeze desprinderea curentului; la ieșirea din difuzor viteza apei nu va depăși dublul vitezei echivalente încărcării hidraulice.

3.5.6 Filtre rapide de nisip

3.5.6.1 Elemente componente

- Cuvele de filtru;
- Instalațiile hidraulice: alimentare cuve, prelevare apă filtrată din cuve, spălare, automatizare;
- Construcțiile și instalațiile anexe: rezervorul de apă de spălare și stații de pompare, stația de suflante pentru spălare cu aer, instalații comandă și control (dispecer).

3.5.6.2 Caracteristici principale ale stației de filtre

- Suprafața de filtrare

$$A_F = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{h)}}{V_F \text{ (m/h)}} \text{ (m}^2\text{)} \quad (3.37)$$

Q – debitul stației de filtre;

V_F – viteza medie de filtrare; se va adopta 6 m/h cu limitare în cazul scoaterii din funcțiune a 1 - 2 cuve la 8 m/h;

- Numărul de cuve de filtru:

$$n_F = k \cdot A_F / A_{1CF} \geq 4 \text{ unități} \quad (3.38)$$

k – coeficient de siguranță = 1,2.

- Aria unei cuve se va stabili pe baza:
 - realizării condiției de V_F max în cuvele rămase în filtrare la scoaterea din funcțiune a unei cuve;
 - sistemului constructiv adoptat;
 - raportul laturilor pentru îndeplinirea condiției:

$$\frac{L}{b} = \frac{2n}{n+1} \quad (3.39)$$

unde:

n – numărul de cuve;

L – lungimea cuvei;

b – lățimea cuvei.

Numărul de cuve se va stabili printr-un calcul tehnico-economic care va lua în considerație: costuri de investiție și cheltuieli anuale de exploatare pentru tipul de cuvă adoptat.

Studiile efectuate în ultimii 20 de ani indică un concept pe care proiectantul va trebui să-l respecte; acesta este definit astfel: „pentru fiecare mărime de debit Q există un singur tip de cuvă, ca mărime, formă, dotare pentru care totalul cheltuielilor anuale din investiții și exploatare este minim”.

3.5.6.3 Metoda de filtrare

Filtrele rapide vor fi asigurate să funcționeze conform metodei: cu debit variabil și nivel constant.

Se vor adopta soluțiile tehnice pentru:

- variația debitului între limita maximă (impusă de viteza maximă de 8 m/h) și limita minimă; debitul minim al unei cuve se va considera în corelație cu: turbiditatea influentului, tipul suspensiilor reținute, caracteristicile materialului filtrant; toate acestea determină pierderea de sarcină prin filtru, care va fi $h_r \leq 1,6$ m col. H_2O .
- dotarea sistemului de prelevare apă filtrată astfel încât să permită variația lentă a debitului în funcție de creșterea pierderii de sarcină.

3.5.6.4 Schema generală a unui filtru rapid

În figurile 3.37 – 3.41 se prezintă schema generală a unui filtru rapid.

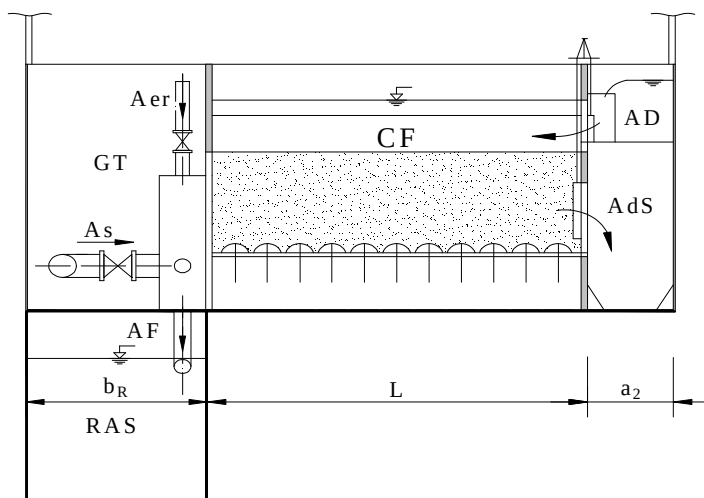


Figura 3.37. Secțiune longitudinală cuvă de filtru și rezervor apă de spălare.

AD – sistem de distribuție apă decantată la cuvele de filtru, AdS – colectare, evacuare apă de la spălare,
CF – cuvă de filtru, GT – galerie tehnologică, As – apă de la spălare,
AF – apă filtrată, RAS – rezervor apă de spălare.

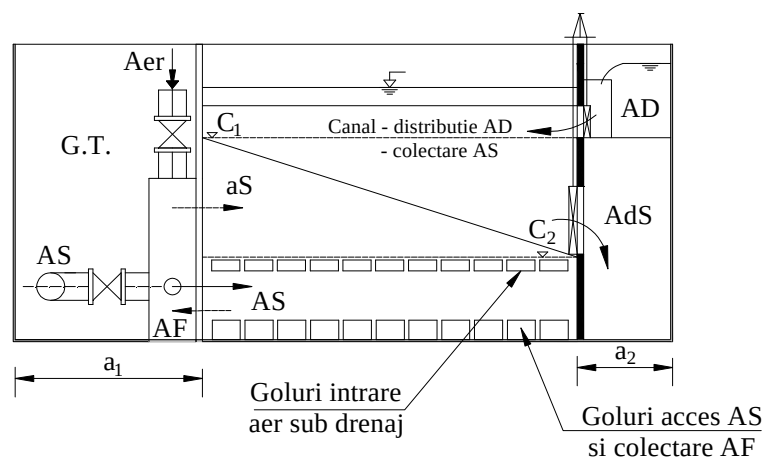


Figura 3.38. Secțiune longitudinală axă cuvă de filtru.
AD – apă decantată; GT – galerie tehnologică; AdS – apă de la spălare;
aS – aer spălare; AS – apă spălare; AF – apă filtrată.

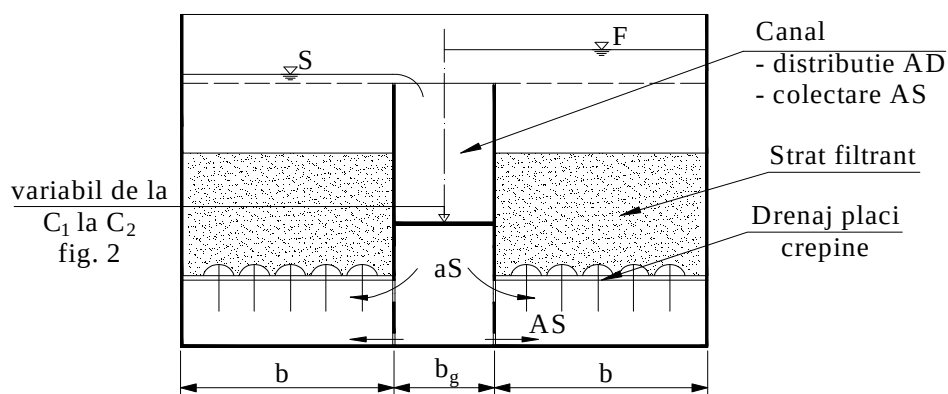


Figura 3.39. Secțiune transversală cuvă de filtru.
F – nivel filtrare, S – nivel spălare, as – aer spălare, AS – apă spălare; AD – apă decantată.

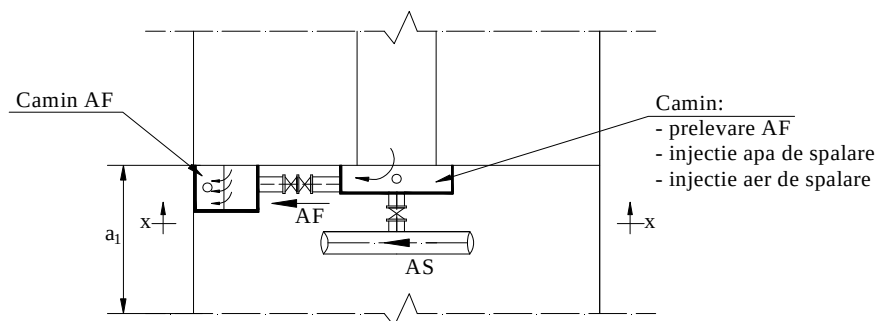


Figura 3.40. Plan galerie tehnologică.
AF – apă filtrată; AS – apă spălare.

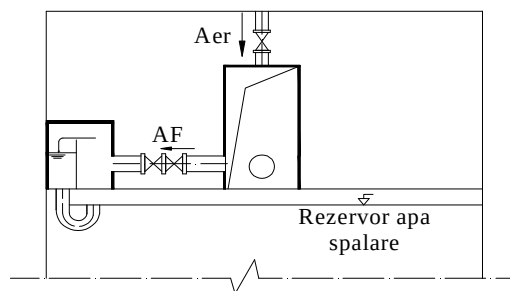


Figura 3.41. Vedere x-x.

Toate cuvele de filtru rapid cu suprafețe unitare între 20 și 60 m² se vor construi conform configurației din figurile 3.37 - 3.41; pentru suprafețe unitare inferioare și superioare domeniului pot fi adoptate și alte configurații de cuve. Exemplu:

- la cuvele sub 20 m² galeria centrală poate să lipsească; alimentarea cuvei și evacuarea apei de la spălare se va realiza printr-un jgheab suspendat amplasat după latura lungă a cuvei;
- pentru stații de filtre cu debite reduse ($\leq 50 \text{ dm}^3/\text{s}$) toate sistemele de deservire a cuvelor pot fi amplasate în galeria tehnologică sub forma sistemelor sub presiune (distribuție apă brută, colectare apă de la spălare);
- pentru cuvele mari ($> 60 \text{ m}^2$) și lățime sub cuvă $> 2,0 \text{ m}$ se va lua în considerație sistemul de alimentare/spălare denumit cu baleiaj.

Elementele componente sunt următoarele:

a) Sistemul de admisie influent

Un canal longitudinal care filează transversal cuvelor de filtru asigură alimentarea fiecărei cuve printr-un cămin care asigură alimentarea cuvei prin deversare; deversoarele cu funcționare neînecată asigură achirepartiția debitului influent în toate situațiile.

Influentul se distribuie în fiecare cuvă după direcția scurtă printr-un canal longitudinal prin deversare; lățimea de distribuție a influentului nu va depăși $b \leq 2,0 \text{ m}$.

Oprirea alimentării cuvei se va realiza printr-o stavilă motorizată amplasată în capătul amonte al canalului de distribuție.

Toate elementele componente ale sistemului de distribuție trebuie să funcționeze neînecat cu gardă $\geq 0,5$ din înălțimea lamei deversante.

b) Cuvă filtrului

Se va realiza o construcție paralelipipedică formată din:

- 2 cuve gemene $L \times b$; $b \leq 2,0$ m;
- o galerie centrală între cele 2 cuve gemene având la partea superioară canalul de distribuție influent și colectarea apă de la spălare și la partea inferioară galeria: colectare apă filtrată și distribuție apă și aer de spălare.

Înălțimea cuvei va fi formată din:

h_N – înălțimea stratului de nisip; se va adopta $h_N = 1,20 - 1,40$ m funcție de cantitatea de nămol care va fi reținută în strat ($k = 2,0 - 3,0$ kg S.U./m³ nisip și ciclu de filtrare).

h_d – înălțimea drenajului (inclus grosimea acestuia); $h_d = 0,75 - 0,9$ m funcție și de sistemul constructiv al drenajului (plăci cu crepine prefabricate din beton armat, placă turnată monolit cu predală, sistem din tablă de oțel inox).

h_a – înălțimea de apă deasupra stratului de nisip; $h_a = 0,60 - 0,75$ m.

h_s – înălțimea de siguranță între nivelul apei în cuvă și cota superioară a peretelui cuvei;
 $h_s \geq 0,30$ m.

c) Drenajul filtrului

Se va adopta sistemul de drenaj de mare rezistență hidraulică (figura 3.42) constituit din planșeu (prefabricat din plăci de beton armat, monolit din beton armat sau din tablă inox) în care sunt montate $7 \times 7 = 49$ crepine/m² sau $8 \times 8 = 64$ crepine/m² drenaj.

Se vor asigura condiții foarte precise din punct de vedere constructiv pentru realizarea drenajului:

- asigurarea etanșării perfecte;
- asigurarea cotei exacte și unice pentru poziția orificiilor de aer;
- rezistența mecanică a crepinelor;
- asigurarea formării unui nivel de separație apă-aer uniform și constant pe toată suprafața cuvei.

Crepinele vor asigura:

- pierdere de sarcină la spălare $h_r \geq 0,2$ m col. H₂O; aceasta se realizează prin îngustarea bruscă de secțiune la intrare în tija crepinei (sub planșeu);
- nivel de separație apă-aer sub planșeu; înălțimea saltelei de aer $h_{aer} \geq 0,15$ m; intrarea/evacuarea aerului se va realiza printr-un orificiu $\Phi 2 - 3$ mm la 50 mm de capătul inferior al tijei și un orificiu de 1 mm la partea superioară a tijei (sub planșeu);

- împiedicarea trecerii celor mai fine particule din strat în rezervorul de apă filtrată prin coșul crepinei; lățimea fantei $\leq 0,4$ mm;

Crepinele se vor realiza din PEID sau PP (polipropilenă) și vor trebui să asigure rezistențele mecanice și structurale necesare în procesul de filtrare/spălare filtru.

Sistemul de drenaj va fi proiectat să asigure:

- uniformitatea debitelor de aer și apă de spălare pe suprafața cuvei; erorile admise la intensitatea de spălare se vor situa sub 2% în l/s m²;
- spălarea simultană apă-aer în faza I a spălării.

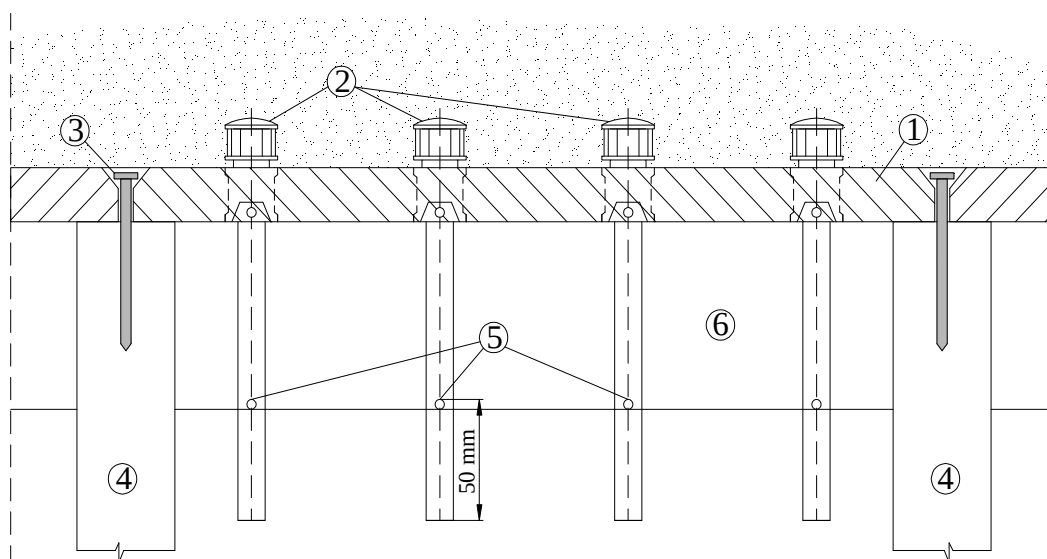


Figura 3.42. Drenaj cu plăci cu crepine.

1. placă cu crepine; 2. crepină; 3. etanșare, prindere plăci;
4. stâlpi susținere plăci; 5. orificiu aer; 6. aer spălare.

Metoda de spălare utilizată va fi:

- Faza I: apă: 3 – 4 l/s m²
aer: 16 – 17 l/s m²

Durata fazei I: 3 – 5 minute

Faza se începe cu apă până la deversarea acesteia în jgeabul de colectare; în acest moment se pornește aerul; la începutul spălării nivelul apei în cuvă va fi la maxim 5 cm sub muchia jgheabului de colectare apă de la spălare.

- Faza II: apă: 6 – 8 l/s m²

Se oprește aerul și se mărește debitul de apă.

Durata fazei a II^a: 10 – 12 minute.

La cuvele de filtru cu $b > 2 \text{ m}$ se va prevedea un sistem hidraulic care să asigure împingerea nămolului reținut în filtre spre jgheabul colector al apei de la spălare; sistemul poate fi: sub presiune, gravitațional, cu apă filtrată sau apă decantată.

d) Sistem de baleiaj

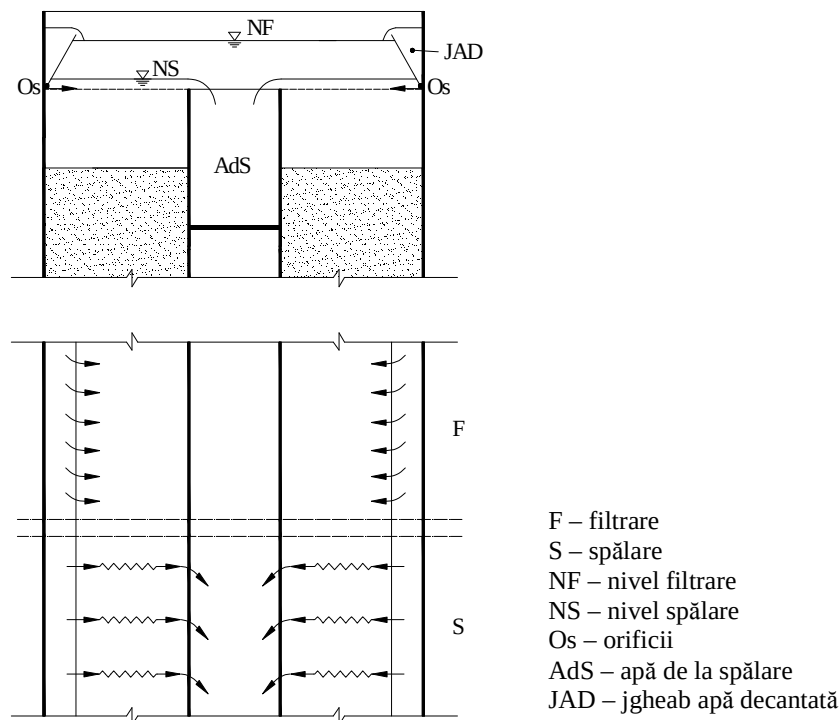


Figura 3.43. Sistem alimentare/spălare filtre rapide cu baleiaj.

Sistemul de baleiaj este format din:

- 2 jgheaburi (forma litera V) pe latura lungă a cuvei filtrului; acestea sunt alimentate frontal prin goluri din galeria de apă decantată;
- jgheburile sunt prevăzute cu orificii (O_s) la partea inferioară;
- funcțiunile jgheaburilor V:
 - asigură alimentarea cuvei prin deversare corespunzător NF menținut constant în perioada procesului de filtrare;
 - asigură lansarea unui debit $1 - 2 \text{ l/s m}^2$ pe suprafața apei în procesul de spălare (nivel NS);

Spălarea filtrelor rapide cu baleiaj se asigură respectând următoarele:

- intensitatea specifică pentru apa de baleiaj (apă decantată): $1 - 2 \text{ l/s, m}^2$;
- intensitatea specifică pentru apă în faza I: $2 - 3 \text{ l/s m}^2$;

- intensitatea specifică pentru apă în faza II: 6 l/s m^2 ;
- durata spălării 8 – 10 minute urmare a efectului apei de baleiaj.

e) Galeria tehnologică

Va fi prevăzută cu:

- un cămin în axul cuvei; în acest cămin se vor amplasa ștuțurile de racord pentru: prelevarea apei filtrate, alimentarea cu apă de spălare, alimentarea cu aer de spălare; înălțimea căminului va fi egală cu dublu înălțimii drenajului astfel încât accesul simultan al apei, aerului și apei de spălare să nu producă desprinderi de curent sau turbulențe care pot conduce la neuniformitatea spălării;
- un cămin pentru preluarea apei filtrate și descărcarea în rezervorul de apă de spălare; va fi prevăzut cu deversor; cota muchiei deversorului va fi identică cotei drenajului pentru a se evita apariția presiunilor negative în stratul de nisip; dimensiunile căminului vor rezulta pe baza dimensiunilor instalației hidraulice, lungimii deversorului și înălțimii de siguranță pentru neînecare;
- instalația hidraulică prelevare apă filtrată; se dimensionează la viteze $0,8 - 1,0 \text{ m/s}$ corespunzător debitului maxim al unei cuve; va fi prevăzută cu:
 - vană (dispozitiv hidraulic) motorizată care să asigure variația debitului de apă filtrată prin comanda dispozitivelor (senzorilor) de pierdere de sarcină prin filtru;
 - vană de siguranță în amonte de vana dispozitiv de asigurare a variației debitului; această vană se va închide automat la fiecare spălare a filtrului pentru a proteja vana de reglaj a debitului;
- sistemul de asigurare a apei de spălare; un distribuitor hidraulic cu ramificații la fiecare cuvă prevăzut cu vane la fiecare cuvă; dimensionarea secțiunilor se va face la $v = 2,5 - 3 \text{ m/s}$;
- sistemul de asigurare a aerului de spălare; un distribuitor cu ramificații prevăzute cu vane la fiecare cuvă; dimensionarea se va efectua pentru $v = 12 - 15 \text{ m/s}$;
- sistemul de golire al cuvelor; un sistem hidraulic cu ramificații închise cu vană la fiecare cuvă, va asigura golirea independentă a fiecărei cuve în maxim 4 ore;
- sistemul de colectare și evacuare a apei de la spălare: colectarea se va realiza prin jgheabul central al cuvei prin deversori triunghiulari atașați la care se va asigura minim $7,5 - 10 \text{ cm}$ înălțime de neînecare; apa de la spălare se va evacua în galeria

amplasată sub sistemul de distribuție apă decantată; se vor adopta măsuri pentru profilarea hidraulică a părții inferioare a canalului de colectare și galeriei pentru evitarea depunerilor; închiderea canalului de evacuare a apei de la spălare spre canalul de evacuare se va realiza cu stavilă motorizată.

3.5.6.5 Materialul filtrant

Se va adopta material granular (provenit din material aluvionar) având caracteristicile granulometrice conform figurii 3.44, domeniu optim indicat.

Principala caracteristică trebuie să fie: uniformitatea mărimii și formei granulelor astfel încât porozitatea $p \geq 40\%$.

Calitățile materialului filtrant sunt următoarele:

- domeniile de granulozitate conform diagramei $\equiv$ domeniul optim;
- coeficientul de neuniformitate $u = d_{60}/d_{10} \leq 1,4$;
- fracțiunile inferioare diametrului minim și superioare d_{max} , inferioare procentual la 2% în greutate;
- diametrul efectiv: $d_{ef} = d_{10} = 0,9 - 1,3$ mm;
- să realizeze un coeficient de porozitate mare ($p > 40\%$);
- forma granulelor, apropiată de sferă, pentru obținerea unui grad de acoperire ridicat;
- conținut de roci cuarțoase recomandabil peste 92%;
- să aibă duritate în scara Mohs ≥ 7 pentru a nu se sfărâma la spălare.
- pierdere la acid $< 2\%$;
- friabilitate (procent de sfărâmare) $< 4\%$.

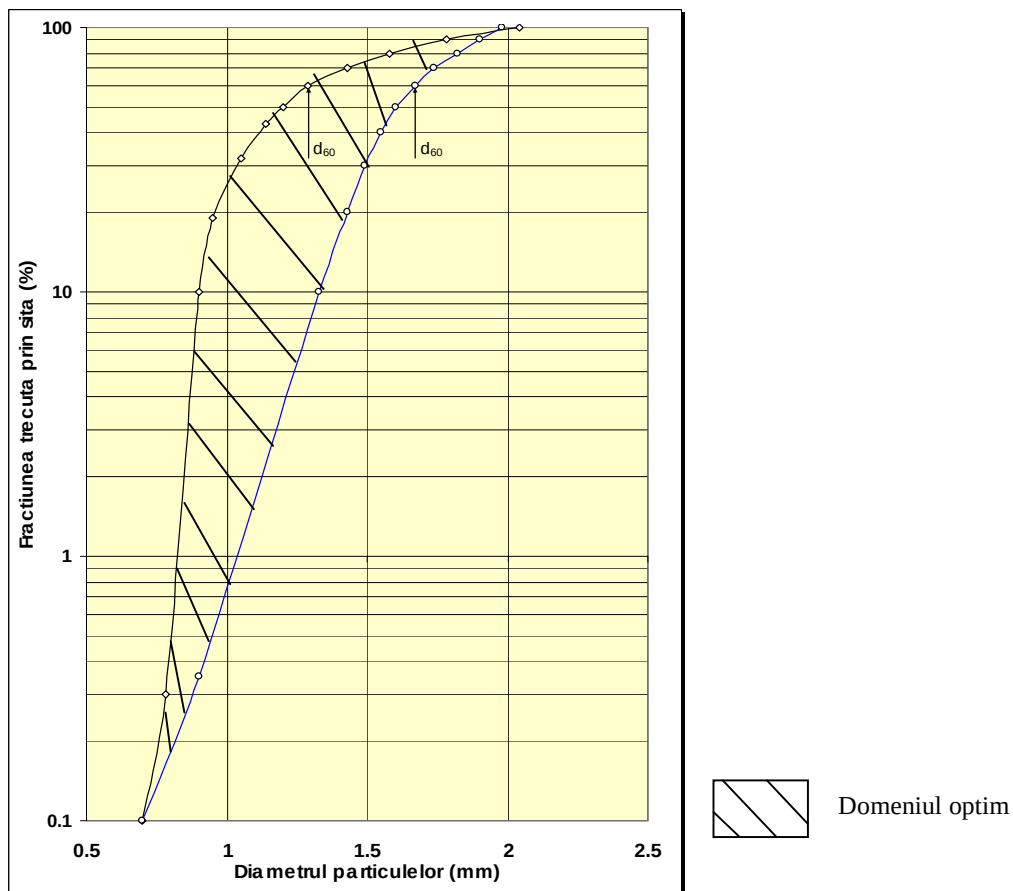


Figura 3.44. Domeniul optim de granulozitate al nisipului pentru filtre rapide.

3.5.6.6 Rezervor de apă de spălare

Se va considera:

- un filtru în spălare dacă nr. cuve ≤ 7 unități;
- două filtre în spălare simultană dacă nr. cuve de filtru > 7 unități.

Metoda de spălare va fi cf. § 3.5.6.4.

Volumul de apă de spălare:

$$V_{AS} = k_1 \cdot n \cdot A_{1CF} [0,06 \cdot i_{F1} \cdot t_{F1} + 0,06 \cdot i_{F2} \cdot t_{F2}] \quad (\text{m}^3) \quad (3.40)$$

unde:

A_{1CF} – suprafața unei cuve de filtru (m^2);

i_{F1} , i_{F2} – intensitățile de spălare în faza 1 (apă + aer) și faza 2 (apă) în l/s m^2 ;

t_{F1} , t_{F2} – durata fazelor 1 și 2 în minute;

k – coeficient de siguranță; se va adopta $k = 1,1$;

n – numărul cuvelor aflate în spălare simultană;

0,06 – coeficient de transformare unități.

Rezervorul de apă de spălare se va amplasa:

- sub galeria tehnologică dacă configurația terenului și amplasarea stației de filtre în profil o permite;
- sub toată stația de filtre;
- independent de stația de filtre dacă profilul stației și configurația terenului nu permit amplasarea sub stația de filtre.

Se va asigura prin soluții constructive circulația apei în rezervorul de apă de spălare.

Este contraindicată utilizarea rezervorului de apă de spălare pentru clorinarea apei.

3.5.6.7 Stația de pompare apă de spălare, stația de suflante

Se va amplasa într-o construcție adiacentă stației de filtre pentru a putea prelua apa de spălare din rezervorul de apă de spălare.

Se va echipa astfel (pentru spălarea simultană a unei cuve):

- o electropompă pentru faza 1 de spălare:

$$Q = i_{F1} \times A_{1CF} \times 3,6 \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (3.41)$$

$$Hp = (Hg + hr_{S,H} + hr_{drenaj} + hr_{nisip}) \cdot 1,2 \quad (\text{m}) \quad (3.42)$$

unde:

Hp – înălțimea de pompare (m);

Hg – înălțimea geodezică de pompare = diferența între cota maximă a apei în cuvă (în faza spălare) și cota minimă a apei în rezervorul de spălare;

$hr_{S,H}$ – pierderi de sarcină locale și distribuite pe sistemul hidraulic de la pompă la cuva de spălare;

hr_{drenaj} – pierderea de sarcină în drenajul cu crepine;

hr_{nisip} – pierderea de sarcină în stratul de nisip colmatat ($\approx$ egală cu înălțimea stratului de nisip).

- 1 electropompă identică pompei din faza 1 pentru faza a 2^a când vor funcționa două electropompe;
- 1 electropompă de rezervă având aceleași caracteristici.

Randamentul electropompelor de spălare se impune $\eta \geq 80\%$.

- Stația de suflante

Debitul suflantelor:

$$Q_{aer} = i_{aer} \cdot A_{ICF} \cdot 3,6 \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (3.43)$$

$$I_{aer} = 16 - 18 \text{ l/s m}^2$$

Înălțimea manometrică $H = 0,6 - 0,7$ bari.

Se vor adopta 1+1 electrosuflante amplasate într-o construcție independentă de stația de filtre; se vor adopta măsuri pentru încadrarea zgomotului în normele impuse, soluții pentru preluarea, atenuarea vibrațiilor și desprăfuirea aerului aspirat.

3.5.6.8 Conducerea procesului de filtrare

Stația de filtre rapide va fi echipată astfel încât să funcționeze automat pe baza datelor măsurate de senzori și a dispozitivelor de control și manevră automate.

Se vor prevedea în dotarea fiecărei cuve:

- măsura on-line a nivelului apei din cuvă;
- măsura on-line a pierderii de sarcină în strat;
- debitul de apă filtrată;
- stările sistemului de reglaj și variație a debitului de apă filtrată;
- acționarea tuturor vanelor din dispecer (de preferat electrică);
- comenzile de oprire a procesului de filtrare; aceasta se va realiza la atingerea pierderii de sarcină limită (prestabilită) și depășirea turbidității limită ($Tu^{AF} < 1 \text{ } ^\circ\text{NTU}$);
- sistem de prelevare on-line probe de apă filtrată din fiecare cuvă, transmiterea acestora la un punct central în laborator și analiză orară a turbidității;
- pornirea automată a pompelor de spălare și suflantelor pe faze după adoptarea și executarea comenzilor de oprire alimentare filtru, prelevare apă filtrată;
- sistem de stocare date de producție apă filtrată la fiecare cuvă și pe ansamblul stației, balanță de pierderi de apă tehnologică și recuperată; se va stabili zilnic balanța cantităților de apă influente în stația de filtre, cantitățile de apă filtrată, volume de ape utilizate pentru spălare, volume de apă recuperată;
- fiecare cuvă de filtru va fi racordată la un sistem automat de management al stației; acesta va fi prevăzut cu dotări care să permită analiza funcționării fiecărei cuve (calitate apă filtrată, variație debit și pierderi de sarcină).

3.5.7 Filtre rapide sub presiune

Aplicare:

- în stații de tratare de capacitate redusă ($< 50 \text{ l/s}$) când schema hidraulică a stației trebuie să asigure alimentarea directă a rezervoarelor din schema sistemului de alimentare cu apă;
- reducerea perioadei de construcție a stației de tratare;
- ca rezultat al unui calcul tehnico-economic între varianta cu filtre cu nivel liber și filtre sub presiune.

3.5.7.1 Elemente componente

În schema din figura 3.45 se indică configurația unui filtru rapid sub presiune.

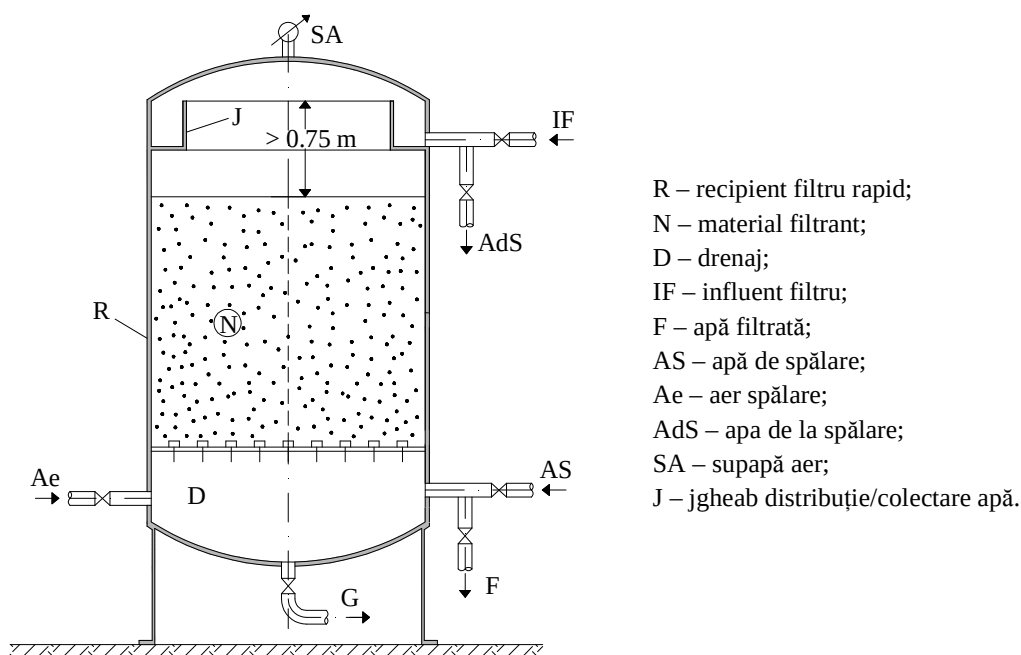


Figura 3.45. Schema filtrului rapid sub presiune.

R – recipient sub presiune; materialele, protecțiile anticorozive, siguranța depinde de presiunea de lucru; presiunile uzuale sunt 4 – 6 bari;

N – material filtrant; se va adopta material monogranular, uzual nisip cuarțos; caracteristicile materialului și calitatea vor trebui să îndeplinească condițiile § 3.5.6.5 din capitolul 3 din prezentul normativ;

D – drenaj; soluția adoptată va fi drenaj de mare rezistență hidraulică cu crepine ($49 \text{ buc./m}^2 - 64 \text{ buc./m}^2$) realizat sub forma unui planșeu; se va dimensiona la

7 tf/m² cu acțiune dublă (de sus în jos și de jos în sus); drenajul va îndeplini condițiile prevăzute la § 3.5.6.4 din capitolul 3 – filtre rapide deschise;

J – jgheab perimetral având muchia superioară la minim 0,75 m deasupra stratului de nisip; dimensiunile jgheabului vor rezulta din condițiile:

- neîncălzirea la preluarea debitului maxim de apă de la spălare în contracurent;
- sarcina hidraulică maximă necesară pentru încărcarea conductei de evacuare a apei de la spălare.

Instalațiile hidraulice din dotarea filtrelor rapide de nisip vor cuprinde:

- IF – influent filtru; dimensionat la $v = 0,8 - 1 \text{ m/s}$ corespunzător debitului influent;
- F – prelevare apă filtrată ($v = 0,8 - 1 \text{ m/s}$);
- AS – apa de la spălare ($v = 2 - 3 \text{ m/s}$);
- Ae – aer spălare ($v = 12 - 15 \text{ m/s}$);
- AdS – evacuare apă de la spălare ($v = 1,5 - 2 \text{ m/s}$);
- G – golire recipient; timp golire recipient $\leq 4 \text{ h}$.

3.5.7.2 Proiectarea filtrelor rapide sub presiune

– Suprafața de filtrare:

$$A_F = \frac{Q (m^3/h)}{v_F (m/h)} \quad (m^2) \quad (3.44)$$

- Se va adopta viteza medie de filtrare $v_F = 6 \text{ m/h}$ considerând metoda de filtrare: cu debit variabil și nivel constant; viteza maximă de filtrare în proces și la spălarea unei cuve nu va depăși $v_F^{\max} \leq 8,5 \text{ m/h}$;
- Numărul de cuve (recipienți); acesta nu va depăși 5 unități cu diametrul cuprins între 2 – 4 m;
- Metoda de spălare pentru filtrele rapide sub presiune va fi identică metodei filtrelor rapide deschise (§ 3.5.6.4). Declanșarea spălării unui filtru va lua în considerație: încadrarea turbidității apei filtrate în limita $Tu \leq 1 \text{ } ^\circ\text{NTU}$ și limitarea pierderii de sarcină prin filtru (maxim 2 m col. H₂O).

Construcția recipienților pentru filtrele sub presiune va respecta toate reglementările pentru realizarea și proba de presiune la astfel de recipienți funcție de presiunea de lucru.

Condiționările impuse realizării stațiilor cu filtre rapide sub presiune sunt:

- asigurarea repartiției uniforme a debitului influent variabil la fiecare unitate de filtrare; sunt necesare sisteme electromecanice de acționare a vanelor de alimentare al fiecărei cuve;
- dotarea fiecărei cuve cu sisteme de măsură a debitului efluent pentru asigurarea condițiilor de funcționare cu viteză de filtrare variabilă;
- volumele necesare pentru spălare pot fi asigurate în recipienți amplasați la cotă (sau sub presiune) pentru reducerea energiei consumate la spălare.

3.5.8 Filtre lente

Aplicarea soluției cu filtrarea lentă a apei se va lua în considerație în următoarele situații:

- debite mici; pentru un debit de $1 \text{ dm}^3/\text{s}$ sunt necesari $20,0 \text{ m}^2$ de suprafață de filtrare;
- calitatea apei sursei; sensibilitatea membranei biologice la compuși toxici existenți în apă, pesticide, fenoli, încărcare biologică, oxigen minim 3 mg/dm^3 condiționează o sursă lipsită de poluare cu substanță organică; temperatura apei este un element care condiționează formarea și dezvoltarea membranei biologice.

3.5.8.1 Elemente componente

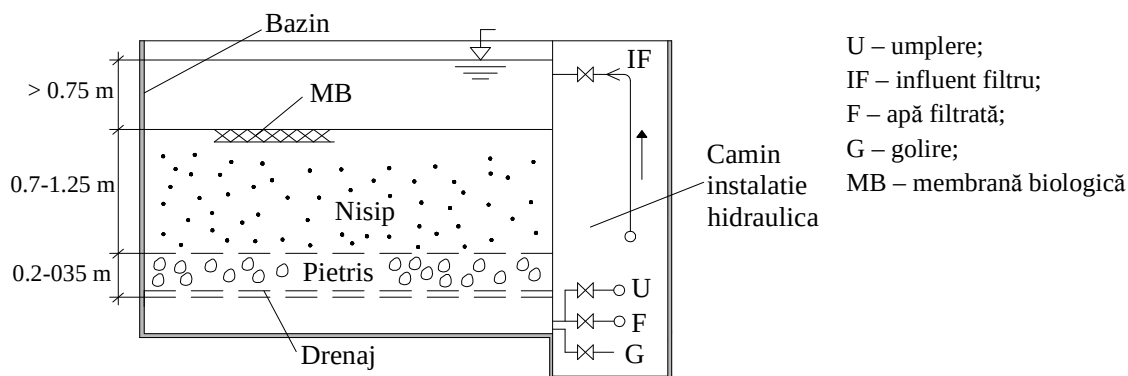


Figura 3.46. Schema unui filtru lent.

- Bazin: construcție din beton armat în care se amenajează filtul lent;
- Nisip: strat monogranular cu înălțimea de $0,7 - 1,25 \text{ m}$;

Caracteristicile materialului filtrant:

- diametrul granulelor: $d_g = 0,4 - 0,6 \text{ mm}$;
- coeficientul de uniformitate $u = d_{60}/d_{10} \leq 1,3$;
- conținutul de particule inferioare sau superioare diametrelor minim și maxim nu va depăși 3% din greutate.
- Pietriș: strat suport $h = 0,2 - 0,35 \text{ m}$; $d_g = 2 \dots 3 \text{ mm}$;
- Drenaj: drenajul asigură colectarea apei filtrate și umplerea filtrului în sens ascendent pentru evacuarea aerului din materialul granular. Drenajul se va executa dintr-o rețea de conducte prevăzute cu orificii; aceasta se va îngloba într-un strat de pietriș sortat $5 - 7 \text{ mm}$. Se vor prevedea 20 de orificii $\Phi 3 \text{ mm}$ pe ml. Orificiile vor fi amplasate deasupra diametrului orizontal la $10 - 15^\circ$.

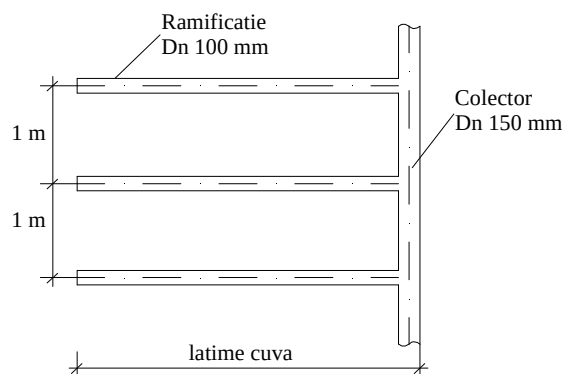


Figura 3.47. Conducte prevăzute cu orificii.

3.5.8.2 Proiectarea filtrelor lente

– Suprafața de filtrare:

$$A_F = \frac{Q(m^3/zi)}{v_F(m/zi)} \cdot 1,2 \quad (m^2) \quad (3.45)$$

- 1,2 coeficient care ține seama de perioada de scoatere din funcțiune a unei cuve pentru curățire;
 - $v_F = 5 \text{ m/zi}$.
- Numărul de cuve: se adoptă minim 5 cuve; raportul laturilor fiecărei cuve va respecta condiția perimetrului minim pentru realizarea unui volum de beton armat minim; se va respecta relația 3.39 § 3.5.6.2.
- Metoda de filtrare adoptată: cu debit și nivel variabil; variația de nivel în filtru se va situa între 0,5 m și 2,0 m deasupra stratului de nisip; variația debitului va urmări domeniul $4 - 6 \text{ m}^3/\text{zi m}^2$;
- Instalațiile hidraulice se vor amplasa într-un cămin vizitabil adiacent cuvei filtrului și vor cuprinde:
- sistem hidraulic alimentare cuve; conducte prevăzute cu vane de izolare la fiecare cuvă; se va prevedea un sistem electromecanic care va asigura reglajul vanelor astfel încât repartitia debitului la fiecare cuvă să fie egală și să se asigure și variația debitului în perioada ciclului de filtrare; se poate adopta și soluția cu asigurarea repartitiei debitului la cuve perin sisteme hidraulice cu nivel liber: canal și deversor cu funcționare neînecată la fiecare cuvă;

- sistem hidraulic de colectare a apei filtrate; la acest sistem se va ataşa un sistem care să permită umplerea cuvei de jos în sus pentru evacuarea aerului din strat;
- sistem de golire cuve.

3.5.8.3 Condiționări ale filtrelor lente

- Proiectantul se va asigura pe baza studiilor hidrochimice referitor la calitatea influentului filtrelor lente; se impune analiza aprofundată a substanțelor toxice din apa sursei care pot deteriora, bloca și/sau scoate din uz membrana biologică; turbiditatea influentului filtrelor lente nu va depăși 5 °NTU;
- Construcția filtrelor lente va fi acoperită; se va asigura în interiorul clădirii temperatura minimă de 5 °C;
- Ciclul de funcționare/operare pentru filtrele lente este:
 - 1) umplerea cuvei se va realiza ascendent prin sistemul hidraulic și sistemul de drenaj;
 - 2) formarea membranei biologice; prin probe prelevate orar și analize biologice se va urmări dezvoltarea bacteriilor aerobe în primii 2 – 3 cm ai stratului de nisip; stabilirea tipului de bacterii, rata de dezvoltare, conținutul de oxigen al apei se poate decide asupra desfășurării activității bacteriene în membrană; în perioada formării membranei biologice se va urmări și calitatea apei filtrate;
 - 3) filtrarea apei; în condiții normale de funcționare a membranei biologice durata perioadei de filtrare trebuie să fie 30 – 40 de zile;
 - 4) curățirea filtrelor; se oprește filtrul, se golește, se răzuiește membrana biologică (2 – 3 cm de nisip), se dezinfectează cu soluție de var 1% concentrație; se reia ciclul prin umplerea cuvei.

3.5.9 Limpezirea apei prin filtrare pe membrane

În stațiile de tratare (potabilizare) a apei se utilizează în majoritatea aplicațiilor procesul de UF (ultrafiltrare).

Se utilizează membrane având mărimea porilor $0,03 - 0,01 \mu\text{m}$ care permit reținerea suspensiilor solide în procese de limpezire a apei asigurând turbidități $\leq 0,5 \text{ }^\circ\text{NTU}$.

Cele mai utilizate membrane în UF (95% din aplicații) sunt de tip Hollow fibre modules (HFM) formate din fibre cilindrice cu diametrul exterior de $0,6 - 2 \text{ mm}$ și $0,35 - 1 \text{ mm}$ diametrul interior, fixate în pachete până la 125 m^2 suprafață de filtrare.

În figura 3.48 se prezintă conformația pachetului HFM.

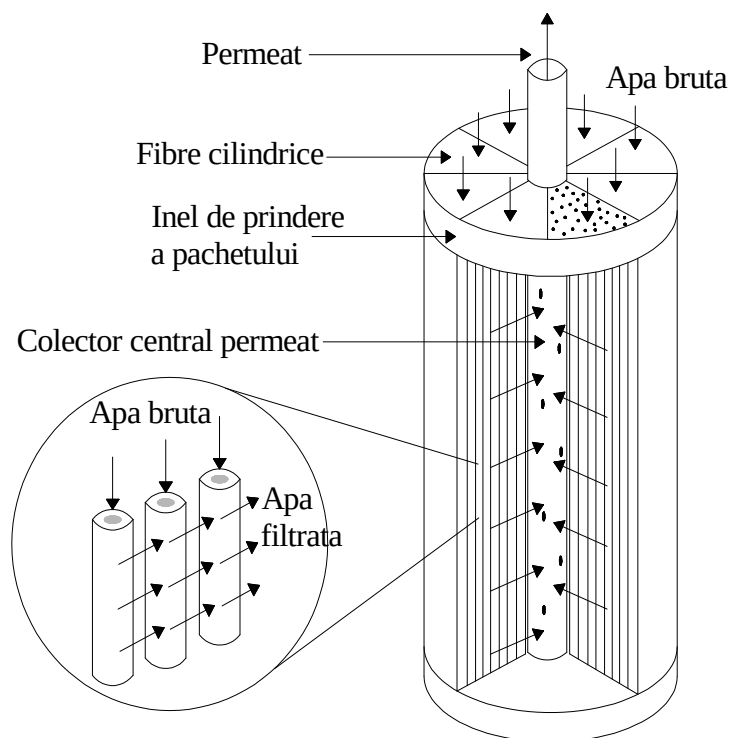


Figura 3.48. Conformația pachetului Hollow fibre modules.

Tipul de membrane prezentat în figura 3.48 lucrează prin filtrare de la interior spre exterior.

Sunt utilizate membrane imersate (figura 3.49) care lucrează sub vacuum de $0,4-0,6 \text{ bari}$.

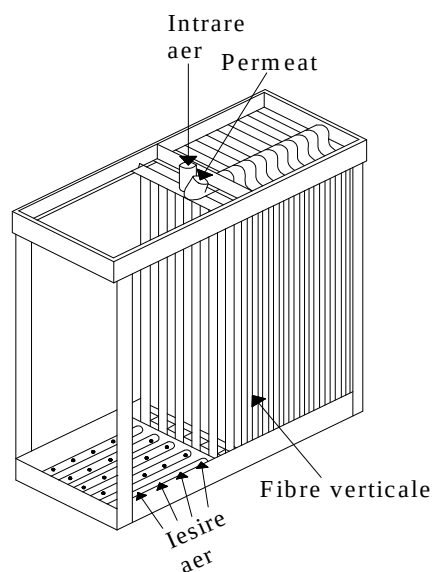


Figura 3.49. Membrane imersate care lucrează sub vacuum.

Parametrii caracteristici sunt indicați în tabelul următor.

Tabel 3.16. Parametrii membranelor UF utilizate în tratarea apei.

Nr. Crt.	Caracteristică/Parametru	Avantaje	Dezavantaje
1	Membrane UF-acetat de celuloză	• Spălare inversă bună; • Recirculare ape cu turbidități variabile; • Rată de colmatare redusă	• Sensibile la dezvoltare microorganisme; • Necesari: spălare Cl_2, ClO_2 periodic; • Sensibile la MON.
2	Membrane UF-polisulfon hidrofilic	• Rezistență chimică pH = 2-12; • Rezistențe la ape cu COT mare;	• Capacitate de spălare redusă;
3	Membrane UF în module de presiune $\Delta p = 0,5-1,5$ bar $q = 100-200 \text{ l/m}^2 \text{ h}$ la 20°C	• Presiuni relativ reduse; • $\approx 150 \text{ l/m}^2 \text{ h}$ pentru 1 bar;	• Limitare turbiditate influent la 10°NTU;
4	Membrane UF-submersate $\Delta p = (-0,3)-(-0,6)$ bar $q = 30-80 \text{ l/m}^2 \text{ h}$	• Simplifică sistemele hidraulice; • Desprinde turtele cu insuflare aer;	• Spălări dese; • Limitare presiune negativă;

3.5.9.1 Aplicarea și proiectarea instalațiilor cu membrane UF în stațiile de tratare pentru producerea apei potabile

a) Limpezirea apei fără reactivi; ape de sursă având:

- turbidități $< 10^{\circ}\text{NTU}$;
- materii organice reduse: $\text{COT} < 2 \text{ gC/m}^3$.

Se pretează pentru ape de lacuri (lipsite de alge) și ape subterane (în special de carst).

b) Limpezire prin procese combinate pentru ape $Tu \leq 25^{\circ}\text{NTU}$, bogate în materii organice naturale (MON).

Sunt indicate membranele UF submersate unde sunt necesare procese de coagulare-floculare, adaos de cărbune activ pudră pentru corectarea gustului și mirosului.

c) limpezire finală după un tratament bazat pe o schemă și procese convenționale: preoxidare-coagulare-floculare-limpezire prin decantoare performante

3.5.9.2 Schema tehnologică pentru sistemele UF

În figura 3.50 se prezintă schema tehnologică pentru sistemul HFM în configurația cu presiune interior-exterior. Apa brută este introdusă la 0,5 – 1,5 bar la interiorul fibrelor cilindrice și colectată în exteriorul acestora.

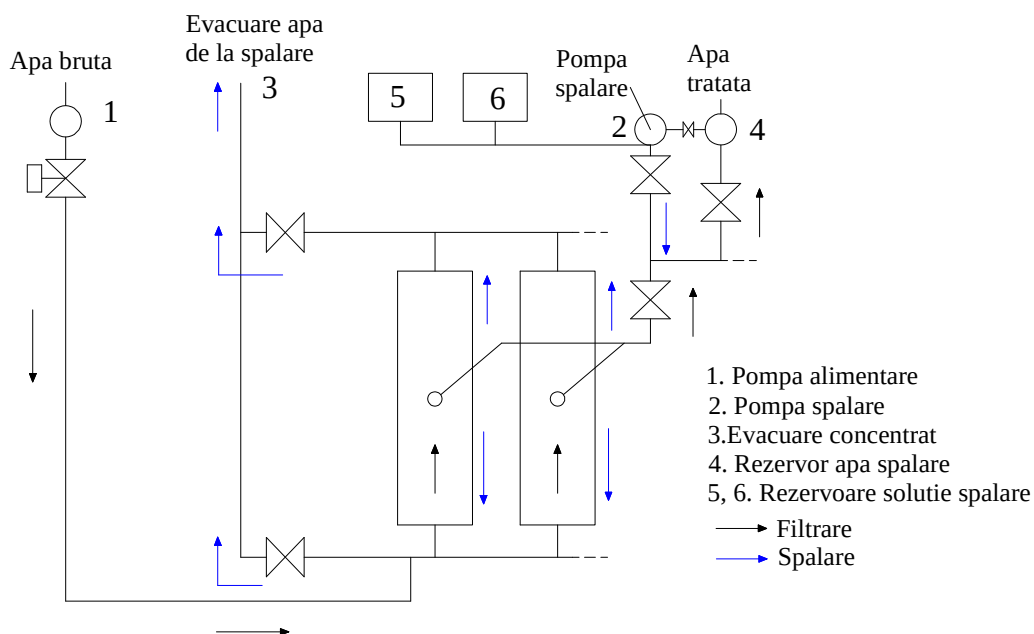


Figura 3.50. Schema tehnologică limpezire apă cu membrane UF.

Caracteristica sistemului este dată de variația fluxului (debitului) în perioada ciclului de filtrare. Membranele trebuie dimensionate la un flux mediu estimat pe baza datelor de calitate pentru apa brută și calitățile membranei garantate de furnizor. La intervale de 0,5 minute la 30 minute membrana se spală în contracurent prin schimbarea direcției de filtrare. Pentru cazurile de colmatare (sau periodic la 25 – 30 zile) membrana se spală cu soluție acidă: hipoclorit de sodiu sau soluție de Cl_2 .

În figura 3.51 se prezintă schema variației fluxului masic (debit) în perioada ciclului de filtrare; se remarcă o pierdere de sarcină (flux) remanentă pe care furnizorul trebuie să o precizeze în oferta sa după un număr de cicluri determinat (10.000 până la 50.000).

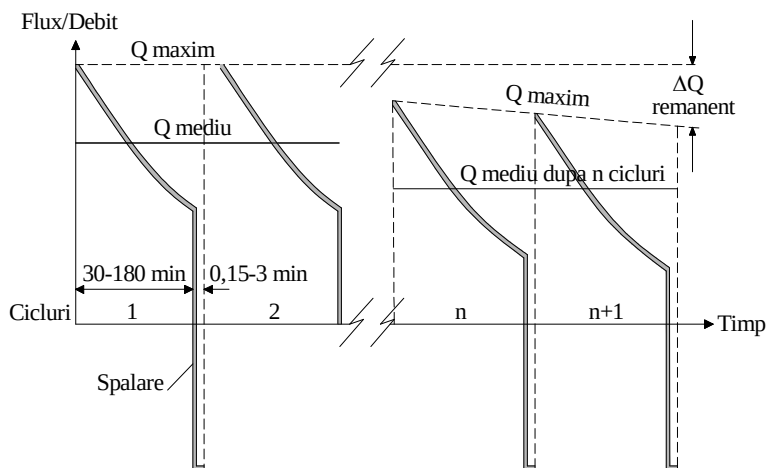


Figura 3.51. Variația debitului la filtrarea UF.

3.5.9.3 Condiționări privind tehnologia limpezirii apei prin filtrare pe membrane UF

- Operarea instalațiilor de filtrare pe membrane UF se poate realiza numai integral automatizat.
- Calitatea apei influente în instalația pe membrane trebuie asigurată în limite constante din punct de vedere al domeniului: turbiditate (suspensii), pH, substanțe organice, carbon organic total, proprietăți bacteriologice.
- Spălarea membranelor cu agenți oxidanți (Cl_2 , ClO_2) pentru eliminarea efectelor de colmatare biologică-bacteriologică nu trebuie să depășească 12 spălări/an.
- Va fi solicitată producătorului de membrane UF o garanție tehnologică privind durabilitatea de utilizare în condițiile calității apei sursei, operării standard și menținerea parametrilor de calitate pentru influent.

3.5.10 Procese de adsorbție prin utilizarea cărbunelui activ

3.5.10.1 Aplicare

- Reținerea MON (materii organice naturale) oxidate în prealabil;
- Reținere micro-poluanți: fenoli, hidrocarburi, pesticide, detergenți, unele metale grele și precursorii de formare, compuși organo clorurați (THM);
- Reducerea unor oxidanți: Cl_2 , ClO_2 , KMnO_4 , O_3 .

3.5.10.2 Proiectarea sistemelor de adsorbție pe cărbune activ

- Cărbune activ pudră (CAP)

Aplicare: pentru protecția filierei de tratare în situațiile de poluare accidentală a apei sursei; se introduce sub formă de emulsie în capătul amonte al filierei de tratare.

Condiții de aplicare:

- Sistem de instalație dozare uscată;
- Depozit asigurat împotriva auto-aprinderii;
- Bazin preparare emulsie CAP;
- Doze: $10 - 25 \text{ g/m}^3$ apă;
- Utilizare în situații de poluare accidentală cu: hidrocarburi, pesticide, detergenți, fenoli;
- Injecția emulsiei de CAP se va efectua într-un bazin de amestec și reacție cu volum pentru un timp de contact ≥ 5 minute și gradient hidraulic $400 - 500 \text{ s}^{-1}$; CAP poate fi dozat în camera de reacție rapidă din cadrul proceselor de coagulare-floculare.

Recomandări:

- În procesele de limpezire a apei de tip cu recircularea nămolului pentru că se poate utiliza integral capacitatea de adsorbție a CAP;
- Se va utiliza numai în situațiile de vârf de poluare, se vor prevedea dotări în stația de tratare pentru determinarea și cunoașterea evoluției concentrațiilor principalilor poluanți din apa sursă.

3.5.10.3 Sisteme cu CAG (cărbune activ granular)

Se vor utiliza filtre rapide deschise sau subpresiune cu strat monogranular de CAG.

Viteze de filtrare se va adopta în corelație cu necesitatea realizării timpului de contact pentru realizarea adsorbției.

Se impune:

$$EBCT = \frac{h_{CAG}}{v_F} \quad (min) \quad (3.46)$$

unde:

EBCT – timpul de contact (Empty Bed Contact Time) în minute; valorile minime recomandate 10 – 12 minute.

h_{CAG} – grosimea stratului de CAG (în m); se va dopta $h_{CAG} = 1,50 - 3,0$ m;

v_F – viteza de filtrare (în m/h); se recomandă 8 – 10 m/h.

Sistemul de control al filtrelor rapide de CAG este determinat de epuizarea capacității de adsorbție a stratului de CAG; se va urmări sistematic concentrația poluantului în apa filtrată și la momentul când acestea începe să crească peste limita admisă filtrul se oprește pentru că masa de CAG și-a epuizat capacitatea de adsorbție (s-a saturat).

Stațiile rapide de filtre CAG se proiectează astfel încât un număr de cuve să fie în rezervă datorită epuizării capacității de adsorbție la cuvele aflate în lucru.

Numărul de cuve de rezervă se stabilește pe baza:

- durata înlocuirii CAG cu material proaspăt sau regenerat;
- durata de epuizare a capacității de adsorbție stabilită „in situ” pe baza concentrațiilor poluanților adsorbiți.

Condiționări la proiectarea stațiilor de filtre CAG

- se va lua în considerație asigurarea distribuției și colectării apei filtrate absolut uniform; erorile admise $\pm 2\%$ la debit de alimentare/spălare pe m^2 de filtru;
- spălarea se va asigura numai cu apă la $i \leq 4l/s, m^2$;
- apa influentă în filtrele CAG va avea turbiditatea $\leq 1^\circ$ NTU;
- CAG epuizat se regenerează în uzine de regenerare centrale; pierderile de masă la o regenerare se vor considera 10%.
- automatizarea și controlul filtrelor rapide CAG se bazează pe conceptul stabilirii capacității de adsorbție a stratului de CAG.

Schemele filtrelor rapide CAG pot fi:

- filtre rapide cu pat fix conform figurii 3.52.

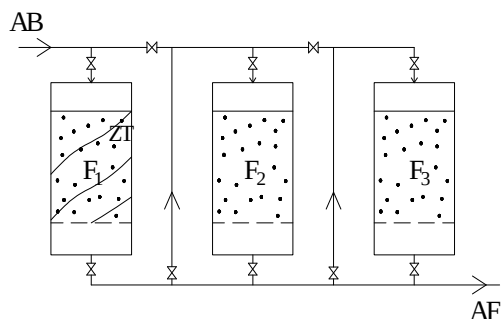


Figura 3.52. Filtre CAG sub presiune, în serie.

Apa brută se filtrează prin fiecare coloană sau în serie prin mai multe coloane; la epuizarea capacității de adsorbție a stratului CAG în F_1 , acesta se scoate din funcțiune și CAG este trimis la regenerare.

- filtre cu nivel liber (figura 3.53)

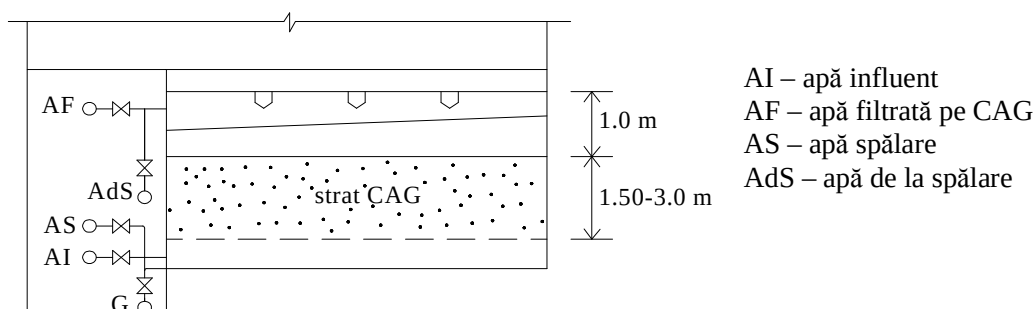


Figura 3.53. Filtre CAG cu nivel liber – mișcare ascendentă.

Stațiile de filtre CAG cu nivel liber sunt asemănătoare stațiilor FRN; se adoptă în mod special următoarele măsuri:

- după post-oxidare cu O_3 se alege filtrarea ascendentă pentru neutralizarea O_3 rezidual de CAG;
- colectarea strict uniformă a AF pe CAG asigură uniformitatea contactului dintre poluanții din apă și CAG

3.5.11 Stații de reactivi

3.5.11.1 Stații de reactivi cu stocare și dozare uscată

Stația de reactivi cu stocare și dozare uscată se compune din:

- sistem de încărcare reactiv;
- siloz stocare reactiv;
- sistem de dozare uscată a reactivului;
- sistem de transport reactiv;
- bazin de preparare soluție reactiv;
- bazin de dozare soluție reactiv;
- pompe dozatoare.

Figura următoare prezintă schema generală a unei stații de reactivi cu stocare și dozare uscată a reactivilor.

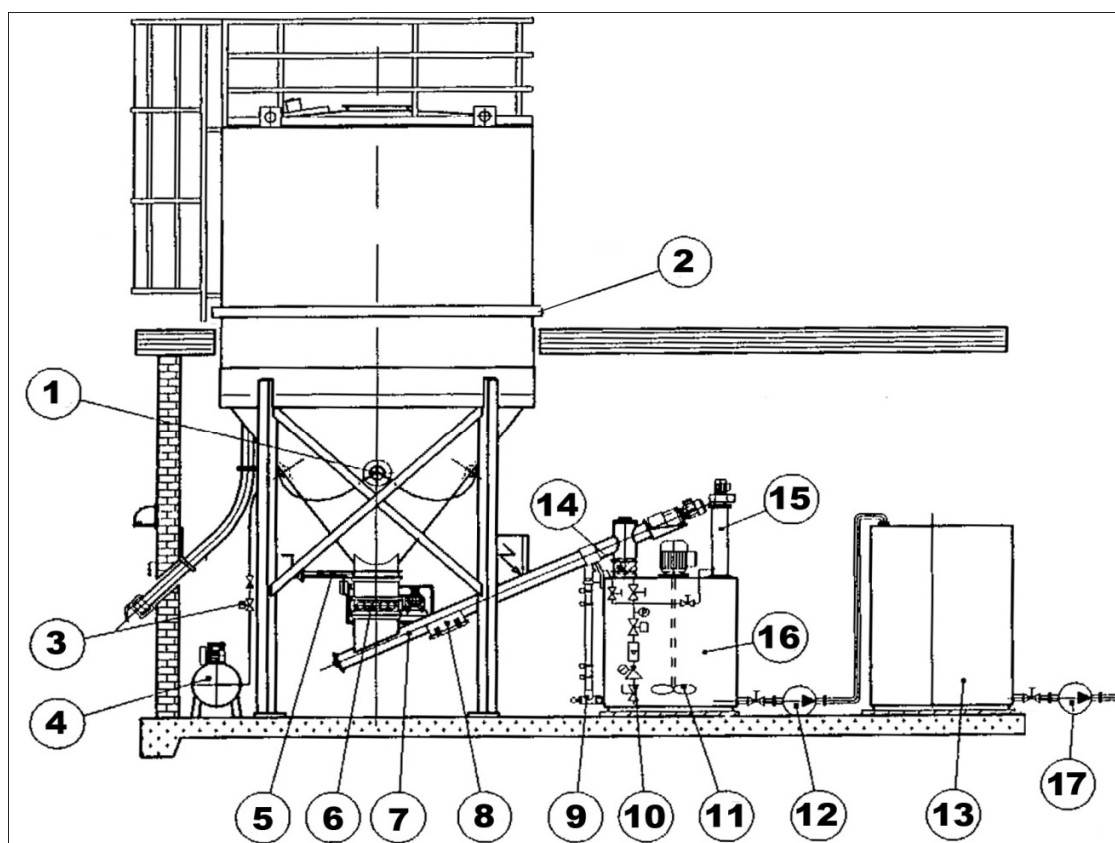


Figura 3.54. Schema stație de reactivi cu dozare uscată.

1. dispozitiv vibrat; 2. siloz stocare reactiv; 3. sistem pneumatic încărcare reactiv; 4. compresor; 5. vană de izolare; 6. dozator uscat; 7. transportor; 8. gură de vizitare; 9. sistem golire bazin de preparare; 10. sistem alimentare cu apă; 11. agitator; 12. pompă de transport; 13. bazin dozare; 14. sistem acces reactiv; 15. senzor de nivel; 16. bazin preparare soluție reactiv; 17. pompă dozatoare.

3.5.11.1.1 Dimensionare depozit reactiv uscat

Cantitatea necesară de reactiv se determină cu relația următoare:

$$M_{nec} = \frac{Q_c \cdot D_{med} \cdot T}{10^6} (tone) \quad (3.47)$$

în care:

M_{nec} – masa necesară de reactiv, în tone;

Q_c – debitul de calcul al stației de tratare, în m^3/zi ;

D_{med} – doza medie de reactiv, în g/m^3 ; se stabilește cf. studiului de tratabilitate;

T – durata de autonomie, în zile.

Volumul necesar de reactiv se determină cu relația următoare:

$$V_{nec} = \frac{M_{nec}}{\rho_{vrac}} (m^3) \quad (3.48)$$

în care:

M_{nec} – masa necesară de reactiv;

ρ_{vrac} – densitate în vrac a reactivului; ($\rho_{vrac} = 0,97 \text{ g/cm}^3$ pentru sulfatul de aluminiu granular);

Numărul de linii și implicit numărul de silozuri se adoptă min. 2.

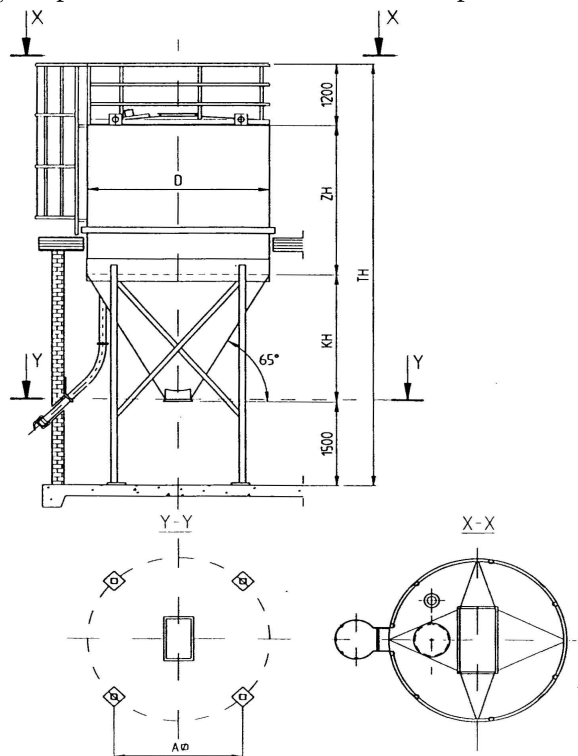


Figura 3.55. Detalii siloz stocare reactiv.

3.5.11.1.2 Dimensionare dozator uscat și transportor

Consumul orar maxim de reactiv se calculează:

$$C_{\text{orar}}^{\text{max}} = D_{\text{max}} \cdot Q_c \cdot 10^{-3} \text{ (kg/h)} \quad (3.49)$$

Volumul maxim orar de reactiv rezultă:

$$V_{\text{orar}}^{\text{max}} = \frac{C_{\text{orar}}^{\text{max}}}{\rho_{\text{vrac}}} \text{ (dm}^3\text{/h)} \quad (3.50)$$

Dozatorul uscat și transportorul vor fi prevăzute cu turație variabilă, pentru a asigura dozarea uscată a reactivului corespunzătoare unei capacități mai mari decât consumul orar maxim.

Figurile următoare prezintă exemple de dozator uscat și transportor reactiv granular sau pulverulent.

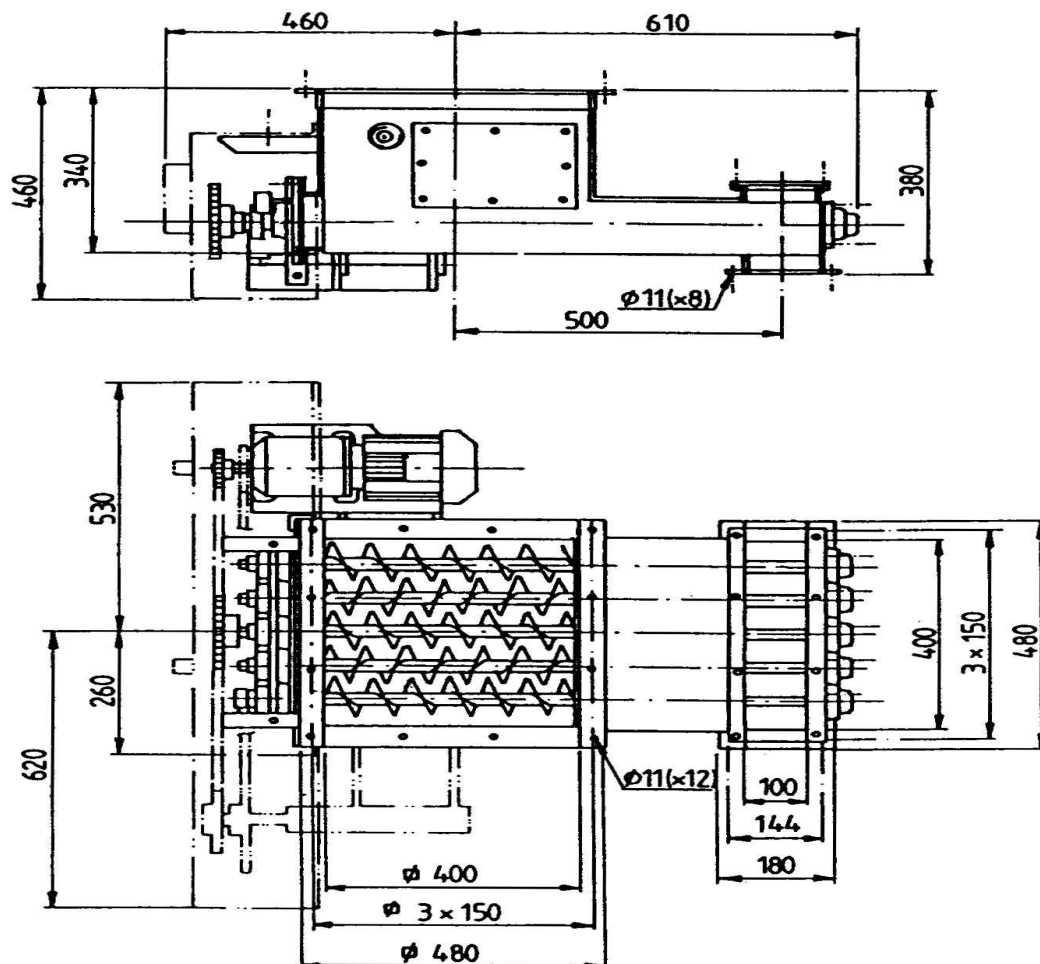


Figura 3.56. Exemplu dozator uscat.

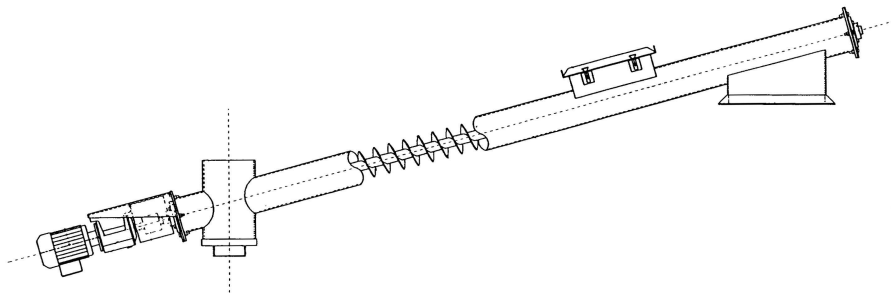


Figura 3.57. Transportor pentru reactiv solid.

3.5.11.1.3 Dimensionare bazine de preparare și dozare

Cantitatea orară maximă a soluției de reactiv cu concentrația „c” rezultă:

$$m_{max} = \frac{C_{orar}^{max}}{c} \cdot 100 \text{ (kg)} \quad (3.51)$$

Considerând densitatea soluției de reactiv corespunzătoare concentrației de preparare „ ρ_c ”, rezultă volumul maxim orar al soluției de reactiv:

$$V_{max}^c = \frac{m_{max}}{\rho_c} \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.52)$$

Volumul bazinului de preparare se adoptă în funcție de numărul de preparări zilnice considerate $n = 4 - 6$, duratele de autonomie pentru o șarjă de reactiv preparat variind după cum urmează:

- autonomia $T = 6$ ore pentru $n = 4$ preparări pe zi;
- autonomia $T = 4$ ore pentru $n = 6$ preparări pe zi.

Numărul de preparări zilnice se va adopta în funcție de tipul de reactiv și de stabilitatea soluției realizate precum și de mărimea bazinelor de preparare și dozare.

Figura 3.56 prezintă o imagine a unui bazin de preparare.

Pentru anumiți reactivi se poate realiza o diluare în două trepte, o treaptă în bazinul de preparare, respectiv o a doua treaptă în bazinul de dozare. În alte situații, când reactivul nu este necesar a fi diluat decât într-o singură treaptă, dozarea se poate realiza direct din bazinul de preparare.

Între bazinul de preparare și bazinul de dozare se intercalează o pompă de transport ai cărei parametrii principali se stabilesc în funcție de caracteristicile celor două bazine și de timpul în care se realizează transportul soluției dintr-un bazin în celălalt.

Bazinele de preparare și dozare vor fi prevăzute cu agitatoare pentru a preîntâmpina stratificarea soluției de reactiv.

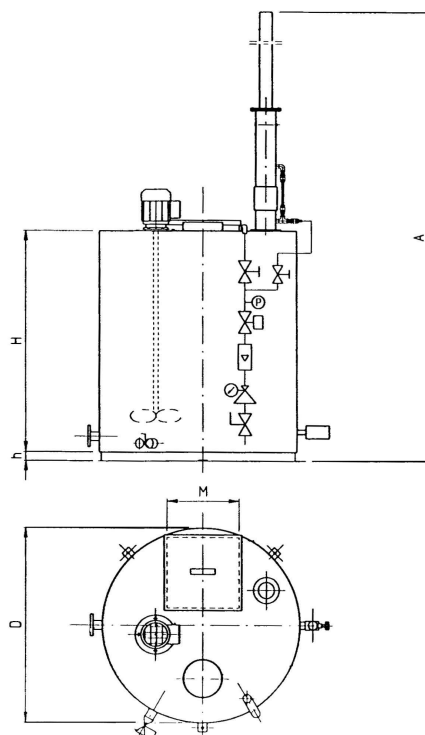


Figura 3.58. Schema unui bazin de preparare – dozare.

3.5.11.1.4 Pompe dozatoare

Debitele minime și maxime ale pompei dozatoare se calculează cu relația:

$$Q_{min} = \frac{Q_c \cdot D_{min}}{c \cdot \rho_c \cdot 10^6} \text{ (dm}^3/\text{h)} \quad (3.53)$$

$$Q_{max} = \frac{Q_c \cdot D_{max}}{c \cdot \rho_c \cdot 10^6} \text{ (dm}^3/\text{h)} \quad (3.54)$$

în care:

Q_c – debitul de calcul, în m^3/h ;

D_{min} – doza minimă de reactiv, în g/m^3 ;

D_{max} – doza maximă de reactiv, în g/m^3 ;

c – concentrația de preparare a soluției de reactiv (%);

ρ_c – densitatea soluției de reactiv, corespunzătoare concentrației de preparare.

Înălțimea de pompare pentru pompele dozatoare se stabilește în funcție de sistemul hidraulic între punctul de preparare al reactivului și punctul de injecție. Se vor selecta minim (1+1) pompe dozatoare.

3.5.11.2 Stații de reactivi cu stocare și dozare lichidă

Stația de reactivi cu stocare și dozare lichidă se compune din

- recipient stocare reactiv;
- bazin de preparare soluție reactiv;
- bazin de dozare soluție reactiv;
- Pompe dozatoare.

Figura următoare prezintă schema generală a unei stații de reactivi cu stocare și dozare lichidă a reactivilor.

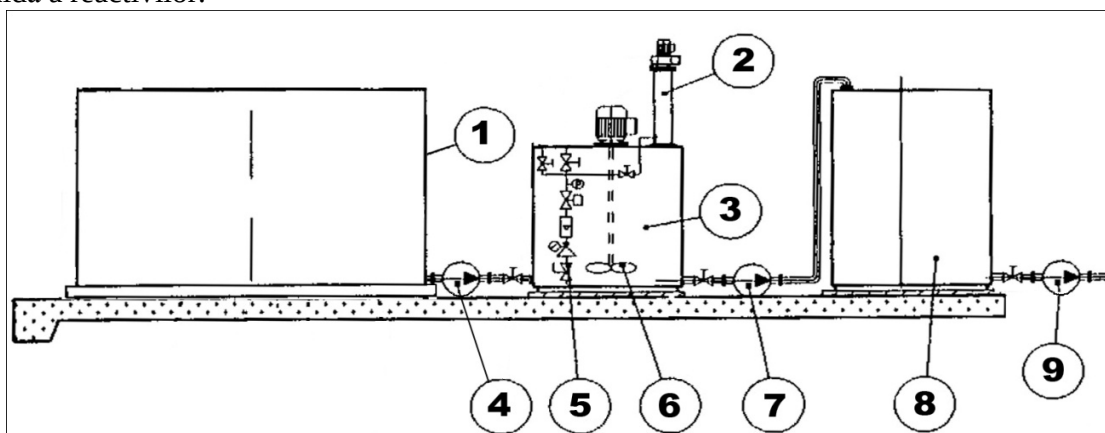


Figura 3.59. Schema stație de reactivi cu dozare lichidă.

1. recipient stocare reactiv lichid; 2. senzor de nivel; 3. bazin de preparare; 4. pompă de transport soluție concentrată; 5. sistem de apă de preparare; 6. agitator; 7. pompă transport soluție concentrată; 8. bazin dozare; 9. pompă dozatoare.

3.5.11.2.1 Dimensionare recipient de stocare reactiv

Cantitatea necesară de reactiv se determină cu relația următoare:

$$M_{nec} = \frac{Q_c \cdot D_{med} \cdot T}{10^6} \text{ (tone)} \quad (3.55)$$

în care:

M_{nec} – masa necesară de reactiv, în tone;

Q_c – debitul de calcul, în m^3/zi ;

D_{med} – doza medie de reactiv, în g/m^3 ;

T – durata de autonomie, în zile.

Volumul necesar de reactiv se determină cu relația următoare:

$$V_{nec} = \frac{M_{nec}}{\rho_{lichid}} \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.56)$$

în care:

M_{nec} – masa necesară de reactiv;

ρ_{lichid} – densitatea reactivului.

Numărul de linii și implicit numărul de recipiente se adoptă min. 2.

3.5.11.2.2 Dimensionare bazine de preparare și dozare

Cantitatea orară maximă a soluției de reactiv cu concentrația „c” rezultă:

$$m_{max} = \frac{C_{orar}^{max}}{c} \cdot 100 \text{ (kg)} \quad (3.57)$$

Considerând densitatea soluției de reactiv corespunzătoare concentrației de preparare „ ρ_c ”, rezultă volumul maxim orar al soluției de reactiv:

$$V_{max}^c = \frac{m_{max}}{\rho_c} \text{ (m}^3\text{)} \quad (3.58)$$

Volumul bazinului de preparare se adoptă în funcție de numărul de preparări zilnice considerate $n = 4 - 6$, duratele de autonomie pentru o șarjă de reactiv preparat variind după cum urmează:

– autonomia $T = 6$ ore pentru $n = 4$ preparări pe zi;

– autonomia $T = 4$ ore pentru $n = 6$ preparări pe zi.

Numărul de preparări zilnice se va adopta în funcție de tipul de reactiv și de stabilitatea soluției realizate precum și de mărimea bazinelor de preparare și dozare.

Pentru anumiți reactivi se poate realiza o diluare în două trepte, o treaptă în bazinul de preparare, respectiv o a doua treaptă în bazinul de dozare. În alte situații, când reactivul nu este necesar a fi diluat decât într-o singură treaptă, dozarea se poate realiza direct din bazinul de preparare.

Între bazinul de preparare și bazinul de dozare se intercalează o pompă de transport ai cărei parametrii principali se stabilesc în funcție de caracteristicile celor două bazine și de timpul în care se realizează transportul soluției dintr-un bazin în celălalt. Bazinele de preparare și dozare vor fi prevăzute cu agitatoare pentru a preîntâmpina stratificarea soluției de reactiv.

3.5.11.2.3 Pompe dozatoare

Debitele minime și maxime ale pompei dozatoare se calculează cu relația:

$$Q_{min} = \frac{Q_c \cdot D_{min}}{c \cdot \rho_c \cdot 10^6} \text{ (dm}^3\text{/h)} \quad (3.59)$$

$$Q_{max} = \frac{Q_c \cdot D_{max}}{c \cdot \rho_c \cdot 10^6} (dm^3/h) \quad (3.60)$$

în care:

Q_c – debitul de calcul, în m^3/h ;

D_{min} – doza minimă de reactiv, în g/m^3 ;

D_{max} – doza maximă de reactiv, în g/m^3 ;

c – concentrația de preparare a soluției de reactiv (%);

ρ_c – densitatea soluției de reactiv, corespunzătoare concentrației de preparare.

Înălțimea de pompare pentru pompele dozatoare se stabilește în funcție de sistemul hidraulic între punctul de preparare al reactivului și punctul de injecție.

Se vor selecta minim (1+1) pompe dozatoare.

3.5.11.3 Prepararea și dozarea polimerului

3.5.11.3.1 Considerente de proiectare

- Debitul total al apei brute: Q_c ;
- Doze polimer:
 - Doza minimă: $D_{min} = 0,05 \text{ mg/l}$;
 - Doza maximă: $D_{max} = 0,4 \text{ mg/l}$;
 - Doza medie: $D_{med} = 0,2 \text{ mg/l}$.
- Concentrația soluției de polimer: $c = 0,5 \%$;
- Densitatea soluției de polimer la $c = 0,5\%$ - $\rho_{0,5\%} = 1,0 \text{ g/cm}^3$.
- Tipul polimerului: anionic;
- Număr de linii: 1, având o capacitate de 100%.

3.5.11.3.2 Depozitarea stocului de polimer

Cantitatea necesară de polimer pentru o perioadă de 30 de zile la doza medie rezultă:

$$M_{med} = \frac{Q_c \cdot D_{med} \cdot T}{10^3} (kg) \quad (3.61)$$

Se va propune un depozit pentru 100 – 200 kg de polimer. Polimerul se va livra în pachete de câte 20 kg fiecare. Masa totală a polimerului rezultă:

$$M_{tot} = 100 - 200 \text{ kg} \quad (3.62)$$

Autonomia va fi:

- La doza maximă:

$$T_{min} = \frac{M_{tot} \cdot 10^3}{Q_c \cdot D_{max}} \geq 15 \text{ zile} \quad (3.63)$$

- La doza minimă:

$$T_{med} = \frac{M_{tot} \cdot 10^3}{Q_c \cdot D_{med}} \geq 30 \text{ zile} \quad (3.64)$$

3.5.11.3.3 Bazine de preparare și dozare

Cantitatea orară maximă a soluției de polimer de concentrație $c = 0,5 \%$ rezultă:

$$m_{max} = \frac{C_{polimer}^{max}}{c} \cdot 100 \text{ (kg)} \quad (3.65)$$

Considerând densitatea soluției de polimer $\rho_{0,5\%} = 1000 \text{ kg/m}^3$, rezultă volumul maxim orar al soluției de polimer:

$$V_{max}^{0,5\%} = \frac{m_{max}}{\rho} \text{ (dm}^3\text{)} \quad (3.66)$$

Timpul pentru maturarea soluției de polimer se consideră $T = 2 \text{ h}$. Va rezulta capacitatea minimă a bazinelor de preparare și dozare:

$$V_{min} = V_{max}^{0,5\%} \cdot 2 \text{ (dm}^3\text{)} \quad (3.67)$$

Se vor considera următoarele cicluri de preparare a polimerului pe zi:

- Număr minim de preparări: $n_{min} = 6$;
- Număr maxim de preparări: $n_{max} = 12$.

Volumul bazinelor de preparare și dozare va fi selectat pentru a acoperi timpul maxim între două preparări consecutive:

$$V_{max} = V_{min} \cdot 4 \text{ (dm}^3\text{)} \quad (3.68)$$

Autonomia la consumul minim de polimer rezultă:

- Cantitatea orară minimă de polimer rezultă:

$$m_{min} = \frac{C_{polimer}^{min}}{c} \cdot 100 \text{ (kg)} \quad (3.69)$$

- Volumul orar minim al soluției de polimer rezultă:

$$V_{min}^{0,5\%} = \frac{m_{min}}{\rho} \text{ (dm}^3\text{)} \quad (3.70)$$

- Autonomia soluției de polimer la doza minimă rezultă:

$$T = \frac{V_{max}}{V_{0,5\%}^{min}} (h) \quad (3.71)$$

Soluția de polimer este stabilă numai 24 de ore. Procesul va fi ajustat astfel încât să nu depășească această perioadă și autonomia maximă la doza minimă ar trebui să fie de 24 de ore.

Bazinele de preparare și dozare vor fi prevăzute cu agitatoare.

3.5.11.3.4 Pompe dozatoare

Debitul minim al pompei dozatoare va rezulta:

$$Q_{min} = \frac{Q_c \cdot D_{min}}{c \cdot \rho_{0,5\%} \cdot 10^6} (dm^3/h) \quad (3.72)$$

Debitul maxim al pompei dozatoare va rezulta:

$$Q_{min} = \frac{Q_c \cdot D_{min}}{c \cdot \rho_{0,5\%} \cdot 10^6} (dm^3/h) \quad (3.73)$$

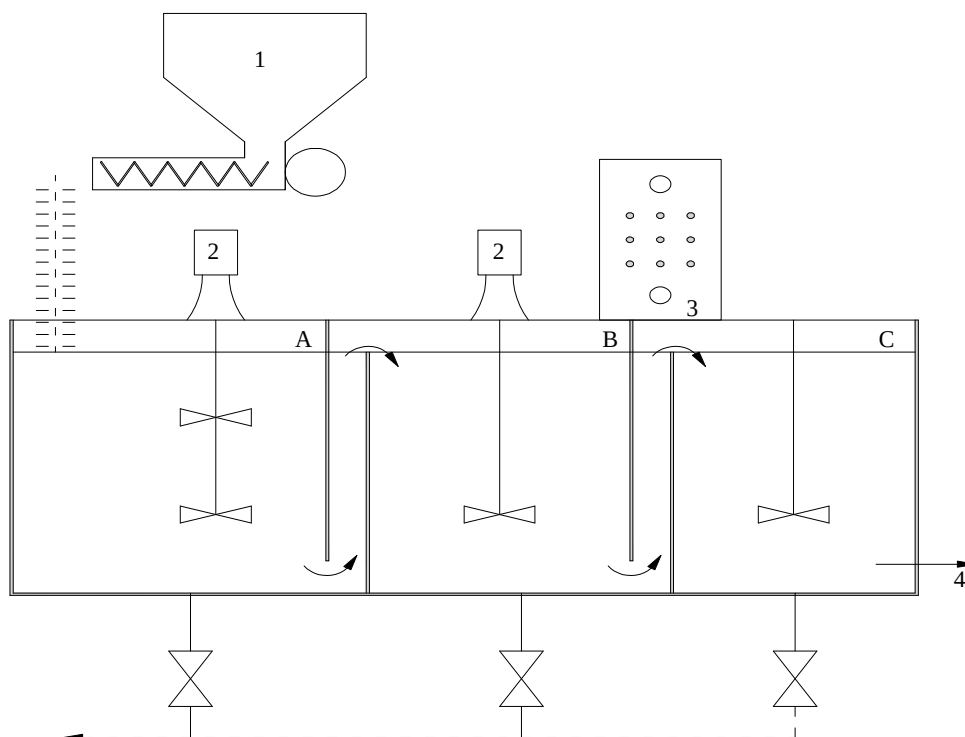


Figura 3.60. Sistem de preparare polimer pulbere.

A – recipient preparare; B – recipient maturare $t = 1 - 2$ ore; C – recipient dozare;

1. recipient dozare polimer pulbere; 2. agitator; 3. panou comandă – control; 4. alimentare pompă dozare.

3.5.11.4 Prepararea și dozarea cărbunelui activ pudră (CAP)

3.5.11.4.1 Considerente de proiectare

- Debitul total de apă brută: Q_c ;
- Doze PAC:
 - Doza minimă: $D_{\min} = 10 \text{ mg/l}$;
 - Doza maximă: $D_{\max} = 40 \text{ mg/l}$;
 - Doza medie: $D_{\text{med}} = 20 \text{ mg/l}$.
- Densitatea cărbunelui activ pudră: $\rho_{\text{vrac}} = 600 \text{ kg/m}^3$;
- Durata anuală medie pentru utilizarea cărbunelui activ pudră: $T_{\text{anual}} = 30 \text{ zile}$;
- Durata de autonomie: $T = 7 \text{ zile}$;
- Concentrația cărbunelui activ pudră în soluție: $c = 30 \text{ g/dm}^3$;
- Număr de linii: 1, având o capacitate de 100%.

3.5.11.4.2 Depozitul de cărbune activ pudră

Cantitatea necesară de cărbune activ pudră pentru o autonomie de 7 zile la doza medie:

$$M_{\text{nec}} = \frac{Q_c \cdot D_{\text{med}} \cdot T}{10^6} \text{ (tone)} \quad (3.74)$$

Autonomia va rezulta:

- La doza maximă:

$$T_{\min} = \frac{M_{\text{tot}} \cdot 10^3}{Q_c \cdot D_{\max}} \text{ (zile)} \quad (3.75)$$

- La doza minimă:

$$T_{\max} = \frac{M_{\text{tot}} \cdot 10^3}{Q_c \cdot D_{\min}} \text{ (zile)} \quad (3.76)$$

Consumul total mediu anual va fi:

$$M_{\text{anual}} = \frac{Q_c \cdot D_{\text{med}} \cdot T_{\text{anual}}}{10^6} \text{ (tone)} \quad (3.77)$$

Cărbunele activ pudră va fi depozitat în saci. Depozitul va fi prevăzut cu măsurile necesare de prevenire a incendiilor.

3.5.11.4.3 Alimentare și transport

Consumul orar maxim al cărbunelui activ pudră va rezulta:

$$C_{PAC}^{max} = D_{max} \cdot Q_c \cdot 10^{-3} \text{ (kg/h)} \quad (3.78)$$

Debitul maxim orar al cărbunelui activ pudră va rezulta:

$$V_{PAC}^{max} = \frac{C_{PAC}^{max}}{\rho_{vrac}} \text{ (dm}^3/\text{h)} \quad (3.79)$$

Conumul orar minim al cărbunelui activ pudră va rezulta:

$$C_{PAC}^{min} = D_{min} \cdot Q_c \cdot 10^{-3} \text{ (kg/h)} \quad (3.80)$$

Debitul minim orar al cărbunelui activ pudră va rezulta:

$$V_{PAC}^{min} = \frac{C_{PAC}^{min}}{\rho_{vrac}} \text{ (dm}^3/\text{h)} \quad (3.81)$$

3.5.11.4.4 Bazin de preparare și dozare

Volumul cărbunelui activ în soluție va rezulta:

30 g _____ 1,0 dm³ soluție

C_{PAC}^{max} _____ x

$$x = \frac{C_{PAC}^{max} \cdot 1,0}{30} \text{ (dm}^3\text{)} \quad (3.82)$$

3.5.11.4.5 Pompe dozatoare

Pentru debitul minim se va considera:

30 g _____ 1,0 dm³ soluție

C_{PAC}^{min} _____ x

$$Q_{min} = \frac{C_{PAC}^{min} \cdot 1,0}{30} \text{ (dm}^3/\text{h)} \quad (3.83)$$

Pentru debitul maxim se va considera:

30 g _____ 1,0 dm³ soluție

C_{PAC}^{max} _____ x

$$Q_{max} = \frac{C_{PAC}^{max} \cdot 1,0}{30} \text{ (dm}^3/\text{h)} \quad (3.84)$$

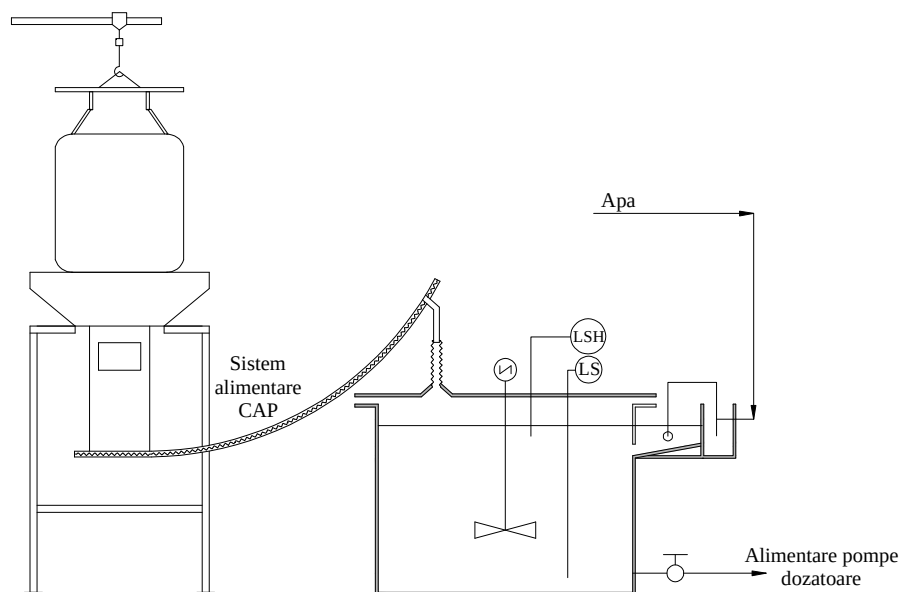


Figura 3.61. Sistem de preparare emulsie CAP.

3.5.11.5 Prepararea și dozarea apei de var

3.5.11.5.1 Considerente de proiectare

- Debitul total de apă brută: Q_C ;
- Doze CAP reactiv:
 - Doza minimă: $D_{\min} = 15 \text{ mg/l}$;
 - Doza maximă: $D_{\max} = 50 \text{ mg/l}$;
 - Doza medie: $D_{\text{med}} = 30 \text{ mg/l}$.
- Conținutul de Ca pentru pudra de var: $C_{Ca} = 65\%$;
- Densitatea varului vrac: $\rho_{VSP} = 650 \text{ kg/m}^3$;
- Concentrația apei de var: $C_{AV} = 0,2\%$ (saturație) ;
- Densitatea soluției apei de var: $\rho_{AV} = 1000 \text{ kg/m}^3$;

3.5.11.5.2 Siloz pentru var pulbere

Se va propune un siloz cu capacitatea: $V_{1 \text{ siloz}} (\text{m}^3)$.

Masa de var pulbere va rezulta:

$$M_{var} = \rho_{VSP} \cdot V_{1 \text{ siloz}} (\text{tone}) \quad (3.85)$$

Autonomia va rezulta:

$$T(zile) = \frac{M_{var} (kg) \cdot 1000}{Q (m^3/zi) \cdot D (g/m^3)} \quad (3.86)$$

Silozul va fi prevăzut cu sistem de presurizare pentru încărcare, filtre de praf și dispozitive de vibrație.

3.5.11.5.3 Alimentare și transport

Consumul orar maxim de var pulbere va rezulta:

$$C_{var}^{max} = D_{max} \cdot Q_c \cdot 10^{-3} (kg/h) \quad (3.87)$$

Volumul orar maxim de var pulbere va rezulta:

$$V_{var}^{max} = \frac{C_{var}^{max}}{\rho_{VSP}} (dm^3/h) \quad (3.88)$$

Conumul orar minim de var pulbere va rezulta:

$$C_{var}^{min} = D_{min} \cdot Q_c \cdot 10^{-3} (kg/h) \quad (3.89)$$

Volumul orar minim de var pulbere va rezulta:

$$V_{var}^{min} = \frac{C_{var}^{min}}{\rho_{VSP}} (dm^3/h) \quad (3.90)$$

3.5.11.5.4 Bazin preparare – dozare

Masa soluției de apă de var cu o concentrația de $C_{AV} = 0,2 \%$ va fi:

$$m_s = \frac{m_d}{c} \cdot 100 (kg) \quad (3.91)$$

Volumul orar al apei de var 0,2 % va rezulta:

$$V = \frac{m_s}{\rho_{AV}} (m^3) \quad (3.92)$$

Bazinul va avea mixere pentru dizolvarea eficientă a varului.

3.5.11.5.5 Pompe dozatoare

Debitul minim de apă de var va rezulta:

$$Q_{min} = \frac{Q \cdot D_{min}}{C_{AV} \cdot \rho_A \cdot 10^6} (dm^3/s) \quad (3.93)$$

Debitul maxim apă de var va rezulta:

$$Q_{max} = \frac{Q \cdot D_{max}}{C_{AV} \cdot \rho_A \cdot 10^6} (dm^3/s) \quad (3.94)$$

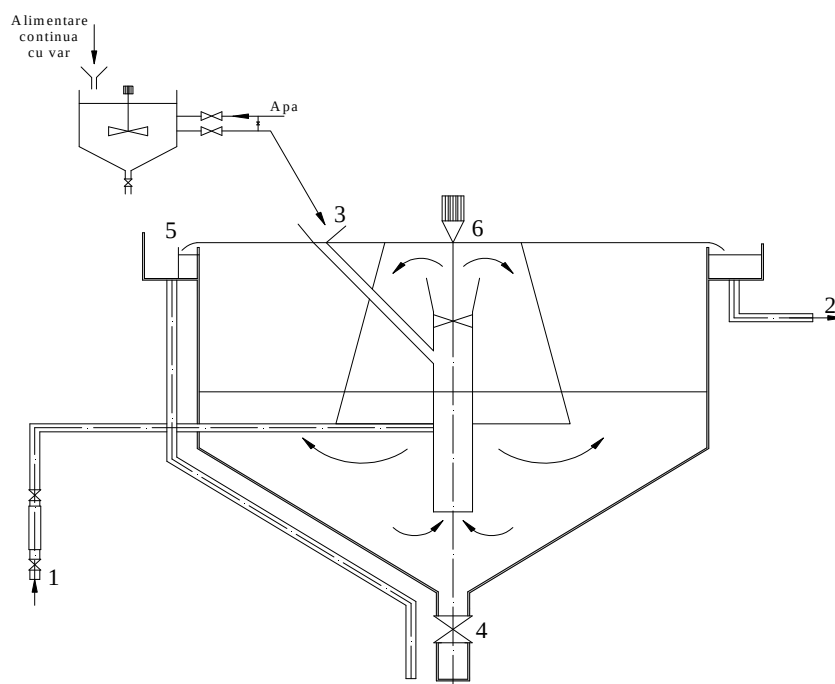


Figura 3.62. Preparare apă de var.

1. apă brută; 2. apă de var ($c < 0,03\%$); 3. lapte de var; 4. evacuare nămol (drenaj); 5. preaplin; 6. agitator.

3.5.11.6 Elemente generale privind realizarea stațiilor de reactivi

Construcția stației de reactivi este constituită din 2 compartimente funcționale:

- compartimentul recipientelor de stocare și pompe transvazare;
- compartimentul recipientelor de 1 zi, pompe dozatoare și panou comandă.

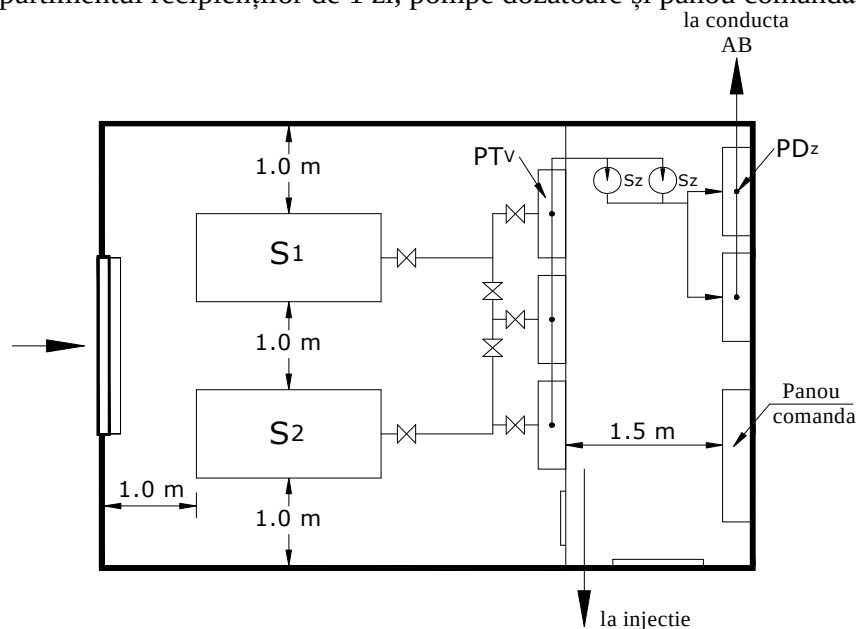


Figura 3.63. Configurația stației de reactivi.

S_i – recipiente stocare; PT_v – pompe transvazare; S_z – recipiente dozare zilnică; PD_z – pompe dozatoare.

Pompele dozatoare sunt cu diafragmă și piston (pompe volumice) și sunt montate pe perete.

Se vor adopta următoarele condiționări:

- minim 2 linii paralele cu funcționare independentă: stocare – pompă transvazare – recipient dozare – pompă dozatoare;
- se va asigura interconectarea hidraulică între cele două linii;
- se vor prevedea pompe dozatoare de rezervă;
- se vor prevedea spațiile de siguranță pentru accesul personalului la componentele stației de reactivi.

Elementele care trebuie luate în considerație pentru stocarea, diluarea și dozarea reactivilor sunt:

- starea reactivului: solid (granule, pudră), lichid, gaz;
- natura chimică în relație cu acțiunea corozivă și condițiile de conservare;
- metoda (sistemul) de stocare: silozuri, containere, saci (big – bag), paleți.

Condiții de stocare:

Proiectantul va respecta în totalitate prescripțiile cerute de fabricantul produsului livrat din punct de vedere al condițiilor de stocare.

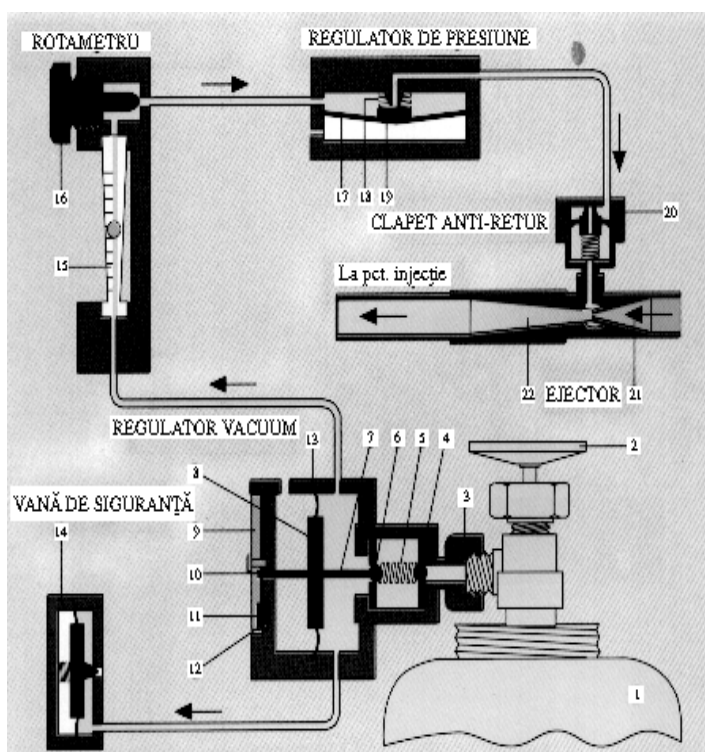
Planul de management al riscului

Prin proiectare se va elabora pentru fiecare tip de reactiv utilizat în stația de tratare un plan de management al riscului asociat.

Planul va cuprinde:

- inventarul riscurilor care pot apărea în fiecare proces de stocare, diluare, dozare la fiecare reactiv (coagulant, adjuvant de coagulare, CAP, Cl₂, polimeri);
- planul situațiilor neprevăzute; acesta trebuie să cuprindă: soluții și acțiuni în cazul poluărilor accidentale, soluții în situațiile scoaterii din funcțiune a unor sisteme sau componente, responsabilitățile personalului de operare și de laborator;
- un calendar precis cu date, responsabilități și raportări privind verificarea periodică a fiecărui sistem care stochează, prepară și dozează reactivi.

deschiderea clapetului anti-retur (20), vacuumul se propaga în regulatorul de presiune și rotametrul, către diafragma regulatorului de vacuum (13). La atingerea presiunii dorite, diafragma (13) determină deplasarea către dreapta a axului (7) care acționează asupra arcului (5) și implicit asupra sferei (6). Datorită presiunii existente în recipientul de clor (min. 2 bar), se realizează accesul clorului gazos în circuit. Volumul de clor introdus este determinat prin intermediul rotametrului (15). Fluctuațiile de presiune în circuitul de apă de preparare sunt amortizate de regulatorul de presiune, astfel încât debitul de clor gazos este în permanență constant. Prin introducerea apei de proces în hidrojector se realizează amestecul între clorul gazos și apa de proces, rezultând soluția care se injectează.



- 1.Recipient de clor;
- 2.Robinet pe recipient;
- 3.Conexiune la regulatorul de vacuum;
- 4.Sfera pentru păstrarea presiunii în recipient;
- 5.Arc;
- 6.Sfera vana acces clor;
- 7.Ax vana;
- 8.Disc cu diafragma;
- 9.Indicator de golire a recipientului;
- 10.Dispozitiv de reglare a indicatorului de golire;
- 11.Solenoid;
- 12.Contact pentru semnalizare la distanță;
- 13.Diafragma;
- 14.Vană de siguranță;
- 15.Rotametrul;
- 16.Robinet ajustare debit de clor;
- 17.Diafragma de control;
- 18.Arc de control;
- 19.Vană disc;
- 20.Clapet anti-retur hidrojector;
- 21, 22.Hidrojector.

Figura 3.65. Instalație de dozare a clorului în sistemele de vacuum.

3.5.12.1 Doze de clor

Dozele uzuale de clor pot varia de la 0.1 la 200 mg/l. În tabelul următor se prezintă dozele de clor recomandate în funcție de tipul procesului. Stabilirea cu precizie a dozei de clor rămâne o operație experimentală care se efectuează cu precizie în laborator, funcție de calitatea apei.

Tabelul 3.17. Doze de clor recomandate în funcție de tipul procesului.

Nr. crt	Tipul procesului	Doza recomandată (mg/l)
1	Îndepărtare microorganisme	0.1 – 0.5
2	Oxidare amoniac	8 ori cantitatea de amoniac
3	Oxidare fierului	0.64 ori cantitatea de fier
4	Oxidare manganului	1.3 ori cantitatea de mangan
5	Dezinfectare ape de piscine	1.0 – 3.0
6	Îndepărtare totală cianuri	8.5 ori cantitatea de cianuri
7	Apa de proces în industria alimentară	0.1 – 50.0
8	Dezinfectare rețele de distribuție	100 – 200

Stabilirea dozei de clor „in situ” se determină conform § 3.2.1.4.5.

Eficiența clorării depinde de modul de injectare al clorului în apa de tratat. În funcție de punctul în care se face injectia (conductă sau rezervor), de presiunea necesară, tipul de hidrojector care se va utiliza se alege conform tabelului următor.

Tabelul 3.18. Hidrojectoare utilizate, în funcție de presiunea în punctul de injectie.

Presiunea în punctul de injectie	Nulă	0 – 6 bar	0 – 9 bar		9 – 17 bar	
Tip punct de injectie	Gravitațional (rezervor, puț)	conductă	conductă		conductă	
Tip sondă	separată	solidarizată și extractibilă	solidarizată	solidarizată și izolabilă	solidarizată și izolabilă	solidarizată și extractibilă

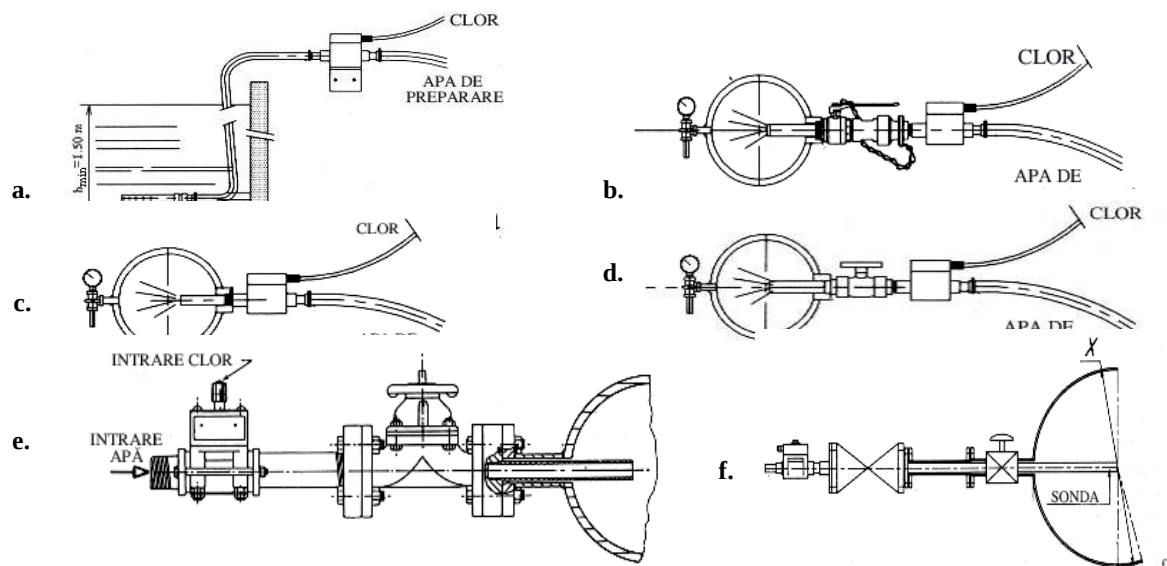


Figura 3.66. Sistem de injectie a clorului.

- a. Hidrojector cu sondă separată pentru injectie în puț sau rezervor; b. Hidrojector cu sondă extractibilă în sarcină și vană de izolare. c. Hidrojector cu sondă solidarizată, pentru injectie în conductă. d. Hidrojector cu sondă solidarizată și vană de izolare. e. Hidrojector pentru presiuni ridicate cu sondă solidarizată și vană de izolare. f. Hidrojector pentru presiuni ridicate cu sondă extractibilă în sarcină și vană de izolare.

Determinarea eficienței operațiunii de dezinfectare cu clor se poate realiza prin verificarea existenței unei doze reziduale, în funcție de necesitățile fiecărui sistem. Controlul clorului rezidual se face continuu, la o distanță de punctul de injecție care să asigure un timp de contact de minim 20 – 30 min. Reglajul dozei de clor se poate face în funcție de următorii parametrii:

- debitul de apă de tratat;
- clorul rezidual;
- debitul de apă de tratat și clorul rezidual (simultan).

Montajul instalației de dozare a clorului, în funcție de doza de clor care injectată, se poate face, conform indicațiilor din tabelul următor.

Tabelul 3.19. Condiții de montaj pentru dozatoare de clor.

Capacitatea	(g/h)	(kg/h)	(kg/h)
Debit de clor:			
– minim	1 - 200	0.2 – 0.5	1 – 10
– maxim	11 - 2500	4 - 10	20 - 200
Tip de montaj	pe butelie	pe recipient	pe perete

Siguranța stațiilor de dezinfectare cu clor va fi asigurată prin neutralizarea pierderilor accidentale de clor. Concepția modernă implică respectarea condițiilor obligatorii atât în proiectarea cât și exploatarea stațiilor de clor. Acestea sunt:

- prevederea de senzori de avertizare a prezenței clorului în aer, în toate încăperile;
- asigurarea unor rigole de colectare și scurgere a clorului către punctele de evacuare și neutralizare; rigolele se realizează pe suprafețe reprezentând min. 30% din suprafața depozitului de clor, pentru a permite transformarea clorului lichid în clor gazos (evaporarea); panta rigolei asigură scurgerea clorului gazos către gurile de evacuare;
- sistemul (gura) de evacuare a aerului din incintă trebuie să fie amplasată la maxim 12 cm deasupra pardoselii;
- capacitatea sistemului de evacuare a aerului trebuie să conducă la viteze specifice ale aerului la nivelul pardoselii, de 0.005 m/s, m²;
- evacuarea aerului cu clor se realizează în sistemul de neutralizare format din: turn de neutralizare cu inele PVC; sistem de introducere a soluției de neutralizare (în contrasens curentului de aer cu clor); sistem de evacuare a soluției de neutralizare la canalizare;

- depozitul de clor se menține în depresiune în mod permanent (min. 0.5 m col. H_2O), aerul extras fiind evacuat prin sistemul de neutralizare; la sesizarea creșterii concentrației de clor peste limita maxim admisibilă se declanșează pornirea pompei care introduce soluție neutralizantă în turn;
- sistemul de neutralizare trebuie proiectat să asigure reducerea concentrației de clor evacuată în atmosferă, la nivelul de 50% din concentrația maximă admisibilă.

În figura următoare se prezintă schemele caracteristice unei stații de clor, inclusiv depozit de recipiente de clor.

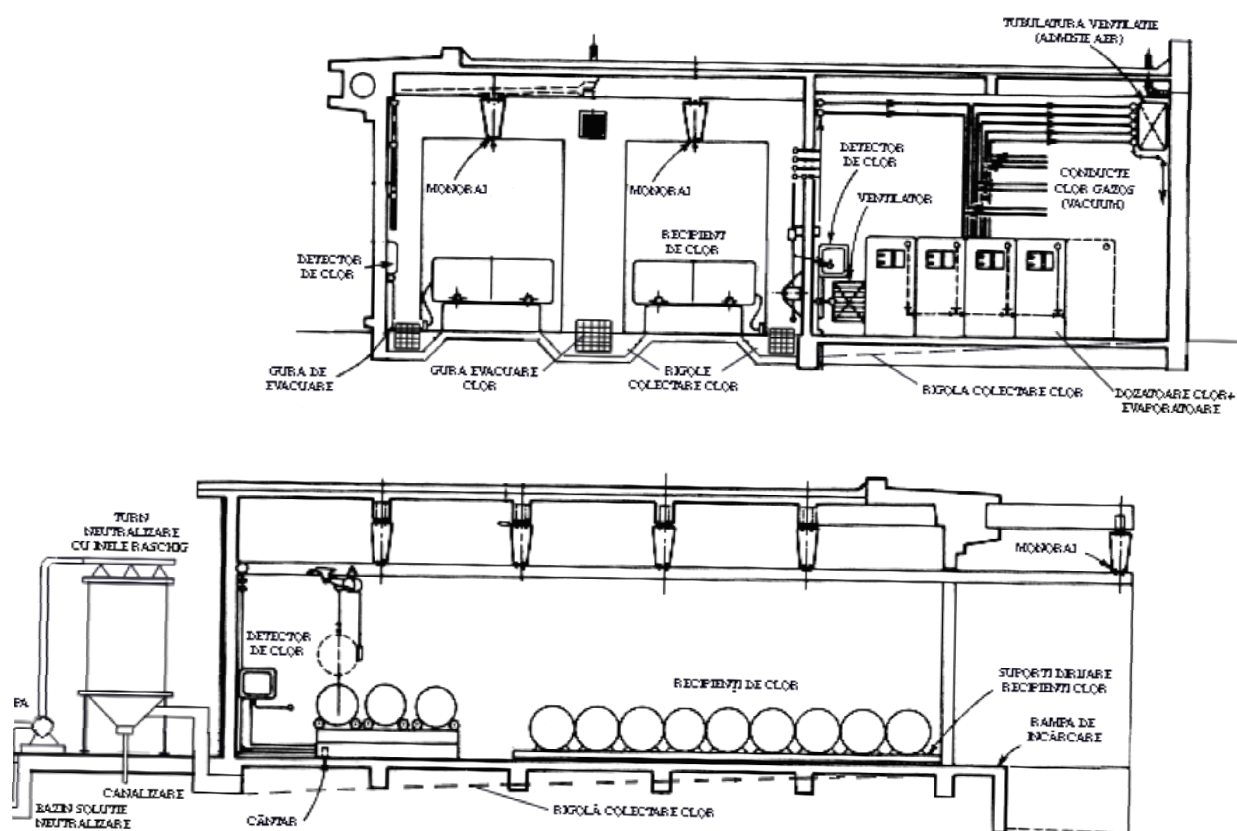


Figura 3.67. Secțiuni caracteristice printr-o stație de clor.

3.5.13 Recuperarea apelor tehnologice din stația de tratare

Apele tehnologice din stațiile de tratare sunt considerate:

- nămolurile evacuate din decantoare;
- apele rezultate de la spălarea filtrelor: rapide, de CAG, membrane.

Obiectiv: volumele de apă rezultate după tratarea apelor tehnologice se vor reintroduce în circuitul de apă brută al stației de tratare pentru reducerea cantităților de apă prelevate din surse.

Sistemul de recuperare a apelor tehnologice cuprinde:

3.5.13.1 Bazine-decantor

Bazinele-decantor sunt prevăzute pentru recuperarea apelor tehnologice, minim 2 unități (cuve) având fiecare capacitatea:

$$V = Q \left[\frac{c_{AB} - c_{AD}}{c \cdot \gamma_N} + 0,06 \cdot A_{1F} \cdot (i_1^{max} \cdot t_{s1} + i_2^{max} \cdot t_{s2}) \right] \quad (m^3) \quad (3.95)$$

unde:

V – volumul pentru bazinul de recuperare ape tehnologice, în m³;

c_{AB}, c_{AD} – concentrația în suspensii pentru apa brută, apa decantată în kg s.u./m³;

c – concentrația în s.u. a nămolului din decantoare (0,03 - 0,05);

γ_N – greutatea specifică a nămolului (1050 - 1100 daN/m³);

A_{1F} – suprafața unei cuve de filtru, în m²;

i₁^{max}, i₂^{max} – intensitățile maxime de spălare în faza I, II, în dm³/s m²;

t_{s1}, t_{s2} – timpi de spălare în faza I, a II^a a cuvelor;

0,06 – factor transformare unități.

Bazinele-decantor vor fi de tip predecantoare verticale (§ 3.5.1.5 capitolul 3) dimensionate pentru încercări i_H determinate experimental „în situ” în perioada probelor tehnologice ale stației de tratare. Timpul de sedimentare se va stabili pe baza sistemului adoptat pentru spălarea cuvelor (în general 1 spălare/zi); acesta se va încadra între 3-4 ore.

Se va colecta supernatantul din bazinele-decantor și se va acumula într-un bazin de unde va fi reintrodus prin pompare în circuitul primar de apă brută al stației de tratare. Proiectantul în acord cu operatorul stației de tratare va întocmi un plan tehnic pentru:

- perioadele și timpii de evacuare a nămolului din decantoare;
- perioadele de spălare a cuvelor de filtre.

Se va realiza un calcul de compensare orară a volumelor de apă considerând recuperarea continuă a volumelor de supernatant sub formă de ape recuperate; debitele maxime care se vor reintroduce în AB sub formă de ape recuperate nu vor depăși 3% din valorile instantanee.

3.5.13.2 Nămolul reținut în bazinele decantor

Se va realiza un sistem de concentrare - deshidratare a nămolurilor reținute în bazinele-decantor.

Instalația va cuprinde:

- 1) concentratoare gravitaționale în care se va realiza condiționarea nămolurilor.

Dimensionarea concentratoarelor va lua în considerație:

- încărcări 40 – 150 kg s.u./m² zi;
- polimer 0,2 – 0,5 t polimer/t s.u.;
- var pentru corecția pH-ului 10% din s.u.

Dozele de reactivi și încărcările vor fi stabilite „in situ” de laboratul de proces al stației de tratare pe baza concentrației în suspensii a apei brute, apei decantate, caracteristicile de calitate ale apei (pH, t°C, alcalinitate)

- 2) sistem de deshidratare nămoluri concentrate

Stația se va dota cu două centrifuge cu tambur pentru solide, în contracurent. Fiecare centrifugă va fi dimensionată la 50% din debitele de nămol care urmează să fie deshidratat.

Laboratorul de proces al stației pe baza unui plan întocmit de proiectant va stabili:

- tipul de polimer compatibil cu nămolul produs funcție de caracteristicile sursei de apă;
- efectuarea testelor pilot pentru optimizarea operării instalației de deshidratare;
- conținutul de SU în turtele de nămol stabilit prin avizele de mediu și gospodărirea apelor.

Nămolurile deshidrate se vor încadra la o umiditate de $w = 65\text{--}75\%$ funcție de modul de depozitare/utilizare a acestora stabilit în cadrul studiului de impact.

4. Rezervoare

4.1 Rolul rezervoarelor în sistemul de alimentare cu apă

În sistemul de alimentare cu apă rezervoarele sunt prevăzute pentru:

- creșterea siguranței în funcționare deoarece rezervorul are un volum de apă imediat lângă localitate;
- dimensionarea rațională a sistemului de alimentare cu apă; până la rezervor toate lucrările se dimensionează la debitul $Q_{zi \max}$ iar după rezervor lucrările se dimensionează la $Q_{o \max}$;
- înmagazinarea unei rezerve de apă (brută, tratată sau potabilă) necesară pentru satisfacerea nevoilor utilizatorilor;
- pentru asigurarea compensării orare și zilnice în aglomerații umane;
- combaterea incendiului;
- asigurarea volumelor de apă necesare funcționării sistemului de alimentare cu apă (spălare filtre, reactoare dezinfectant; spălare conducte).

Tipul de rezervor se va adopta în funcție de calitatea apei și alcătuirea sistemului:

- rezervoare deschise pentru apă brută sau parțial tratată (rezervă de incendiu, rezervă de avarie pentru cazul poluării sursei);
- rezervoare închise (etanșe) pentru apă tratată sau apă potabilă.

4.1.1 Clasificarea rezervoarelor

- După poziția față de sol:
 - rezervoare la sol: îngropate; parțial îngropate;
 - rezervoare supraterane numite și castele de apă.
- După forma constructivă: rezervoare cilindrice; rezervoare paralelipipedice; rezervoare tronconice; rezervoare de forme speciale.
- După legătura cu alte construcții:
 - rezervoare independente;
 - rezervoare incluse în structura altor construcții (stații de filtrare, deferizare, clorinare).
- După poziția în schema sistemului de alimentare cu apă (figura 4.1):
 - rezervoare de trecere (amplasate între sursă și rețeaua de distribuție);

- rezervoare de capăt sau contra-rezervoare (amplasate la capătul aval al unei rețele);
- un sistem complex de alimentare cu apă poate avea și rezervoare și contra-rezervoare.
- După poziția față de rețeaua de distribuție:
 - rezervor cu alimentare gravitațională a rețelei (total sau parțial);
 - rezervor cu alimentarea rețelei prin pompare.

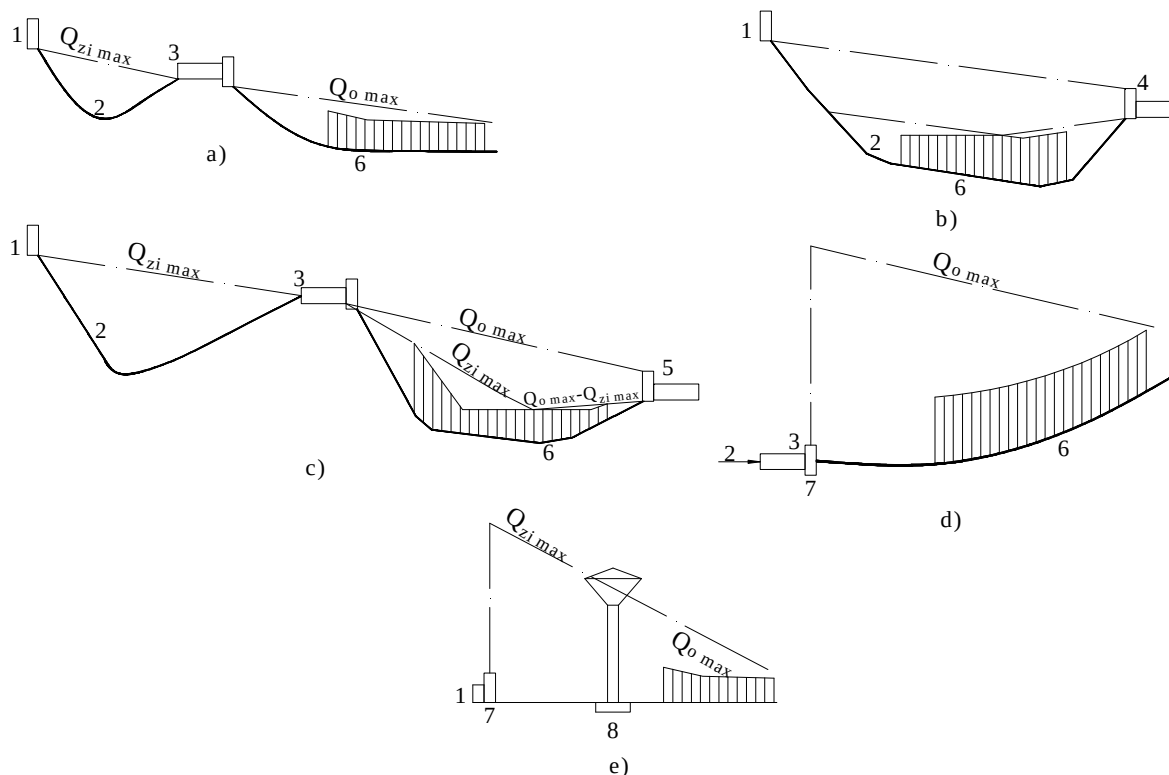


Figura 4.1. Amplasamente caracteristice pentru rezervoare.

- a. cu rezervor de trecere; b. cu rezervor de capăt (contrarezervor); c. cu rezervor de trecere și contrarezervor;
 d. cu rezervor cu pompare în rețea; e. rezervor suprateran (castel de apă);
 1. captare – tratare; 2. aducțiune; 3. rezervor de trecere; 4, 5. rezervor de capăt; 6. rețea de distribuție;
 7. stație de pompare în rețea; 8. castel de apă.

4.1.2 Amplasarea rezervoarelor

În funcție de configurația terenului în amplasamentul utilizatorului de apă rezervoarele pot fi amplasate:

- în extravilan dacă există cote în apropierea localității care să asigure gravitațional presiunea disponibilă la utilizatori; legătura aducțiune -rezervor – rețea distribuție apă potabilă va fi dublă în cazul lucrărilor importante;

- în intravilan în spațiile care pot asigura zona de protecție sanitară conform HG 930/2005; rezervorul va fi pe sol cu pomparea apei în rețea sau va fi de tip castel de apă.

Alegerea amplasamentului rezervoarelor de apă se va face pe baza unui calcul tehnico – economic în cadrul configurației sistemului de alimentare cu apă; vor fi luate în considerație:

- asigurarea gravitațională a presiunii în rețea pentru cât mai mulți consumatori; în rețea prin pompare directă din rezervor pentru toată rețeaua sau numai zone din rețea; în toate cazurile vor fi determinate costurile de investiție, consumul energetic și siguranța în funcționare;
- condițiile de stabilitate și rezistență a solului în zona amplasamentului;
- disponibilitatea terenului în zona de amplasare;
- la rezervoarele pentru apă potabilă spațiul pentru asigurarea zonei de protecție sanitară conform HG 930/2005 precum și starea mediului din zonă: rezervorul este singura construcție cu nivel liber pe fluxul de apă potabilă;
- încadrarea în PUG – ul și PUZ – ul amplasamentului deservit.

Alegerea amplasamentului rezervoarelor trebuie să țină seama și de următoarele aspecte:

- la rezervoarele cu alimentare gravitațională a rețelei cota radierului rezervorului se alege astfel încât în rețea presiunea maximă să fi 60 m col. H₂O și se calculează cu relația:

$$C_R = C_c + H_b + h_e, (m) \quad (4.1)$$

în care:

C_R – cota radierului rezervorului, în m d.N.M.N;

C_c – cota topografică la branșamentul consumatorului luat în calcul, în m;

H_b – presiunea necesară la branșamentul consumatorului luat în calcul, în m col. H₂O ;

h_e – pierderea de sarcină pe circuitul rezervor – branșament luat în considerare, în m.

Pierderea de sarcină h_e se poate aprecia cu relația:

$$h_e = i_{med} \sum l, (m) \quad (4.2)$$

în care:

Σl – suma lungimii tronsoanelor de rețea pe circuitul cel mai scurt între rezervor și consumator (măsurată pe conducta de legătură rezervor – rețea și apoi măsurată pe traseul străzilor până la secțiunea consumatorului luat în calcul), în m;

i_{med} – panta hidraulică medie, apreciată în etapa de predimensionare în domeniul 0,003 – 0,008 (limitele corespund valorilor vitezelor economice de curgere prin conductele rețelei de distribuție);

Vor fi luate în considerare secțiuni în rețea care:

- se află la distanță mare de rezervor (h_e mare);
- se află pe cote înalte (C_c mare);
- are presiunea la branșament mare (H_b) din cauză că este o locuință tip bloc sau o construcție publică unde se prevăd hidranți interiori.

Atunci când rezervorul este de cotă joasă și din el apa se pompează în rețea, cota rezervorului C_R poate fi considerată ca o cotă fictivă corespunzătoare cotei piezometrice de pompare, figura 4.2 b).

- amplasamentul și concepția rezervorului trebuie să permită extinderi viitoare;
- trebuie evitată amplasarea rezervoarelor în zone cu terenuri instabile sau cu capacitate portantă redusă, mlăștinoase, cu apă agresivă față de betoane, cu apă subterană având nivelul deasupra radierului rezervorului sau inundabile, pe versanți cu pante abrupte;
- zona de amplasare trebuie să fie ușor accesibilă și protejată de influențe dăunătoare sub aspect sanitar;

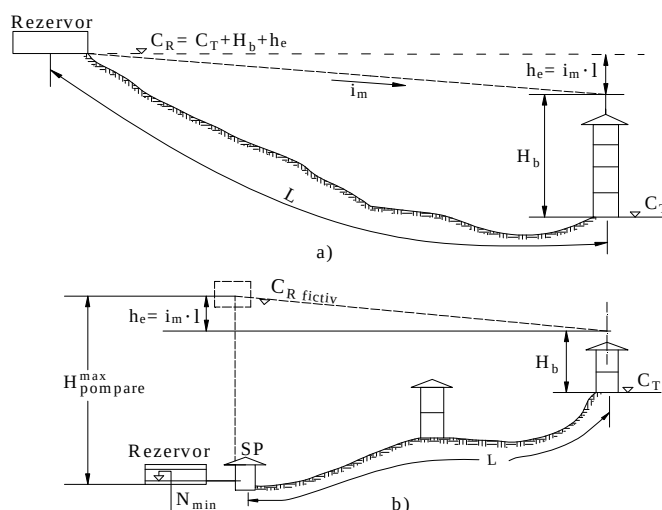


Figura 4.2. Elemente de calcul a cotei rezervorului.

a. alimentare gravitațională a rețelei; b. alimentarea rețelei prin pompare directă.

Se va asigura păstrarea distanțelor minime de protecție sanitară pentru rezervoarele de apă potabilă.

Conform HG 930/2005 se recomandă păstrarea următoarelor distanțe minime de protecție sanitară măsurate de la pereții exteriori ai rezervorului:

- 10 m până la gardul de protecție;
- 20 m față de locuințe și drumuri;
- 50 m față de clădiri și instalații industriale;
- în situații speciale (rețele de canalizare, stații de epurare, depozite reziduri industriale, industrii poluante) vor fi efectuate studii speciale pentru estimarea riscului și combaterea eventualelor influențe negative asupra rezervoarelor.

4.2 Proiectarea construcțiilor de înmagazinare a apei

4.2.1 Capacitatea rezervoarelor

Determinarea volumului rezervorului se va face astfel:

$$V_{rez} = V_{comp} + V_{inc} + V_{av} , (m^3) \quad (4.3)$$

în care:

V_{rez} – volumul total al rezervorului, m^3 ;

V_{comp} – volumul de compensare, m^3 ;

V_{inc} – volumul rezervei de incendiu, m^3 ;

V_{av} – volumul rezervei necesare în caz de avarii la sursă sau la alte obiecte pe circuitul apei în amonte de rezervor, m^3 ;

În conformitate cu legea 98/1994 volumul total al rezervorului trebuie să fie de minim 50% din consumul zilnic maxim ($Q_{max\ zi}$).

4.2.1.1 Volumul de compensare (V_{comp})

Acesta se determină analitic sau grafic, prin metoda diferențelor dintre debitele orare de alimentare a rezervorului și debitele orare consumate din rezervor, în procente din debitul maxim zilnic; calculul se efectuează pentru alimentare/consum orar pentru o zi sau alimentare/consum zilnic pentru o săptămână. Este rațional să fie cunoscută curba de consum.

- cazul compensării orare pentru o zi, volumul de compensare se calculează (tabel 4.1) astfel:

$$V_{comp} = \frac{|a| + |b|}{100} \cdot Q_{zi\ max} , \quad (m^3) \quad (4.4)$$

unde:

a și b reprezintă cea mai mare valoare a diferenței maxime pozitive și negative dintre alimentare și consum;

Tabel 4.1. Calculul volumului de compensare a rezervoarelor prin metoda diferențelor orare.

Ora	Alimentare		Consum		Diferențe	
	Valori orare	Valori cumulate (A)	Valori orare	Valori cumulate (C)	A – C (+)	A – C (-)
					(2) – (4)	(2) – (4)
0	1	2	3	4	5	7

Deoarece la un sistem nou de alimentare cu apă nu este cunoscut programul de consum al apei (curba de consum), STAS 4165/1988 prevede pentru calculul volumului de compensare un coeficient $|a + b|$ care variază în funcție de mărimea centrului populat, conform tabelului următor:

Tabel 4.2. Valorile coeficientului a .

Număr de locuitori n , mii	$n < 5$	$5 \leq n < 10$	$10 \leq n < 20$	$20 \leq n < 50$	$50 \leq n < 100$	$100 \leq n < 300$
a	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20

Se recomandă ca alimentarea rezervoarelor să se facă uniform cu un debit egal pe perioada celor 24 h sau în fiecare zi din săptămână; în acest mod toate obiectele amonte de rezervor vor lucra la parametrii constanți.

Stabilirea elementelor de variație a consumului orar sau zilnic se va efectua:

- pe baza anexei 2 din SR 1343-1/2006;
- prin estimare pe baze statistice prin comparație cu aglomerații similare;
- prin determinări și măsurători “in situ” pe sisteme existente echivalente.

Proiectantul va efectua calculul volumului de compensare luând în considerație:

- alimentarea uniformă zilnică a rezervoarelor;
- variația zilnică a consumului pentru o săptămână – 7 zile; de regulă consumul maxim de apă este la începutul weekendului (vineri seara-sâmbătă dimineața); consumul minim apare duminică după-amiaza.

Pe această bază se vor putea asigura:

- acumularea unor cantități de apă în zilele de lucru (luni – vineri) și în perioadele de consum minim;
- asigurarea consumurilor mari în perioadele de vârf din weekend.

Calculul volumului de compensare săptămânal se impune să se bazeze pe date certe privind cerința și necesarul de apă în zilele de lucru și zilele de weekend ale săptămânii. Aceasta se poate realiza după funcționarea sistemului în regim stabil.

4.2.1.2 Volumul de avarie (V_{av})

Se determină în funcție de lungimea și materialul conductei de aducțiune, stabilitatea și siguranța terenului de execuție a aducțiunii, siguranța în funcționare a stațiilor de pompare, importanța obiectivului de alimentat, astfel:

$$V_{av} = Q_{min} \cdot (T_{av} - T_i) - Q_a \cdot T_{av}, \quad (m^3) \quad (4.5)$$

în care:

Q_{min} – debitul minim, în m^3/h , necesar pentru funcționarea sistemului de alimentare cu apă pe durata avariei (pentru localități se consideră $60 \div 80\%$ din debitul zilnic maxim); procentul va fi cu atât mai mare cu cât localitatea este mai mare;

T_{av} – durata maximă, în ore, de remediere a unei avarii pe circuitul amonte de rezervor ($12 \div 18$ ore pentru conducte cu diametrul peste 800 mm, $6 \div 12$ ore în celelalte cazuri) sau cel de scoatere din funcțiune a stației de pompare (timpul admis pentru întreruperea cu energie electrică a stației de pompare este de 6 ore pentru localități cu mai puțin de 10 000 locuitori, de 4 ore pentru localități de 10 000 – 50 000 locuitori, de 2 ore pentru localități cu 50 000 – 100 000 locuitori, zero la localități cu peste 100 000 locuitori).

T_i – timpul maxim, în ore, în care se admite întreruperea completă a alimentării cu apă a localității (pentru orașe cu mai mult de 100 000 locuitori, $T_i = 0$);

Q_a – debitul, în m^3/h , care poate fi obținut de la alte surse considerate că funcționează la capacitatea maximă.

La stabilirea volumului rezervei în caz de avarii trebuie să se analizeze, în cadrul schemei sistemului de alimentare cu apă, din punct de vedere tehnico – economic, posibilitatea de

reducere a acestuia prin cooperare cu alte sisteme de alimentare cu apă, prin prevederea unei surse de rezervă sau a unei aducțiuni duble.

Modul de folosire a apei din rezervor este influențat de pierderea de apă din rețeaua de distribuție. Pentru a se putea conta pe volumul de avarie ar trebui ca acesta să fie protejat.

4.2.1.3 Rezerva intangibilă de incendiu (V_i)

Se stabilește în funcție de necesarul de apă pentru combaterea efectivă a incendiului (apă distribuită în caz de nevoie prin hidranții interiori (Q_{ii}), exteriori (Q_{ie}) și instalațiile speciale de stins incendiul (Q_{is}) în timpii normați (T_i , T_e , T_s pentru toate incendiile simultane (n)), și necesarul de apă pentru consum ($Q_{s \text{ orar maxim}}$) la folosință pe durata stingerii incendiului (T_e) cu relația 2.5 (SR 1343-1/2006). Dacă în unele cazuri va fi nevoie de mai multă apă aceasta va fi dată în măsura în care va exista apă în rezervor sau de la sursă (în rezerva de avarie).

$$V_i = 0,6 \sum_1^n Q_{ii} \cdot T_i + 3,6 \sum_1^n Q_{ie} \cdot T_e + 3,6 \sum_1^n Q_{is} \cdot T_s + a \cdot Q_{s \text{ orar maxim}} \cdot T_e \quad (m^3) \quad (4.6)$$

în care:

V_i – volumul rezervei intangibile, în m^3 ;

n – numărul de incendii teoretic simultane din localitate;

Q_{ii} – debitul maxim necesar pentru combaterea celui mai mare incendiu folosind hidranții interiori, în l/s;

T_i – timpul teoretic de funcționare al hidranților interiori, în minute, (10 minute);

Q_{ie} – debitul asigurat prin hidranții exteriori pentru combaterea unui incendiu, în l/s;

T_e – timpul teoretic de funcționare a hidranților exteriori, în ore;

Q_{is} – debitul pentru stingerea incendiului cu ajutorul instalațiilor speciale, a căror durată de funcționare este T_s (ore) se stabilește conform SR EN 14466+A1/2008, în l/s;

$Q_{s \text{ orar maxim}}$ – debitul maxim orar al zonei sau localității unde se combate incendiul;

Coeficientul “a” are valoarea 0,7 pentru rețele de joasă presiune ($p \geq 7$ m col. H_2O când stingerea se face cu ajutorul motopompelor formațiilor de pompieri) și valoarea $a = 1$ pentru rețelele de înaltă presiune (combaterea incendiului se poate face direct de la hidrantul exterior).

a. Volumul rezervei intangibile de incendiu va fi calculat pentru volumul de stingere a tuturor incendiilor teoretic simultane la care se adaugă un volum de apă necesar celorlalți consumatori pe durata stingerii focului.

b.Păstrarea rezervei se va face prin instalații hidraulice adecvate și prin sisteme automate de control a nivelului apei.

c.Refacerea rezervei de incendiu se va face în 24 ore.

d.Rezerva de apă se va păstra integral în toate cuvele rezervoarelor; când rezervorul are o singură cuvă și aceasta intră în reparație (se asigură alimentarea prin by – pass direct din aducțiune), și se adoptă măsuri speciale pe perioada redusă la minimum; se impune asigurarea apei pentru stingerea incendiului din alte surse.

e.Când presiunea în rețea se asigură prin pompare:

- pompele vor avea alimentare dublă cu energie electrică;
- vor exista pompe speciale pentru incendiu.

Volumul total al rezervoarelor obținut prin însumarea volumelor calculate se rotunjește la capacitatea standardizată imediat superioară: 25; 50; 100; 250; 300; 400; 500; 750; 1 000; 1 500; 2 000; 2 500; 5 000; 7 500; 10 000 m³). Pentru capacități mai mari de 10 000 m³ volumele vor crește cu rata de 1 000 m³.

4.2.2 Configurația plană a rezervoarelor pe sol

Pentru complexul rezervoarelor de înmagazinare se prevăd în general două cuve și în spațiul dintre acestea sau adiacent se construiește camera instalațiilor hidraulice.

Forma circulară sau dreptunghiulară a cuvei purtătoare de apă se stabilește:

- prin calcul tehnico – economic: volum beton armat minim/m³ apă înmagazinată;
- pe baza materialului de construcție: metal, beton armat sau beton armat precomprimat; pentru fiecare material există o formă optimă corelată și cu adâncimea de apă; aceasta crește pentru metal și beton armat precomprimat;

În figura 4.3 se indică configurația generală a rezervoarelor având cuve cilindrice sau rectangulare.

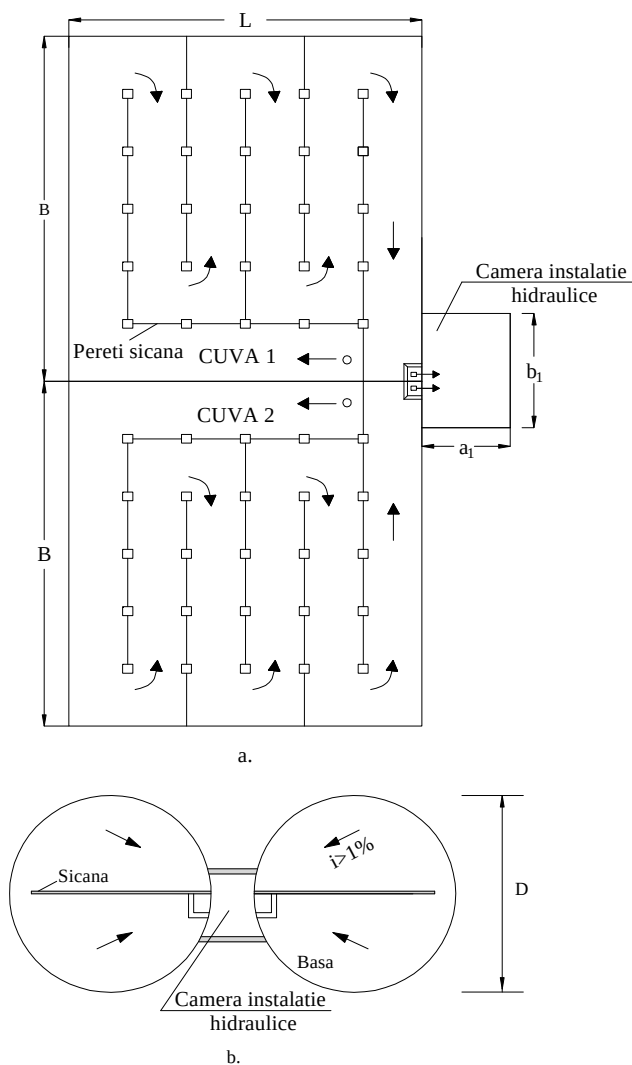


Figura 4.3. Configurația generală în plan a rezervoarelor.
a. rezervoare cu două cuve rectangulare; b. rezervoare cu două cuve cilindrice.

4.2.3 Elementele constructive și tehnologice pentru siguranța rezervoarelor

Problema prioritară a rezervoarelor constă în: asigurarea calității apei prin crearea condițiilor pentru conservarea și eliminarea totală a riscului de poluare.

4.2.3.1 Izolarea rezervoarelor

Se vor adopta măsuri constructive pentru:

- asigurarea izolației cuvelor purtătoare de apă împotriva infiltrațiilor și/sau exfiltrațiilor;
- prevederea izolației termice a cuvelor rezervoarelor;

- sisteme pentru eliminarea zonelor de apă stagnată astfel încât durata maximă de staționare a apei în rezervoare să fie sub 7 zile; perioada se referă la ape clorinate în amonte de rezervor sau în rezervor;
 - asigurarea ventilației naturale a cuvelor rezervoarelor prin prevederea sistemelor care să permită aspirația/evacuarea aerului datorită variației nivelului apei în cuve;
 - asigurarea accesului personalului de operare în cuve pentru spălarea periodică a acestora și inspecție.
- a. La interiorul rezervoarelor, pereții și radierul se prevăd cu tencuială hidrofugă, executată conform prescripțiilor tehnice specifice. În cazul rezervoarelor realizate din elemente prefabricate asamblate prin precomprimare, precum și la rezervoarele pentru apă industrială, tencuiala hidrofugă la pereți poate fi suprimată sau înlocuită cu alte protecții hidrofuge, care să nu modifice calitatea apei.
 - b. În cazul în care dezinfectarea apei cu clor gazos se face în rezervor sau imediat în amonte de acesta, în proiect trebuie să se prevadă măsuri pentru protecția anticorozivă a acoperișului rezervorului, avizate din punct de vedere sanitar.

4.2.3.2 Instalația hidraulică a rezervoarelor

În figura 4.4 se indică configurația generală a instalației hidraulice pentru rezervoare formate din două cuve de volum egal.

Instalația hidraulică a unei cuve (figura 4.5) se compune din:

- a. Conductă de alimentare, cu diametrul egal cu cel al conductei de aducțiune. Legătura la fiecare cuvă este prevăzută cu o vană de închidere; la rezervoarele alimentate prin pompare se va prevedea dispozitiv de închidere automată, pentru a reduce pierderile de apă în cazul umplerii rezervorului.
- b. Conductă de preaplin, cu diametrul cel puțin egal cu cel al conductei de alimentare.

La descărcarea conductelor de preaplin și golire trebuie luate măsuri pentru ca să nu se aducă prejudicii terenurilor și obiectivelor din zonă și să se elimine total curgerea în sens invers.

La rezervoarele de apă potabilă nu se admite descărcarea directă a conductelor de preaplin și golire în canalizări de ape uzate. Conductele de descărcare se prevăd la capetele aval cu sită cu ochiuri de 1 cm.

- c. Conductă pentru prelevarea apei din rezervor, diametrul se dimensionează la debitul maxim orar, pentru o viteză de curgere de 0,8 – 1,5 m/s. La această conductă se leagă, printr-un racord special, blocat cu vană sigilată (accesibilă direct sau cu dispozitiv de comandă de la distanță), sorbul de plecare a apei pentru incendiu. Dimensiunea racordului se adoptă egală cu a conductei de plecare. La sisteme de alimentare în care debitul de incendiu este mai mare de 20 l/s legătura rezervor – rețea va fi dublă.
- d. Conductă de golire definitivă, cu diametrul ales constructiv de 100 – 300 mm. Această conductă trebuie să asigure golirea rezervorului (plin) în 6 ... 8 ore. Se amplasează la cel mult 100 mm de radierul bazei.
- e. Pentru o siguranță suplimentară între conducta de alimentare a rezervorului și conducta de prelevare a apei, se realizează o conductă de legătura (by – pass), prevăzută cu o vană permanent închisă. În cazuri accidentale, când ambele cuve ale rezervorului sunt scoase din funcțiune, se deschide această vană și se închid vanele de pe alimentarea și plecarea din rezervor – rezervorul fiind ocolit (by – passat); legătura poate fi realizată în camera instalației hidraulice sau în exterior; această legătură este obligatorie când rezervorul are o singură cuvă.
- f. Instalația hidraulică va fi gândită pentru fiecare caz în parte.
- g. Aparatură de măsură și control – orice rezervor trebuie să fie dotat cu următoarele dispozitive:
 - sistem de măsurare on – line a nivelului apei în cuvele rezervorului;
 - sonde multiparametrice pentru măsurarea on – line a pH – ului, t°C, conductivității, clorului rezidual pentru apa prelevată din rezervor.
- h. Instalație de spălare a rezervoarelor – toate rezervoarele cu volume mari (peste 5 000 m³) vor fi prevăzute cu dotări care să permită spălarea periodică (1 – 2 ori/an) și evacuarea apei de spălare. Evacuarea apei de spălare și dezinfectare într-un receptor natural se va face cu respectarea condițiilor NTPA 001/2002.

4.2.3.3 Instalațiile de iluminat și semnalizare

Pentru iluminarea în camera instalațiilor hidraulice și în rezervoare trebuie să se prevadă prize și lămpi portative cu cablu flexibil la tensiuni nepericuloase.

În camera instalațiilor hidraulice trebuie prevăzut sistem de iluminare de siguranță.

4.2.3.4 Instalațiile de ventilație

- a. Rezervoarele îngropate se prevăd cu coșuri de ventilație, care trebuie ridicate cu 0,80 m deasupra pământului de umplutură și prevăzute la partea superioară cu căciuli și site de protecție, având ochiuri de maximum 1 mm.

Secțiunea transversală a coșurilor de ventilație ale unui rezervor trebuie să fie min. 0,10% din suprafața oglinzii apei.

La acoperișuri făcute din prefabricate este preferabil ca ventilația să se facă prin pereți, cu ajustări adecvate.

- b. Ventilația rezervoarelor parțial îngropate se poate face:

- prin coșuri de ventilație conform punctului a;
- prin ferestre prevăzute în pereții construcției de susținere centrală a acoperișului, în cazul rezervoarelor realizate cu acest sistem constructiv.

Ferestrele se prevăd cu site de protecție având ochiurile de maximum 1 mm.

4.2.3.5 Etanșeitatea rezervoarelor

Pentru a se realiza un rezervor etanș trebuie adoptate măsuri constructive și tehnice pentru:

- alegerea mărcii și compoziției betonului utilizat la rezervoare;
- adoptarea soluțiilor corecte pentru punerea în operă și întreținerea betonului post-turnare;
- realizarea gradului de impermeabilitate cerut prin proiect.

4.2.3.6 Verificarea etanșeității rezervoarelor

Proba de verificare a etanșeității rezervoarelor se efectuează înaintea executării tencuiei hirofuge, a izolării termice la pereți și a umpluturilor de pământ în jurul rezervoarelor, după cum urmează:

- după 28 – 60 zile de la terminarea turnării betonului pentru rezervoarele executate din beton armat;
- după 15 – 60 zile de la terminarea injectării canalelor la rezervoarele precomprimate, cu fascicule înglobate;

Înainte de umplerea rezervorului cu apă se verifică toate instalațiile hidraulice și se reglează piesele de trecere a conductelor prin pereți, astfel încât să nu fie posibile pierderi de apă care să influențeze rezultatele probei de etanșeitate.

Etanșeitatea rezervorului se verifică prin umplerea acestuia până la nivelul corespunzător înălțimii utile, după care se păstrează plin timp de zece zile.

În acest interval se fac verificări zilnice ale instalațiilor hidraulice și pieselor de trecere în vederea depistării și eliminării eventualelor pierderi de apă.

Dacă în intervalul respectiv se constată pierderi de apă la exteriorul pereților, rezervorul se golește pentru efectuarea remedierilor, după care proba se repetă în condițiile de mai sus.

Etanșeitatea rezervorului se consideră corespunzătoare dacă după 10 zile pierderea de apă nu depășește $0,25 \text{ l/zi/m}^2$ suprafață udată (după ce se scad pierderile prin evaporare).

În cazul rezervoarelor îngropate în terenuri sensibile la umezire nu se admit nici un fel de pierderi.

4.3 Dezinfectarea rezervoarelor de apă potabilă

Rezervoarele trebuie să fie spălate și dezinfectate înainte dării lor în exploatare.

Dezinfectarea se face sub controlul organelor sanitare.

Spălarea și dezinfectarea rezervoarelor se face după cum urmează:

- suprafața interioară a rezervorului se curăță manual sub jet de apă, apoi rezervorul, camera vanelor și conductele se spală cu apă potabilă;
- rezervorul și conductele se umplu și se mențin pline cu apă potabilă cu un conținut de minimum $20 \text{ g clor activ/m}^3$ timp de 24 h, după care rezervorul se golește; apa evacuată se neutralizează;
- după golire, rezervorul și conductele se reumple numai cu apă potabilă și se fac analize bacteriologice.

Ciclul umplere – probe – golire se repetă până când la trei probe consecutive se obțin la analizele bacteriologice rezultate corespunzătoare.

Rezervorul se dă în funcțiune numai cu avizul organelor sanitare.

4.4 Castele de apă

4.4.1 Rolul castelurilor de apă în sistemul de alimentare cu apă

Castelele de apă se prevăd:

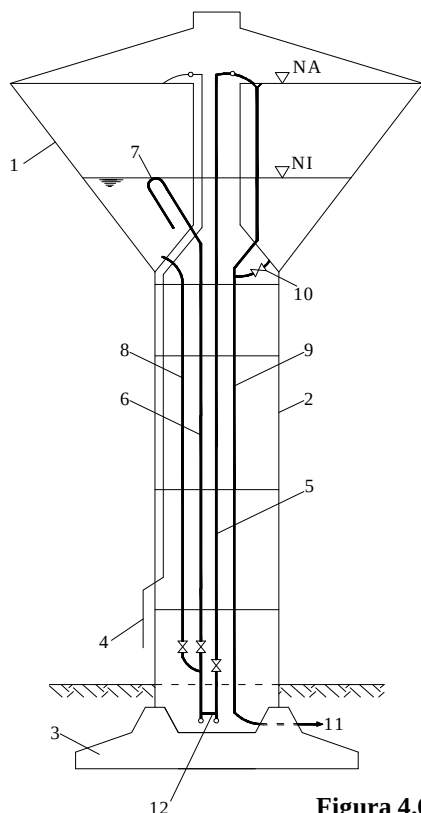
- pentru unități industriale care solicită o rezervă de apă amplasată la înălțime pentru caz de avarii tehnologice
- pentru clădiri izolate dezvoltate pe înălțime la care amplasarea cuvei castelului se încorporează în clădire.

4.4.2 Elementele constructive și tehnologice ale castelurilor de apă

În figura 4.6 este prezentată schema unui castel de apă cu instalațiile aferente.

Castelul se compune din cuva (rezervorul) 1, turnul de susținere a cuvei (cilindric) 2 și fundația (inelară) 3.

Construcția cuvei de apă reprezintă partea cea mai dificilă a castelurilor, deoarece trebuie să întrunească atât calități de rezistență, stabilitate cât și de etanșeitate. De aceea, în funcție de materialul de construcție (beton simplu, beton armat, beton precomprimat, zidărie de cărămidă, lemn, metal) și de mărime, cuva se poate alcătui de diverse forme.



1. cuvă tronconică;
 2. turn cilindric;
 3. fundație inelară;
 4. indicator de nivel cu miră;
 5. conductă de alimentare cu robinet cu plutitor;
 6. conductă de plecare la consum curent;
 7. orificiu pentru dezamorsare sifon;
 8. conductă de plecare pentru incendiu;
 9. preaplin;
 10. conductă de golire cuvă;
 11. conductă de golire preaplin;
 12. conductă de legătură alimentare de consum cu vana închisă;
- NA – nivel apă;
NI – nivel apă pentru rezerva de incendiu.

Figura 4.6. Castel de apă din beton armat.

Formele posibile ale cuvelor sunt prezentate în figura 4.7.

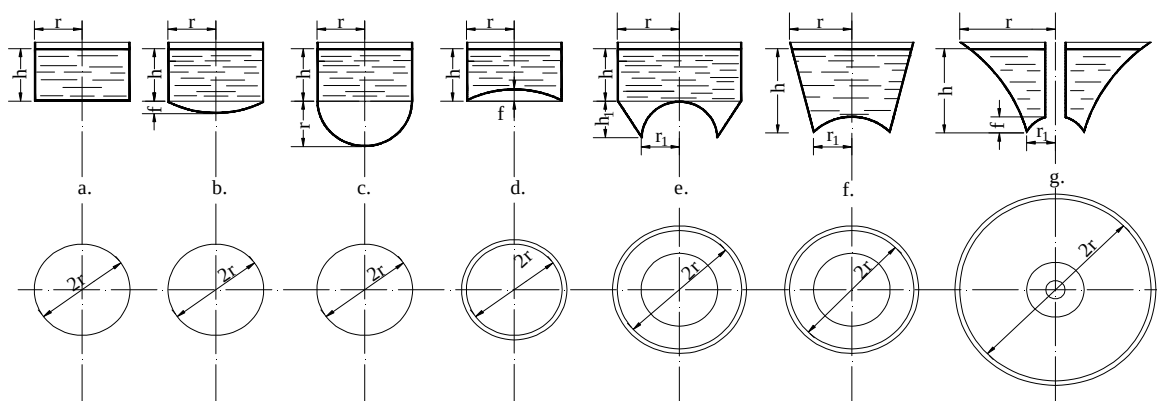


Figura 4.7. Principalele forme ale cuvei castelelor de apă.

a. cuvă cilindrică cu fund plan (volum mic); b, c. cuve cilindrice cu fundul calotă sferică cu concavitatea în sus, executată din oțel; d, e. cuve cilindrice cu fundul calotă sferică cu concavitatea în jos (material – beton armat c – $V < 500 \text{ m}^3$, d – $V < 1\,000 \text{ m}^3$); f, g. cuve tronconice cu generatoarea linie dreaptă sau hiperbolică și fundul calotă sferică cu concavitatea în jos ($V > 1\,000 \text{ m}^3$).

Pentru urmărirea nivelului apei din cuvă se montează un dispozitiv cu plutitor, cablu, indicator și miră. Se mai pot folosi și sisteme de control pentru nivelul apei, care comunică variația nivelului apei și la distanță (de exemplu, la stația de pompare) și care pot comanda printr-un releu electric pornirea sau oprirea pompelor.

Turnul are planșee intermediare, scară de acces până la planșeul de manevră a vanelor de sub cuvă și are înglobate în peretele turnului plăci de rotalit pentru asigurarea iluminatului în turn. Prin tubul situat în axul cuvei, cu o scară, se poate ajunge la partea superioară a cuvei și la spațiul de circulație din jurul cuvei castelului de lățimea 0,65 ... 0,75 m.

4.4.3 Izolarea castelelor de apă

Izolarea termică a cuvei castelului rezultă dintr-un calcul termic pentru temperaturile din timpul iernii. Izolația termică poate să lipsească la castelele care primesc apa din surse subterane și la castelele de apă cu capacitate mai mare (peste 500 m^3).

4.4.4 Instalația hidraulică a castelelor de apă

Instalația castelului de apă cuprinde:

- conducta de alimentare cu robinet cu plutitor 5;
- conducta de plecare a apei la consum curent cu o dispunere în cuvă sub formă de sifon pentru păstrarea rezervei intangibile pentru incendiu 6;

- orificiu pentru dezamorsarea sifonului conductei de plecare a apei 7;
- conductă de plecare a apei pentru incendiu 8;
- conductă preaplin 9;
- conductă de golire cuvă 10;
- conductă de golire preaplin (fără vană) 11;
- conductă de legătură alimentare – consum (cu vană închisă în mod curent) 12, pentru eliminarea castelului din circuitul apei în caz de necesitate.

4.4.5 Instalațiile de iluminat și semnalizare

Construcția castelelor de apă este prevăzută cu iluminare de balizaj pentru noapte și instalație de paratrăsnet cu cablu de coborâre și priză de pământ.

4.4.6 Complex rezervor subteran – castel de apă

Din cauza limitării volumelor cuvelor castelelor de apă ($< 2\,000\text{ m}^3$) se poate introduce în schema unui sistem de alimentare cu apă și dispoziția prezentată în figura 4.8 (rezervor la sol – stație de pompare – castel).

Această dispoziție are avantajul că asigură simultan și volumele necesare pentru înmagazinare și presiunea necesară rețelei de distribuție prin funcționarea în comun prin intermediul stației de pompare.

În castel se înmagazinează o parte din volumul de compensare și volumul rezervei de incendiu iar în rezervorul la sol restul volumelor cerute de funcționarea în sistem a unui unic rezervor (figura 4.8).

Stația de pompare care face legătura rezervor – castel trebuie să aibă un program care să alimenteze corespunzător castelul.

Pentru siguranța în exploatare, stația de pompare trebuie să aibă pompe de rezervă și alimentare cu energie electrică din două surse distincte.

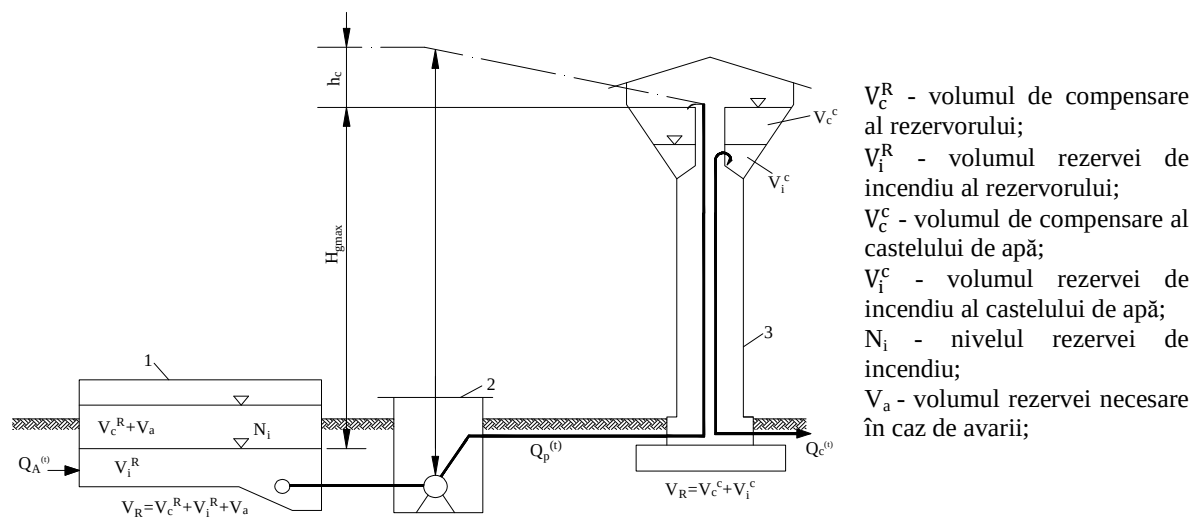


Figura 4.8. Schema de înmagazinare cu rezervor la sol și castel de apă.

1. rezervor la sol; 2. stație de pompare; 3. castel de apă.

5. Rețele de distribuție

5.1 Tipuri de rețele

5.1.1 Clasificare după configurația în plan a conductelor care formează rețeaua:

- rețea inelară (figura 5.1.a) – specifică localităților mari;
- rețea mixtă (figura 5.1.b) – specifică localităților mari și localităților mici;
- rețea ramificată (figura 5.1.c) – specifică localităților mici.

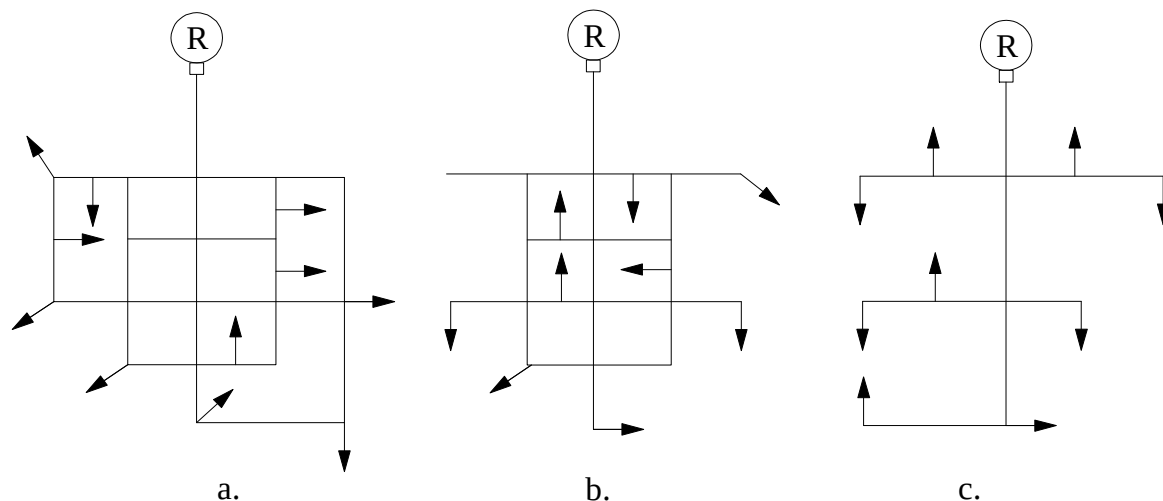


Figura 5.1. Scheme de rețele de distribuție.
a. rețea inelară; b. rețea mixtă; c. rețea ramificată.

5.1.2 Clasificare după schema tehnologică de alimentare a rețelei:

- rețea alimentată gravitațional, prin rezervor de trecere (figura 5.2.a);
- rețea alimentată gravitațional prin rezervor de trecere alimentat prin pompare (figura 5.2.b);
- rețea alimentată prin pompare (figura 5.2.c);
- rețea alimentată prin pompare și contrarezervor (figura 5.2.d).

5.1.3 Clasificare după presiunea asigurată în rețea în timpul incendiului:

- rețea de înaltă presiune – asigură debitul de incendiu și presiunea de funcționare a tuturor hidranților exteriori de combatere a incendiului;
- rețea de joasă presiune este rețeaua de distribuție care asigură presiunea de funcționare H_b la branșament, iar în caz de incendiu 7 m col.H₂O la hidranții exteriori.

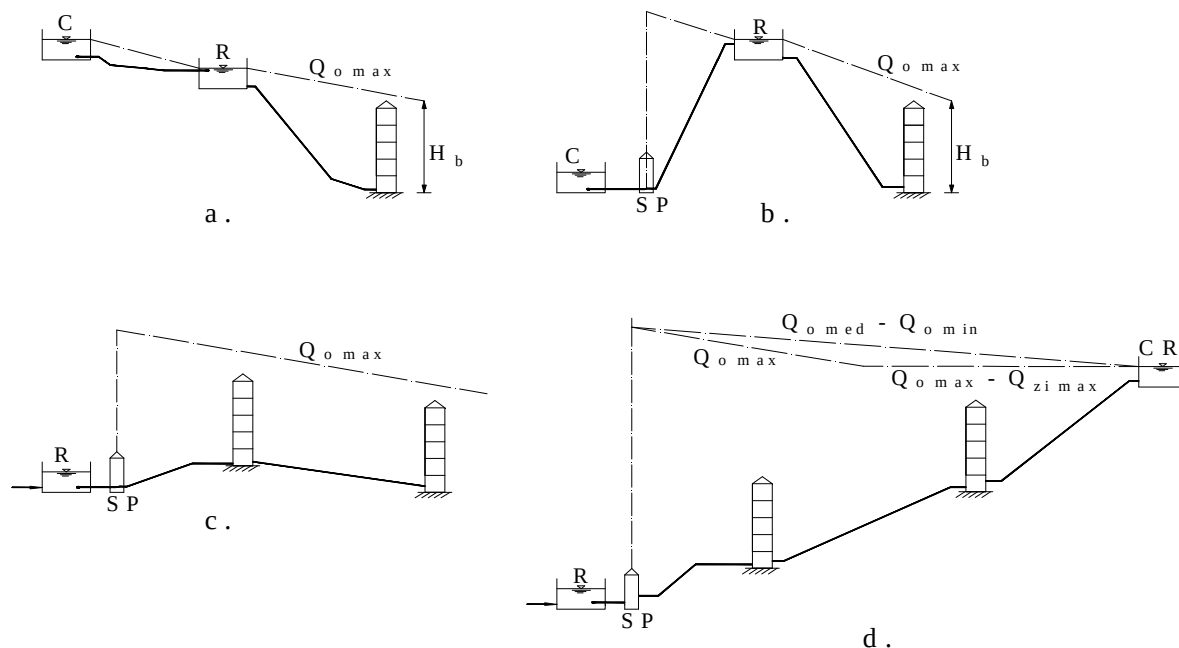


Figura 5.2. Scheme tehnologice de funcționare a rețelei de distribuție.

a. alimentare gravitațională cu rezervor de trecere; b. alimentare gravitațională cu rezervor de trecere alimentat prin pompare; c. alimentare prin pompare; d. alimentare prin pompare, cu contrarezervor.

5.1.4 Clasificare după valoarea presiunii:

- rețea unică alimentată din același rezervor, când presiunea statică nu depășește 60 m col. H₂O (figura 5.3 a);
- rețea cu zone de presiune, presiunea maximă de 60 m col. H₂O fiind asigurată pe zone de presiune gravitațional (figura 5.3 b) sau prin pompare (figura 5.3 c).

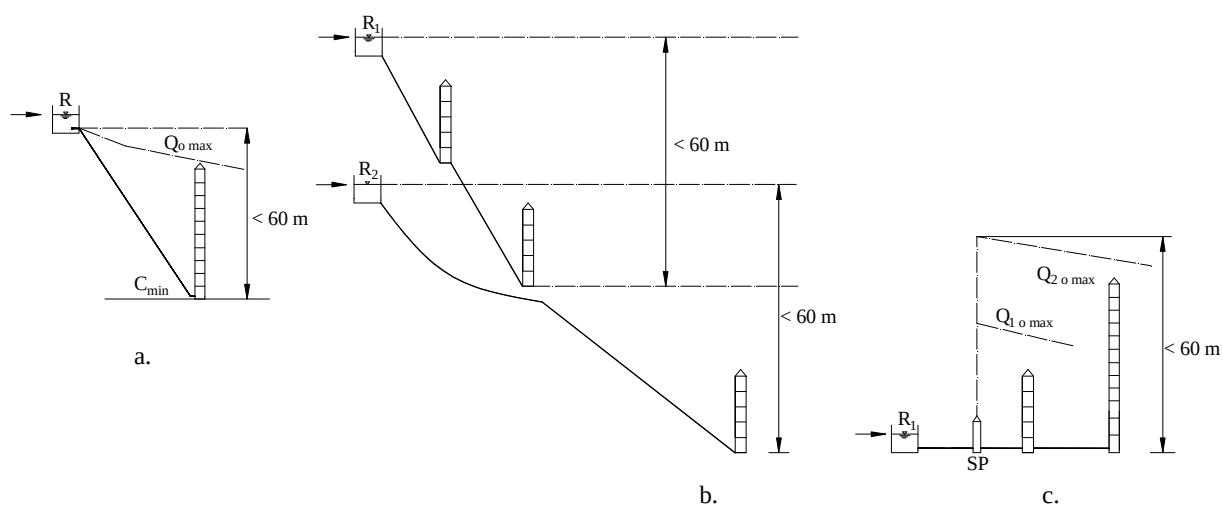


Figura 5.3. Scheme hidraulice de funcționare a rețelei de distribuție.

5.2 Proiectarea rețelelor de distribuție

5.2.1 Forma rețelei

- Rețeaua de distribuție, din punct de vedere al calcului este formată din bare (conducte), noduri și o sursă de alimentare a rețelei (rezervor, stație de pompare).
- Într-o localitate cu distribuția utilizatorilor (caselor de locuit în principal) în lungul străzilor, forma rețelei este similară rețelei stradale. În localitățile/cvartalele unde distribuția clădirilor este făcută pe suprafață, forma rețelei rezultă din amplasarea rațională a conductelor în spațiile libere, fără legătură directă cu rețeaua stradală.
- Modul de legare a conductelor ce transportă apa depinde de mărimea, forma și relieful localității, schema de alimentare cu apă a rețelei, siguranța în funcționare, distribuția marilor consumatori de apă (inclusiv sistemul de termoficare), perspectiva de dezvoltare, criteriile de optimizare. Principalele tipuri de rețele sunt prezentate în figura 5.1. Combinarea acestor tipuri poate conduce la orice formă reală de rețea de distribuție.
- Întrucât pentru aceeași rețea stradală pot fi obținute mai multe tipuri de rețele, alegerea se face prin criterii de optimizare, pe baza:
 - asigurarea serviciului de distribuție a apei în condițiile legii;
 - costul total minim al lucrărilor;
 - cheltuielile totale anuale minime;
 - costul energetic minim total.
- Forma rețelei poate fi schimbată în timp, din cauza extinderii suprafeței deservite sau a debitului transportat, prin re tehnologizare în vederea creșterii siguranței și calității funcționării. Noua formă se obține tot prin optimizare în noile condiții.
- Ori de câte ori este posibil, se adoptă soluția cu alimentare gravitațională a rețelei, cel puțin parțial.

5.2.2 Debite de dimensionare a rețelei

Debitul de dimensionare a rețelei de distribuție este debitul orar maxim. Debitul de calcul, conform SR 1343-1/2006, rezultă din relația:

$$Q_{IIC} = K_p \cdot Q_{o\ max} + K_p \sum_1^n Q_{ii} \ , (m^3/h) \quad (5.1)$$

unde:

Q_{IIC} – debit de calcul pentru elementele schemei sistemului de alimentare cu apă aval de rezervoare;

Q_{ii} – debitul hidranților interiori (Q_{ii}) pentru incendiile simultane;

n – numărul incendiilor teoretic simultane;

K_p – coeficient de pierderi; cantitățile de apă suplimentare exprimate prin acest coeficient includ și necesarul de apă pentru curățirea periodică a rețelei de distribuție (1 – 2 %) și pentru spălarea și curățirea rezervoarelor (0,4 – 0,5%).

La rețelele de distribuție noi (sub 5 ani) se apreciază că pierderile nu vor fi mai mari de 15% din volumul de apă distribuită ($K_p = 1,15$); acestea pot apărea din execuția necorespunzătoare, variațiile zilnice de presiune, materiale cu defecțiuni.

La rețelele de distribuție existente, la care se efectuează rețehnologizări și/sau extinderi, pierderile pot fi până la 30% ($K_p = 1,30$). Procente mai mari de 30% ale pierderilor de apă sunt considerate anormale și impun adoptarea unor măsuri adecvate de reabilitare.

Verificarea rețelei de distribuție se face pentru două situații distincte:

- funcționarea în caz de utilizare a apei pentru stingerea incendiului folosind atât hidranții interiori pentru un incendiu și hidranții exteriori pentru celelalte ($n-1$) incendii;
- funcționarea rețelei în cazul combaterii incendiului de la exterior utilizând numai hidranții exteriori pentru toate cele n incendii simultane.

Verificarea rețelei la funcționarea hidranților exteriori se face astfel ca în orice poziție normată apar cele n incendii teoretic simultane și este necesar să se asigure în rețea (la hidranții în funcțiune):

- minim 7 m col. H_2O . pentru rețele (zone de rețea) de joasă presiune la debitul:

$$Q_{II(V)} = a \cdot K_p \cdot Q_{or.max} + 3,6 \cdot n \cdot K_p \cdot Q_{ie}, (m^3/h) \quad (5.2)$$

în care:

$Q_{II(V)}$ – debitul de verificare;

$Q_{or. max}$ – debitul maxim orar al zonei sau localității unde se combate incendiul;

a = coeficient; $a = 0,7$ pentru rețelele de joasă presiune ($p \geq 7$ m col. H_2O , stingerea se face cu ajutorul motopompelor formațiilor de pompieri) și $a = 1$ pentru rețelele de înaltă presiune (combaterea incendiului se poate face direct de la hidrantul exterior).

- presiunea de folosire liberă a hidranților la rețelele de înaltă presiune pentru debitul

$$Q_{II(V)} = K_p \cdot Q_{or. max} + 3,6 \cdot n \cdot K_p \cdot Q_{ie} \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (5.3)$$

Pentru asigurarea funcționării corecte a hidranților interiori trebuie realizată verificarea ca pentru orice incendiu interior (de la clădirile dotate cu hidranți) presiunea de funcționare să fie asigurată în orice situație, inclusiv când celelalte incendii teoretic simultane sunt stinse din exterior.

$$Q_{II(V)} = a \cdot K_p \cdot Q_{or. max} + 3,6 \cdot K_p \cdot (Q_{ii})_{max} + 3,6 \cdot (n - 1) \cdot K_p \cdot Q_{ie} \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (5.4)$$

La rețelele importante (rețele inelare pentru localități cu peste 50 000 locuitori) trebuie analizată și siguranța în funcționare a rețelei în cazul unor avarii pe arterele importante. Pe durata existenței avariei trebuie să se verifice:

- parametrii funcționării rețelei în caz de incendiu, în sensul verificării capacității de a transporta Q_{ii} și asigura presiunea în zonele considerate;
- asigurarea presiunii normale de funcționare a rețelei în lipsa tronsonului (barei) avariat și blocat pentru ceilalți utilizatori;
- evaluarea riscului de a rămâne fără apă la consumatorii vitali.

Funcție de situația locală, proiectantul împreună cu operatorul poate justifica și alte verificări necesare (verificarea umplerii contrarezervorului și alimentarea rețelei numai din contrarezervor, alimentarea controlată între rețelele a două zone de presiune vecine în rețea, funcționarea cu o singură sursă de alimentare).

La rețelele foarte dezvoltate (localități cu peste 300 000 locuitori) rețeaua se recomandă să fie verificată, în ipotezele de dimensionare luate în calcul și prin determinarea timpului real de curgere (vârsta apei) a apei în rețea corelată cu calitatea apei (clorul rezidual).

Se recomandă montarea hidranților exteriori pe conductele principale (artere) ale rețelei de distribuție pe baza unui acord între proiectant, operator cu avizul organelor abilitate, cu aprobarea autorităților publice locale; aceasta permite asigurarea în bune condiții a debitelor și

presiunilor la hidranții exteriori și garantează cantitățile de apă necesare pentru combaterea incendiului. Se va asigura și posibilitatea alimentării pompelor mobile de intervenție în caz de incendiu, direct din rezervoarele sistemului de alimentare cu apă prin serviciile publice de pompieri.

În cazul în care, din motive justificate, se asigură apa pentru combaterea incendiului din exterior din alte surse decât apa din rețea vor fi luate toate măsurile de păstrare a calității de apă potabilă din rețea.

5.2.3 Calculul hidraulic al conductelor rețelei

Curgerea apei într-o rețea de distribuție este o curgere nepermanentă, datorită variației zilnice și orare a debitelor și gradului de simultaneitate a consumurilor concentrate și distribuite; acestea pot conduce, în intervale scurte de timp, la schimbări în valoarea presiunii, valoarea vitezei de curgere și pe unele bare chiar și a sensului de curgere.

Pentru simplificarea calculelor se admite ipoteza mișcării permanente în rețelele de distribuție, cu luarea în considerare a simultaneității maxime a consumului prin coeficienții de variație zilnică (K_{zi}) și orară (K_o) (a se vedea tabelele 1 și 3 din SR 1343-1/2006).

Se aplică formula Colebrook – White pentru determinarea coeficientului de pierdere de sarcină λ :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k}{D} \frac{1}{3,71} \right] \quad (5.5)$$

iar pierderile de sarcină se determină cu formula Darcy – Weisbach:

$$h_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{D} \frac{Q^2}{2gA^2} = MQ^2, \quad (m) \quad (5.6)$$

în care:

- L – lungimea conductei, m;
- D – diametrul interior al conductei, m;
- Q – debitul de calcul pe conductă, m³/s;
- v – viteza apei pe conductă, m/s;
- λ – coeficient de rezistență hidraulică;
- Re – numărul Reynolds;
- k – rugozitatea absolută a peretelui conductei, m;
- M – modul de rezistență hidraulică, s²/m⁵.

Rugozitatea peretelui conductei se adoptă conform:

- valorii precizate și garantate de producătorul conductelor;
 - valorii măsurate pe conductele existente;
 - valorii medii preluate din literatura tehnică pentru materiale și protecții similare;
- pentru calculele preliminare se aplică valorile indicate în tabelul 5.1:

Tabel 5.1. Valori ale rugozității peretelui conductei pentru calcule preliminare.

Materialul și starea conductelor		k (10^{-3} m)
Țeava de oțel	Zincată	0,15
	Protejată	0,1 ... 0,2
	Îmbătrânită	1 ... 3
Tub de fontă cenușie ductilă	Nou	0,25 ... 1,0
	În exploatare	1,4
	Cu depuneri importante	2 ... 4
	Ductilă	0,05
Țeavă de policlorură de vinil		0,01
Tub de beton armat turnat prin centrifugare (tip PREMO)		0,25
Țeavă de poliesteri armați cu fibră de sticlă		0,01

Valoarea rugozității conductei se adoptă și în perspectiva de timp a funcționării rețelei. Rugozitatea poate crește din cauza deteriorării protecției conductei, a agresivității apei, a depunerilor prin sedimentare, a precipitării unor substanțe din apă, funcție de rezistența materialului la aceste acțiuni.

La rețelele alimentate prin pompare, deși valoarea reală a vitezei rezultă din condiția de optimizare, pentru reducerea volumului de calcule, valorile preliminare ale vitezei economice se adoptă conform tabelului 5.2.

Tabel 5.2. Valorile preliminare ale vitezei economice.

Diametru conductă (mm)	Viteză (m/s)
100 ... 200	0,6 ... 0,8
200 ... 400	0,7 ... 0,9
400 ... 600	0,8 ... 1,0
> 600	1,0 ... 2,0

La verificarea funcționării rețelei viteza trebuie să aibă valori mai mici de 5 m/s și mai mari de 0,3 m/s. Pentru barele unde aceste cerințe nu se pot respecta trebuie să se prevadă măsuri speciale: o protecție mai bună a conductei, masive de ancoraj, spălare periodică.

5.2.4 Asigurarea presiunii în rețea

5.2.4.1 Rețeaua de joasă presiune trebuie să asigure:

- în stare de funcționare normală presiunea la toate branșamentele: H_b - valoarea presiunii în branșament, măsurată în metri coloană de apă, peste cota trotuarului:

$$H_b = H_c + h_{ri} + p_s, \text{ (m col. apă)} \quad (5.7)$$

în care:

H_b – valoarea presiunii în branșament, m col.apă ;

H_c – înălțimea deasupra trotuarului străzii a ultimului robinet ce trebuie alimentat; la construcții locuite, se consideră egală cu înălțimea construcției;

p_s – presiunea de serviciu la robinet (se măsoară în m col.apă și are valoarea de 2,00 m pentru toate robinetele din casă, cu excepția celor de la duș sau a celor care au prevăzută baterie de amestec apă rece/caldă, unde valoarea este 3,00 m); pentru presiunea necesară la hidrantul interior vor fi respectate prevederile NP 086/2010;

h_{ri} – pierderea de sarcină pe conducta de branșament și pe rețeaua interioară de distribuție; se poate considera 3 – 5 m col.apă (se va adopta valoarea superioară sau se poate calcula exact, în funcție de forma și lungimea rețelei; pierderea de sarcină în contorul de apă, apometru, se poate considera 1,00 – 2,00 m).

În tabelul 5.3, sunt date orientativ presiunile la branșament H_b în funcție de înălțimea clădirilor de locuit.

Tabel 5.3. Presiunile la branșament H_b în funcție de înălțimea clădirilor de locuit.

Numărul de nivele al construcției	1	2	3	4	Peste 4
Presiunea minimă la branșament H_b (m col.apă)	8	12	16	20	4,5 m pentru fiecare nivel

- pentru rețele de distribuție a apei potabile în centre urbane/rurale se consideră ca optimă soluția: asigurarea presiunii la branșament pentru clădiri $< p + 4$; pentru clădiri mai înalte presiunea va fi asigurată prin instalații de hidrofor;
- în caz de folosire a apei pentru combaterea incendiului în orice poziție a hidranților exteriori trebuie asigurată presiunea de 7 m col. H_2O peste nivelul străzii, la branșamentele celor n incendii teoretic simultane cu debitul normal;
- pentru incendiile stinse din interior se impune să se asigure un jet compact cu $l \geq 6$ m la cel mai defavorabil hidrant; pentru aceasta se estimează ca necesară o presiune de

20 m col. H₂O; pentru clădirile dotate cu hidranți interiori se vor adopta măsuri pentru dotarea cu instalații de asigurare a presiunii de funcționare conform NP 086/2010;

- pentru zone cu distribuția apei prin cișmele se asigură pentru orice cișmea presiunea minimă de 3 m col. H₂O;
- orice capăt final de rețea va avea un branșament, o cișmea sau un hidrant.

5.3 Dimensionarea rețelelor de distribuție

Dimensionarea rețelei se face folosind:

- ecuația de continuitate – în fiecare nod suma debitelor care intră în nod egală cu suma debitelor care pleacă din nod;

$$\sum Q_i = 0 \quad (5.8)$$

- energia disponibilă pentru transportul apei, egală cu diferența între cota piezometrică a nodului de intrare în rețea (R) și cota energetică a nodului alimentat (i); în fiecare inel suma pierderilor de sarcină este egală cu zero (legea Bernoulli).

$$\left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}\right)_R - \left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}\right)_i = h_r \quad (5.9)$$

$$\sum (MQ^2)_{inel} = 0 \quad (5.10)$$

În rețeaua de distribuție se consideră că se produc pierderi de energie numai pe bare; în noduri pierderea de sarcină se neglijează cu excepția nodurilor în care acționează o vană de reglare.

5.3.1 Dimensionarea rețelei ramificate

- Pentru dimensionarea rețelei se dispune:
 - ecuația de continuitate în fiecare nod, scrisă sub forma:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0 \quad (5.11)$$

- relația Bernoulli între două puncte din rețea (rezervor și oricare punct din rețea) scrisă sub forma simplificată:

$$\Delta H = \sum h_r \quad (5.12)$$

ΔH = energia disponibilă dintre rezervor și un punct oarecare al rețelei;

$\sum h_r$ = suma pierderilor de sarcină distribuită între cele două puncte.

- Debitele de calcul pe tronsoane; operațiunea se realizează în două etape: etapa I de calcul a debitelor prin echilibrarea nodurilor și etapa a II a de calcul a debitelor pe bare.

Etapa I – determinarea debitelor de la capetele barelor, constă în aplicarea ecuației de continuitate în fiecare nod; debitul care intră (pleacă din nod) în bară este notat Q_i , iar debitul care pleacă din bară (intră în nodul următor) cu Q_f .

Pentru calcul se pleacă întotdeauna de la nodul cel mai depărtat în care se cunoaște debitul care pleacă. Calculul se conduce mergând spre amonte, astfel încât debitul pe tronsonul parcurs să fie întotdeauna cunoscut.

Etapa a II a constă în determinarea debitelor de calcul cu relația simplificată, pentru conductele cu lungimea $\leq 300 - 400$ m:

$$Q_c = \frac{Q_i + Q_f}{2} \quad (5.13)$$

pentru fiecare tronson de rețea.

5.3.1.1 Determinarea debitelor de calcul pe tronsoane

- a. Ipoteza unei distribuții uniforme a debitului prelevat din rețea; în situații de branșamente dese (min. 100 branș./km) și dotării ale utilizatorilor de apă apropiate (apă caldă, încălzire).

$$q = \frac{Q_{or\ ar\ max}}{\sum l}, (l/s, m) \quad (5.14)$$

Pentru un tronson din rețea debitul de calcul se va considera:

$$Q_{or\ ar\ max}^{i-k} = q_{sp} l_{ik} / 2 + Q_T \quad (5.15)$$

unde:

Q_T – debitul de tranzit (utilizat aval de secțiunea k), în l/s;

l_{ik} – lungime tronson, în m;

q_{sp} – necesarul specific (l/s,m) corespunzător zonei;

Proiectantul va stabili pe zone, densitatea populației, numărul de branșamente, dotarea cu instalații tehnico – sanitare; pentru fiecare zonă idem se vor stabili valorile necesarului specific de apă corespunzător tronsoanelor rețelei.

- b. Ipoteza unei distribuții neuniforme

Debitele necesarului de apă se vor considera concentrate, fiecare tronson fiind dimensionat la debitul din secțiunea aval.

- c. Calcul diametre, cote piezometrice și presiuni disponibile în noduri.

Calculul se efectuează într-un tabel de tip conform tabelului 5.4.

Tabel 5.4. Dimensionare rețea ramificată.

Nr. crt	Tr.	Debite (l/s)			L (m)	DN (mm)	v _{ef} (m/s)	i _H	h _r = i _H L (m)	Cote		H _d (m CA)
		Q _{or} max.	Q _{ii}	Q _{IIC}						Piezo.	Topo.	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
3	i	Q _{or} ^{ik} max	N _j · q _{ii}	(2)+(3)	cf. l _{ik} plan situație	DN _{ik}	v _{ik}	i _H ^{ik}	i _H ^{ik} · l _{ik}	C _p ⁱ	C _T ⁱ	C _p ⁱ – C _T ⁱ
	k									C _p ^k	C _T ^k	C _p ^k – C _T ^k

Observații:

- toate datele din coloanele 1 – 9 aparțin tronsonului;
- toate datele din coloanele 10 – 12 aparțin nodurilor de capăt ale tronsonului;

Condiționările impuse în ordinea priorităților sunt:

- asigurarea presiunii disponibile minime la branșament (coloana 12);
- asigurarea unei viteze (coloana 7) în domeniul vitezelor economice recomandate în condițiile existenței (în fabricație) a DN (coloana 6);
- valoarea pierderii de sarcină; toate valorile exagerate vor fi reevaluate.

Stabilirea debitului hidranților interiori (Q_{ii}) se va efectua pe baza:

- amplasamentului clădirilor dotate cu hidranți interiori;
- distanța dintre 2 incendii teoretic simultane se va calcula cu expresia:

$$d = \frac{10.000}{\sqrt{\frac{N_i}{S}}}, (m) \quad (5.16)$$

unde:

N_i – numărul de locuitori ai zonei;

S – suprafața zonei (ha).

Dimensionarea rețelei de distribuție se consideră corectă când:

- presiunile disponibile satisfac presiunile de serviciu și nu depășesc cu mai mult de 30% H_{d min};
- vitezele efective în tronsoanele rețelei sunt în domeniul 0,6 – 1,2 m/s.

Rețeaua de distribuție ramificată se dimensionează pe baza criteriului de optimizare al investiției minime iar la rețelele cu funcționare prin pompare ,criteriul de optimizare este costul total anual minim al costurilor de investiție și operare (în principal cheltuieli cu energia).

5.3.1.2 Verificarea rețelei ramificate

Calculul de verificare va urmări etapele următoare:

- debitele de incendiu exterior se consideră concentrate posibil în orice nod; pentru ușurința calculelor se consideră pozițiile cele mai dificile ca fiind cele de cotă înaltă și cele depărtate de rezervor;
- diametrul conductelor este stabilit și nu poate fi modificat decât după ce se schimbă și calculul de dimensionare;
- rețeaua este bine dimensionată, dacă, la verificare, viteza apei nu depășește 3 m/s, iar presiunea disponibilă este de cel puțin 7 m col. H₂O în toate nodurile (la rețeaua de joasă presiune).

5.3.2 Dimensionarea rețelei inelare

Dispoziția inelară asigură siguranța în funcționare în sensul posibilității alimentării fiecărui utilizator pe minimum două circuite hidraulice și al reducerii numărului de utilizatori afectați de o avarie pe un tronson.

5.3.2.1 Elemente generale

Aplicarea celor două ecuații fundamentale:

- la noduri:

$$\sum Q_i = 0 \quad (5.17)$$

- pe fiecare inel:

$$\sum h_r = 0 \quad (5.18)$$

conduce la obținerea unui sistem de ecuații având un număr dublu de necunoscute (Q_i , DN_i) din care rezultă distribuția debitelor pe bare.

Se impune:

- adoptarea unei distribuții inițiale a debitelor pe fiecare tronson din rețea și stabilirea diametrelor acestora pe baza elementelor de viteză economică, mărime debit și importanța tronsonului în ansamblul rețelei inelare;
- predimensionarea rețelei prin rezolvarea sistemului neliniar de ecuații.

Metoda aplicată curent se bazează pe calculul prin aproximații succesive (Cross – Lobacev) care efectuează: corecția debitelor propuse până la realizarea închiderii pierderilor de

sarcină pe fiecare inel în limita toleranțelor admise: 0,3 - 0,5 m col. H₂O și 1,0 -1,50 m col. H₂O pe inelul de contur.

Metoda este laborioasă pentru că necesită numeroase reluări, modificări de diametre, variante de repartiții și diametre, determinarea investiției și/sau cheltuielile cu energia.

5.3.2.2 Elemente privind elaborarea unui model numeric de calcul pentru rețele de distribuție inelare

Pentru toate rețelele de distribuție inelare care asigură cu apă comunități cu peste 10.000 locuitori se impune elaborarea unui model numeric care să permită obținerea rezolvărilor în toate situațiile de funcționare/operare a acesteia.

a) Structura modelului numeric al unei rețele de distribuție a apei potabile cuprinde următoarele:

- noduri, definite ca fiind punctul de conexiune al mai multor tronsoane de conductă, secțiuni în care se produce o modificare importantă a debitului sau se schimbă secțiunea/materialul conductei;
- bare, definite ca fiind tronsoane de conducte cu lungime nenulă și diametrul constant, delimitate de două noduri între care nu există consum (la calcul);
- surse de alimentare a rețelei de distribuție (rezervoare, castele de apă, stații de pompare).

b) Construirea modelului numeric al unei rețele de distribuție a apei pentru simularea funcționării acesteia din punct de vedere tehnologic constă în:

b.1) Pentru o rețea nouă:

- stabilirea condițiilor generale de alimentare și zonelor de presiune;
- trasarea configurației rețelei de distribuție pe planul de situație al localității; graful rețelei coincide cu graful străzilor din localitate;
- numerotarea nodurilor rețelei de distribuție;
- stabilirea tuturor conexiunilor între nodurile rețelei de distribuție;
- stabilirea nodurilor de alimentare a rețelei de distribuție (rezervoare, castele de apă, stație de pompare);
- determinarea lungimii tronsoanelor de conductă;
- precizarea coeficienților de rugozitate funcție de materialul conductei;

- precizarea coeficienților de pierderi de sarcină locală;
- precizarea cotelor geodezice în nodurile rețelei de distribuție;
- determinarea și alocarea debitelor de consum în nodurile rețelei de distribuție;
- precizarea presiunilor de serviciu ce trebuie realizate în nodurile rețelei;
- precizarea tipului de nod funcție de debitul consumat (debit pentru consum casnic, debit pentru industrie, debit de incendiu);
- coordonatele X, Y pentru reprezentarea grafică sub formă de hărți a rețelei cu evidențierea parametrilor hidraulici rezultați pe baza simulărilor efectuate pe model numeric al rețelei de distribuție;
- separarea rețelei pe zone de presiune;
- un rezervor este atașat/legat de rețeaua de distribuție prin cel puțin n noduri;
- rezervorul alimentează rețeaua de distribuție, dar poate fi alimentat și din rețea;
- prezența rezervorului în cadrul rețelei de distribuție se realizează prin stabilirea nodului în care este amplasat rezervorul și precizarea cotei piezometrice a apei în rezervor; opțional mai pot fi precizate forma și volumul rezervorului atunci când se verifică funcționarea rețelei la debit variabil în timp;
- stația de pompare este atașată direct unui nod al rețelei de distribuție; descrierea stației de pompare în model numeric al rețelei de distribuție se realizează prin precizarea curbelor caracteristice ale pompelor care echipează stația de pompare: curba caracteristică a pompei $H = f(Q)$ și curba caracteristică de randament $\eta = f(Q)$.

b.2) Verificarea funcționării rețelei se poate face pentru rețeaua nouă, pentru o rețea existentă sau pentru o rețea reabilitată; pentru rețele existente se impune determinarea prin măsurători “in situ” a tuturor elementelor cerute la § b.1.

b.3) Calculul se consideră încheiat când:

- se asigură presiunea în toate nodurile la funcționare normală și funcționare la incendiu;
- costul total de operare este minim.

b.4) Softuri de calcul rețele de distribuție a apei (recomandare): Epanet, RET, WaterGems, Pipe2000, Piccolo, AquaNet, Mike Net, H2Onet, Stanet, Netis.

5.3.2.3 Proiectarea rețelelor de distribuție inelare pentru siguranța în exploatare

Funcționarea ca rețea inelară va putea fi asigurată numai prin respectarea condiției:

$$DN_{max}/DN_{min} < 1,5 \quad (5.19)$$

pentru fiecare inel.

La proiectarea rețelelor de distribuție inelare se vor urmări etapele:

- predimensionare la cerințele normate maxime (Q_{IIC} cf. expresiei 5.1);
- verificarea funcționării rețelei în diferite ipoteze și condiții de asigurare a serviciului; aceasta se poate realiza numai printr-un program de calcul elaborat pe baza modelului rețelei.

Se vor lua în considerație următoarele opțiuni pentru verificarea rețelei de distribuție:

- OPT.1: determinarea parametrilor ceruți prin asigurarea de operare: cerință maximă orară, coeficient de variație orară uniform, adăugarea debitelor de combatere a incendiului prin hidranți interiori amplasați în pozițiile cele mai dificile;
- OPT.2: determinarea presiunilor disponibile în ipoteza combaterii incendiului de la exterior cu variante pentru amplsarea incendiilor cele mai depărtate de punctul de injecție – alimentare al rețelei pe cote înalte, distanțe minime între incendii; respectarea prevederilor Normativului NP 086/2010 – Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor;
- OPT.3: verificarea rețelei în ipoteza funcționării hidranților considerând: o arteră blocată temporar (avarie); în această situație se va limita numărul de hidranți scoși din funcțiune (≤ 5); se vor stabili măsuri compensatorii de consum cu ISU (Inspectorat Situații de Urgență);
- OPT.4: verificarea rețelei în ipoteza cerinței maxime orare neuniforme pe rețea; neuniformitatea poate fi determinată de necesarul specific diferențiat și coeficientul de variație orară;
- OPT.5: este obligatorie verificarea presiunii disponibile în rețele de distribuție inelare la debitele suplimentare care pot apărea ca diferențe între debitele calculate cf. SR 1343-1/2006 și STAS 1478/1990.

Rețelele de distribuție sunt realizate pe parcursul unor perioade lungi de timp (> 100 ani) și se impune:

- realizarea sub forma unei configurații mixte: zonele centrale inelare având zone marginale ramificate care în timp se închid sub formă inelară;
- în toate proiectele de rețele de distribuție noi sau reabilitate care deservește aglomerații peste 50.000 locuitori se va analiza prin calcul tehnico – economic minim două variante pentru pozarea arterelor principale (conducte cu $DN > 300$ mm); pozare independentă pe trasee care să evite centrele urbane și pozare în galerii edilitare multifuncționale.

5.3.2.4 Verificarea rețelei inelare

- Rețeaua dimensionată sau existentă fizic, se verifică pentru asigurarea presiunii normate în ipotezele debitelor de la § 5.2.2. Pentru poziția incendiilor teoretic simultane se iau în considerare atâtea variante încât să existe certitudinea că pentru oricare alte variante posibile, presiunile pot fi asigurate.
- Orice modificare a debitelor de bare, necesară pentru asigurarea presiunii normate conduce automat la recalcularea rețelei pentru debitul de bază Q_{IC} și eventual o nouă optimizare cu diametre alese cu restricție.
- La rețeaua alimentată prin pompare se verifică și noua echipare cu pompe a stației (stațiilor) de pompare pentru funcționare în caz de incendiu (pe baza tipurilor de pompe alese, deci curbelor caracteristice cunoscute).
- La rețeaua alimentată și cu contrarezervor, verificarea se face pentru alimentarea numai din rezervor, pentru alimentare normală (stație pompare și contrarezervor), precum și pentru refacerea rezervei intangibile de incendiu și folosirea completă a rezervei de compensare fără măsuri restrictive ale consumului. Soluția cu contrarezervor nu se recomandă acolo unde se estimează că în timp pierderea de apă va depăși valoarea admisă (K_p). Există riscul ca rezervorul de capăt să nu fie alimentat.
- Când rețeaua este alimentată din mai multe surse se verifică zona de influență a apei alimentate din diverse surse, zonele cu viteze mici sau mari, zonele cu apă de amestec. Trebuie stabilite cu această ocazie și nodurile terminale ale rețelei (noduri ce alimentează numai beneficiarii, nu și alte bare). Nu se admite pomparea apei din puțuri direct în rețeaua de distribuție.

- Când calculele normale sunt gata se poate trece la etapa a doua de verificări privind siguranța în funcționare a rețelei. Pentru acestea se presupune că una din barele importante din rețea (incluzând și una din conductele de alimentare ale rețelei) este scoasă din funcțiune.

În această situație:

- trebuie asigurată presiunea de funcționare în caz de incendiu;
- trebuie limitată la minimum aria de influență asupra utilizatorilor de apă;
- trebuie asigurată apa în orice situație pentru consumatorii la care este un element vital (spitale, hoteluri); dacă acest lucru nu este posibil sau rațional se caută soluții alternative.
- După dimensionarea completă a rețelei se verifică dacă sunt necesare modificări asupra soluției generale de alimentare cu apă și este nevoie de o nouă optimizare, inclusiv în ce privește aspectele de siguranță în funcționare.
- Pentru rețelele foarte dezvoltate sau pentru localități mari (peste 300.000 locuitori) când apa este captată din sursă de suprafață, este necesară și verificarea timpului de parcurgere a apei în rețea în scopul determinării consumului de clor pentru dezinfectare. Modelul de calcul trebuie exploatat continuu până la obținerea de concluzii constante, repetabile.
Pentru zonele critice se adoptă soluții de reintroducere de dezinfectant sau de modificare a rețelei.
- Asigurarea funcționării rețelei pentru coeficienți de variație orară pe rețea se poate face în etapa de dimensionare sau în etapa de verificare.

5.4 Construcții anexe în rețeaua de distribuție

5.4.1 Cămine de vane

În toate nodurile rețelei de distribuție se vor prevedea cămine dotate cu vane care să permită izolarea oricărui tronson care alimentează sau este alimentat din nod; construcția căminului va fi subterană, dimensiunile fiind stabilite pe baza dimensiunilor armăturilor componente la care se adaugă o cameră de lucru (0,80 x 0,80 m în plan și 1,70 m înălțime).

Alegerea vanelor va fi corespunzătoare diametrelor tronsoanelor legate la nod.

Toate vanele din nodurile arterelor de alimentare a zonelor rețelei vor fi prevăzute cu acționare electrică cu posibilitatea acționării de la distanță.

Se vor respecta prevederile SR 4163-1/1995 § 2.2.5.1 și 2.2.5.2.

5.4.2. Cămine cu armături de golire

Se prevăd în punctele joase ale conductelor; sistemele de golire și spălare vor fi concepute să fie asigurată protecția sanitară.

5.4.3 Cămine de ventil de aerisire – dezaerisire

În punctele cele mai înalte ale arterelor se prevăd robinete automate de aerisire – dezaerisire, montate în cămine vizitabile, prevăzute cu evacuarea corespunzătoare a apei (se va asigura împotriva pătrunderii impurităților, deci contaminarea apei potabile). În nici un caz nu vor fi amplasate în zone inundabile. Punctele înalte vor fi ale conductelor nu ale terenului.

5.4.4 Compensatori de montaj, de dilatare, de tasare

Compensatorii se montează:

- pe arterele rețelelor de distribuție ale căror îmbinări nu pot prelua deplasările axiale provocate de variația temperaturii apei sau terenului;
- pe conductele din oțel îmbinate prin sudură și montate în pământ, în vecinătatea armăturilor din fontă cu flanșe.

Pentru conductele din materiale plastice (PVC, PE, PAFS) se vor adopta măsuri constructive privind preluarea deformărilor prin dilatare a tronsoanelor de conductă la variațiile de temperatură ale apei transportate.

5.4.5 Hidranți de incendiu

Se vor prevedea un număr de hidranți cu respectarea prevederilor STAS 4163-1/1995 § 2.2.6.9. Conform cu această prevedere, coroborat cu § 2.2.6.5.1 din același standard se stipulează: dotarea cu armături de închidere a conductelor de serviciu, la distanțe de maximum 300 m astfel încât să nu se scoată din funcțiune mai mult de 5 hidranți de incendiu; în acest sens se poate admite:

- pentru străzi cu lungimi < 500 m și max. 100 – 120 brașamente, având clădiri de locuit de max. P+1 se poate admite ca diametrul minim al conductei de serviciu să fie < 100 mm;
- în aceste situații hidranții de incendiu se vor racorda la conducta principală din cea mai apropiată intersecție.

Se vor respecta prevederile: SR EN 14339/2006 și SR EN 14384/2006. În ansamblul dotării rețelei de distribuție amplasarea hidranților, numărul acestora, distanțele de amplasare, presiunile la care se impun a fi asigurate se vor realiza în conformitate cu NP 086/2010 ”Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de stingere a incendiilor”.

Diametrul conductelor pe care se amplasează hidranții exteriori vor fi: 100 mm pentru hidranți de 80 mm diametru, 150 mm pentru hidranți de 100 mm diametru și 250 mm pentru hidranți de 150 mm, hidranți supraterani, amplasați pe artere; pentru siguranța intervenției în caz de reparații brașamentul unui hidrant de 150 mm va fi prevăzut cu vană de izolare montată în cămin și ținută în poziția deschis.

Debitul unui hidrant exterior se va considera 5 l/s; în cazul clădirilor mari care cer un debit mai mare vor fi prevăzuți mai mulți hidranți care vor funcționa simultan. Amplasarea efectivă se va face conform prevederilor normativului NP 086/2010.

Amplasarea și debitul hidranților interiori se vor stabili după prevederile NP 086/2010.

Pentru clădirile înalte, peste 45 m, sau cu importanța stabilită de organele competente, modul de stingere a incendiului se va stabili de la caz la caz – cu avizul organelor abilitate. Stingerea nu se va asigura prin mijloace care să scoată în afara limitelor economice funcționarea rețelei. Pentru construcții speciale se va asigura sistem local de combatere a incendiului.

Prevederile conținute de NP 086/2010, referitoare la posibilitatea folosirii și altor surse de apă în combaterea incendiilor, vor fi amendate în toate cazurile de următoarea restricție generală: în nici o situație rețeaua de apă potabilă nu va fi conectată cu o altă rețea a cărei apă nu este

potabilă, conform legii 458/2002. Acest lucru este valabil pentru rețeaua exterioară clădirii dar și pentru cea interioară. Când stingerea incendiului interior se preconizează să se facă cu apă din alte surse, rețelele vor fi separate și cu măsuri speciale controlabile – apă nepotabilă. Un aviz al organelor sanitare este necesar.

Când din motive tehnologice (noduri de rețea, sectorizarea pentru reparații) se prevăd vane de închidere și se izolează un tronson de conductă cu/sau fără hidranți, se va verifica: pe tronsonul izolat să nu fie mai mult de 3 hidranți; lungimea tronsonului să fie mai mică de 300 m; în cazul în care în zona influențată apare un incendiu să existe rezerva în rețea sau să se impună măsuri speciale de lucru în concordanță cu organele ISU.

Durata de întrerupere a funcționării tronsonului nu va depăși 8 ore la localități mici și 4 ore la localitățile mari (peste 100 000 locuitori).

Toate rețelele de distribuție pentru localitățile peste 5 000 locuitori vor avea o structură/graf/schemă de lucru de formă inelară în zona cu riscul cel mai mare la incendiu.

Rețelele de distribuție pentru localități cu debit de incendiu > 20 l/s vor fi prevăzute cu legătură dublă la rezervoarele de apă.

Hidranții exteriori vor fi amplasați conform regulilor date de NP 086/2010; accesibili, protejați, subterani sau supraterani în soluție constructivă acceptată și semnalizați corespunzător.

Distanța dintre doi hidranți adiacenți: cel puțin 50 m și maxim 200 m.

În cazul alimentării directe a motopompelor cu apă din rezervor (prin racordul special prevăzut) vor fi luate măsurile pentru evitarea murdării apei în mod accidental (pompe murdare, cisterne murdare); vor fi asigurate măsuri ca apa din rezervor să alimenteze gravitațional recipientul folosit la stingerea incendiilor.

5.5 Balanța cantităților de apă în rețelele de distribuție

Pentru rețelele existente/retehnologizate se impune elaborarea prin proiectare a balanței cantităților de apă:

- injectate în rețea;
- furnizate utilizatorilor pentru asigurarea necesarului de apă la branșament.

5.5.1 Balanța de apă și determinarea apei care nu aduce venit (NRW – Non – Revenue Water)

Calculul balanței de apă se va efectua conform cu metodologia IWA (International Water Association) – grupul de lucru pierderi de apă conform capitolul 1, § 1.6, tabel 1.4.

5.5.2 Indicatori de performanță

Se vor determina:

- nivelul minim teoretic al pierderilor care pot exista în rețeaua de distribuție:

$$U_{ARL} = \left[q_{sp.c} \cdot \sum l_R + q_{sp.b} \cdot N_{br} \right] \cdot p \cdot 365 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{an)} \quad (5.20)$$

unde:

$q_{sp.c}$ – pierderile specifice prin avarii în conductele rețelei ($\text{dm}^3/\text{Km} \cdot \text{zi}$);

$\sum l_R$ – lungimea totală a conductelor rețelei (Km);

$q_{sp.b}$ – pierderile specifice pe branșamente ($\text{dm}^3/\text{br.zi}$);

N_{br} – număr branșamente;

p – presiunea medie în rețea (m col. H_2O).

Valorile specifice standard recomandate de IWA – WL – Task Force sunt:

- pentru conducte în rețea: $q_{sp.c} = 15 - 20 \text{ dm}^3/\text{Km} \cdot \text{zi}$ și m de presiune;
- pentru branșamente: $q_{sp.br} = 15 - 25 \text{ dm}^3/\text{br.zi}$ și m de presiune.

Indicatorul de performanță (ILI) definit ca raportul între pierderile reale și nivelul minim teoretic al pierderilor:

$$ILI = \frac{CARL}{U_{ARL}} \quad (5.21)$$

unde:

CARL – pierderile reale anuale (m^3/an).

Indicatorul de performanță ILI poate lua valori de 1 la > 30 .

În recomandările IWA se apreciază performanța rețelei de distribuție conform cu datele din tabelul următor:

Tabel 5.5. Indicatori de performanță pentru rețele de distribuție.

Nr. crt.	Categoria de performanță	ILI	Pierdere reală: $\text{dm}^3/\text{branș.zi}$ pentru presiune medie				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
0	1	2	3	4	5	6	7
1	A	1 – 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
2	B	4 – 8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
3	C	8 – 16	100 – 200	200 – 400	300 – 600	400 – 800	500 – 1000
4	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Interpretarea indicatorilor este următoarea:

- A și indicele infrastructurii $\text{ILI} = 1 - 4$; investițiile pentru reducerea pierderilor de apă se impune să fie analizate prin opțiuni bazate pe calcule tehnico – economice luând în considerație costul apei pierdute, riscul în asigurarea serviciului, valoarea energetică încorporată în apă și costurile lucrărilor pentru depistare, măsurare, refacere avarii pe sectoare în rețea;
- B și $\text{ILI} = 4 - 8$; reducerea pierderilor este posibilă prin soluții care să asigure:
 - controlul presiunilor în rețea și menținerea acestora la valori cvasi – constante independent de variația consumului orar;
 - sectorizarea rețelei și dotarea cu aparatură de măsurat debite și presiuni pentru întocmirea balanței de apă pe sectoare;
 - adaptarea contorilor referitor la clasa de precizie, calitatea măsurătorii și eliminarea erorilor de măsurare;
 - inventarierea și controlul strict al cantităților de apă nefacturate și a consumurilor neautorizate.
- C și D și $\text{ILI} > 8$

Încadrarea în aceste categorii indică starea de degradare a rețelei de distribuție cu pierderi peste 40% și existența riscului privind asigurarea cantitativă și calitativă a serviciului.

Prin proiectare se va elabora un plan tehnic de retehnologizare a rețelei de distribuție care va cuprinde:

- Situația existentă a rețelei de distribuție:
 - lungimi, diametre, materiale, vârsta acestora;
 - construcțiile anexe din rețea: cămine, dotare, branșamente, apometrii;
 - datele statistice: avarii pe tip conductă, durata și costurile refacerii avariilor.
- Model de calcul hidraulic și de calitate apă al rețelei de distribuție;
- Soluții de reabilitare: înlocuiri tronsoane, sectorizare rețea, costuri de investiție;
- Dotarea rețelei de distribuție: măsurarea debitelor, contorizare consumuri, măsură presiuni; sisteme de colectare și transmisie date;
- Sistem SCADA – dispecer și sistem GIS: monitorizare și control on – line al rețelei de distribuție: se vor prevedea dotări pentru monitorizare debite, presiuni, funcționare stații de pompare și rezervoare;
- Indicatori de performanță, balanța de apă.

Planul tehnic va cuprinde etape anuale pentru o perioadă de minimum 10 ani.

6. Aducțiuni

6.1 Aducțiuni. Clasificare

Definiție: Construcții și instalații care asigură transportul apei între secțiunea de captare și construcțiile de înmagazinare din schema sistemului de alimentare cu apă.

Se utilizează următoarele scheme de aducțiuni:

- aducțiuni cu funcționare gravitațională;
- aducțiuni cu funcționare prin pompare.

6.1.1 Aducțiuni gravitaționale sub presiune

Se adoptă în cazul în care:

- se asigură sarcina hidrodinamică H^* între cota captării și cea a rezervorului;
- debitul nu depășește valori mari; se consideră debit mare debitul cu valoarea peste $1000 \text{ dm}^3/\text{s}$;
- aducțiunea de lungime mare poate deservi utilizatorii în sistem regional;
- calitatea apei transportate trebuie păstrată;
- relieful terenului între captare și rezervor permite realizarea acestei lucrări.

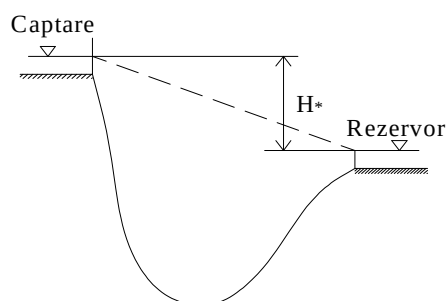


Figura 6.1. Schema aducțiunii gravitaționale sub presiune.

6.1.2 Aducțiuni gravitaționale funcționând cu nivel liber

Se adoptă atunci când:

- cota captării este mai ridicată decât cota rezervorului;
- terenul are pantă relativ uniformă între captare și rezervor; un număr de lucrări de artă redus (traversări râuri, văi, căi ferate, drumuri naționale);
- calitatea apei nu impune restricții.

Aducțiunile cu nivel liber pot fi:

- deschise (canale) când nu se impun restricții la calitatea apei;
- închise (apeducte) când se urmărește conservarea calității apei.

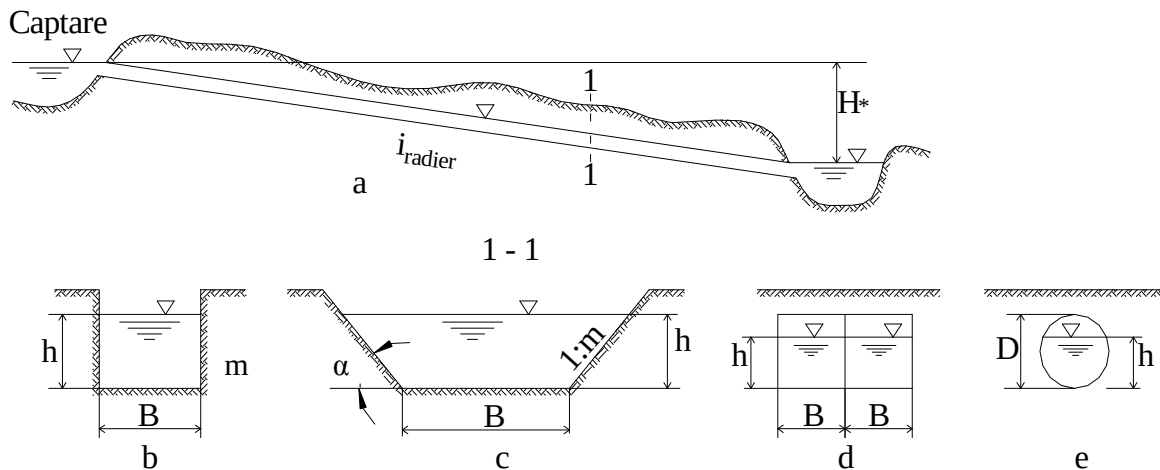


Figura 6.2. Schema aducțiunii gravitaționale cu nivel liber (a).
Secțiuni caracteristice: b, c. canale deschise; d, e. apeducte.

6.1.3 Aducțiuni cu funcționare prin pompare

Se adoptă când captarea se află la o cotă mai mică decât cota rezervorului. Pomparea se poate face într-o singură treaptă sau mai multe trepte, pe baza unui calcul de optimizare funcție și de configurația traseului.

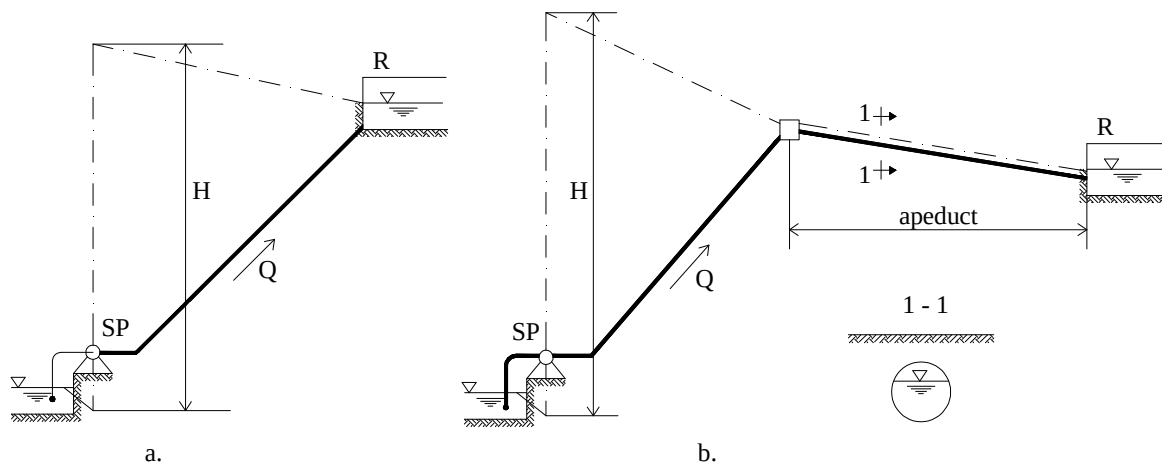


Figura 6.3. Schema aducțiunii funcționând prin pompare.
a. aducțiune simplă prin pompare; b. aducțiune complexă: pompare și apeduct.

6.1.4 Criterii generale de alegere a schemei hidraulice pentru aducțiuni

Alegerea uneia dintre soluții se face printr-o analiză tehnico-economică.

Trebuie luate în considerare posibilitățile de execuție (utilaje necesare, durată de execuție, materiale disponibile), pagubele produse prin scoaterea din circuitul de folosință pe durata execuției aducțiunii o unor suprafețe de teren.

Se va ține seama dacă:

- soluția este sigură;
- soluția este executabilă;
- aducțiunea poate fi amplasată în lungul unei căi de comunicație.
- se poate asigura protecție sanitară la aducțiunile de apă potabilă;
- costul de investiție este rațional;
- energia înglobată este minimă;
- iarna, funcționarea nu este întreruptă.

6.2 Studiile necesare pentru elaborarea proiectului aducțiunii

Pentru elaborarea proiectelor de aducțiune sunt necesare: studii topografice, geologice, geotehnice și hidrochimice.

Amploarea și gradul de aprofundare a studiilor pentru diverse faze de proiectare se stabilesc de către proiectant cu acordul beneficiarului, în colaborare cu unitățile care întocmesc studiile respective și în raport cu mărimea și importanța sistemului de alimentare cu apă.

6.2.1 Studii topografice

Studiile topografice trebuie să pună la dispoziție următoarele planuri, la scări convenabile gradului de detaliere cerut:

- plan general de încadrare în zonă la scara 1:25 000 sau 1:10 000;
- plan de situație al traseului ales, cu curbe de nivel, care să redea ca poziție, formă și dimensiune toate particularitățile planimetrice și altimetrice ale terenului la scara 1:2 000 sau 1:1 000;
- releveele construcțiilor aflate în ampriza lucrărilor aducțiunii: drumuri, clădiri, poduri, canale, conducte, cabluri etc.;
- profile transversale prin albie, maluri, versanți, căi de comunicație pe traseul aducțiunii;
- situația proprietății terenurilor;
- poziționarea eventualelor zone de poluare.

Materializarea pe teren a punctelor topografice trebuie să fie astfel realizată, încât la execuție să se asigure o aplicare corectă a proiectului.

6.2.2 Studii geologice și geotehnice

Studiile geologice și geotehnice vor fi elaborate conform NP 074/2007: Normativ privind documentații geotehnice pentru construcții.

Studiile geologice și geotehnice trebuie să furnizeze date cu privire la:

- stabilitatea terenului pe traseul aducțiunii în conformitate cu STAS 6054/1977;
- caracteristicile geotehnice ale terenului: categoria terenului, unghiul de frecare, coeziunea terenului, greutatea volumică, umiditatea, coeficientul de tasare, rezistența admisibilă, permeabilitatea, adâncimea minimă de fundare;

- înclinarea admisibilă a taluzului la tranșee fără sprijiniri și categoria terenului din punct de vedere al execuției săpăturii (mediu, tare sau foarte tare);
- nivelul apelor subterane; dacă apa subterană sau terenul prezintă agresivitate față de betoane sau construcții metalice;
- măsuri speciale pentru stabilizarea terenului în zonele susceptibile de alunecări, sau pentru prevenirea alunecărilor;
- apreciere asupra stabilității terenului în ipoteza pierderilor de apă din aducțiuni.
- măsuri speciale pentru fundarea pe terenuri de consistență redusă, în terenuri cu tasări, în terenuri contractile și în terenuri macroporice;

6.2.3 Studii hidrochimice

Studiile hidrochimice trebuie să precizeze:

- caracteristicile de calitate ale apei transportate corelate cu influențele asupra materialului tuburilor și îmbinărilor;
- caracteristicile apei subterane din punct de vedere al acțiunii asupra materialului tubului și asupra construcțiilor auxiliare;
- caracteristicile solului de fundare asupra materialului tubului;
- rezistivitatea solului.

Studiile necesare la traversări și subtraversări de cursuri de apă se întocmesc în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare STAS 9312/1987.

6.3 Proiectarea aducțiunilor

Proiectarea aducțiunilor are la bază următoarelor date:

- schema generală a sistemului de alimentare cu apă, cu indicarea poziției în plan și a cotei de nivel a captării, a stației de tratare a apei și a rezervoarelor;
- debitul de calcul Q_I , Q'_I care să acopere cerința și necesarul de apă al utilizatorului;
- condiții speciale privind asigurarea debitului minim în caz de avarie;
- calitatea apei de transportat, care va determina soluția și materialul conductei;
- avizul geologic-geotehnic asupra caracteristicilor terenului pe traseul aducțiunii, care vor determina: eventualele modificări ale traseului, alegerea materialului de construcție a conductei și vor servi la efectuarea calculelor de rezistență a aducțiunii;

6.3.1 Stabilirea traseului aducțiunii

Traseul aducțiunii se alege în cadrul schemei de alimentare cu apă, corelat cu prevederile planurilor de urbanism general (PUG) și ale planurilor de urbanism zonal (PUZ).

Fixarea traseului aducțiunilor se stabilește pe baza documentației topografice și geologice-geotehnice, ținând seama de modul de funcționare: prin gravitație cu nivel liber sau sub presiune și prin pompare.

La alegerea traseului și a profilului în lung al conductelor de aducțiune trebuie avute în vedere următoarele criterii:

- a). Traseul aducțiunii să fie astfel încât linia piezometrică la funcționare normală să nu coboare în nici un punct sub cota superioară a bolții conductei;
- b). Traseul aducțiunii să fie cât mai scurt, ușor accesibil, amplasat în lungul drumurilor existente, evitându-se terenurile accidentate, alunecătoare, mlăștinoase, inundabile și zonele dens construite; trebuie evitate de asemenea, zonele cu ape subterane la nivelul apropiat de nivelul terenului și zonele în care terenul sau apa subterană prezintă agresivitate față de materialul conductei;
- c). Se evită traseele de-a lungul coastelor;
- d). Traseul să evite pe cât posibil traversări de drumuri, căi ferate și râuri importante care necesită lucrări speciale;
- e). Traseul să se adapteze la teren, astfel încât în profilul în lung al aducțiunii să se realizeze un număr mic de puncte înalte și joase care necesită cămine speciale, și să se obțină un volum minim de terasamente;

- f). În profil longitudinal, conductele de aducțiune trebuie să aibă asigurată o acoperire minimă de pământ, egală cu adâncimea maximă de îngheț din zona respectivă; trebuie respectată și condiția de adâncime minimă de fundare impusă de studiul geotehnic;
- g). În profilul longitudinal conducta de aducțiune se prevede cu pante de minimum 0,5‰ evitându-se porțiunile de palier care îngreunează evacuarea aerului spre căminele de ventil.

În profilul longitudinal al aducțiunii se indică:

- materialul și dimensiunile conductelor;
- cotele săpăturii;
- cotele axului conductelor sau al radierului canalului;
- linia piezometrică;
- pantele săpăturii pe tronsoane;
- poziția instalațiilor și a construcțiilor aferente aducțiunii;
- poziția lucrărilor subterane existente pe traseu.

Un exemplu de profil longitudinal se indică în figura 6.4.

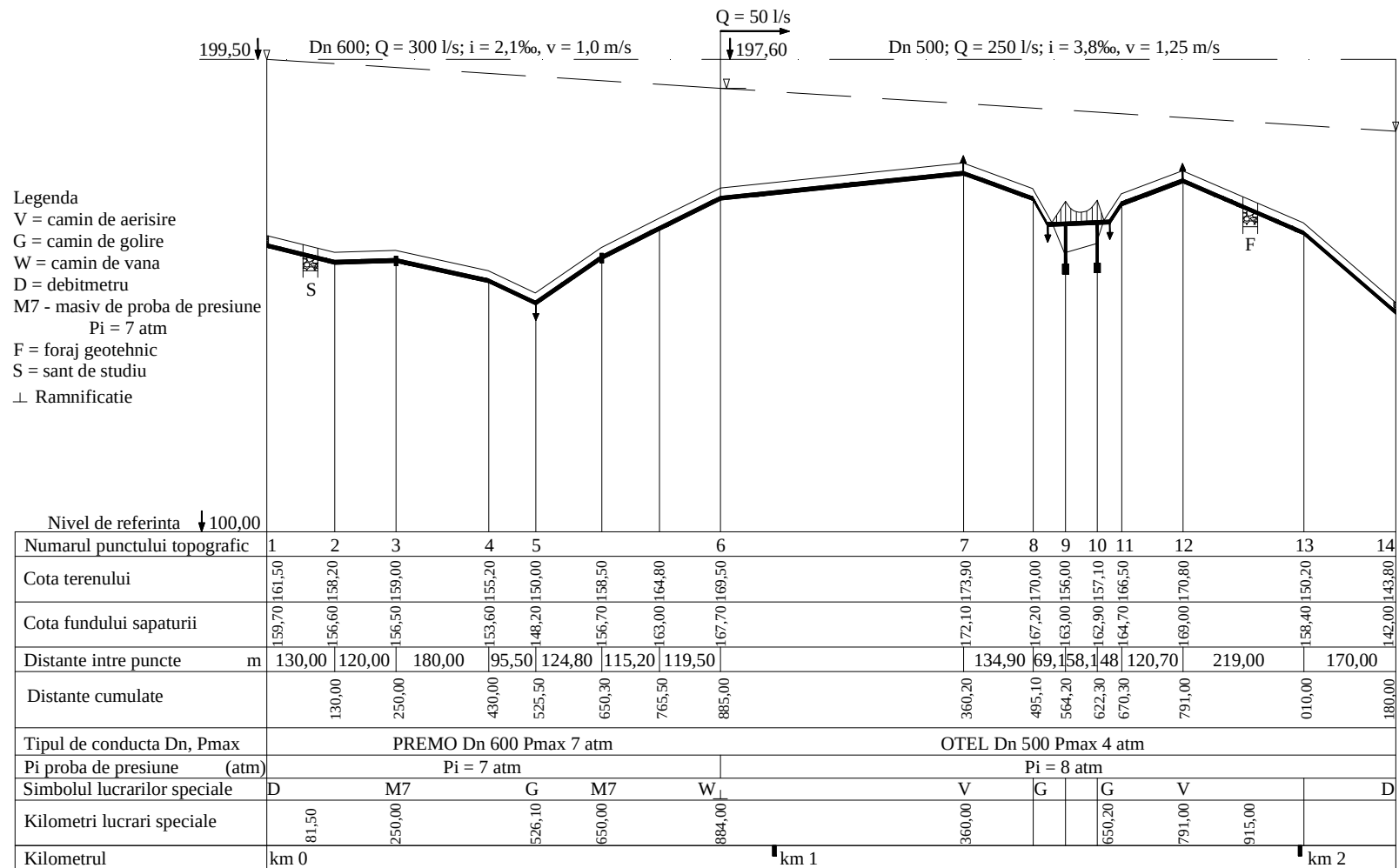


Figura 6.4. Profilul longitudinal al unei conducte de aducțiune. Exemplu.

6.3.2 Dimensionarea secțiunii aducțiunii

6.3.2.1 Calculul hidraulic al aducțiunii

6.3.2.1.1 Calculul hidraulic al aducțiunii gravitaționale sub presiune

Pentru calcule expeditivite se utilizează formula Chezy – Manning:

$$Q = A \cdot C \cdot (R \cdot i)^{0,5}, \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (6.1)$$

unde:

Q = debitul de dimensionare; pentru localități cerința maxim zilnică (m^3/s);

A = secțiunea vie a conductei, (m^2);

$C = (1/n) \cdot R^{1/6}$ – coeficientul Chezy;

$1/n$ = coeficient (inversul rugozității relative) ale cărui valori orientative sunt:

- 74 pentru tuburi din beton simplu;
- 83 pentru tuburi din beton armat precomprimat;
- 90 tuburi din mase plastice, tuburi din poliesteri armati cu fibră de sticlă (PAFSIN).

R = raza hidraulică, $R = D/4$ (m), pentru conducte cu secțiune circulară;

D = diametrul interior al conductei, (m);

i = pierdere unitară de sarcină.

Din figura 6.1 rezultă că cel mai mic diametru al conductei (din investiție minimă) se realizează atunci când energia disponibilă H^* este egală cu pierderea de sarcină ($h_r = i \cdot L$). Din această corelație de optimizare se poate calcula valoarea $i = H^*/L$.

Din relația (6.1) cunoscând Q , i și rugozitatea materialului $1/n$ se poate determina diametrul conductei.

Viteza apei se calculează considerând curgerea permanentă și uniformă:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{m/s}) \quad (6.2)$$

Pentru rezolvări expeditivite, există diagrame pentru fiecare tip de material: pentru un diametru cunoscut, relația $Q = f(i)$ este o linie dreaptă (reprezentare la scară logaritmică).

În diagramă orice valoare este posibilă cu o singură restricție: în momentul citirii coordonatei punctului, acesta trebuie să se afle pe o curbă a diametrului; diametrul trebuie să existe, să fie produs de serie, deci valoarea lui nu este interpretabilă; pentru combinații pot fi alese tronsoane succesive cu diametre diferite.

Calculul coeficientului Darcy λ se mai poate face utilizând formula Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left(\frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot D} \right) \quad (6.3)$$

Re – numărul Reynolds, $Re = \frac{v \cdot R}{\nu}$ (adimensional)

D – diametrul interior al conductei (m);

k – coeficient de rugozitate absolută ($k = 0,003 \text{ mm} \div 30 \text{ mm}$).

R – raza hidraulică (m);

ν – coeficient de vâzcozitate cinematică;

v – viteza apei în conductă (m/s);

H^* – sarcina hidrodinamică.

Coeficientul de rugozitate absolută k, va fi solicitat furnizorului de tuburi.

Calculul se efectuează prin aproximații succesive, prin alegerea unei valori D, determinarea valorii Re și λ ; calculul se continuă până când pentru o valoare D propusă relația (6.3) este satisfăcută.

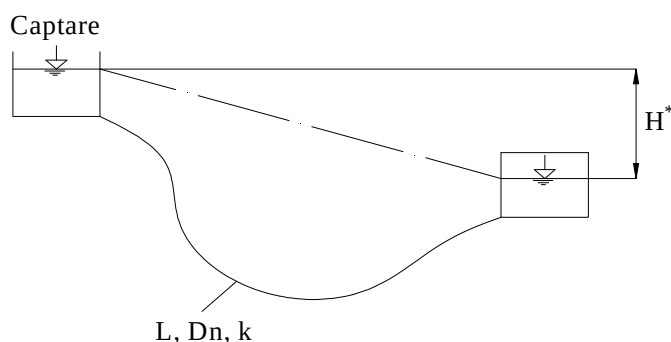


Figura 6.5. Dimensionarea aducțiunilor funcționând gravitațional.

Pe baza valorii λ se determină:

$$h_r = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A^2} \quad (\text{m}) \quad (6.4)$$

Rezolvarea se efectuează prin aproximații succesive adoptând diametrul pentru care întreaga energie disponibilă se consumă pentru învingerea rezistenței hidraulice $\Sigma h_r \equiv H^*$. La alegerea diametrului trebuie precizată calitatea materialului. Materialul se alege din oferta disponibilă pe piață și din condiția ca acesta să reziste la presiunea de lucru din timpul exploatării și în situațiile cele mai defavorabile: presiunea de încercare, presiunea în cazul loviturii de berbec.

În situațiile când pe o conductă sub presiune cu funcționare gravitațională sau prin pompare se produce o oprire bruscă a curgerii (închidere bruscă vană, oprire electropompă, spargerea conductei) energia masei de apă se disipează într-un proces oscilatoriu de comprimare-dilatare care poate conduce la spargerea (avarierea) conductei. Fenomenul este denumit lovitură de berbec (șoc hidraulic).

Lovitura de berbec este caracterizată prin unde de presiune care se propagă în lungul conductei cu viteza sunetului. Combaterea fenomenului loviturii de berbec se face prin:

- conducte real elastice (PEHD);
- dispozitive care să reducă amplitudinea fenomenului.

Pentru calcule expeditiv se calculează valoarea suprapresiunii:

$$\Delta p = \pm \rho \cdot c \cdot \Delta v \quad (\text{m}) \quad (6.5)$$

$$c = \sqrt{\frac{E_a / \rho}{1 + \frac{D}{e} \cdot \frac{E_a}{E_c}}} \quad (\text{m/s}) \quad (6.6)$$

și se determină presiunea maximă în conducte $p = H_g + \Delta p$
unde:

c – celeritatea (m/s); cu valori de ordinul $900 \div 1100$ m/s pentru conducte din beton, oțel;

g – accelerația gravitațională (m/s^2);

E_a, E_c – modulul de elasticitate al apei, respectiv al materialului conductei (N/m^2);

D, e – diametrul, respectiv grosimea peretelui conductei (m);

ρ – densitatea apei (kg/m^3).

Pentru faza proiect de execuție calculul se va efectua cu programe specializate sau prin metode grafo-analitice. Se vor respecta prevederile Normativului I30/75 – Buletinul Construcțiilor vol. 8/1975, în curs de revizuire conform UTCB nr. 443/22.12.2009 MDRL – „Calculul și combaterea loviturii de berbec la conductele pentru transportul apei”.

Soluții recomandate pentru combaterea loviturii de berbec:

- la aducțiuni gravitaționale
 - închiderea lentă a vanelor ($v_o - v$) redus, până când suprapresiunea poate fi preluată de rezistența materialului conductei;
 - viteza de închidere a vanelor cu plutitor la rezervoare sau cămine de rupere a presiunii va fi atât de mică încât suprapresiunea să fie acceptabilă (de regulă o

- închidere a vanei într-un timp de 10 ori mai mare decât timpul de reflexie $2l/v_0$, unde l este lungimea conductei, nu conduce la suprapresiune);
- deschiderea vanei va fi făcută lent, în funcție de mărimea ventilelor de aerisire;
 - asigurarea de ventile de aerisire în toate punctele înalte și în căminele de vană de linie, astfel încât, la ruperea conductei și apariția unei unde negative de presiune, să nu se producă vacuum în conductă (efectul vacuumului poate fi aspirația garniturilor, aspirarea de apă murdară din exterior prin găurile conductei).
 - la aducțiuni funcționând prin pompare
 - creșterea momentului de inerție al pompei, astfel încât oprirea să se facă lent;
 - realizarea de castele de apă care asigură acumularea apei din conductă ridicând suprapresiunea și trimiterea unei cantități de apă din castel în conductă, când se produce vacuum în conductă (este o soluție sigură, dar costisitoare; este rațională la sisteme cu înălțime de refulare până la 20 m); poziția favorabilă a castelului se stabilește de la caz la caz;
 - prevederea de recipiente cu pernă de aer; este soluția cea mai bună, relativ ușor de realizat și de amplasat; se așează lângă pompe un recipient (rezervor tip hidrofor) legat printr-o conductă cu vană reglabilă; acesta este plin, parțial cu apă, parțial cu aer, la o presiune egală cu presiunea de regim din conductă; când pe conductă apare unda de suprapresiune, o parte din apa din conductă intră în recipient, mărin­d presiunea aerului până la egalizare cu noua presiune din conductă; când unda de suprapresiune trece, aerul din cazan se destinde, împingând în conductă o cantitate de apă (până la echilibrarea presiunii cazan-conductă) și evitând valorile negative de presiune în conductă.

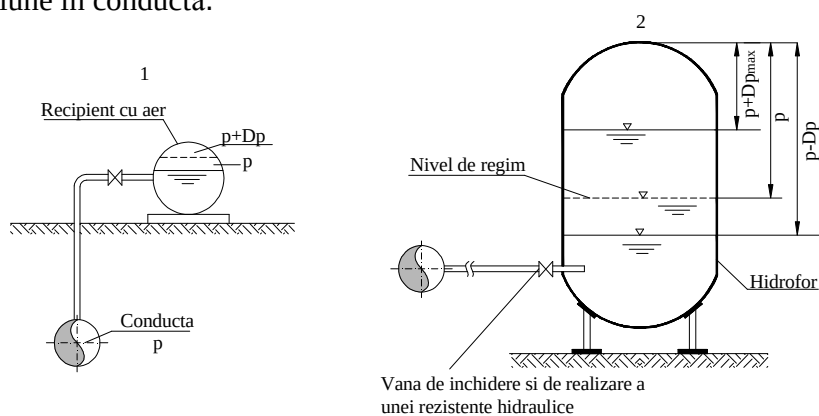


Figura 6.6. Amplasarea unui recipient cu aer sub presiune: 1. orizontal, 2. vertical.

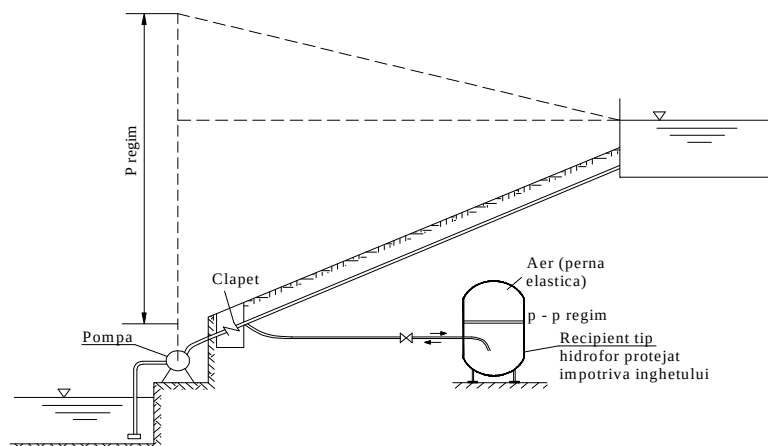


Figura 6.7. Combaterea loviturii de berbec cu recipient tip hidrofor.

6.3.2.1.2 Calculul hidraulic al aducțiunii gravitaționale cu nivel liber

- Se alege o secțiune din condițiile:
 - hidraulice: rază hidraulică maximă și perimetrul muiat minim;
 - geotehnice: unghi de taluz, caracteristici teren, nivel apă subterană, natura îmbrăcăminții;
 - pantă longitudinală;
 - viteza apei.
- Se stabilește cheia limnometrică (figura 6.8) pentru secțiunea adoptată și panta longitudinală pe tronsoane de pantă idem; cheia limnometrică reprezintă corelația $Q = f(h)$ pentru $i_R = \text{idem}$; $R_h = \text{idem}$; $1/n = \text{idem}$.

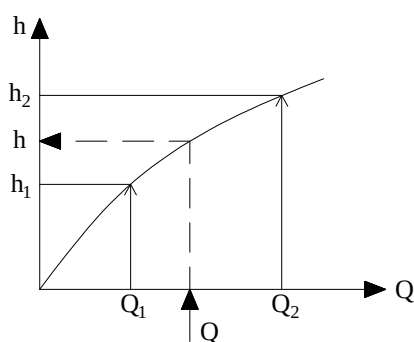


Figura 6.8. Cheia limnometrică.

a) Canale deschise

Formula generală de dimensionare a canalelor este:

$$Q = AC\sqrt{Ri_R} = K\sqrt{J} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (6.7)$$

în care $K = AC\sqrt{R}$ este modulul de debit, depinzând numai de elementele geometrice ale secțiunii și de rugozitatea pereților.

i_R – panta radierului.

Forma optimă de profil transversal, pentru o secțiune udată A dată și o pantă i_R dată, permite transportul debitului maxim.

Forma circulară este soluția corespunzătoare, deoarece cercul are perimetrul minim. Pentru un canal cu curgere liberă, secțiunea corespunzătoare este semicercul, figura 6.9.

În practică se întrebuițează forma de trapez circumscris semicercului.

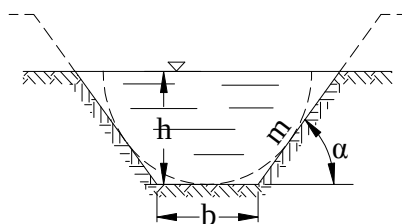


Figura 6.9. Secțiunea trapezoidală optimă: trapez circumscris semicercului.

$$\frac{b}{h} = 2 \left[\sqrt{1 + m^2} - m \right] \quad (6.8)$$

Rezultă:

$$A = \left[2\sqrt{1 + m^2} - m \right] h^2; \quad \chi = 2 \left[2\sqrt{1 + m^2} - m \right] h; \quad A = \chi \cdot \frac{h}{2} \quad (6.9)$$

adică perimetrul este circumscris unui semicerc cu raza h .

Protecția taluzelor canalelor

Pentru stabilitatea canalului se vor adopta valori corespunzătoare pentru panta taluzului (1: m) și a vitezei apei în canal, astfel încât să nu se producă eroziuni (tabelul 6.1).

Tabel 6.1. Viteza limită pentru evitarea eroziunii taluzelor – diverse categorii de căptușeli, în m/s.

Nr. crt.	Natura căptușelii	$v_{\max}$ (m/s)
1	Argilă nisipoasă	0,5
2	Loess compact	0,6
3	Brazde așezate pe lat	0,8
4	Beton asfaltic	2,0
5	Piatră brută uscată	3,0
6	Piatră brută rostuită	5,8
7	Beton B140	5,0
8	Beton B200	9,0

Panta taluzului se adoptă pe baza studiului geotehnic luând în considerație și situațiile de golire bruscă a canalului; notând $m = \text{ctg } \alpha$, unde α este unghiul taluzului față de orizontală se adoptă pentru taluz valorile 1:1, 1:2, 1:3.

Funcție de viteza de curgere a apei în canal, de natura terenului în care se amplasează, taluzele și radierul se protejează corespunzător. Pentru canale cu funcționare permanentă protecția se realizează din dale de beton (prefabricate) sau turnate pe loc, rostuite; acestea se amplasează pe un strat de balast de minim 10 cm grosime.

Pentru funcționare în condiții de timp friguros se vor adopta:

- materiale rezistente la gelivitate, impermeabile ($K < 10 \text{ m/zi}$);
- măsuri care să permită ruperea stratului de gheață.
- măsuri care să evite înzăpezirea canalului (la viscol);

b) Apeducte

Apeductele se folosesc pentru transportul apei potabile/tratate sau chiar a unei ape brute, nepotabile pentru a preveni efectele provocate de factori climatici (zăpadă, gheață) și de alți factori care alterează calitatea apei sau produc pierderi prin evaporare și exfiltrații.

Secțiunea transversală este circulară de regulă; în cazuri speciale poate avea și alte forme figura 6.10.

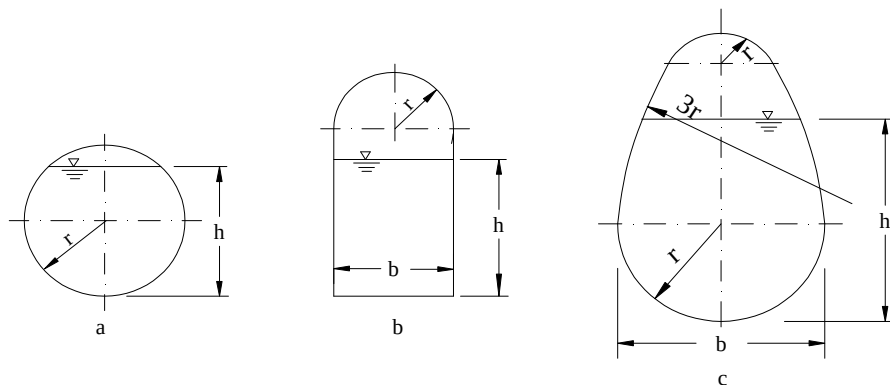


Figura 6.10. Forme ale secțiunii apeductelor.
a. circulară; b. dreptunghiulară cu boltă; c. ovoid întors.

Dimensionarea apeductelor se face idem § a) Canale deschise.

6.3.2.1.3 Calculul hidraulic al aducțiunii funcționând prin pompare

În cazul aducțiunilor funcționând prin pompare intervin:

1. Energia de pompare necesară pe durata funcționării; există o multitudine de soluții deoarece pot fi adoptate diametre, materiale și utilaje de pompare diferite;

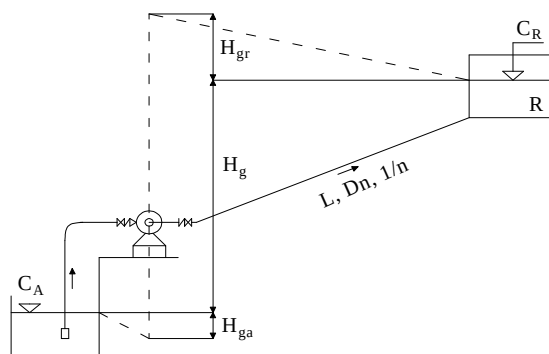


Figura 6.11. Schema hidraulică pentru calculul aducțiunii prin pompare.

Înălțimea geodezică de pompare:

$$H_g = C_R^{max} - C_A^{min} \quad (m) \quad (6.10)$$

Înălțimea de pompare:

$$H_p = H_g + H_{ga} + H_{gr} \quad (m) \quad (6.11)$$

unde:

H_{ga} – suma pierderilor de sarcină pe sistemul hidraulic de aspirație

$$H_{ga} = \frac{v^2}{2g} \left(\sum \zeta_i + \lambda_i \frac{l_i}{D_i} \right) \quad (m) \quad (6.12)$$

ζ_i – coeficienți de pierderi de sarcină locale, λ_i – coeficientul Darcy.

H_{gr} – pierdere de sarcină distribuită pe conducta de refulare;

$$H_{gr} = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (m) \quad (6.13)$$

λ – coeficient de pierderi de sarcină;

Puterea necesară:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_p}{\eta} \quad (W) \quad (6.14)$$

ρ – densitatea apei (kg/m^3)

g – accelerația gravitațională (m/s^2)

Q – debit (m^3/s)

H_p – înălțimea de pompare (m)

η – randamentul pompei;

Energia consumată

$$E = P \cdot t_F \quad (Wh) \quad (6.15)$$

Costul energiei anuale:

$$C_E = P \cdot t_F \cdot c_E \text{ (lei)} \quad (6.16)$$

t_F = număr ore funcționare;

c_E = costul specific al energiei (lei/kWh).

- Costul energiei scade prin creșterea diametrului.
- Investiția crește cu mărirea diametrului.

2. Costul de investiție; depinde de diametru, material, caracteristicile traseului, metoda de execuție, lungimea aducțiunii.

3. Diametrul economic se determină din condiția ca suma cheltuielilor anuale de investiție (aI) și a costurilor de exploatare (C_E) să fie minimă (figura 6.12).

a – cota de amortisment.

$$a = 1/T_r \quad (6.17)$$

I – investiția;

T_r – durata normată de lucru a conductei, de regulă 30 – 50 ani.

Pentru calcule expeditiv se poate folosi o valoare practică pentru viteza economică.

Viteza economică sau diametrul economic depinde de:

- mărimea debitului (Q) – în general v_{ec} crește cu mărimea debitului;
- timpul de funcționare al sistemului: prin reducerea timpului de funcționare crește valoarea vitezei economice (ex: la 1h/zi $v_{ec} > 3\text{m/s}$);
- randamentul și calitatea utilajelor.

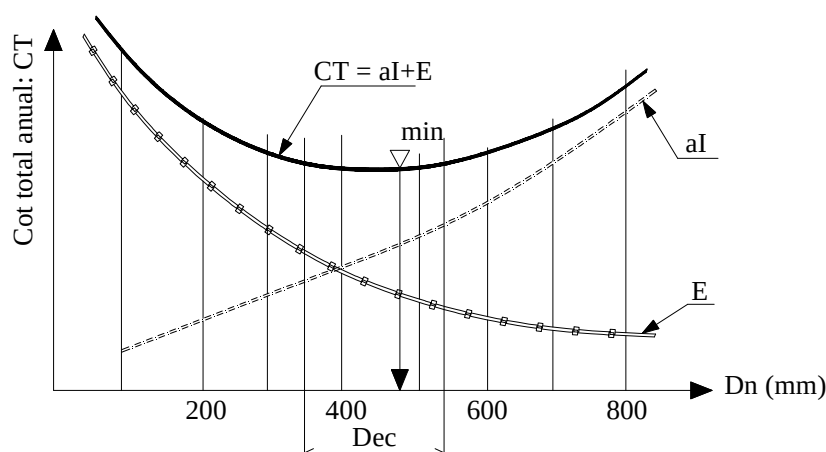


Figura 6.12. Determinarea diametrului economic al unei conducte funcționând prin pompare.

6.3.3 Siguranța operării aducțiunii

Pentru a asigura funcționarea neîntreruptă a unui sistem de transport a apei în care poate interveni o avarie remediabilă într-un timp T, soluția economică se alege în funcție de:

- lungimea aducțiunii L (m);
- debitul aducțiunii Q (m³/s);
- panta hidraulică disponibilă pe aducțiune;
- mărimea rezervorului în care se transportă apa.

Soluția economică se poate realiza:

- 1) Cu o aducțiune cu două fire, interconectate cu bretele.
- 2) Cu o conductă unică și un volum al rezervei de avarie care să asigure consumul pe perioada de avarie T (h).

În cazul aducțiunilor funcționând prin pompare măsurile de siguranță se referă și la stația de pompare (alimentare dublă cu energie electrică, pompe de rezervă etc).

6.3.3.1 Aducțiuni din 2 fire legate cu bretele

În caz de avarie, se izolează tronsonul avariât; debitul minim asigurat se poate calcula cu relația:

$$Q_{min} = \sqrt{\frac{H^*}{0,25 \cdot s_o \cdot l \cdot (n + 4)}} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (6.18)$$

unde:

H^* – sarcina hidrodinamică (energia disponibilă a sistemului);

n – numărul de bretele;

$l = L/(n+1)$ – lungimea unui tronson de conductă între două bretele;

s_o – modul specific de rezistență hidraulică; se calculează cu expresia:

$$s_o = \frac{1}{k^2} \quad (\text{s}^2/\text{m}^6) \quad (6.19)$$

k – modul de debit

$$k = AC\sqrt{R} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (6.20)$$

unde:

A – secțiunea conductei (m²);

C – coeficient Chézy;

R – raza hidraulică (m).

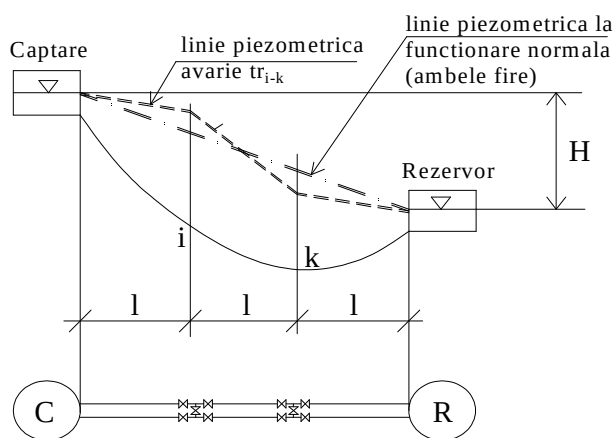


Figura 6.13. Aducțiune cu 2 fire, legate cu bretele.

6.3.3.2 Aducțiune cu 1 fir și rezervă de avarie

Volumul rezervei de avarie se va determina astfel ca să se asigure alimentarea utilizatorului pe durata de remediere a avariei; aceasta poate fi variabilă de la 6 la 24 h funcție de:

- dotarea aducțiunii cu sisteme de alarmă (SCADA) și vane automate care să permită izolarea tronsonului avariât într-un timp scurt;
- dotarea operatorului cu utilaje și sisteme de intervenție pentru refacerea în timp scurt a avariei;
- accesibilitatea pe amplasamentul avariei.

Volumul rezervei de avarie:

$$V_{av} = Q_{ad} \times t_{r.av} \quad (m^3) \quad (6.21)$$

Q_{ad} – debitul transportat de aducțiune (m^3/s);

$t_{r.av}$ – timpul de refacere avariei (s).

6.3.3.3 Comparația soluțiilor

Se va efectua o comparație tehnico-economică între soluția cu dublare aducțiune (2 fire) și soluția cu prevederea unui volum de avarii.

6.3.4 Materiale pentru realizarea aducțiunii

Alegerea materialului din care se execută aducțiunile se face în funcție de condițiile de funcționare (presiuni, profil) și de condițiile locale (agresivitatea solului, capacitatea portantă a solului, încărcări mecanice exterioare).

Se vor avea în vedere următoarele:

- diametrul nominal al conductei;
- presiunea interioară;
- tipul legăturilor (sudură, îmbinare cu flanșe, îmbinare cu mufe);
- încărcarea mecanică exterioară;
- coroziunea internă sau externă.

La alegerea materialului conductelor se au în vedere rezultatele calculului de dimensionare hidraulică și de rezistență.

Pentru aducțiuni cu $L > 1$ km se vor analiza minim 3 opțiuni de material pe baza:

- costuri de investiție;
- riscul potențial în întreruperea funcționării datorate unei avarii;
- comportarea în timp, exprimată prin durata de viață și modificarea parametrilor de rezistență în timp; se va lua în considerație și influența calității apei transportate asupra materialului aducțiunii.

Proiectantul în acord cu beneficiarul va elabora o listă de priorități privind alegerea materialului.

Durata de exploatare pentru funcționarea aducțiunilor este de minim 50 de ani.

Tabel 6.2. Materiale folosite curent la execuția aducțiunilor.

Nr. Crt.	Material	Îmbinări	Avantaje	Dezavantaje
1	Fontă de presiune	- cu flanșe - cu mufă	- durabilitate mare; - rezistentă la coroziune.	- material nerezistent la sarcini dinamice și seismice; - îmbinarea cu mufă și plumb ștemuit, deosebit de costisitoare și manoperă mare.
2	Fontă ductilă	- cu flanșe - cu mufă	- material flexibil – rezistent la sarcini dinamice; - îmbinări garantate; - tuburile sunt protejate la interior cu un strat de mortar de ciment tratat termic și la exterior cu protecție de Zn pentru reducerea rugozitatilor.	-
3	Tuburi din oțel	- prin sudură - cu flanșe	- preia în condiții bune sarcinile interioare și exterioare nelimitate	- necesitatea protecției interioare/exterioare la coroziune foarte costisitoare
4	Beton armat precomprimat PREMO	- cu mufă și inel de cauciuc	- durabilitate mare; - rezistente la acțiuni dinamice	- refacerea avariilor costisitoare; - coturi, racorduri din alte materiale.
5	Materiale plastice (PEID, PVC)	- cu manșon prefabricat - prin mufare, tub în tub - prin sudare cap la cap	- ușoare ($PE - 0.93 \text{ g/cm}^3$, $PVC - 1.4-1.6 \text{ g/cm}^3$) și cu facilități deosebite de execuție și montaj prin sudură sau lipire; - rezistențe la coroziune atât a apei cât și a terenului în care se pozează.	- comportarea în timp, pe durate mari (20-30 ani), cu numeroase necunoscute; - coeficienți de dilatație termică mari care necesită măsuri speciale de pozare.
6	Alte tipuri de materiale (PAFSIN)	- cu mufă de trecut pe tub din același material - cu inele de cauciuc elastomeric	- greutate redusă (1/4 față de tuburile din fontă); - rezistente la coroziune; - comportarea bună la sarcini dinamice.	- nu se cunoaște comportarea în timp îndelungat (50 ani), atât din punct de vedere al influenței asupra calității apei transportate, cât și al comportării structurale.

6.3.5 Construcții anexe pe aducțiune

În funcție de lungimea, configurația în plan și profilul aducțiunii, de căile de comunicații și văile sau cursurile de apă intersectate sunt necesare o serie de construcții și instalații accesorii pentru buna funcționare a sistemului de transport.

Construcțiile auxiliare pot fi grupate astfel:

1) Cămine:

- cămine de vane de linie;
- cămine de golire;
- cămine de ventil;
- cămine pentru echipamente de control.

2) Traversări de râuri, căi ferate, drumuri sau depresiuni (uscate/umede).

3) Masive de ancoraj

4) Stații de pompare

6.3.5.1 Cămine

6.3.5.1.1 Cămine de vană de linie

Se prevăd pentru a permite izolarea unui tronson de conductă în cazul în care se produce o avarie care necesită întreruperea circuitului apei. Se amplasează în punctele de legătură (bretea) între două conducte paralele, la traversările de căi de circulație și în lungul conductei la fiecare 2 – 3 km.

Sectorul conductei din amonte/aval de vană se verifică la presiunea hidrostatică corespunzătoare profilului aducțiunii și se adoptă măsuri adecvate (vane de limitare a presiunii, cămine de rupere de presiune).

6.3.5.1.2 Cămine de golire

Căminele de golire se amplasează în punctele joase de pe profilul aducțiunii sau în apropierea acestora în cazul în care există posibilitatea descărcării gravitaționale directe a tronsonului de conductă într-un emisar apropiat și amonte de fiecare vană de linie.

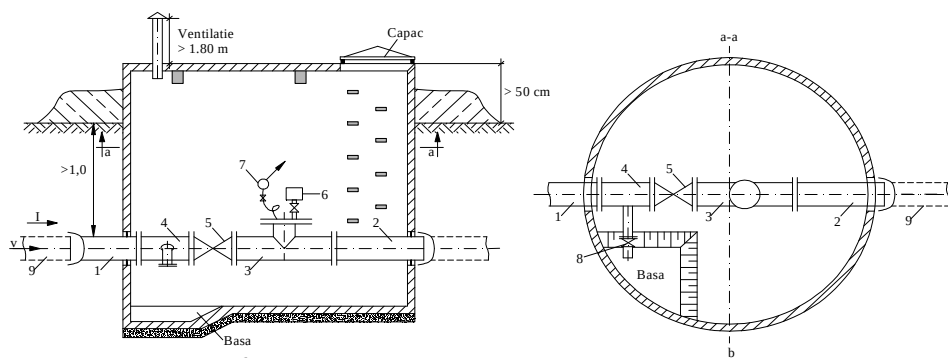


Figura 6.14. Cămin de vană de linie și golire: a. secțiune verticală; b. secțiune orizontală;
1, 2. piese metalice racord, 3. teu cu flanșe, pentru acces, 4. teu pentru vana de golire, 5. vană de linie,
6. ventil de aerisire, 7. manometru (traductor de presiune), 8. vană de golire, 9. conducta de aducțiune.

Dimensiunile căminelor rezultă pe baza cotelor de catalog ale instalațiilor hidraulice și asigurarea unei camere de lucru de min. 1,80 înălțime și 0,8 x 0,8 m² (în plan); se vor lua în considerație măsuri constructive pentru a permite introducerea/scoaterea celei mai mari piese componente a instalației hidraulice.

Este indicat ca proiectantul să analizeze în ansamblul traseului aducțiunii, uniformizarea căminelor pentru vane de linie, dispozitive de golire și de ventil.

6.3.5.1.3 Cămine de ventil

Ventilul de aerisire are dublu rol: de a evacua aerul care se colectează în punctele înalte de pe traseu și totodată de a permite pătrunderea din exterior a aerului în conductă în cazul golirii conductei și producerii vacuumului la loviturile hidraulice.

Întrucât în racordul la ventil apa poate stagna, este necesară izolarea termică împotriva înghețului.

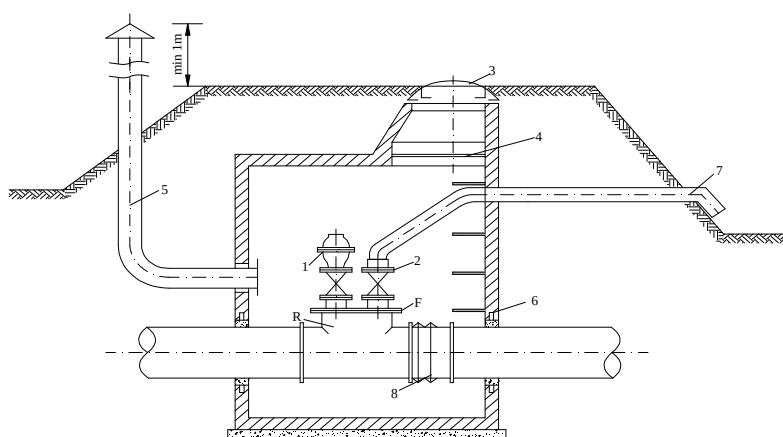


Figura 6.15. Cămin de ventil: R – ramnificație, F – flanșă oarbă;
1. ventil de aerisire; 2. robinet de control; 3. capac cu incuietoare; 4. capac interior pentru izolație termică;
5. ventilație; 6. trecere prin perete; 7. conductă de evacuare pentru verificare funcționare ventil; 8. compensator.

NOTĂ: Toate căminele vor fi amplasate astfel ca să nu fie inundate la ape mari sau ploi excepționale.

6.3.5.2 Traversările cursurilor de apă și căilor de comunicație

6.3.5.2.1 Traversarea cursurilor de apă

Se poate face prin îngroparea conductei sub fundul albiei dacă intervenția în caz de avarie se poate realiza relativ ușor.

Pentru siguranță traversarea prin îngropare sub fundul albiei (fig. 6.16) se realizează cu două fire de conducte din țevi de oțel fiecare având vane de izolare la capăt. Căminele vor fi realizate astfel ca să nu fie înecate în caz de inundație. Conductele se îngroapă sub adâncimea de afuiere a râului în sectorul respectiv și se protejează cu palplanșe și anrocamente sau numai cu anrocamente. Acest sistem de traversare prezintă dificultăți atât la execuție cât și la exploatare, de aceea este recomandabil numai pentru văile cu debite reduse de apă și cu separare clară între albia minoră și albia majoră (loc pentru batardou).

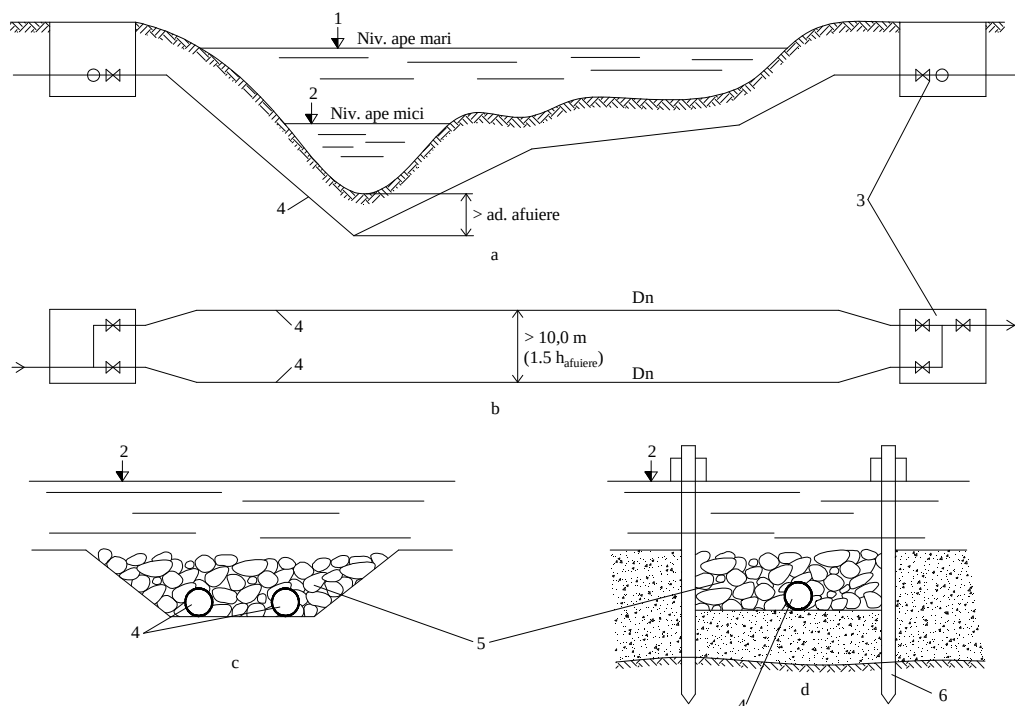


Figura 6.16. Traversare de conductă pe sub fundul râului:

a. secțiune longitudinală; b. plan; c. secțiune transversală la săpătură în tranșee;

d. secțiune transversală la săpătură în incintă de palplanșe;

1. nivel ape mari; 2. nivel ape mici; 3. cămine de vane; 4. conducte; 5. anrocamente; 6. palplanșe.

Intervenția se face la ape mici. Debitul de dimensionare a unei conducte este $0,7Q$.

Pentru râuri importante (fluvii) se poate executa subtraversarea prin metode de foraj orizontal (pipe-jacking) la o adâncime convenabilă (2-3 ori adâncimea de afuiere); diametrul forajului va fi (1,2 ... 1,3) DN; pe fiecare mal se vor prevedea chesoane necesare pentru

montarea/scoaterea mașinii de foraj; acestea vor adăposti ulterior instalația hidraulică de izolare a tronsonului de subtraversare; în interiorul forajului se va monta conducta de aducțiune din tronsoane montate în chesonul de mal și trase în interiorul tubului de protecție.

În funcție de gradul de siguranță cerut pentru aducțiune se va analiza opțiunea prevederii a 2 fire de subtraversare cu posibilitatea izolării fiecăruia.

Se vor prevedea dotări pentru urmărirea presiunii pe aducțiune în zona subtraversării, controlul integrității conductei și eventuale demontări ale conductei în zona subtraversării.

6.3.5.2.2 Traversarea căilor de comunicație

La intersecția cu căile de transport aducțiunea este amplasată sub calea de transport printr-o construcție după prevederile avizate sau impuse de autoritatea căi de transport.

Trecerea se face prin conducte protejate în tuburi cu diametrul mai mare decât al aducțiunii (figura 6.17) sau prin conducte montate în galerii de protecție dacă adâncimea de pozare a conductei este mai mare de 4 m. Traversările trebuiesc concepute și realizate astfel încât în caz de avarie să nu afecteze siguranța căii iar reparația la conductă să se poată face fără restricții de circulație. Soluția va fi analizată de beneficiarul căii.

Traversările nevizitabile se execută cu tuburi protectoare din materiale care să preia solicitările date din circulație prin procedeul forajului orizontal (pipe-jacking).

Proiectele de traversare a aducțiunilor sub căile de comunicație prevăd ca diametrul tubului de protecție să fie 1,5 ori diametrul aducțiunii. La capetele traversării sunt prevăzute cămine pentru vane. În căminul de vană din aval pătrunde și capătul tubului de protecție, care este montat în pantă, pentru a permite scurgerea apei, care eventual ar curge prin neetanșeitarea conductei de aducțiune. Conducta este susținută deasupra generatoarei inferioare a tubului de protecție prin intermediul unor role sau al unor suporti elastici pentru a prelua sarcinile dinamice.

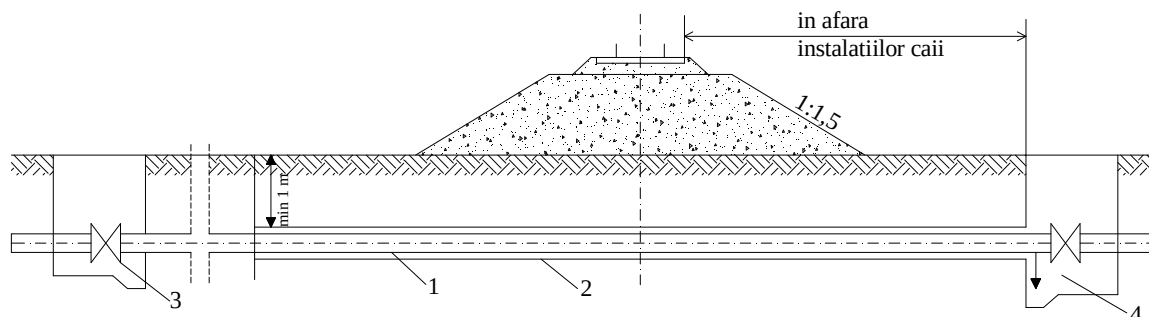


Figura 6.17. Trecere nevizitabilă pe sub o cale ferată: 1. conductă metalică; 2. tub de protecție; 3. cămin pentru vană de izolare și pentru ventilul de aerisire; 4. cămin pentru vană de izolare și pentru golire.

6.3.5.2.3 Traversări aeriene de văi (râuri)

Traversarea conductelor peste cursurile de apă se poate face și aerian:

- prin utilizarea unor poduri existente, conductele urmând a fi ancorate sub consola trotuarului sau de anetretoazele podului cu condiția verificării statice și de rezistență a ansamblului și cu acordul beneficiarului de folosință a lucrării de artă;
- prin poduri apeduct independente.

Soluțiile constructive pentru aceste poduri se adoptă pe baza calculelor structurale și de cost comparative între sistemele cu conductă autoportantă pe pile sau poduri suspendate. Alegerea soluției depinde de condițiile geotehnice de fundare ale infrastructurii și de condițiile pentru execuția acesteia.

Calculul podurilor apeduct se face respectându-se toate principiile construcției podurilor pentru căi de comunicație, ținând seama și de eforturile care apar datorită apei. La soluționarea podurilor apeduct se ține seama și de necesitățile locale de traversare a albiei, podul fiind eventual executat pentru a permite și trecerea pietonilor, sau combinându-se cu construcția unui pod rutier cerut de nevoile transportului local. Se va analiza problema siguranței având în vedere că avariarea unui asemenea poate fi mult mai gravă ca a unui pod obișnuit.

6.3.5.3 Proba de presiune a conductelor

Se va efectua conform prevederilor SR EN 805/ 2000.

Se vor lua în considerație următoarele:

- când lungimea aducțiunii depășește 1,0 km se calculează suprapresiunea din lovitura de berbec și se stabilesc măsuri de protecție;
- pentru conductele cu lungimea sub 1,0 km valoarea suprapresiunii din lovitura de berbec se calculează prin metode expeditiv.

Metodele de realizare a probei de presiune sunt cele indicate în SR EN 805/ 2000.

Pierderea de apă admisibilă la sfârșitul perioadei de probă se calculează:

$$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left[\frac{1}{E_W} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right] \quad (\text{dm}^3) \quad (6.22)$$

unde:

ΔV_{max} – pierderea de apă admisibilă în dm^3 ;

V – volumul tronsonului de conductă de încercat, în dm^3 ;

Δp – căderea de presiune admisibilă în kPa;

E_W – modulul de elasticitate al apei în kPa;

D – diametrul interior al tubului în m;

e – grosimea peretelui tubului în m;

E_R – modulul de elasticitate la încovoiere transversală al peretelui tubului în kPa;

1,2 – factor de corecție (ex: pentru aer rezidual) în timpul încercării principale de presiune.

NOTĂ: Este importantă legătura – presiunea de încercare, presiunea de lucru, presiunea la lovitura de berbec și presiunea de fabricație a conductei (PN).

Pentru calcule se va considera:

$$E_W = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

E_R – caracteristic fiecărui tip de material; valoarea va fi pusă la dispoziție de fabricantul tuburilor;

Pentru determinarea căderii de presiune Δp se vor respecta procedurile conform A. 26 ad. 11.3.3.3, A 27 ad. 11.3.3.4, A 27.4 și A 27,5 cf. SR EN 805/ 2000.

Se vor respecta următoarele prevederi generale și specifice:

1. Proba de presiune pentru aducțiuni se face pe tronsoane cu lungimea cuprinsă între 500 m și 2000 m la care sunt montate armăturile, sunt executate toate masivele de ancoraj și s-au executat umpluturile (cu excepția secțiunilor de îmbinare care rămân libere) în conformitate cu cerințele caietului de sarcini; adoptarea configurației tronsoanelor de probă se realizează pe baza profilului longitudinal al aducțiunii;
2. Înălțimea umpluturii peste creasta conductei va fi de min. 1 m, iar pentru conductele cu presiune mai are de 16 bari, de min. 1,2 m;
3. Umplutura se va realiza și compacta pe toată lungimea conductei, mai puțin în zona îmbinărilor care rămân libere pentru a se constata eventuale pierderi de apă;
4. Pentru presiune mai mare de 16 bari și în cazul când îmbinările s-au executat cu devieri în limita celor admisibile, umplutura se va executa cu deosebită atenție luând în considerație posibilitatea de plutire;
5. Umplerea tronsoanelor de probă se va face astfel încât să se asigure completa evacuare a aerului din conductă. Se recomandă ca umplerea să se facă din capătul cel mai jos al conductei. După umplere se recomandă o aerisire finală a conductei, prin realizarea unei ușoare suprapresiuni până la eliminarea totală a bulelor de aer

din apă, după care se închid dispozitivele de aerisire. Fiecare furnizor de tuburi va indica pentru fiecare diametru debitul de umplere;

6. Ridicarea presiunii de probă se face în trepte de 0,5 bari cu o pompă de presiune cu debit mic și cu urmărirea permanentă a secțiunilor de îmbinare și a secțiunilor caracteristice (ex. devieri controlate);
7. Remedierea defecțiunilor, dacă este cazul, se va face numai după golirea conductei;
8. Pentru testarea unui tronson de conductă capetele tronsonului se vor închide etanș. Pe capacele de închidere se vor suda ștuțurile de umplere, golire, aerisire și pentru racordul manometrului;
9. Pentru măsurarea presiunii se folosesc manometre având gama de precizie adoptată astfel:
 - până la 10 bari precizia citirii 0,1 bari
 - de la 10 la 20 bari precizia citirii 0,2 bari
10. Presiunea la care s-a executat proba, rezultatele obținute precum și toate defecțiunile constatate și remedierile efectuate se trec în Procesul verbal de recepție care se depune la Cartea construcției.
11. Pentru fiecare tip de material furnizorul va indica detaliile și va livra sistemele de închidere a capetelor tronsonului de probă.

NOTĂ: Atunci când aducțiunea este prevăzută ca în viitor să lucreze la parametrii mai mari aceștia vor fi luați în considerare la proiectarea și încercarea conductei.

Forța de presiune pe sistemele de închidere a tronsonului de probă trebuie transmisă unor masive de ancoraj. Transmiterea forței de presiune de la capetele de închidere către pământ se va face prin masive de ancoraj sau reazeme specifice.

Masivele pentru proba de presiune vor fi astfel proiectate și executate încât să permită continuarea execuției aducțiunii cu lucrări de demolare și costuri minime.

Se impune ca la distanța de 2 m de ambele capete ale tronsonului de probă terenul natural să nu fie deranjat (săpat) pentru ca masivele de probă să poată transmite forța de presiune masivului de pământ prin antrenarea rezistenței pasive a acestuia.

După terminarea probei se poate continua cu execuția tranșeei. Un exemplu de masiv de probă pentru conducte de diametru mare este dat în figura 6.19.

Proiectantul va solicita furnizorului de tuburi elementele de detaliu privind modulul de elasticitate la încovoiere a peretelui conductei (pentru lotul de tuburi care se vor livra) și domeniul valorilor vitezei unde de presiune funcție de diametru, clasă și presiune.

6.3.5.4 Masive de ancoraj

Masivele de ancoraj se introduc în secțiunile unde conducta prezintă pe traseu modificări de direcție și solicitările necesare nu pot fi preluate de conducta însăși sau nu pot fi transmise terenului de fundare fără a produce deplasări ale conductei care pot produce instabilitatea și pierderea etanșeității acesteia.

Astfel de solicitări se produc datorită presiunii apei în interiorul conductei la coturi (și uneori și la viteze mari ale apei), ramificații și în puncte de capăt, cum sunt cele de la tronsoanele supuse probelor de presiune sau în căminele de vane. Ele nu pot fi preluate de conductă decât în cazul în care aceasta este din țevi de oțel sudate. Pentru conductele din tuburi cu îmbinări mufate, în punctele menționate este necesară introducerea unor tronsoane de conductă sprijinite de masive de ancoraj.

Forța exercitată de apa din conductă la un cot având unghiul α° (figura 6.18a) pe direcția bisectoarei unghiului format de conductă, se determină cu formula:

$$S = 1,57 \cdot d^2 \cdot p \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{daN}) \quad (6.23)$$

d = diametrul conductei (cm);

p = presiunea maximă din conductă (daN/cm^2)

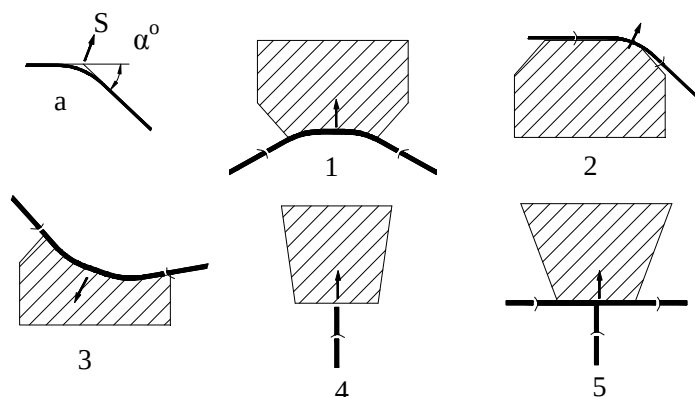


Figura 6.18. Scheme ale masivelor de ancoraj: a. schema de calcul; 1. masiv la cot în plan orizontal; 2, 3. masive la coturi în plan vertical; 4. masiv de capăt, 5. masiv la ramnificație.

Condiția de dimensionare a masivului de ancoraj:

$$S \leq 0,9 T \quad (6.24)$$

$$S \leq p \cdot A \quad (6.25)$$

A = secțiunea conductei (m^2);

T = solicitarea totală care poate fi preluată de terenul de fundație;

$$T = T_1 + T_2 \quad (6.26)$$

T_1 = împingerea pasivă a terenului:

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot tg^2 \cdot \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \gamma \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot l \quad (kgf) \quad (6.27)$$

φ – unghiul de frecare interioară a terenului de fundație;

γ – greutatea volumetrică a pământului ($1600-1800 \text{ kg/m}^3$);

l , h_2 și h_1 sunt indicați în figura 20a.

$T_2 = Gf$ – componenta orizontală a frecării pe talpa de fundație, în kgf, G fiind greutatea masivului de ancoraj, în kgf, iar f – coeficientul de frecare între beton și pământ, variabil între 0,3 și 0,5.

p = presiunea admisibilă pe talpa de fundație astfel ca deformația pământului să nu depășească o valoare limită; de regulă $p \leq 1 \text{ daN/cm}^2$;

A = suprafața de reazem pe pământul viu.

În figura 6.20 se prezintă masive de ancoraj pentru un cot pe orizontală (a) și pentru coturi în plan vertical (b și c).

Masivele de ancoraj se realizează în general din beton simplu. Este important ca săpăturile la masivele de ancoraj să asigure profilul exact de rezemare a masivului de beton prin turnare directă pe pământ, fără a intercala stratele de umplutură sau de nivelare.

Tipul și forma masivelor de probă de presiune sunt cele indicate în figura 6.19.

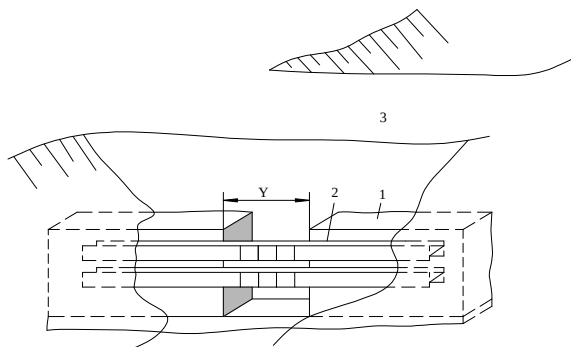


Figura 6.19. Masiv de reazem pentru probele de presiune.

1. bloc de beton rezemat pe pământ; 2. profile de transmitere a presiunii; 3. porțiune de tranșee nesăpată.

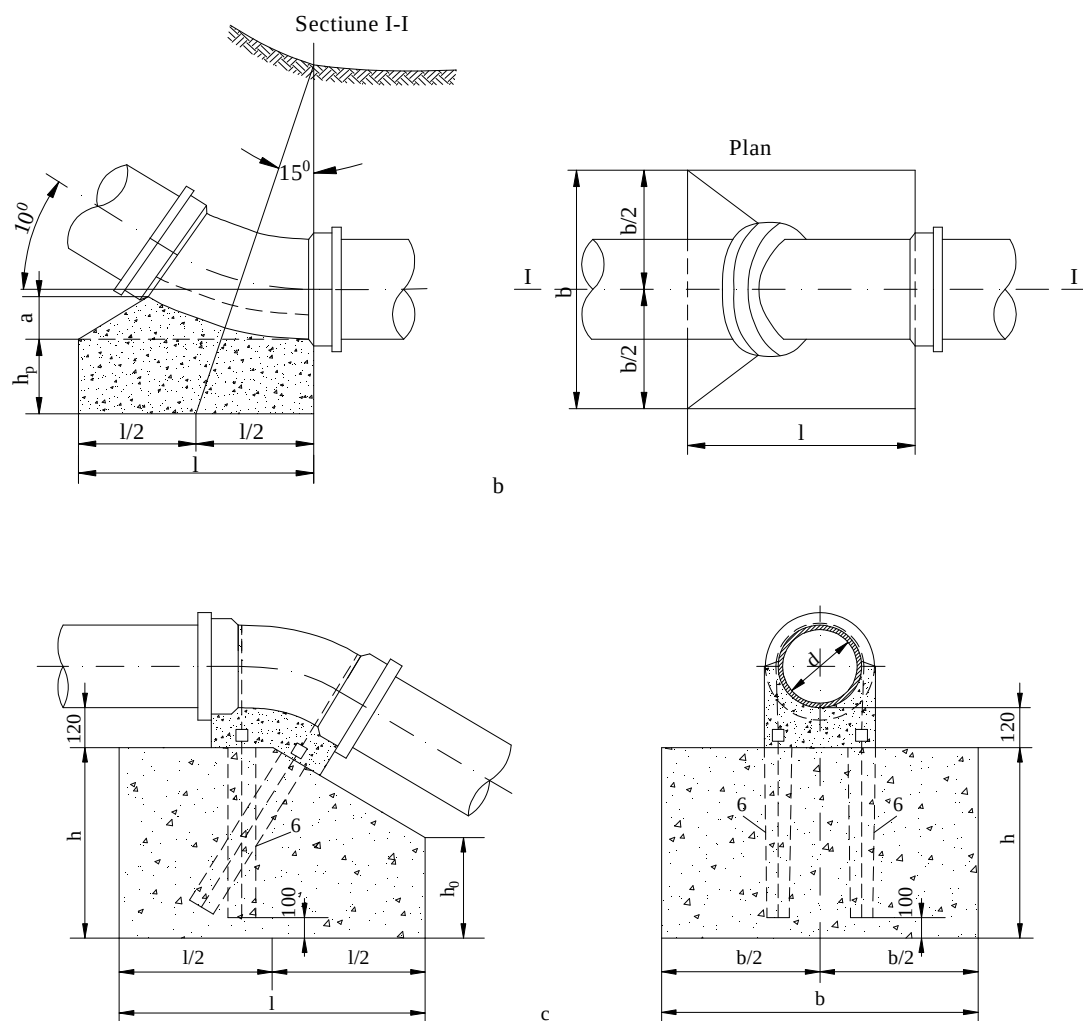


Figura 6.20. Tipuri de masive de ancoraj:

a. masiv de ancoraj pentru cot în plan; b, c. masive de ancoraj pentru cot în plan vertical;
 1. masivul de pământ pe care reazemă direct betonul; 2. masivul de ancoraj; 3. beton de umplură între masiv și cot; 4. carton asfaltat între două straturi de bitum; 5. cot la 45°; 6. sistem de ancorare conductă.

6.3.5.5 Măsurile de protecție sanitară

Pe traseul aducțiunilor se va institui zona de protecție sanitară în conformitate cu Hotărârea Nr. 930/2005 a Guvernului României; prevederile Hotărârii vor fi respectate integral cu referire specială la art. 30.

7. Stații de pompare

7.1 Elemente generale

Stațiile de pompare se implementează în cadrul sistemelor de alimentare cu apă și canalizare pe baza rezultatelor unei fundamentări tehnico-economice, determinate pe ansamblul sistemului în care se integrează acestea.

Obiectivele stațiilor de pompare:

- ridicarea nivelului energetic al apei în vederea transportului acesteia între două secțiuni caracteristici ale sistemului;
- asigurarea creșterii debitelor pe un tronson (secțiune) dat din cadrul sistemului;
- asigurarea presiunii necesare (disponibile) în sistemele cu funcționare intermitentă;

Stațiile de pompare se proiectează ca entități independente sau ca entități componente ale altor obiecte tehnologice din cadrul sistemului de alimentare cu apă (stație de filtre, front de captare a apei, rețea de distribuție) sau ale obiectivului care este deservit de stația de pompare.

La amplasarea stațiilor de pompare apă potabilă trebuie să se țină seama de asigurarea condițiilor pentru protecția sanitară conform reglementărilor tehnice în vigoare și de condițiile amplasamentului zonei, astfel încât să se evite dezastre din eventuale alunecări de teren, tasări. Pentru stațiile de pompare amplasate în zone locuite trebuie să se aibă în vedere alcătuirea și echiparea acestora astfel încât zgomotele și vibrațiile produse de pompe și motoare în funcțiune să nu depășească limitele valorilor admise în reglementările tehnice specifice.

7.2 Alcătuirea stațiilor de pompare

Elementele componente care alcătuiesc stațiile de pompare din sistemele de alimentare cu apă sunt:

- echipamente hidromecanice de bază, constituite din grupuri de pompa și motor electric de acționare a pompei;
- instalație hidraulică alcătuită din conducte de aspirație și conducte de refulare aferente stației și grupurilor de pompare, armături destinate manevrelor de închidere-deschidere și de reglare a sensului de curgere al apei, dispozitive de atenuare a loviturii de berbec, instalații de amorsare a pompelor (unde este cazul), instalații de golire și epuismențe;
- echipamente de măsurare a parametrilor hidroenergetici ai stației de pompare;

- echipamente electrice compuse din: circuite de forță, circuite de iluminat, instalații de protecție, instalații de măsurare, control și comandă;
- instalații și dispozitive de ridicat destinate manevrării pieselor grele în perioada efectuării operațiilor de mentenanță;
- instalații de ventilare, instalații de încălzire și instalații sanitare;
- instalații de telecomunicații și dispecerizare;
- clădirea stației de pompare care adăpostește echipamentele și instalațiile;
- zona de protecție sanitară.

7.3 Parametri caracteristici în funcționarea stațiilor de pompare

Stațiile de pompare, au în componență agregate de pompare care asigură vehicularea unor volume de apă din bazinul de aspirație în bazinul de refulare situat la o cotă superioară sau direct în alte sisteme sub presiune din cadrul sistemelor de alimentare cu apă și canalizare (figura 7.1).

Debitul “ Q_{ie} ” - reprezintă volumul de apă pe care îl vehiculează (îl transportă) pompa în unitatea de timp, măsurat la flanșa de refulare a pompei. Unitățile de măsură pentru debit, utilizate în stațiile de pompare sunt: [m^3/h], [m^3/s], [dm^3/min], [dm^3/s].

Înălțimea de pompare “ H ” – dată de diferența dintre energiile specifice totale dintre secțiunea de refulare și secțiunea de aspirație.

$$H = e_r - e_a = \left(z + \frac{p}{\rho g} \right)_r - \left(z + \frac{p}{\rho g} \right)_a + \frac{\alpha_r v_r^2 - \alpha_a v_a^2}{2g} \quad (m) \quad (7.1)$$

unde:

z - reprezintă cota geodezică la aspirație/refulare în m;

p – presiunea apei la aspirație/refulare, în N/m^2

ρ - densitatea apei, în kg/m^3 ;

v - viteza apei la aspirație/refulare, în m/s;

g – accelerația gravitațională, în m/s^2 .

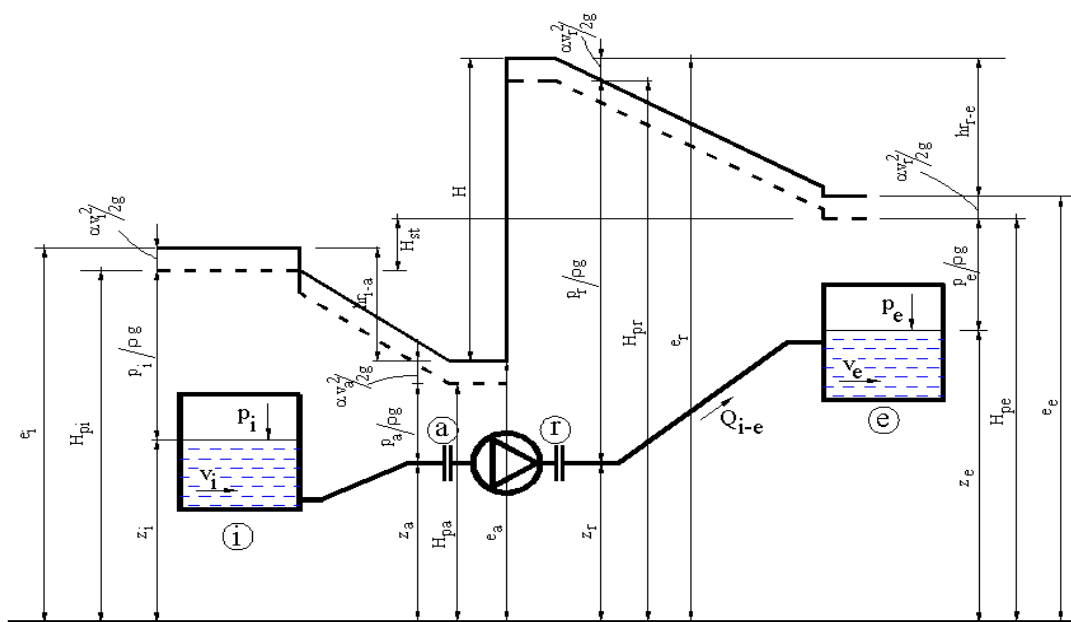


Figura 7.1. Schema unui sistem de pompare.

Puterea utilă a pompei – se notează cu P_u și reprezintă puterea hidraulică transmisă de pompă apei la trecerea acesteia prin rotorul său.

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (W) \quad (7.2)$$

în care:

Q – este debitul pompei, în m^3/s ;

H – înălțimea de pompare, în m.

Puterea absorbită a pompei – denumită și puterea la axul pompei, se notează cu P și reprezintă puterea mecanică consumată la cuplajul pompei, în scopul de a ridica un debit Q la înălțimea de pompare H . Ea are expresia:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad (W) \quad (7.3)$$

unde:

η – randamentul pompei.

Puterea motorului pompei – această putere se notează cu P_m și reprezintă puterea necesară la cuplajul motorului de acționare.

$$P_m = \frac{P}{\eta_t} \quad (W) \quad (7.4)$$

unde:

η_t – randamentul transmisiei

Randamentul unei pompe este raportul dintre puterea transmisă curentului de fluid (cedată în curentul de fluid) și puterea care a fost introdusă în pompă (care a ajuns în mașina hidraulică).

$$\eta = \frac{P_u}{P} < 1 \quad (7.5)$$

Puterea agregatului – reprezintă puterea absorbită de motorul de antrenare al pompei pentru a putea imprima curentului de fluid puterea utilă:

$$P_{ag} = \frac{P_u}{\eta_M \cdot \eta_C \cdot \eta} \quad (W) \quad (7.6)$$

unde:

η_M – randamentul motorului electric;

η_C – randamentul cuplajului (cuplei);

η – randamentul hidraulic al pompei.

Energia specifică – reprezintă energia consumată pentru pomparea unui metru cub de apă:

$$e_s = \frac{P_{ag}}{Q} \quad (kWh/m^3) \quad (7.7)$$

unde:

P_{ag} – putere agregat, în kW;

Q – debit pompat, în m^3/h .

7.4 Selectarea pompelor

7.4.1 Elemente generale

Selectarea tipului de pompe și a numărului de pompe care echipează stațiile de pompare presupune cunoașterea debitului și a înălțimii de pompare pe care trebuie să-i realizeze stația de pompare.

Cu valorile acestor parametri (debit și înălțime de pompare) se caută un tip de pompă folosind un soft de selecție pompe sau un catalog de pompe. Atunci când selecția pompelor se realizează folosind catalogul de pompe, pentru alegerea tipului de pompă există următoarele cazuri distincte, pentru care se va proceda după următorul algoritm (v. fig. 7.4):

Cazul I – pentru a realiza debitul Q și înălțimea de pompare necesară H_p se găsește o pompă. În această situație se adoptă acel tip de pompă, iar pentru siguranță în exploatare se va mai prevedea încă o pompă de rezervă având același caracteristici. Regimul de exploatare va fi realizat în așa fel încât numărul de ore de funcționare să fie aproximativ același pentru fiecare pompă în parte.

Cazul II – la intersecția Q și H_p nu se găsește o pompă care să satisfacă debitul total al stației de pompare. În acest caz se apelează la un alt catalog de pompe sau se împarte debitul total al stației de pompare la 2 și păstrând valoarea înălțimii de pompare se va alege o pompă. Pentru această situație în care pompa a fost selectată la intersecția $Q/2$ și H_p , în stația de pompare se vor monta 3 grupuri de pompare cuplate în paralel. Regimul de exploatare va consta în 2 grupuri de pompare cu funcționare continuă și unul de rezervă.

Cazul III – la intersecția Q și H_p nu se găsește nici o pompă care să satisfacă înălțimea de pompare a stației de pompare. În acest caz se apelează la un alt catalog de pompe sau se împarte înălțimea de pompare totală a stației de pompare la 2 și păstrând valoarea debitului se va alege o pompă. Pentru această situație în care pompa a fost selectată la intersecția $H_p/2$ și Q , în stația de pompare se vor monta 2 linii de pompare; fiecare linie de pompare va fi constituită din 2 grupuri cuplate în serie. Pentru echiparea stației de pompare sunt necesare 4 pompe. Această soluție este în general neeconomică, motiv pentru care se recomandă evitarea aplicării ei. Pentru aplicații cu înălțimi de pompare mari se recomandă folosirea pompelor multietajate sau adoptarea soluției cu mai multe stații de pompare înseriate.

Selectarea pompelor va fi realizată astfel încât parametrii debit și înălțime de pompare (Q și H) în funcționarea pompei să fie situați în domeniul de randamente maxime ale pompei.

Funcție de poziția stației de pompare în cadrul schemei tehnologice a sistemului de alimentare cu apă și canalizare, debitul și înălțimea de pompare necesar selectării pompelor pot fi adoptate funcție de tehnologia obiectelor deservite conform cu cele prezentate în următoarele.

7.4.2 Echipare puțuri

Pentru selectarea pompelor care echipează puțurile din cadrul fronturilor de captare a apei subterane, valoarea debitului este dată de debitul capabil al puțului indicat prin studiul hidrogeologic, iar înălțimea de pompare se determină pe baza calcului hidraulic întocmit pentru întregul sistem de colectare a apei subterane. Înălțimea de pompare este dată de diferența dintre cota piezometrică realizată în dreptul puțului și nivelul hidrodinamic al apei subterane în puț (figura 7.2).

$$H_p^i = C_p^i - C_{NHd}^i \quad (\text{m}) \quad (7.8)$$

$$C_p^i = C_{Nmax}^R + \sum_{P_i}^R h_r \quad (\text{m}) \quad (7.9)$$

unde:

H_p^i – înălțimea de pompare aferentă pompei submersibile care echipează puțului i ;

C_p^i – cota piezometrică în dreptul puțului i ;

C_{NHd}^i – cota nivelului hidrodinamic al apei în puțul i ;

h_r – pierdere de sarcină calculată pentru sistemul de colectare al apei subterane.

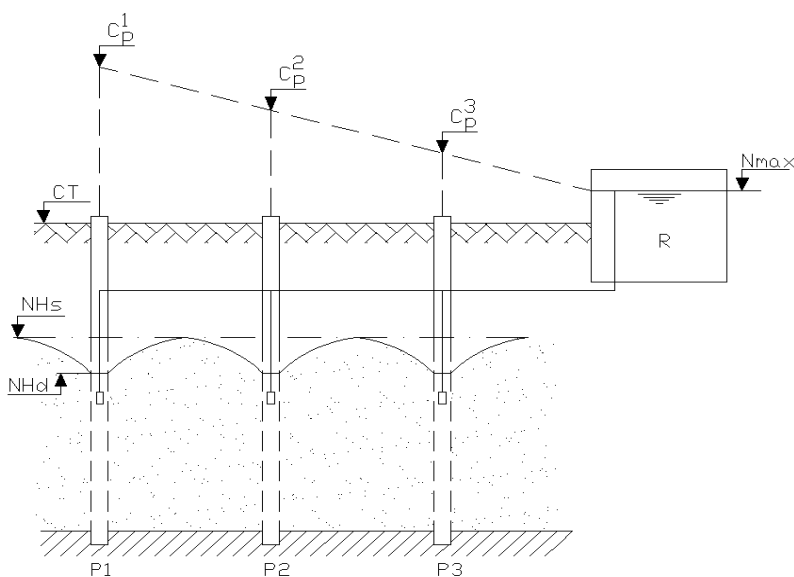


Figura 7.2. Sistem de colectare a apei cu pompe submersibile.

Având acești parametri cunoscuți: debitul puțului și înălțimile de pompare (Q și H_p), pe baza diagramelor de prezentare a tipurilor de pompe sau prin intermediul unui soft de selecție a pompelor submersibile, se va stabili tipul de pompa pe care producatorul o ofera. Alegerea tipului de pompă va fi stabilit astfel încât funcționarea pompei în exploatarea puțului să se realizeze în domeniul de randamente maxime corespunzător debitului și înălțimii de pompare dar fără a avea o gamă prea largă de pompe.

7.4.3 Pompe air-lift (Mamut) pentru deznisiparea puțurilor

Deznisiparea se realizează cu pompa air-lift (Mamut), pompă ce funcționează cu aer comprimat. Pompa Mamut este formată din două conducte paralele care sunt unite la partea inferioară a pompei printr-un cap de amestec. Pe una din conducte se trimite aer sub presiune iar pe cealaltă (prevăzută la partea de jos cu un sorb) se ridică emulsia de apă-aer. Reglarea debitului se realizează prin modificarea debitului și presiunii aerului de antrenare. Viteza apei în conducta de refulare este de 1,5 – 2 m/s. Construcția și condiția de funcționare pompelor Mamut este prezentată în figura 7.3. Funcționarea pompei Mamut este condiționată de raportul supraunitar al adâncimii de scufundare al pompei sub apă H_2 față de înălțimea de ridicare a apei de la nivelul dinamic al acesteia în foraj H_1 :

$$\frac{H_2}{H_1} > 1 \quad (7.10)$$

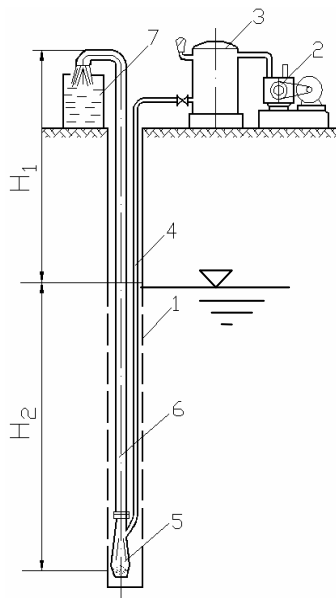


Figura 7.3. Schema unei pompe cu aer comprimat (Mamut).

1. perete puț forat; 2. compresor de aer; 3. recipient de aer comprimat; 4. conducta pentru aer comprimat;
5. amestecător; 6. conductă pentru emulsie apă-aer; 7. recipient pentru măsurare debitului de apă.

7.4.4 Stații de pompare pentru captări din surse de suprafață

Stațiile de pompare ce deservește tipurile de captări din surse de suprafață descrise în capitolul „captări din surse de suprafață”, pot fi echipate cu pompe orizontale sau verticale, montate în cameră uscată sau imersate și sunt destinate transportului de apă brută către stațiile de tratare.

Selectarea pompelor se face în conformitate cu metodologia descrisă în § 7.4.1, astfel încât debitul de funcționare al pompei să corespundă valorii de randament maxim prezentat de fabricanții de pompe.

Debitul pompelor este debitul zilnic maxim $Q_{zi\ max}$, iar înălțimea de pompare se determină cu relația:

$$H_p = H_g + MQ^2 \quad (7.11)$$

unde:

H_p – înălțime de pompare;

H_g – înălțime geodezică de pompare, definită ca diferența dintre nivelul maxim al apei între secțiunea de refulare și nivelul minim al apei în secțiunea de aspirație;

MQ^2 – pierderea de sarcină între rezervorul de aspirație și rezervorul de refulare;

M – modulul de rezistență hidraulică .

$$M = 0,0826 \cdot \frac{\lambda \cdot L}{D^5} \quad (7.12)$$

λ – coeficientul Darcy, este funcție de numărul Reynolds (Re) și rugozitatea relativă (k/D), se calculează cu relații empirice, de exemplu relația:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[\left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} + \frac{k}{3,71 \cdot D} \right] \quad (7.13)$$

L – lungimea conductei de refulare;

D – diametrul conductei de refulare;

k – rugozitate absolută;

Re – numărul Reynolds;

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (7.14)$$

v – viteza apei în conductă

ν – vâscozitatea cinematică a apei; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ la $t = 20^\circ\text{C}$.

Având acești doi parametri, debitul și înălțimea de pompare; folosind un soft de selecție a pompelor sau un catalog de pompe se va alege tipul de pompă care să funcționeze în domeniul de randamente maxime și care să satisfacă cerințelor sistemului hidraulic (figura 7.4).

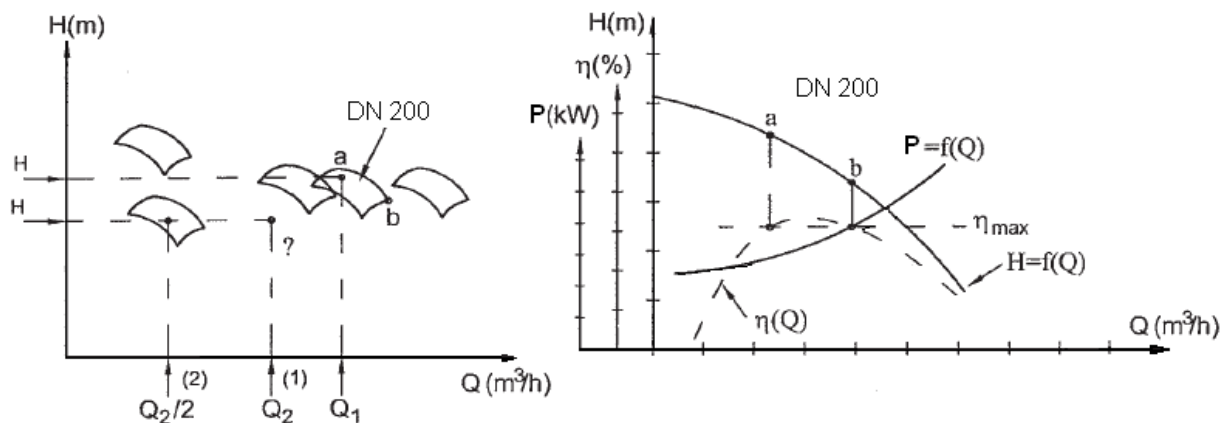


Figura 7.4. Tipuri de pompe și curbe caracteristice. Alegerea tipului de pompă

Numărul grupurilor de pompare se stabilește în conformitate cu prevederile din STAS 10110/1985, cap. 2.3.

7.4.5 Stații de pompare pentru aducțiuni

Selectarea pompelor care echipează stațiile de pompare ce deservește aducțiunile care transportă apa de la secțiunea de captare la construcțiile de înmagazinare și compensare, se face în conformitate cu metodologia descrisă în subcap. 1.4.1.

După stabilirea tipului de pompă, a numărului de pompe precum și a modului de cuplare a acestor pompe, se vor extrage din catalog curbele caracteristice și se va verifica punctul de funcționare al stației de pompare (figura 7.5).

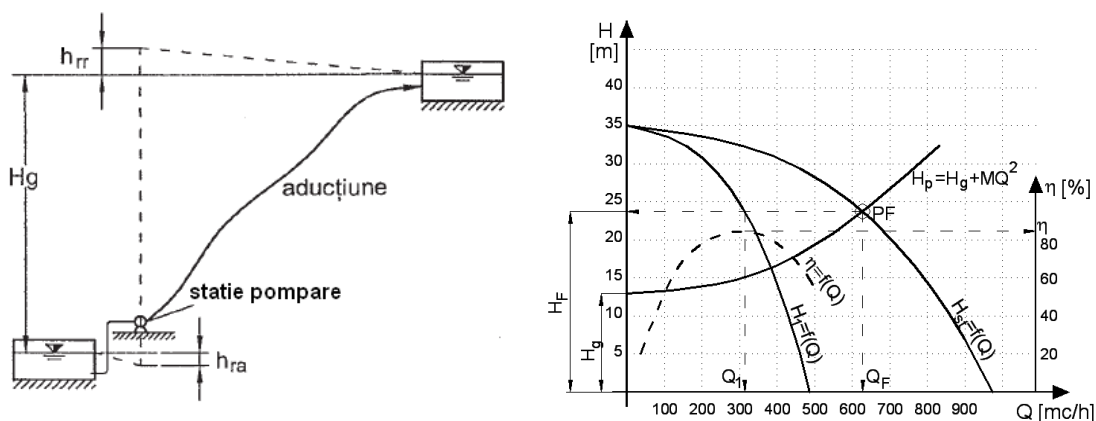


Figura 7.5. Aducțiune deservita de o stație de pompare cu 2+1 pompe

Punctul de funcționare se determină grafic la intersecția dată de curba caracteristică a stației de pompare și curba caracteristică a conductei de aducțiune.

Curba caracteristică a stației de pompare (H_{st}) echipată cu 3 pompe identice dintre care două pompe active și una de rezervă, se determină grafic din curba caracteristică a pompei (furnizată de producător) prin cumularea debitului la aceeași valoare a înălțimii de pompare.

Curba caracteristică a conductei de aducțiune se determină folosind relația (7.11), pentru valori diferite ale debitului astfel încât cele două curbe (curba de sarcină a pompei și curba rețelei) să se intersecteze.

Punctul de intersecție dintre cele două curbe reprezintă punctul de funcționare al stației de pompare, caracterizat de debitul Q_F și înălțimea de pompare H_F . La intersecția dintre orizontala corespunzătoare înălțimii de pompare H_F și curba caracteristică a pompei (furnizată de producător) se determină debitul asigurat de o pompă (Q_1). Corespunzător valorii debitului Q_1 , se determină pe curba de randament (furnizată de producător), valoarea randament a pompei (η).

Punctul de funcționare al stației de pompare trebuie să garanteze realizarea debitului și înălțimii de pompare cerute pentru a asigura transportul apei pe conducta de aducțiune, iar funcționarea pompelor să se realizeze în domeniul de randamente maxime.

7.4.6 Stații de pompare pentru rețele de distribuție apă potabilă

Pentru selectarea pompelor care echipează stațiile de pompare ce deservește rețelele de distribuție a apei atât debitul cât și înălțimea de pompare prezintă o variație continuă, funcție de consumul de apă înregistrat la branșamentele rețelei de distribuție.

Funcționarea optimă din punct de vedere energetic se asigură prin echiparea stațiilor de pompare cu pompe acționate cu turație variabilă.

Prin capacitatea de a-și regla turația, pompa/pompele va regla continuu presiunea pentru a se adapta în acest mod optim debitului cerut de consumatori.

Variația debitului pompat și a înălțimii de pompare pentru o stație de pompare echipată cu pompe acționate cu turație variabilă se realizează conform relațiilor de similitudine:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{n_1}{n_0} \text{ și } \frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 \quad (7.15)$$

unde:

Q_0 , H_0 – parametri nominali (debit și înălțimea de pompare) pentru turația nominală n_0 a motorului de antrenare a pompei;

n_0 – turația nominală a motorului de antrenare a pompei;

Q_1 , H_1 – debitul și înălțimea de pompare corespunzător turației n_1 modificate prin intermediul convertizorului de frecvență montat pe motorul de antrenare al pompei;

n_1 – turația modificată prin intermediul convertizorului de frecvență montat pe motorul de antrenare al pompei

Alegerea tipului și numărului de pompe se realizează pentru debitul orar maxim $Q_{or\ max}$ și înălțimea de pompare maximă pe care trebuie să o realizeze stația de pompare astfel încât să se asigure presiunea minim necesară pentru cel mai îndepărtat consumator branșat la rețeaua de distribuție. Cu aceste două valori ($Q_{or\ max}$ și H_p) se va selecta prin intermediul unui soft de selecție pompe sau a unui catalog de pompe, tipul pompelor adecvate. Punctul de funcționare al stației de pompare variază conform graficului din figura 7.6, între o valoare a debitului minim și o altă valoare a debitului maxim.

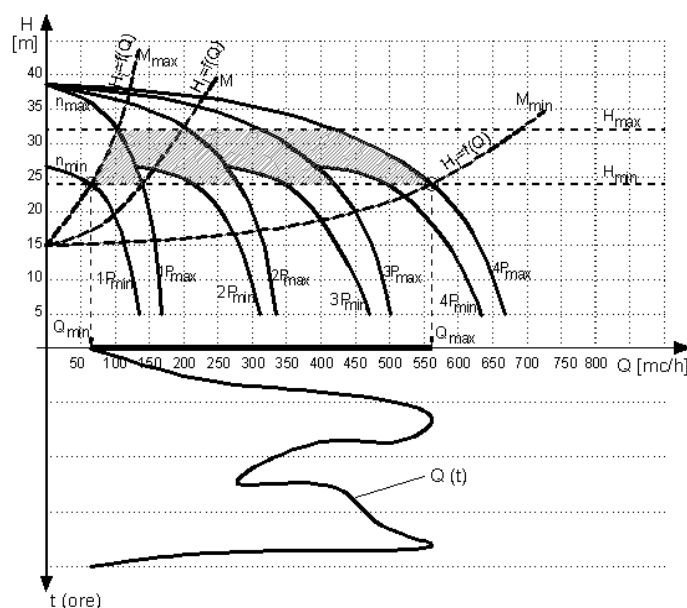


Figura 7.6. Punct de funcționare stație de pompare echipată cu 4 pompe identice dintre care una este acționată cu turație variabilă

P_{min} – curba caracteristică de sarcină a pompei acționată cu turație variabilă la turația minimă n_{min} ,

P_{max} – curba caracteristică de sarcină a pompei acționată cu turație variabilă la turația nominală $n_0 = n_{max}$.

Intervalul de variație al turației pompei acționate cu turație variabilă, va fi ales astfel încât randamentul pompei să nu fie influențat sensibil de aceste modificări, iar punctele de funcționare să se situeze în plaja de randamente optime ale pompei.

7.5 Instalații hidraulice la stațiile de pompare

7.5.1 Date generale

Traseul conductelor care compun instalația hidraulică se alege astfel încât:

- să asigure accesul în condiții de siguranță protecției muncii;
- să permită demontarea unor utilaje sau părți din acestea;
- să ocupe spații minime și să respecte distanțele prescrise în tabelul 2 din STAS 10110/1985.

Instalația hidraulică pentru stațiile de pompare cuprinde:

- traseul de aspirație, alcătuit din conductele și armăturile montate între rezervorul de aspirație și flanșa de aspirație a pompelor;
- traseul de refulare, alcătuit din conductele și armăturile montate după flanșa de refulare a pompelor până la ieșirea din stație

Îmbinarea conductelor cu pompele sau între tronsoane se realizează cu flanșe strânse cu șuruburi, etanșeitatea îmbinării realizându-se cu garnituri plate din diverse materiale (cauciuc, klingherit).

7.5.2 Conducta de aspirație

- lungimile conductelor de aspirație adoptate astfel încât pierderile hidraulice să fie minime;
- traseul conductelor de aspirație la pompe se va monta astfel încât să aibă o pantă continuu crescătoare până la pompă ($i_{\min}=5\%$), pentru a evita formarea pungilor de aer;
- conductele de aspirație se vor dimensiona astfel încât viteza apei la intrarea în pompe să nu depășească 1...1,2 m/s.
- imbinarea între conducta de aspirație și pompă se va realiza printr-o reducere asimetrică;
- pe conducta de aspirație comună a stației se vor prevedea vane de izolare astfel încât să se asigure funcționarea continuă a stației de pompare, evitându-se astfel oprirea stației atunci când un grup de pompare se află în revizie.

7.5.3 Conducă de refulare

- diametrul conductei de refulare trebuie să fie cel puțin egal cu cel al orificiului de refulare al pompei. Pentru diametre mai mari, imbinarea se va realiza printr-o reducere simetrică;
- conductele de refulare se dimensionează astfel încât viteza apei să fie de maxim 1,5 m/s pentru conductele cu diametrul de până la 250 mm și maxim 1,8 m/s pentru conductele cu diametrul mai mare de 250 mm;
- conductele de refulare a fiecărei pompe instalate în stația de pompare vor fi prevăzute, imediat după fiecare pompă, cu un clapet de reținere și o vană având același diametru cu diametrul conductei de refulare;
- pe conducta de refulare comună a stației se vor prevedea vane de izolare astfel încât să se asigure funcționarea continuă a stației de pompare, evitându-se astfel oprirea stației atunci când un grup de pompare se află în revizie sau se schimbă pompa cu cea de rezervă;
- pe conducta comună de refulare a stației se va prevedea dispozitivul de atenuare a loviturii de berbec și un echipament de înregistrare a debitului pompat de stație (apometru, debitmetru), așa cum se prezintă în figura 7.7.

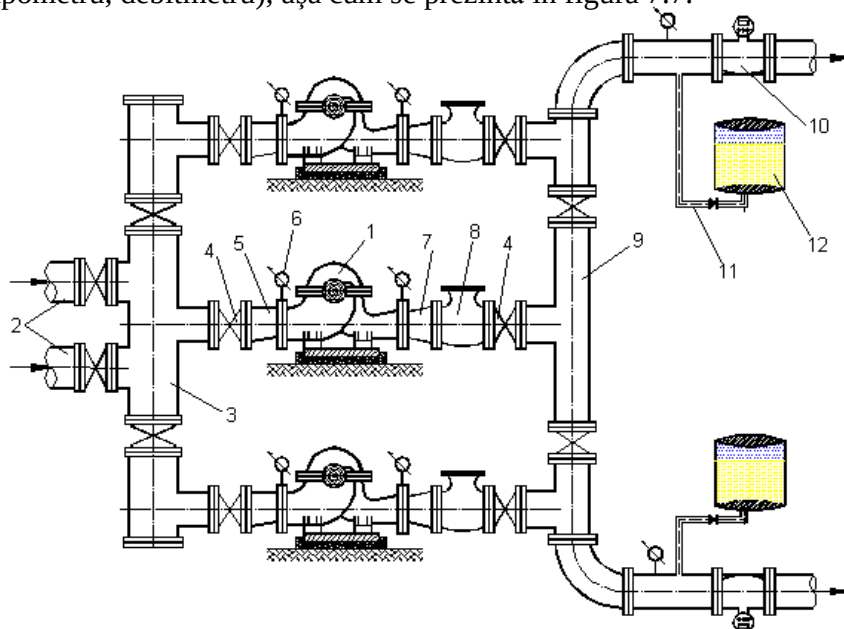


Figura 7.7. Schema instalației hidraulice dintr-o stație de pompare apă potabilă (2+1 pompe).

1. pompa; 2. conducte aspirație; 3. conducta comună de aspirație a stației; 4. vane; 5. reducere asimetrică; 6. manometru; 7. reducere simetrică; 8. clapet de reținere; 9. conducta comună de refulare a stației; 10. debitmetru; 11. conducta de legatură între dispozitivul de atenuare a loviturii de berbec și conducta comună de refulare a stației; 12. dispozitiv de atenuare a loviturii de berbec.

7.6 Determinarea punctului de funcționare al stațiilor de pompare

Punctul de funcționare se determină la intersecția dintre curba caracteristică a pompei sau a cuplajului pompelor și curba caracteristică a rețelei.

Când funcționează o singură pompă punctul de funcționare al stației de pompare se găsește la intersecția dintre curba caracteristică a pompei $H = f(Q)$ și curba caracteristică a rețelei $H_i = f(Q)$ figura 7.8.

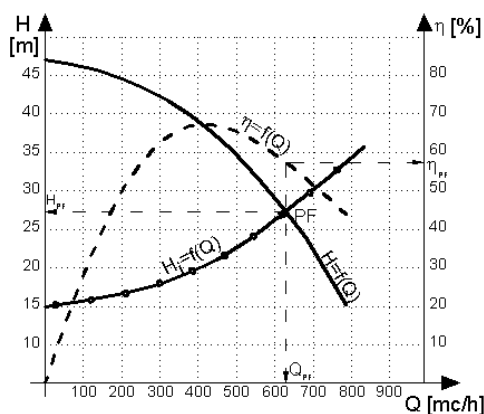


Figura 7.8. Punct de funcționare energetic.

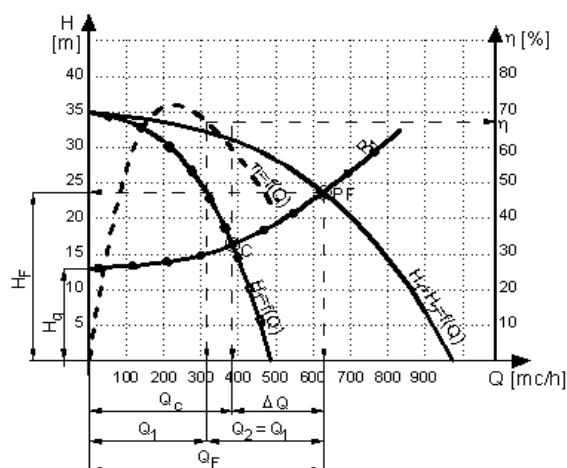


Figura 7.9 Punct de funcționare energetic a cuplajului paralel pentru doua pompe.

Pentru situațiile în care debitul livrat de o pompă este insuficient pentru alimentarea consumatorilor din rețea, se adoptă soluția cuplării a două sau mai multe pompe cuplate în paralel.

Curba caracteristică a cuplajului paralel, se determină însumând succesiv debitele pompelor la aceeași înălțime de pompare H , așa cum se prezintă în graficul din figura 7.9. Punctul de funcționare se va găsi la intersecția curbei caracteristice a rețelei R_1 , cu caracteristica cuplajului celor două pompe funcționând în paralel, punctul PF în figura 7.9.

Curba caracteristică a rețelei (R_1) se determină cu relația (7.11).

7.7 Determinarea cotei axului pompei

În funcție de tipul pompelor și de cota de amplasare a acestora stațiile de pompare se realizează în construcție îngropată, semiîngropată sau supraterană.

Cota axului pompelor se stabilește în funcție de înălțimea geodezică maximă la aspirație, astfel încât să se evite funcționarea pompelor în regim de cavitație.

Determinarea cotei axului pompei (figura 7.9) presupune cunoașterea punctului de funcționare al instalației de pompare, mai precis debitul Q și înălțimea de pompare H .

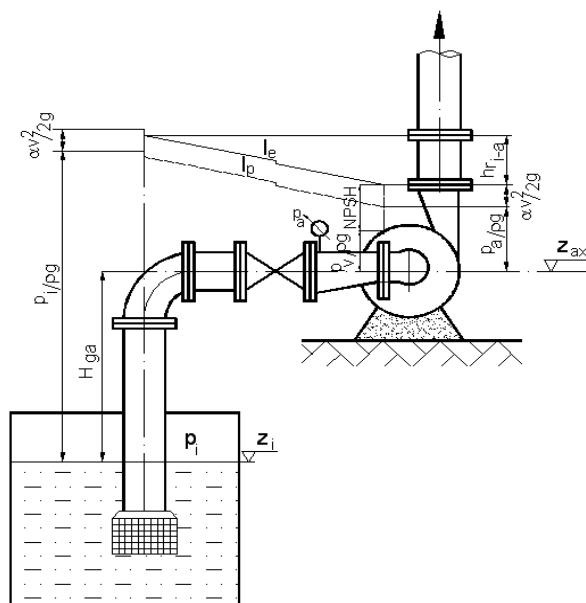


Figura 7.10. Determinare cotă ax pompă.

Din diagrama $NPSH = f(Q)$ pusă la dispoziție și garantată de fabricant, punctului de funcționare energetic al instalației îi corespunde o valoare pentru $NPSH_{pompa}$.

Se determină valoarea înălțimii de aspirație $NPSH_{inst}$, folosind relația de calcul:

$$NPSH_{inst} = \frac{p_i - p_v}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_i \cdot v_i^2}{2g} - H_{ga} - M_a \cdot Q^2 \quad (m) \quad (7.16)$$

$NPSH_{inst}$ – este înălțimea totală netă absolută la aspirație, în m;

p_i – presiunea de intrare în sistem, în scară absolută, în N/m^2 ;

p_v – presiunea de vaporizare a apei, în scară absolută, în N/m^2 ;

ρ – densitatea apei, în kg/m^3 ;

g – accelerația gravitațională, în m/s^2 ;

v_i – viteza apei la intrarea în sistem, în m/s ;

H_{ga} – înălțime geodezică de aspirație, în m;

M_a – modul de rezistență pe traseul de aspirație, în s^2/m^5 ;

Q – debitul pompei corespunzător punctului de funcționare, în m^3/s .

Considerăm că la limită $NPSH_{inst} = NPSH_{pompa}$, iar $H_{ga} = z_{ax} - z_i$, iar în cazul aspirației dintr-un rezervor deschis în atmosferă, ($p_i = p_{at}$) fără viteză inițială ($v_i = 0$), obținem cota maximă la care poate fi amplasată pompa.

$$z_{ax} = \frac{p_{at} - p_v}{\rho \cdot g} + z_i - M_a Q^2 - NPSH_{pompa} \quad (7.17)$$

z_{ax} – reprezintă valoarea cotei axului pompei. Amplasarea pompei la o cotă superioară cotei z_{ax} este interzisă pentru că produce disfuncționalități majore în exploatarea pompei, facilitând apariția fenomenului de cavitație.

z_i – reprezintă cota nivelului apei în rezervorul de aspirație.

Tabel 7.1. Presiunea de vaporizare p_v a apei la diferite temperaturi

T [°C]	1	5	10	20	30	40	50	60
p_v [N/m ²]	656	872	1227	2338	4493	7377	12340	19920

7.8 Reabilitarea stațiilor de pompare

Reabilitarea stațiilor de pompare se impune atunci când:

- pompele existente înregistrează consumuri energetice mari, datorită uzurii;
- parametri nominali ai pompelor existente sunt incompatibili cu cerințele sistemului deservit (puț, aducțiune, rețea de distribuție);
- pompele sunt vechi, uzate după o perioadă îndelungată de funcționare înregistrând cheltuieli mari de întreținere și exploatare.

7.9 Instalații de automatizare și monitorizare

Conducerea, administrarea și gestionarea eficientă a stațiilor de pompare, presupune existența unui flux informațional de culegere, stocare și transmitere a parametrilor care caracterizează funcționarea și exploatarea acestora.

Echipamentele de automatizare și monitorizare a stațiilor de pompare trebuie să fie parte integrată a sistemului SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ce deservește întregul sistem de alimentare cu apă.

Automatizarea funcționării stațiilor de pompare trebuie corelată funcție de regimul tehnologic al obiectivului deservit (stație de spălare filtre, aducțiune, rețea de distribuție).

Monitorizarea parametrilor de exploatare a stațiilor de pompare se realizează printr-un complex de traductori (presiune, debit, putere electrică, temperatură), echipamente de achiziție și concentrare a datelor, echipamente de transmisie a datelor la distanță, pachete de programe pentru prelucrare, stocare și vizualizare a datelor având o interfață prietenoasă ușor de accesat.

Automatizarea și monitorizarea stațiilor de pompare urmăresc:

- cantitatea de apă pompată;
- cantitatea de energie consumată;
- presiunile la aspirația și refularea pompelor;
- numărul orelor de funcționare pentru fiecare grup de pompare în parte;

BIBLIOGRAFIE

1. Legea nr. 458/2002 modificată și completată prin Legea 311/2004, privind calitatea apei potabile.
2. Legea nr. 98/1994 privind stabilirea și sancționarea contravențiilor la normele legale de igienă și sănătate publică.
3. Ghid de conformare a uzinelor de apă din România la prevederile legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile, București, octombrie 2003, Ed. ARA & UTCB.
4. NTPA 013/7 februarie 2002 – Norme de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare.
5. SR 1343/iunie 2006 – Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localități urbane și rurale.
6. HG 930/2005 – Norme speciale privind caracterul și mărimea zonelor de protecție sanitară și hidrogeologică.
7. STAS 4273/1983 – Construcții hidrotehnice cu încadrare în clasa de importanță.
8. STAS 4068-2/1987 – Debite și volume maxime de apă. Probabilitățile anuale ale debitelor și volumelor maxime în condiții normale și speciale de exploatare.
9. STAS 1629-1/1981 – Alimentări cu apă. Captarea izvoarelor. Prescripții de proiectare.
10. STAS 1629-2/1996 – Alimentări cu apă. Captarea apelor subterane prin puțuri. Prescripții de proiectare.
11. STAS 1629-3/1991 – Alimentări cu apă. Captări de apă subterană prin drenuri. Prescripții generale de proiectare.
12. STAS 1629-4/1990 – Alimentări cu apă. Captări de apă din râuri. Prescripții de proiectare.
13. STAS 1629-5/1981 – Alimentări cu apă. Captări din lacuri. Prescripții de proiectare.
14. STAS 1628-2/1996 – Alimentări cu apă. Surse de apă de suprafață. Investigații, studii și cercetări de laborator.
15. NP 028/1998 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor de captare a apei
16. STAS 3573/1991 – Deznisipatoare. Prescripții generale.
17. STAS 3620-1/1985 – Decantoare cu separare gravimetrică. Prescripții de proiectare.
18. STAS 4165/1988 – Rezervoare din beton armat și precomprimat. Prescripții de proiectare.
19. SR EN 14466+A1/2008 – Pompe de incendiu. Pompe portative. Cerințe de securitate și performanță.
20. NTPA 001/28 februarie 2002 – Stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptori naturali.

21. STAS 1478/1990 – Instalații sanitare. Alimentări cu apă la construcțiile civile și industriale. Prescripții fundamentale de proiectare.
22. SR 4163-1/1995 – Alimentări cu apă. Rețele de distribuție. Prescripții fundamentale de proiectare.
23. SR 4163-2/1996 – Alimentări cu apă. Rețele de distribuție. Prescripții de calcul.
24. SR EN 14339/2006 – Hidranți de incendiu subterani.
25. SR EN 14384/2006 – Hidranți de incendiu supraterani.
26. NP 086/2010 – Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de stingere a incendiilor.
27. NP 074/2007 – Normativ privind elaborarea documentațiilor geotehnice pentru construcții.
28. STAS 6054/1977 – Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României.
29. SR 6819/1997 – Alimentări cu apă. Aducțiuni. Studii, prescripții de proiectare și de execuție.
30. STAS 9312/1987 – Subtraversări de căi ferate și drumuri cu conducte. Prescripții de proiectare.
31. I 30/1975 – Buletinul construcțiilor vol. 8/1975 în curs de revizuire conform contract UTCB nr. 443/22 decembrie 2009 încheiat cu MDRL – Calculul și combaterea loviturii de berbec la conducte pentru transportul apei.
32. SR EN 805/2000 – Alimentări cu apă. Conducte pentru sistemele și componentele exterioare clădirilor.
33. STAS 10110/1985 – Alimentări cu apă. Stații de pompare. Prescripții generale de proiectare.
34. Dumitrescu, D., Pop, R.A. – "Manualul inginerului hidrotehnician, vol. I și II, Ed. Tehnică, București, 1980.
35. Semmens, M.J., Field, T.K. – "Coagulation: experiences in organics removal", Journal AWWA, August 1980.
36. Jura, C. – "Alimentări cu apă", Institutul Politehnic Traian Vuia, Timișoara, 1984.
37. Mănescu, S. – "Tratat de igienă", vol. I și II, Ed. Medicală, București, 1985.
38. Kiselev, G., P. – "Îndreptar pentru calcule hidraulice", (Traducere din limba rusă), Ed. Tehnică, București, 1988.
39. Pîslărașu, I., Rotaru, N., Teodorescu, M. – "Alimentări cu apă", Ediția a III – a, Ed. Tehnică, București, 1988.
40. Giurconiu, M., Retezan, A., Mirel, I., Sârbu, I. – "Hidraulica construcțiilor și instalațiilor hidroedilitare, Ed. Facla, Timișoara, 1989.
41. Desjardins, R. – "Le traitement des eaux", Editions de l'École Polytechnique de Montreal, 1990.

42. Trofin, P. – "Alimentări cu apă", Ediția a II – a, Ed. Didactică și pedagogică, București, 1990.
43. Mirel, I. – "Alimentări cu apă și canalizări", Ed. UP, Timișoara, 1992.
44. E.D.H. – "Guideliness for Canadian Drinking Water Quality", 1993.
45. Mănescu, Al., Sandu, M., Ianculescu, O. – „Alimentări cu apă”, Ed. Didactică și pedagogică, București, 1994.
46. Taylor, J.S., Wiesner, M. – "Membranes, In Water Treatment Membrane Process", Mallevialle, J., Odendaal, P.E., Wiesner, M.R. (ed) McGraw-Hill, New York,. (pag.11.1 – 11.70), 1996.
47. Sârbu, I. – "Optimizarea energetică a sistemelor de distribuție a apei", Ed. Academiei Române, București, 1997.
48. Smith, D., I., Simms, J., Barker, R. – "Modelling Chlorine Residuals System", IWSA Congress, Madrid, 20 – 26 September 1997.
49. U.T.C.B. – "Studii de compatibilitate pentru reactivii de coagulare-floculare utilizați în tratarea apei" – Contract 188/1997.
50. Mănescu, Al. – „Alimentări cu apă. Aplicații”, Ed. H*G*A*, București, 1998.
51. U.T.C.B. – "Cercetări privind optimizarea tehnologică a proceselor din uzinele de producție a apei potabile" – Contract 151/1998.
52. Racovițeanu, G. - "Optimizarea schemelor tehnologice ale stațiilor de potabilizare a apei – Contribuții la elaborarea soluțiilor pentru asigurarea biostabilității apei", Teză de doctorat, U.T.C.B., București, 1999.
53. U.T.C.B. – "Modernizare flux tehnologic de tratare la uzina de apă Tg. Mureș, Etapa 1 – Studiu preliminar de tratabilitate" – Contract 113 A/1999.
54. EPANET – Environmental Protection Agency of United States National Risk Management Research Laboratory, 2000.
55. Mateescu, Th., Profire, M. – "Alimentări cu apă", Ed. Cerami, Iași, 2000.
56. Bârsan, E., Ignat, C. – "Sisteme de distribuția apei. Modelare, Analiză, Dimensionare.", Ed. Cerami, Iași, 2001.
57. Bârsan, E. – "Alimentări cu apă", Ed. Cerami, Iași, 2001.
58. Cioc, D., Anton, A. – "Rețele hidraulice: calcul, optimizare, siguranță", Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2001.
59. UTCB – "Studii și cercetări pentru conformarea uzinelor de apă din România la Directiva Comunității Europene 98/83/EC privind calitatea apei destinată consumului uman" – Contract 180/2001 (1B04 AMTRANS).
60. Bârsan, E. – "Potabilizarea apei cu tehnologia membranelor", Ed. Cerami, Iași, 2002.
61. Luca, O., Luca, A., B. – "Hidraulica construcțiilor", Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2002.
62. Thorton, J., (McGraw – Hill) – "Water Loss Control Manual", 2002.

63. Racovițeanu, G. – "Teoria decantării și filtrării apei", Ed. Matrix Rom, 2003.
64. Jalba, R. – "Contribuții privind optimizarea proceselor de tratare a apei în vederea reducerii concentrației de aluminiu rezidual", Teză de doctorat, U.T.C.B., București, 1994.
65. Bârsan, E., – "Alimentări cu apă", Ed. Performantica, Iași, 2005.
66. Manaila, E., Martin. D., Crăciun, G., Ighigeanu, D., Matei, C., Oproiu, C., Iacob, N., Iovu, H., Sandu, M., Vulpașu, E., Racovițeanu, G. - "Application of Polyelectrolytes Obtained by Radiation Processing to Potable and Waste Water Treatment", IEEE Transactions on Industry Applications, May/June 2005, Volume 41, Number 3, ITIACR, ISSN 0093-9994 (8 pagini).
67. Gavrilă, C. – "Damage Risk of Water in the Distribution Network (Risc în deteriorarea apei în rețelele de distribuție). Proc. ARA Int. Conf. Safety of Water Supply Systems and Sewerage, 22 – 23 June, Bucharest, 2006, (p 111 – 112).
68. Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor – "Plan Operațional Sectorial De Mediu", București, 2006.
69. Sandu, M., Racoviteanu, G. – "Manual pentru inspecția sanitară și monitorizarea calității apei în sistemele de alimentare cu apă", Ed. Conspress, București, 2006.
70. U.T.C.B. – "Studiu de tratabilitate apă de foraj 412.0 m Municipiul Călărași" – Contract nr. 22/2007.
71. Water Treatment Handbook – Degremont, Seventh Edition, volume 1 și 2, 2007.
72. Vulpașu, E. – "Chimia apei. Lucrări de laborator.", Ed. Compress, București, 2008.
73. Vulpașu, E. – "Tratarea apei. Coagularea – flocularea suspensiilor din apă", Ed. Compress, București, 2008.
74. Perju, S. – "Stații de pompare în sisteme de alimentări cu apă și canalizări", Ed. Conspress, București, 2009.
75. Sandu, M., Mănescu, Al. – "Construcții hidroedilitare", Ed. Compress, București, 2010.

PROIECTAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE

CUPRINS

01. Date generale	1
01.1 Elemente componente ale sistemului de canalizare și rolul acestora	1
01.2 Criterii de alegere a schemei sistemului de canalizare	3
01.3 Sisteme și procedee de canalizare	4
PARTEA I : REȚELE DE CANALIZARE	
1. Obiectul rețelei de canalizare	5
1.1 Lucrările rețelei de canalizare	5
1.2 Apele preluate în rețelele de canalizare	5
1.3 Încadrarea în mediul rural/urban	6
1.4 Alcătuirea rețelelor de canalizare	6
1.5 Clasificarea rețelelor de canalizare	7
1.5.1 Asigurarea curgerii apei în colectoare	7
1.5.2 Calitatea apelor colectate	7
1.5.3 Forma rețelei	8
2. Proiectarea rețelelor de canalizare.....	8
2.1 Rețea de ape uzate în procedeu separativ	8
2.1.1 Debite de dimensionare.....	8
2.1.2 Elemente impuse dimensionării hidraulice.....	9
2.1.2.1 Grad de umplere.....	9
2.1.2.2 Viteze minime/ maxime.....	10
2.1.2.3 Diametre minime.....	10
2.1.2.4 Adâncimea minimă și maximă de pozare.....	10
2.1.2.5 Panta longitudinală a colectorului.....	11
2.1.3 Dimensionare hidraulică.....	11
2.1.3.1 Stabilirea debitelor de calcul pe tronsoane.....	11
2.1.3.2 Alegerea diametrelor și parametrii hidraulici ai tronsonului de calcul.....	13
2.2 Rețea de ape meteorice în procedeu separativ.....	14
2.2.1 Debite de dimensionare.....	14
2.2.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici.....	17
2.2.2.1 Calculul debitelor pe tronsoane.....	17

2.2.2.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului.....	18
2.2.2.3 Bazine de retenție.....	20
2.3 Rețea de canalizare în procedeu unitar.....	21
2.3.1 Stabilirea debitelor de dimensionare.....	21
2.3.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului.....	21
3. Amplasarea rețelei de canalizare.....	22
3.1 Rețeaua de ape uzate.....	22
4. Elemente componente pe rețeaua de canalizare.....	23
4.1 Tuburi pentru realizarea tronsoanelor	23
4.1.1 Forma secțiunii.....	23
4.1.2 Materialul tuburilor.....	23
4.2 Construcții anexe pe rețeaua de canalizare.....	24
4.2.1 Racorduri.....	24
4.2.2 Guri de scurgere.....	25
4.2.3 Cămine de vizitare.....	26
4.2.3.1 Cămine de vizitare de trecere.....	26
4.2.3.2 Cămine de vizitare de intersecție.....	28
4.2.4 Deversori.....	28
4.2.4.1 Alcătuirea deversoarelor.....	29
4.2.5 Bazine pentru retenția apelor de ploaie.....	30
4.2.6 Sifoane de canalizare.....	30
4.2.7 Stații de pompare.....	32
4.2.7.1 Amplasamentul stațiilor de pompare.....	32
4.2.7.2 Componentele stațiilor de pompare.....	33
5. Rețele de canalizare în sistem vacuumat.....	35
5.1 Elemente componente.....	35
5.2 Prevederi de proiectare.....	38
5.2.1 Racorduri gravitaționale la căminele colectoare.....	38
5.2.2 Cămine de racorduri.....	39
5.2.3 Rețea vacuumată.....	39
5.2.3.1 Debite, diametre, lungimi.....	39
5.2.3.2 Configurație, lifturi, pante.....	40
5.3 Stația de vacuum.....	41
5.3.1 Recipienți de vacuum.....	41

5.3.2 Pompe de vid.....	41
5.3.3 Timpul de evacuare a volumului rețelei	41
5.3.4 Timpul de funcționare zilnică al pompelor de vacuum.....	42
5.4 Condiționări în alegerea soluției rețelelor de canalizare vacuumate.....	42
6.Guri de vărsare.....	42
ANEXE	
Anexa 1–Curbe IDF pentru zona 8 cf. STAS 9470/73.....	45
Anexa 2–Diagramă pentru calculul conductelor din materiale plastice și compozite....	46
Anexa 3–Diagramă pentru calculul conductelor din fontă, beton și oțel	47
Anexa 4–Curbele gradului de umplere	48
PARTEA a II-a: EPURAREA APELOR UZATE	
1. Obiectul normativului	49
1.1 Domeniu de aplicare.....	49
1.2 Conformarea la normele europene	50
1.3 Reglementări conexe.....	50
2. Definiții. Tipuri de procedee de epurare.....	51
2.1 Epurarea mecanică.....	51
2.2 Epurarea biologică convențională (secundară).....	51
2.3 Epurarea avansată.....	51
2.4 Epurarea terțiară.....	51
3. Studii privind calitatea apelor uzate	52
3.1 Calitatea apelor uzate influente în stația de epurare	52
3.1.1 Caracteristici fizice.....	52
3.1.2 Caracteristici chimice.....	53
3.1.3 Caracteristici biologice și bacteriologice.....	53
3.2 Metode de determinare.....	54
3.3 Conținutul studiilor hidrochimice.....	54
3.4 Indicatori de calitate pentru efluentul stației de epurare.....	55
4. Debitele și încărcările cu poluanți pentru stația de epurare.....	58
4.1 Debite de calcul.Definiții.....	58
4.2 Debite de calcul și verificare.....	59
4.3 Încărcări cu poluanți ale apelor uzate influente în stațiile de epurare.....	63
4.3.1 Stații de epurare noi.....	63
4.3.2 Stații de epurare existente re tehnologizate/extinse.....	63

5. Alegerea schemei stației de epurare.....	65
5.1 Gradul de epurare necesar.....	65
5.1.1 Treapta de epurare mecanică.....	66
5.1.2 Epurarea mecano – biologică.....	66
5.1.3 Epurarea mecano – biologică avansată.....	67
5.1.4 Epurarea terțiară.....	67
5.1.5 Elemente determinante la stabilirea gradului de epurare.....	67
5.2 Gradul de epurare necesar privind oxigenul dizolvat.....	68
6. Scheme tehnologice pentru stații de epurare.....	72
6.1 Alegerea schemei stației de epurare.....	72
6.2 Tipuri de scheme de epurare.....	73
6.2.1 Epurarea mecano – biologică cu procedee extensive	73
6.2.2 Epurarea mecano – biologică artificială (intensivă).....	74
6.2.2.1 Schema generală	74
6.2.2.2 Tehnologii aplicate pentru treapta biologică artificială	74
6.2.2.3 Treapta de epurare terțiară.....	75
6.2.2.4 Schema tehnologică de epurare pentru eliminarea fosforului.....	76
6.2.2.4.1 Eliminarea fosforului pe cale biologică.....	76
6.2.2.4.2 Eliminarea fosforului prin precipitare chimică.....	77
7. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare mecanică.....	78
7.1 Deversorul amonte de stația de epurare.....	78
7.1.1 Debitul de calcul al deversorului.....	78
7.2 Bazinul de retenție.....	81
7.3 Grătare rare și dese.....	82
7.3.1 Debite de dimensionare și verificare ale grătarelor	83
7.3.2 Aspecte privind proiectarea grătarelor.....	83
7.4 Măsurarea debitelor de apă uzată din stația de epurare.....	88
7.4.1 Debite de dimensionare.....	88
7.5 Deznisipatoare	89
7.5.1 Debite de dimensionare și verificare	89
7.5.2 Parametrii de dimensionare.....	90
7.5.3 Deznisipator orizontal longitudinal cu secțiune transversală parabolică...	91
7.5.4 Deznisipator orizontal tangențial.....	91
7.5.5 Deznisipator cu insuflare de aer.....	93

7.5.6 Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer.....	94
7.6 Separatoare de grăsimi	97
7.6.1 Debite de dimensionare și verificare	97
7.6.2 Parametrii de proiectare.....	98
7.7 Decantarea primară.....	99
7.7.1 Debite de dimensionare și verificare.....	100
7.7.2 Parametrii de dimensionare ai decantoarelor primare.....	101
7.7.3 Decantoare orizontale longitudinale.....	103
7.7.3.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale.....	104
7.7.4 Decantoare orizontale radiale.....	109
7.7.4.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale	110
7.7.5 Decantoare verticale.....	114
7.7.6 Decantoare cu etaj.....	117
7.8 Stații de pompare apă uzată	120
7.8.1 Amplasarea stațiilor de pompare	121
7.8.2 Parametrii de proiectare.....	122
7.9 Elemente tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică.....	129
8. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare biologică	131
8.1 Epurarea biologică în stațiile de epurare urbane mici și medii cu o capacitate între 2.000 și 10.000 L.E.....	131
8.1.1 Epurarea biologică naturală	131
8.1.1.1 Câmpuri de irigare și infiltrare	132
8.1.1.2 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea câmpurilor de irigare și infiltrare.....	134
8.1.1.3 Iazurile de stabilizare (biologice).....	138
8.1.1.4 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea iazurilor biologice....	140
8.1.2 Epurarea biologică artificială.....	141
8.1.2.1 Epurarea biologică artificială cu biomasă fixată – filtre biologice	142
8.1.2.2 Filtre biologice precolatoare (cu picurare) de înălțime redusă.....	145
8.1.2.3 Filtre biologice precolatoare turn.....	149
8.1.2.4 Contactori biologici rotativi.....	150
8.1.2.5 Bazine cu nămol activat – epurare biologică cu biomasă în suspensie.....	153
8.1.2.6 Parametrii de dimensionare ai bazinelor de aerare.....	158
8.1.2.6.1 Prevederi generale privind geometria bazinelor cu nămol activat..	165

8.1.2.6.2 Dispozitive de insuflare a aerului.....	166
8.1.2.7 Bazine cu nămol activat - tehnologii speciale.....	167
8.1.2.8 Pomparea nămolurilor din stațiile de epurare.....	172
8.1.2.8.1 Stații de pompare a nămolurilor.....	172
8.1.2.8.2 Elemente de proiectare a instalațiilor de pompare.....	174
8.1.2.8.3 Tipuri de pompe utilizate în vehicularea nămolului.....	175
8.2 Epurarea biologică în stațiile de epurare urbane/ rurale cu o capacitate peste 10.000 L.E (epurare avansată).....	179
8.2.1 Epurarea biologică artificială.....	179
8.2.2 Cantități și concentrații de poluanți în apele uzate.....	182
8.2.2.1 Concentrații ale substanțelor poluante influente în reactorul biologic.....	183
8.2.2.2 Cantități de substanță influente în bioreactor.....	184
8.2.2.3 Cantități de substanță din efluentul stației de epurare.....	184
8.2.2.4 Cantități de substanță eliminate din sistemul bazin biologic – decantor.....	185
8.2.3 Dimensionarea reactoarelor biologice.....	187
8.2.3.1 Debite de dimensionare și verificare.....	187
8.2.3.2 Vârsta nămolului	187
8.2.3.3 Determinarea volumului zonei de denitrificare.....	189
8.2.3.4 Eliminarea fosforului din apele uzate urbane.....	193
8.2.3.5 Calculul cantității de nămol în exces.....	197
8.2.3.6 Determinarea volumului reactorului biologic.....	200
8.2.3.7 Calculul capacității de oxigenare.....	202
8.3 Decantoare secundare.....	208
8.3.1 Clasificare.....	208
8.3.2 Parametrii de dimensionare.....	208
8.3.3 Decantoare secundare orizontale radiale.....	211
8.3.3.1 Parametrii de dimensionare.....	216
9. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de tratare a nămolurilor	218
9.1 Clasificarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare.....	218
9.2 Cantități specifice de nămol.....	219
9.3 Caracteristicile nămolurilor.....	220
9.3.1 Caracteristici fizice.....	220
9.3.1.1 Umiditatea.....	220
9.3.1.2 Materiile solide.....	220

9.3.1.3 Greutatea specifică.....	221
9.3.1.4 Culoarea și mirosul.....	221
9.3.1.5 Filtrabilitatea.....	221
9.3.1.6 Puterea calorică.....	223
9.3.2 Caracteristici chimice.....	223
9.3.2.1 pH-ul.....	223
9.3.2.2 Fermentabilitatea.....	223
9.3.2.3 Metalele grele.....	224
9.3.2.4 Nutrienții.....	224
9.3.3 Caracteristici biologice și bacteriologice.....	225
9.4 Alegerea schemei de prelucrare a nămolurilor.....	225
9.4.1 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă într-o singură treaptă.....	227
9.4.2 Schema de prelucrare a nămolurilor cu îngroșare independentă a nămolului primar și a celui în exces și fermentare anaerobă într-o singură treaptă.....	229
9.4.3 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă în 2 trepte.....	230
9.4.4 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și fermentare anaerobă într-o singură treaptă.....	231
9.4.5 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și stabilizare aerobă.....	232
9.4.6 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stațiile de epurare fără decantor primar.....	233
9.4.7 Bilanțul de substanță pe linia nămolului.....	234
9.4.7.1 Bazinul de amestec și omogenizare.....	234
9.4.7.2 Concentratoare de nămol.....	236
9.4.7.3 Fermentarea anaerobă într-o singură treaptă.....	238
9.4.7.4 Fermentarea anaerobă a nămolului în două trepte.....	240
9.4.7.5 Stabilizatorul de nămol.....	243
9.4.7.6 Deshidratarea nămolului.....	245
9.5 Prelucrarea preliminară a nămolurilor.....	247
9.5.1 Sitarea nămolurilor.....	247
9.5.2 Mărunțirea nămolurilor.....	247
9.5.3 Condiționarea chimică a nămolurilor.....	248
9.5.3.1 Reactivi minerali.....	248
9.5.3.2 Polielectrolitiți sintetici.....	249
9.6 Concentrarea nămolurilor.....	251

9.6.1 Concentrarea gravitațională a nămolurilor.....	252
9.6.1.1 Parametrii de proiectare ai concentratoarelor gravitaționale de nămol.....	254
9.6.2 Concentrarea nămolurilor prin procedeul de flotație cu aer dizolvat.....	257
9.6.2.1 Proiectarea sistemelor de flotație cu aer dizolvat.....	258
9.6.3 Centrifugarea nămolurilor.....	260
9.6.3.1 Date de bază pentru proiectare.....	262
9.7 Stabilizarea nămolurilor din stațiile de epurare urbane/ rurale.....	264
9.7.1 Stabilizarea (fermentarea) anaerobă.....	264
9.7.1.1 Factori ce influențează fermentarea anaerobă.....	265
9.7.1.1.1 Materiile solide și timpul de retenție hidraulic.....	265
9.7.1.1.2 Temperatura.....	265
9.7.1.1.3 pH – ul	265
9.7.1.1.4 Substanțe toxice.....	266
9.7.1.1.5 Aplicarea fermentării anaerobe.....	266
9.7.1.1.6 Soluții pentru procesele de fermentare.....	267
9.7.1.2 Dimensionarea tehnologică a rezervoarelor de fermentare a nămolului.....	269
9.7.1.2.1 Colectarea și stocarea biogazului.....	272
9.7.1.2.2 Necesarul de reactivi chimici.....	273
9.7.1.2.3 Construcția rezervoarelor de fermentare.....	273
9.7.1.2.4 Alte elemente tehnologice ale rezervoarelor de fermentare anaerobe.....	274
9.7.2 Stabilizarea aerobă.....	275
9.7.2.1 Dimensionarea tehnologică	276
9.7.2.2 Stabilizarea cu var.....	278
9.8 Deshidratarea nămolurilor.....	279
9.8.1 Deshidratarea naturală.....	279
9.8.2 Deshidratarea mecanică.....	280
9.8.2.1 Deshidratarea prin centrifugare.....	280
9.8.2.2 Deshidratarea cu filtre bandă.....	281
9.8.2.3 Deshidratarea cu filtre presă.....	283
9.9 Tehnologii de prelucrare avansată a nămolurilor.....	287
9.9.1 Compostarea nămolurilor.....	287
9.9.1.1 Etapele procesului.....	287
9.9.1.2 Desfășurarea procesului.....	288

9.9.1.3 Balanța energetică.....	289
9.9.1.4 Raportul carbon / azot.....	289
9.9.1.5 Controlul temperaturii și aerarea.....	290
9.9.1.6 Reducerea agenților patogeni.....	290
9.9.1.7 Maturarea.....	291
9.9.1.8 Uscarea.....	291
9.9.1.9 Elemente de proiectare a sistemelor de compostare.....	291
9.9.2 Uscarea nămolurilor.....	294
9.9.2.1 Uscătoare rotative tubulare.....	296
9.9.2.2 Bilanțul termic.....	297
9.9.2.3 Alegerea soluției de uscare/incinerare a nămolurilor din stațiile de epurare.....	302
9.9.2.3.1 Elemente generale.....	302
9.9.2.3.2 Mărimea SEAU.....	303
9.9.2.3.3 Folosirea nămolurilor în agricultură.....	305
Bibliografie (4 pagini)	310

01. Date generale

Definiție: Sistemul de canalizare este ansamblul de construcții ingineresti care colectează apele de canalizare, le transportă la stația de epurare care asigură gradul de epurare stabilit în funcție de condițiile impuse de mediu și apoi le descarcă într-un bazin natural numit receptor; receptorul poate fi un râu, un lac, marea, solurile permeabile sau depresiuni naturale cu scurgere.

01.1 Elemente componente ale sistemului de canalizare și rolul acestora

Pentru canalizarea unui centru populat sau industrial sunt necesare următoarele grupuri de construcții:

- obiectele sanitare și rețeaua interioară;
- rețeaua exterioară;
- stația de epurare;
- construcții de evacuare.

a) Obiectele sanitare

În interiorul clădirilor de locuit, social – culturale sau administrative, există obiecte sanitare de tip chiuvete, băi și alte utilități.

De la recipiente apa este condusă în instalații interioare prin conducte și preluată în rețeaua din interiorul incintelor, denumite rețele interioare.

Legătura dintre rețeaua interioară și cea exterioară se face printr-un canal de racord și un cămin de vizitare, numit cămin de racord, ce servește pentru control și intervenții.

b) Rețeaua exterioară

Rețeaua exterioară se compune din canale subterane și de suprafață, stații de pompare și din alte construcții auxiliare amplasate între punctele de colectare și stația de epurare sau gurile de vărsare în emisar.

Stațiile de pompare se construiesc în punctele joase ale teritoriului ce se canalizează, atunci când – din cauza configurației terenului – nu este posibil ca apele de canalizare să curgă gravitațional sau viteza de curgere nu este suficientă.

Lucrările auxiliare pe rețea sunt: guri de scurgere care primesc apele meteorice de pe străzi, cămine de vizitare, camere de legătură, cămine de rupere de pantă, cămine de spălare, deversoare, bazine de retenție, deznisipatoare, treceri pe sub depresiuni și căi de comunicație.

c) Stația de epurare

Stația de epurare este alcătuită din totalitatea construcțiilor și instalațiilor prin care se corectează parametrii de calitate ai apelor uzate influente astfel încât caracteristicile apelor uzate epurate să corespundă normativelor în vigoare funcție de caracteristicile receptorului.

d) Construcții pentru evacuare

Construcțiile pentru evacuare trebuie să asigure vărsarea apelor în receptori în condiții de siguranță pentru sistemul de canalizare și receptor.

În figura 1.1 este prezentată schema unui sistem de canalizare.

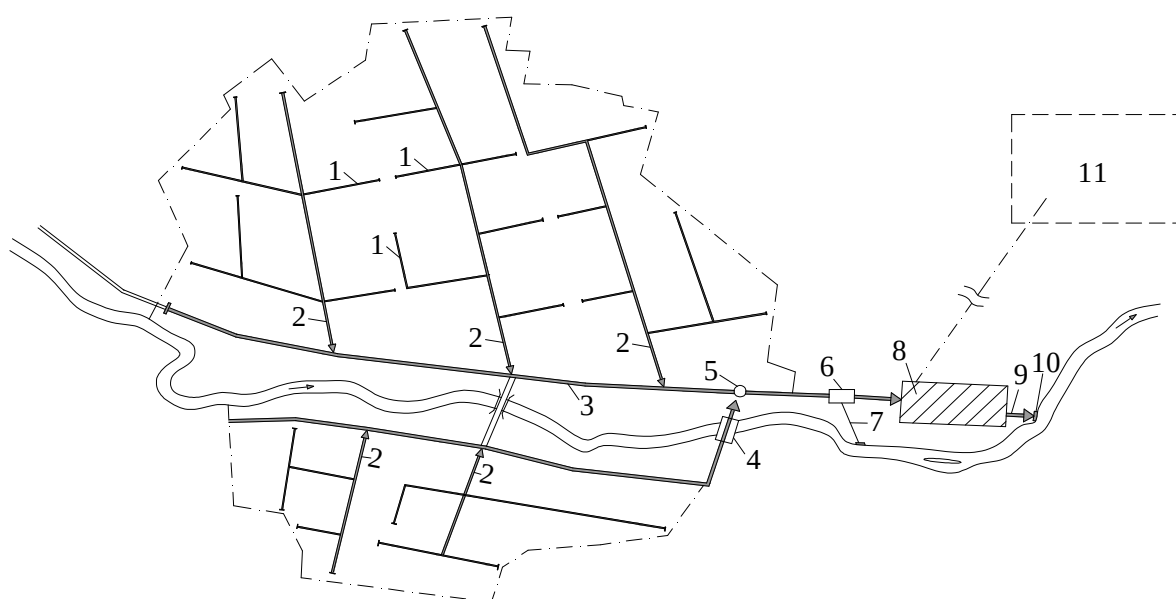


Figura 1.1. Schema sistemului de canalizare.

- 1 – canale de serviciu (secundare); 2 – colectoare secundare; 3 – colectoare principale;
4 – sifon invers; 5 – cameră de intersecție; 6 – camera deversorului;
7 – canal deversor; 8 – stație de epurare; 9 – colector de descărcare; 10 – gură de vărsare;
11 – sisteme pentru valorificarea nămolurilor rezultate din SE.

01.2 Criterii de alegere a schemei sistemului de canalizare

Alegerea schemei sistemului de canalizare are la bază datele configurației amplasamentului și elementele funcționale ale utilizatorului. Documentațiile obiectiv necesare pentru elaborarea schemei sistemului de canalizare sunt:

- PUG și PUZ pentru localitatea urbană/rurală cu situația existentă și perspectivă de dezvoltare pentru minim 30 de ani;
- Studii topografice, geotehnice, hidrogeologice, hidrologice asupra teritoriului, apelor de suprafață și subterane din zonă;
- Studii pe variante. Orice sistem de canalizare trebuie studiat în variante multiple din care proiectantul va propune aceea variantă care va asigura:
 - colectarea apelor uzate în condiții sanitare fără risc privind sănătatea populației;
 - efecte minime asupra mediului înconjurător;
 - costuri unitare și energetice minime independente de factorii variabili care pot apare în timp.
- Criterii tehnice și economice pe care se bazează alegerea sistemului:
 - colectare unitară/separativă pe categorii de ape uzate; în toate proiectele se vor elabora variante cu minim 2 rețele (ape uzate și ape meteorice) și 1 rețea (sistem unitar) pe ansamblul amplasamentului sau pe sectoarele acestuia;
 - criterii de transport ape uzate; se vor analiza sistemele cu transport gravitațional, sub presiune sau rețea vacuumată;
 - elementele impuse de poziția receptorului, valorificarea substanțelor reținute și a nămolurilor.

Pentru fiecare variantă se vor elabora calcule tehnice și economice, care să permită stabilirea:

- volumului total al investițiilor;
- planul de eşalonare a investițiilor pentru o perioadă de minim 10 ani;
- dotările și costurile operaționale pentru fiecare variantă;
- costul apei canalizate (colectare, epurare, evacuarea substanțelor reținute) în corelație cu gradul de suportabilitate al utilizatorilor sistemului.

Schema sistemului de canalizare trebuie să se încadreze permanent în dezvoltarea centrului populat, astfel încât serviciul de canalizare să poată asigura creșterea exigențelor utilizatorilor și dezvoltările tehnologice.

01.3 Sisteme și procedee de canalizare

Un sistem de canalizare cuprinde: rețeaua de canalizare, stația de epurare și construcțiile pentru evacuarea apelor epurate și substanțelor reținute în stația de epurare.

Colectarea și evacuarea apelor uzate se face în unul din următoarele procedee:

- procedeul unitar;
- procedeul separativ (divizor);
- procedeul mixt.

Procedeul unitar colectează și transportă prin aceeași rețea de canalizare toate apele de canalizare: menajere, industriale, publice, meteorice, de suprafață și de drenaj.

Procedeul unitar are avantajul că necesită o singură rețea de canale, costuri de operare mai reduse și dezavantajul unor cheltuieli inițiale de investiții mari.

Procedeul separativ colectează și transportă prin minim 2 rețele diferite apele uzate (menajere, industriale pre-epurate și publice) și meteorice.

Curgerea apelor uzate menajere se face prin canale închise. Curgerea apelor uzate industriale pre – epurate se face prin rețele închise sau deschise, în funcție de calitatea apelor. Curgerea apelor meteorice se poate face fie la suprafață prin rigolele străzilor sau canale deschise (șanțuri), fie printr-o rețea de canale închise.

Canalizarea în procedeu separativ se dezvoltă în ultimele decenii pe plan mondial pe baza:

- principiului reținerii apei din ploi la locul de cădere și execuția de bazine de infiltrație - acumulare cu/fără reutilizarea acestor ape;
- reducerii suprafețelor impermeabile în amenajările urbane;
- creșterii exigențelor de întreținere și curățenie a spațiilor urbane amenajate și a creșterii suprafețelor specifice ($m^2/loc.$) de spații verzi.

PARTEA I: REȚELE DE CANALIZARE

1. Obiectul rețelei de canalizare

Rețeaua de canalizare este obiectul tehnologic din sistemul de canalizare, cu rol de colectare și evacuare a apei uzate sau/și meteorice în afara localității în condițiile de siguranță pentru sănătatea utilizatorilor și mediului.

Rețeaua de canalizare asigură evacuarea apelor uzate de la folosințe casnice, a apelor uzate industriale pre – epurate, a apelor uzate de la folosințe publice și a apelor provenite din precipitațiile căzute pe suprafața deservită de rețea.

Rețeaua de canalizare evacuează apele uzate de pe o suprafață delimitată numită bazin de colectare. Bazinul de colectare poate fi diferit pentru diversele categorii de ape uzate.

În cazuri justificate rețeaua va fi protejată contra afluxului de ape meteorice de pe suprafețele vecine localității.

1.1 Lucrările rețelei de canalizare

Rețeaua de canalizare este alcătuită din:

- colectoarele care asigură transportul apei colectate;
- construcțiile accesorii care asigură buna funcționare a rețelei: racorduri, cămine de vizitare, guri de scurgere, deversoare, stații de pompare, bazine de retenție, sisteme de control a calității apei și de măsurare a debitului de apă transportată.

1.2 Apele preluate în rețeaua de canalizare pot proveni de la:

- instalațiile interioare ale locuințelor, apă uzată menajeră, direct sau prin cămine de racord;
- instalațiile interioare ale clădirilor cu destinație publică (școli, spitale, unități de activitate publică, complexe sportive);
- apa uzată menajeră provenită de la grupurile sanitare ale unităților industriale;
- apa uzată industrială colectată direct sau provenind de la stații de pre – epurare atunci când condițiile de calitate sunt diferite de cele ale apei admise în rețeaua publică;
- apa din precipitații, introdusă în canalizare prin gurile de scurgere (apa din ploi, apa din topirea zăpezii, gheții);
- apa subterană infiltrată prin defecțiunile colectoarelor sau construcțiilor anexe.

Cu excepția apei infiltrate în canalizare toate celelalte categorii de apă au calitate normată pentru a putea fi acceptate în rețeaua publică de canalizare. Norma de calitate este dată în NTPA 002/ 2005.

Pentru rețelele de canalizare din mediul rural care preiau ape uzate de la ferme agrozootehnice, unități de prelucrare produse și crescătorii de animale se va respecta același principiu: conformarea la prevederile NTPA 002/2005.

Preluarea oricărei categorii de calitate de ape uzate în rețeaua publică va fi condiționată de:

- asigurarea funcționării rețelei publice fără deteriorări, influențe asupra materialului, pericole sau limitări ale exploatarei în siguranță;
- limitarea oricăror influențe negative asupra proceselor biologice din stația de epurare;
- cunoașterea permanentă a volumelor de ape uzate și cantităților de poluanți (materii în suspensie, substanțe organice – CBO₅, N și P).

Se interzice total evacuarea apelor uzate de la fermele de animale; în cazuri justificate pot fi acceptate apele uzate după epurarea până la limitele cerute de NTPA 002/2005. Rețeaua de canalizare asigură evacuarea apei uzate comunitare în condiții sanitare adecvate protecției sănătății publice și a apei meteorice în condiții de siguranță stabilite în prealabil.

1.3 Încadrarea în mediul rural/ urban

Rețeaua de canalizare se va încadra:

- în prevederile P.U.G – ul și P.U.Z – ul zonelor în care se dezvoltă;
- în Planul general de gospodărire al apei bazinului hidrografic în care se află localitatea;
- în Master Planul general privind sistemele de alimentare cu apă și canalizare ale amplasamentului zonei și bazinul hidrografic.

1.4 Alcătuirea rețelei de canalizare

În configurarea rețelei se va lua în considerație:

- trama stradală actuală și în perspectivă (minim 25 ani) conform P.U.G.;
- situația topografică a amplasamentului pentru asigurarea curgerii gravitaționale;
- poziția stației de epurare și a receptorului;

- asigurarea evacuării apei pe drumul cel mai scurt;
- abordarea punctuală a zonelor critice: depresiuni, contrapante, subtraversări;
- un plan de dezvoltare etapizată în concordanță cu dezvoltarea comunității deservite;
- posibilitatea prevederii galeriilor edilitare în zone cu densitate mare de rețele, în zone centrale, cu trafic intens și terenuri dificile privind pozarea;
- soluționarea rațională a rețelei în zonele inundabile; rețeaua va fi astfel alcătuită încât în cazul inundației să se poată asigura pomparea apei uzate (sau epurate).

1.5 Clasificarea rețelelor de canalizare

Rețelele de canalizare pot fi clasificate astfel:

- după modul de curgere al apei;
- după calitatea apelor colectate;
- după forma rețelei.

1.5.1 Asigurarea curgerii apei în colectoare

- rețea gravitațională în care se asigură curgerea apei cu nivel liber;
- rețea cu funcționare sub vacuum, în care apa curge sub o presiune negativă ($p \approx 0,4 - 0,6$ at.), realizată sistematic;
- rețea cu funcționare sub presiune, în care apa curge sub presiune asigurată prin pompare.

1.5.2 Calitatea apelor colectate

- rețea în procedeu unitar; toate apele de pe suprafața localității sunt evacuate printr-o singură rețea;
- rețea în procedeu divizor/ separativ în care apele având caracteristici apropiate sunt evacuate prin aceeași rețea; în localități pot fi două rețele (rețea de canalizare ape uzate urbane/ rurale și rețea de evacuare a apelor meteorice);
- rețea în procedeu mixt, unitar și separativ pe zone ale localității;

1.5.3 Forma rețelei

Rețeaua de canalizare este o rețea ramificată; dacă se poate demonstra, ținând seama și de condițiile de exploatare/reparații că o rețea de tip inelar este rațională acest sistem se poate aplica; poate fi favorabil în unele cazuri de remedieri sau rațional pentru evacuarea apei meteorice (localități unde nu plouă simultan pe toate suprafețele).

Tipul de rețea va fi ales după un calcul tehnico-economic justificativ pe criterii de cost de investiție și costuri de exploatare. Obligatoriu se va ține seama de pagubele care trebuie suportate în caz de funcționare neconformă.

Gradul de asigurare a funcționării rețelei va fi stabilit funcție de normele în vigoare și prin decizia autorității locale. Este rațional să fie estimate și consecințele pentru o eventuală creștere a gradului de siguranță a funcționării în viitor (aparitia unor lucrări subterane importante și posibilitatea realizării de treceri denivelate în unele intersecții sau introducerea de mijloace speciale de transport.

2. Proiectarea rețelei de canalizare

2.1 Rețea de ape uzate în procedeu separativ

2.1.1 Debite de dimensionare

Pentru dimensionare se consideră debitul uzat orar maxim provenit din utilizarea apei pe tipuri de consum (casnic, public, agenți economici ș.a.):

$$Q_{uz,or,max} = \alpha \cdot \sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i} \cdot 10^{-3} \cdot 24^{-1} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (2.1)$$

unde:

α – coeficient de reducere sau de creștere a debitului; reducerea este dată de apele utilizate pentru stropit, spălat; creșterea este dată de activitățile economice care utilizează alte surse de apă; valorile curente pot fi cuprinse între 0,9 – 1,05;

N_i – nr. de utilizatori pe categorii de consum;

q_i – necesarul specific de apă potabilă (l/om,zi), conform SR 1343–1/2006;

$k_{zi,i}$ – coeficient de variație a consumului zilnic de apă conform valorilor din SR 1343 – 1/2006;

$k_{or,i}$ – coeficient de variație orară a consumului de apă, conform SR 1343–1/2006;

10^{-3} , 24^{-1} – coeficienți de transformare;

Debitul conform (2.1) reprezintă o valoare de dimensionare hidraulică a rețelei de canalizare și nu va fi utilizat în calculul de bilanț de volume zilnice, lunare sau anuale de ape uzate.

Suma $\sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i}$ din expresia (2.1) se referă la:

- ape uzate menajere (nr. locuitori);
- ape uzate publice (școli, spitale, servicii publice ș.a);
- ape uzate de tip menajer provenite de la unități industriale.

Ape uzate de la agenți economici

Acestea sunt considerate pre-epurate (vor respecta NTPA 002/2005) și vor fi estimate de utilizatorul acestora și comunicate prin protocoale scrise.

Ape de infiltrație

Se calculează cu expresia:

$$Q_{INF} = q_{INF} \cdot L \cdot DN \cdot 10^{-3} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (2.2)$$

unde:

q_{INF} – debit specific infiltrat în $\text{dm}^3/\text{m} \cdot \text{zi}$, cu valori 25 – 50 dm^3/m liniar și m de diametru al colectorului pe zi;

L – lungime colector (m);

DN – diametru colector (m);

Pentru rețea pozată deasupra nivelului apei subterane: $q_{INF} = 25 \text{ dm}^3/\text{m,zi}$, pentru $DN=1\text{m}$;

Pentru rețea pozată sub nivelul apei subterane ($>1,0\text{m}$) $q_{INF} = 50 \text{ dm}^3/\text{m,zi}$, pentru $DN=1\text{m}$;

În situațiile de retehnologizare a rețelei de canalizare se vor efectua studii speciale pentru stabilirea mărimii debitelor de infiltrație.

2.1.2 Elemente impuse dimensionării hidraulice

2.1.2.1 Grad de umplere definit ca raportul între înălțimea apei la debitul maxim

în secțiune și înălțimea constructivă a canalului (DN, H):

$$a = \frac{h}{DN} ; a = \frac{h}{H} ; \quad (2.3)$$

unde:

a – grad de umplere;

DN – diametrul nominal, (mm);

H – înălțimea interioară a canalului, (mm);

h – înălțimea apei în canal, (mm);

Tabel 2.1. Grad de umplere funcție de DN sau H_{canal} .

Nr.crt.	DN sau H (mm)	a – grad umplere
1	< 300	$\leq 0,6$
2	350 – 450	$\leq 0,7$
3	500 – 900	$\leq 0,75$
4	> 900	$\leq 0,8$

2.1.2.2 Viteze minime / maxime

- Viteza de autocurățire $\geq 0,7$ m/s pentru evitarea depunerilor în colectoarele de canalizare;
- Viteza maximă: ≤ 8 m/s pentru colectoare din tuburi speciale sau metalice;
 ≤ 5 m/s pentru alte materiale;

2.1.2.3 Diametre minime

Diametrul minim pentru colectoarele de ape uzate cu curgere gravitațională se consideră Dn 250 mm; pentru alte sisteme se adoptă diametre speciale.

Pot fi adoptate pentru rețele noi DN=200mm și DN=150mm în următoarele situații:

- colectoarele stradale cu $L_{\text{max}} \leq 500\text{m}$, nr. racorduri ≤ 100 ;
- gradul de umplere $a \leq 0,5$;
- diferența între diametrul colectorului de canalizare și diametrul racordului min.50mm;

2.1.2.4 Adâncimi minime și maxime de pozare

Adâncimea minimă deasupra extradosului bolții superioare a canalului, cea mai mare valoare dintre:

- $h_{\text{min}} = 0,80$ m;
- $h_{\text{min}} \geq h_{\text{îngheț}}$ pentru evitarea solicitării materialului tuburilor la ciclurile îngheț - dezgheț (conform STAS 6054/1977);
- pentru solicitarea din trafic vor fi făcute calcule speciale;

Adâncimea minimă este impusă și de preluarea racordurilor de la utilizatori; pentru clădiri fără subsol se impune adâncimea de 1,0 m (la cotă radier), pentru clădiri cu subsol

adâncimea min. – 2,0 m; pentru construcțiile cu mai multe subsoluri toată cantitatea de apă uzată din subsol se pompează în rețeaua de canalizare.

Adâncimea maximă; pentru diametre cu $DN \leq 400$ mm adâncimea maximă se va limita la 6,0 m (diferența de cotă radier și cotă teren); limitarea este impusă de posibilitatea efectuării unor intervenții prin executarea de săpături. La adâncimi peste 2 m racordurile clădirilor vor avea cămin pe colector.

2.1.2.5 Panta longitudinală a colectorului

- Rețea cu curgere gravitațională:
 - panta egală cu panta străzii, dacă sensul de curgere al apei coincide cu sensul descendent al străzii;
 - panta minimă constructivă se va adopta 1‰;
 - panta minimă pentru asigurarea vitezei de autocurățire, cf. SR EN 752/2008 $\geq 1: DN$;
 - panta maximă care realizează viteza maximă a apei în colector;
- Rețea cu curgere sub vacuum:
 - panta poate avea valori constructive după poziția colectorului sub presiune; negativă sau pozitivă;
 - panta tuburilor între două lifturi consecutive la rețelele vacuumate are valori de 0,002;
 - tuburile de canalizare vor fi realizate din PEID, PE cu diametre cuprinse între 90 – 200 mm cu îmbinare etanșă.

2.1.3 Dimensionarea hidraulică

2.1.3.1 Stabilirea debitelor de calcul pe tronsoane

Tronsonul de colector se consideră lungimea între două intersecții sau un tronson de maxim 250m în aliniament.

Debitul de calcul este debitul din secțiunea aval a tronsonului dimensionat. Pentru stabilirea debitului de calcul se adoptă:

$$Q_{calcul}^{0 \rightarrow 1} = q_{sp,uz} \cdot L^{0 \rightarrow 1} \quad (l/s), \text{ pentru orice tronson de capăt} \quad (2.4)$$

$$Q_{calcul}^{i \rightarrow i+1} = Q_{calcul}^{0 \rightarrow 1} + Q_{lat}^i + q_{sp,uz} \cdot L^{i \rightarrow i+1} \quad (l/s) \quad (2.4')$$

unde:

$$q_{sp,uz} = \frac{Q_{uz,or,max}}{\sum l_{tr}} \quad (l/s \cdot m) \quad (2.5)$$

Q^{0-1} – debitul calculat conform relației (2.4);

Q_{lat}^i – debitul adus de colectoarele laterale care deversează în nodul i .

Aplicarea calculului este condiționată de:

- repartiția uniformă a racordurilor și debitului colectat în canalizare; același tip de locuințe, cu dotări de instalații tehnico – sanitare similare;
- pentru fiecare zonă cu densități și dotări similare va exista și se va utiliza o valoare pentru $q_{sp,uz}$.

Pentru situații având:

- racorduri la distanțe mari cu debite concentrate;
- regimuri diferite de dotări;
- în cazul unor debite cu valori mari (peste 5% sau 10% din debitul transportat), secțiunea de intersecție se consideră nod de calcul.

Calculul debitelor se va determina prin preluări de debite concentrate, fiecare tronson fiind calculat pe baza însumării debitelor pe tronsoanele amonte.

2.1.3.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului de calcul

Calculul se efectuează tabelar tronson cu tronson în paralel cu executarea profilului longitudinal al colectorului privind pozarea pe teren.

Tabel 2.2.Calcul tronson j – k.

Nr crt	Tr	Q _{uz} (l/s)	L (m)	Pante		DN mm	Q _{pl} (l/s)	V _{pl} (m/s)	$\alpha =$ Q _{uz} /Q _{pl}	$\beta =$ v _{ef} /v _{pl}	a= h/DN	h= aDN (mm)	V _{ef} = β v _{pl} (m/s)	$\Delta H =$ i _R L (m)	Cote		H _s (m)
				Teren i _T	Radier i _R										Teren (m)	Radier (m)	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

L – lungime tronson (m);

Q_{uz} – debit ape uzate în secțiunea aval a tronsonului (l/s);

i_T – panta teren;

i_R – panta radier;

v_{ef} – viteza efectivă (m/s);

Δh_{i-k} = i_R · L (m)

C_R^k = C_Rⁱ – Δh_{i-k} (m)

DN – diametru nominal colector (mm);

H_s – adâncimea săpăturii;

Q_{pl} – debit la secțiune plină (l/s);

v_{pl} – viteza la secțiune plină (m/s);

$$\alpha = \frac{Q_{uz}}{Q_{pl}}$$

$$\beta = \frac{v}{v_{pl}}$$

$$a = \frac{h}{DN(H)} - \text{gradul de umplere (v. tab. 2.1)}$$

h – înălțimea de apă (m);

$$\Delta H_{j-k} = i_R \cdot L_{j-k}$$

Observații:

- 1) Dacă panta străzii este descendentă cu valoarea $\geq 1/DN$ se adoptă valoarea $i_R = i_T$;
- 2) Se alege un DN astfel ca din calcul să rezulte: $a \leq a_{\max}$; $v \geq v_{\min}$;
- 3) Nerealizarea condiției pct. 2) impune refacerea calculului prin adoptarea $i_R > i_T$ și eventual un alt diametru sau formă (ovoid);
- 4) Coloanele 1 – 14 caracterizează tronsonul (j – k);
- 5) Coloanele 15 – 17 caracterizează capetele tronsonului;
- 6) Determinarea Q_{pl} , v_{pl} , α , β și a se efectuează cu diagrame de tipul celor din anexele 2 – 4; diagramele sunt valabile pentru un material determinat de $k=1/n$; (n – rugozitatea relativă) și de forma secțiunii;
- 7) Tronsoanele aval tronsonului (j – k) trebuie să păstreze $DN \geq DN_{j-k}$;

Cotele radierului în aceeași secțiune se vor determina considerând racordarea la creasta tuburilor adiacente secțiunii;

$$C_{R2} = C_{R1} - (D_{k,k+i} - D_{ik}) \quad (m) \quad (2.6)$$

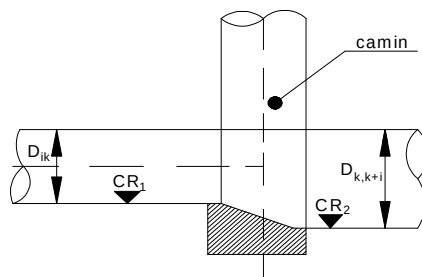


Figura 2.1. Cote radier secțiune de calcul.

Fiecare colector va fi materializat în concordanță cu calculul printr-un profil longitudinal.

- 8) Se va ține seama de poziția finală de racordare la colectorul următor;
- 9) Se va ține seama de posibilitatea de ocolire a unor obstacole de pe traseu (puncte fixe – alte rețele, cote impuse etc.);
- 10) La intersecția a două colectoare nu este obligatorie racordarea la radier.

2.2 Rețea de ape meteorice în procedeu separativ

2.2.1 Debite de dimensionare

Cantitățile de ape meteorice, pentru bazine mici (sub $10 \text{ km}^2 = 1.000 \text{ ha}$) se determină prin metoda rațională care se bazează pe conceptul: o ploaie de frecvență normată va conduce la realizarea debitului maxim într-o secțiune a unui bazin când timpul de ploaie este egal cu timpul

maxim de curgere din punctul cel mai îndepărtat până în secțiunea considerată; pe această bază pentru fiecare secțiune de calcul va exista o singură ploaie cu frecvența normată a teritoriului din care rezultă debitul de dimensionare.

Calculul se bazează pe relația:

$$Q_{max,ploaie} = m \cdot S \cdot \phi \cdot i \quad (l/s) \quad (2.7)$$

unde:

S – suprafața bazinului de colectare al secțiunii de calcul, (ha);

i – intensitatea medie a ploii de calcul, l/s,ha ; se determină pe baza curbelor IDF (STAS 9470/73) sau studiu de specialitate, funcție de frecvența normată și timpul de ploaie;

m – coeficientul de reducere a debitului; se consideră efectul de acumulare în rețea cu valorile:

- **m** = 0,8 la timp de ploaie < 40 min.
- **m** = 0,9 la timp de ploaie > 40 min.

φ – coeficient de scurgere; raportul dintre volumul apă ajuns în canalizare și volumul ploii căzute pe bazin;

Coeficientul φ este variabil în timp; mai mare la începutul ploii, scade o dată ce ploaia continuă. Se determină ca medie ponderată pentru suprafețe neomogene:

$$\phi = \frac{\sum \phi_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (2.8)$$

Valorile φ pentru diferite tipuri de suprafețe pot fi adoptate cf. SR 1846 – 2/2007.

Frecvența normată a ploii de calcul : notat **f**; pentru calcule preliminare se stabilește conform STAS 4273/1983 și SR EN 752/2008 sau după studii speciale.

Pentru localități cu populație ≥ 100.000 locuitori, frecvența normată a ploii de calcul se va adopta $f = 1/10$.

Pentru localități urbane/rurale sub 100.000 loc. proiectantul va lua în considerație:

- decizia autorității locale din punct de vedere al protecției zonei total sau parțial; aceasta va stabili frecvența normată $f = 1/1, 1/2, 1/3, 1/5$.
- proiectantul va stabili pe baza cerințelor autorității locale debitele și secțiunile colectoarelor pentru min. 2 frecvențe ale ploii de calcul; pe această bază vor fi evaluate costurile ambelor opțiuni și pagubele (daunele) determinate de depășirea capacității de preluare a ploii de către rețea;

- se va adopta varianta (opțiunea) având costurile însumate minime și care ține seama de efectele sociale minime din punct de vedere al protecției bunurilor și persoanelor.

Se vor lua în considerație criteriile de performanță și frecvențele recomandate pentru proiectare conform SR EN 752/2008.

Durata ploii de calcul: t_p

- Pentru primul tronson al rețelei:

$$t_p = t_{cs} + \frac{L}{v_a} \quad (\text{min.}) \quad (2.9)$$

unde:

t_{cs} – timp de concentrare superficială:

- $t_{cs} = 5$ min. pentru pante medii ale suprafeței bazinului $> 5\%$;
- $t_{cs} = 10$ min. pentru pante medii ale suprafeței bazinului între $1 - 5\%$;
- $t_{cs} = 15$ min. pentru pante medii ale suprafeței bazinului $< 1\%$.

L – lungimea tronsonului de la prima gură de scurgere la secțiunea de calcul, (m);

v_a – viteza apreciată pe tronsonul de calcul, (m/s);

- Pentru tronsoanele următoare:

$$t_p = t_p^{i-1} + \frac{L_{i,k}}{v_a^{i-k}} \quad (\text{min.}) \quad (2.10)$$

unde:

t_p^{i-1} – timpul de ploaie corespunzător secțiunii i a tronsonului $i - k$, (min.);

v_a^{i-k} – viteza apreciată, (m/s);

La intersecția a 2 colectoare la primul tronson aval se va lua în calcul valoarea cea mai mică a timpului ploii de calcul pentru cele 2 colectoare.

Viteza apreciată se estimează pe baza pantei terenului și experienței proiectantului; valoarea rezultată prin calculul efectiv nu trebuie să difere cu mai mult de 20% de valoarea apreciată. Calculul este iterativ.

Pentru bazine mari ($> 10 \text{ km}^2$) cf. SR 1846 – 2/2007 proiectantul va avea la bază studii meteorologice (elaborate de Administrația Națională de Meteorologie-ANM) pe baza cărora se vor stabili hidrografele ploilor de calcul pentru secțiunile caracteristice ale colectoarelor.

Intensitatea ploii de calcul

Se determină pe baza timpului de ploaie (t_p) și pe baza curbelor IDF cf. STAS 9470/1973 sau studiilor de actualizare elaborate de ANM; pentru rețele care deservesc un teritoriu > 1.000

ha proiectantul va comanda la Administrația Națională de Meteorologie studii statistice pentru amplasament; acestea vor indica ploile maxime istorice ca durată și intensitate și vor actualiza curbele IDF corespunzătoare zonei amplasamentului.

Intensitatea ploii de calcul se va determina pe zone din sub-sistemul canalizării apelor meteorice pe baza frecvenței normate adoptate.

2.2.2 Alegerea diametrului și parametrilor hidraulici

Configurația rețelei de ape meteorice în procedeu separativ se va adopta în corelație cu:

- configurație amplasament utilizator și receptor;
- evacuările admisibile și impactul asupra mediului receptor, prin adoptarea unui coeficient de diluție de 4 la 8 ori debitul pe timp uscat pe baza capacității de prelevare receptor;
- prevederea de bazine de retenție (decantare) pentru reducerea debitelor maxime și reținerea apelor meteorice colectate în primele 5 – 10 min. ale ploii.

2.2.2.1 Calculul debitelor pe tronsoane

Debitul de calcul este debitul din secțiunea aval a tronsonului.

$$Q_{max.ploaie} = m \cdot S \cdot \phi \cdot i \quad (l/s) \quad (2.11)$$

unde:

S – suprafața bazinului de colectare formată din:

$$S = S_{tr}^{i-k} + S_{am}^{i-k} \quad (ha) \quad (2.12)$$

S_{tr}^{i-k} – suprafața bazinului de colectare aferentă tronsonului secțiunii de calcul, (ha);

S_{am}^{i-k} – suprafața bazinului de colectare din amonte de secțiunea de calcul, (ha);

ϕ – coeficient de surgere mediu calculat ca medie ponderată pentru toate suprafețele aferente tronsonului i – k;

i – intensitatea ploii de calcul cu frecvența normată; ploaia de calcul se consideră corespunzătoare secțiunii k a tronsonului i – k;

m – determinat cf. § 2.2.1.

2.2.2.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului

Calculul se efectuează tabelar simultan cu amplasarea colectorului la teren în profilul longitudinal.

Se elaborează un tabel de forma tabelului 2.3.

Tabel 2.3. Dimensionarea sistemului de canalizare de ape meteorice(exemplu); frecvența normată $f=1/1$; $t_{cs}=15'$.

Tr.	L (m)	S (ha)	V _a (m/s)	t _p (min)	m	Φ	i (l/s,ha)	Q _m (l/s)	i _T	i _R	DN (mm)	Q _{pl} (l/s)	V _{pl} (m/s)	α	β	a	h (mm)	V _{ef} (m/s)	Δh (m)	C _t (m)	C _r (m)	H _s (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
i	270	5	3,0	16,5	0,9	0,35	150	236,2	0,015	0,015	400	330	2,63	0,71	1,07	0,6	284	2,81	4,05	148	146	2
k																				144	141,95	2,05
																					141,85	2,15

L – lungime tronson (m);

S – suprafața de colectare (ha);

v_a – viteza apreciată (m/s);

t_p – timp de ploaie (min);

m – coeficient de reducere (0,8÷0,9);

Φ – coeficient de scurgere;

i – intensitatea ploii de calcul (l/s, ha);

Q_m – debit ape meteorice (l/s);

i_T – panta teren;

i_R – panta radier;

DN – diametru nominal colector (mm);

Q_{pl} – debit secțiune plină (l/s);

v_{pl} – viteza secțiune plină (m/s);

$$\alpha = \frac{Q_m}{Q_{pl}}$$

$$\beta = \frac{v}{v_{pl}}$$

$$a = \frac{h}{DN(H)} \leq 1,0$$

h – înălțimea de apă (m);

DN(H) – diametrul sau înălțime canal;

v_{ef} – viteza efectivă (m/s);

$$\Delta h_{i-k} = i_R \cdot L \text{ (m)}$$

$$C_R^k = C_R^i - \Delta h_{i-k} \text{ (m)}$$

H_s – adâncimea săpăturii;

Viteza apreciată nu va fi diferită de v_{ef}

(col.19) cu mai mult de 20%.

Calculul, conform tabelului 2.3 se efectuează în modul următor:

- se completează coloanele 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 21;
- se estimează o valoare pentru viteza de curgere a apei pe tronson (col.4) și se calculează un timp de ploaie (col.5);

$$t_p = t_{cs} + \frac{l_{lk}}{v_a} \quad (\text{min.}) \quad (2.13)$$

- în funcție de timpul de ploaie se alege coeficientul **m** (col.6);
 - $t_p > 40'$ pentru $m = 0,9$;
 - $t_p < 40'$ pentru $m = 0,8$;
- se determină grafic din curbele IDF, intensitatea ploii de calcul (col.8), pentru $f = \text{normată}$ și Q_m cu expresia (10) (col.9);
- se alege un diametru pentru conducta de canalizare (col.12), cunoscând debitul și o pantă a radierului adoptată (col.11);
- se determină din diagramele cu grad de umplere, mărimile din coloanele 15, 16, 17 (α, β, a), cunoscând $\alpha = Q_m / Q_{pl}$ (vezi Anexa 4);
- se calculează înălțimea apei în conducta de canalizare (col.18) și viteza efectivă de curgere a apei (col.19). Dacă valoarea acestei viteze diferă cu mai mult de 20% față de viteza apreciată (col.4) se reia calculul, considerând viteza apreciată egală cu viteza efectivă rezultată;
- se determină cotele radierului conductei (col.22) astfel încât adâncimea de îngropare să fie mai mare de 0,8 m (peste bolta canalului) și racordarea între două tronsoane vecine să se facă la creasta adică păstrând continuă linia bolții superioare a canalului.

2.2.2.3 Bazine de retenție

Se adoptă în conformitate cu prevederile STAS 1846 – 2/2007 cap. 2.4 pentru reținerea apelor poluate, pentru reducerea vârfului de debit când durata ploii este egală cu timpul de concentrare și durata ploii este mai mare ca durata ploii de calcul.

Obiectivele bazinelor de retenție sunt:

- asigurarea compensării debitelor maxime din ploi prin reducerea debitelor în aval și curgerea acestora în perioade mai lungi;
- reținerea poluanților preluați de apele meteorice în prima parte a scurgerii stratului de apă;

- protecția mediului acvatic al receptorului.

Construcția bazinelor de retenție pentru apele meteorice se va analiza în corelație cu planul urbanistic al zonei canalizate astfel încât acestea să se încadreze în sistemul urban al zonei. Se recomandă o folosință suplimentară pentru bazinul de retenție.

2.3 Rețea de canalizare în procedeu unitar

2.3.1 Stabilirea debitelor de dimensionare

Debitul de calcul pentru fiecare tronson va rezulta din însumarea:

- debitul de calcul ape uzate, relația (2.1) § 2.1.3.1.;
- debitul maxim din ploaie al tronsonului relația (2.11) § 2.2.21.

2.3.2 Alegerea diametrelor și parametrilor hidraulici ai tronsonului

Efectuarea calculelor urmărește procedurile similare, exemplificate în tabelul 2.2 pentru rețea ape uzate și în tabelul 2.3 pentru rețea ape meteorice. Se impun următoarele condiționări:

- asigurarea vitezei minime de autocurățire pe timp uscat; se determină $\alpha = \frac{Q_{uz}}{Q_{pl}}$ și cf. diagramelor de umplere: gradul de umplere $a = \frac{h_u}{DN}$ și $\beta = \frac{v_u}{v_{pl}}$; din aceste relații se calculează $v_u \geq 0,7$ m/s;
- pentru funcționarea colectorului de canalizare în timpul ploii se poate admite gradul de umplere $a_{max} = 1,0$;
- diametrul minim pentru rețeaua de canalizare în sistem unitar $DN \geq 300$ mm;
- pentru diametre $DN > 1000$ mm sau cu înălțime $H > 1000$ mm și debite reduse de ape uzate (pe timp uscat), proiectantul va adopta măsuri pentru realizarea vitezei minime de autocurățire; această soluție se impune să fie analizată și pentru retehnologizarea colectoarelor de mari dimensiuni existente, cu funcționare în procedeu unitar.

Un exemplu de conținut profil longitudinal este dat în figura 2.2.

Pentru retehnologizarea rețelelor de canalizare existente se impune respectarea prevederilor SR EN 752/2008.

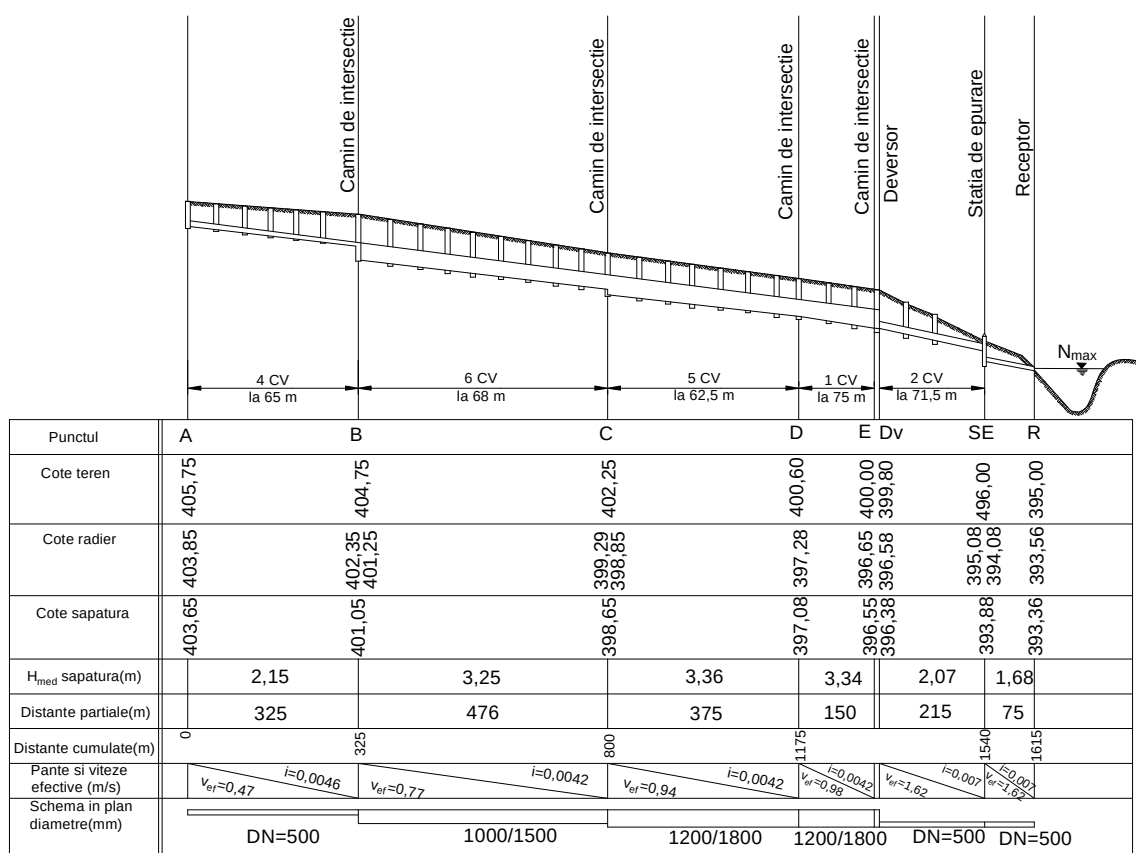


Figura 2.2. Profil longitudinal colector principal.

3. Amplasarea rețelei de canalizare

3.1 Rețeaua de ape uzate

Amplasarea depinde fundamental de configurația tramei stradale:

- pentru străzi și trotuare sub 10 – 12 m rețeaua de ape uzate se amplasează în axul străzii; racordurile la utilizatori trebuie amplasate la cote inferioare celorlalte rețele;
- pentru străzi și trotuare cu lățimi > 16 m se va analiza opțiunea amplasării colectorilor de ape uzate pe fiecare latură a străzii; existența spațiului public între trotuar și linia clădirilor va trebui luată în considerație cu prioritate pentru amplasarea rețelei de canalizare.

Poziția colectorilor și căminelor de acces la colectoare se va adopta ținând seama de poziția celorlalte rețele subterane și de condițiile specifice impuse de funcționalitatea acestora.

Aceste distanțe sunt stabilite conform SR EN 8591/1997.

În cazuri speciale, definite prin dificultăți în realizarea distanțelor minime între rețele se vor stabili protocoale și înțelegeri cu deținătorii acestora și autoritățile locale pentru alegerea amplasamentului rețelei de canalizare și modificarea distanțelor prevăzute în SR EN 8591/1997.

Conceptul general admis va ține seama de următoarele:

- poziția colectoarelor nu trebuie să pericliteze siguranța celorlalte rețele subterane și siguranța sanitară a utilizatorilor;
- asigurarea soluțiilor raționale pentru intervenții în rețea pentru reparații/reabilitări fără deteriorarea altor rețele;
- intervenția la rețele să se poată face în mod rațional.

4. Elemente componente pe rețeaua de canalizare

4.1 Tuburi pentru realizarea tronsoanelor

4.1.1 Forma secțiunii

DN (mm) al secțiunii rezultă cf. calculului rețelei de canalizare. În general se adoptă forma circulară ca fiind secțiunea optimă din punct de vedere hidraulic.

Pentru situații determinate de: spații înguste de pozare, debite minime reduse, debite mari, se aplică secțiunea ovoid care asigură la aceeași înălțime de apă o viteză de curgere mai mare.

Pentru colectoare mari (debite de ordinul m^3/s) unde se urmărește economisirea spațiului pe verticală se poate aplica secțiunea clopot.

4.1.2 Materialul tuburilor

Alegerea materialului tuburilor pentru realizarea tronsoanelor de canalizare se va face cu luarea în considerare a următoarelor elemente:

- caracteristici și proprietăți fizico – mecanice și constructiv – dimensionale;
- rezistențe structurale și procedee de îmbinare;
- cerințe impuse la instalare, întreținere și reparații;
- rezistența la agresivitatea apei uzate și solurilor cu/fără apă subterană;
- durata de viață și siguranța în exploatare;
- compatibilitatea materialului la calitatea apelor uzate transportate;

- costul de investiție.

Pentru lungimi de rețele > 5 km se va efectua un studiu preliminar privind raportul cost / performanță pe baza căruia se va adopta materialul pentru execuția tronsoanelor.

Studiul trebuie să cuprindă:

- costurile tuburilor (inclusiv montaj, probe);
- factori de compatibilitate privind adaptarea la situația particulară în care se propun a fi utilizate: natura teren, sarcini permanente și din circulație, calitatea apelor uzate inclusiv comportarea la risc (descărcări necontrolate sau accidentale de ape uzate);
- garanția duratei de viață; aceasta nu poate fi mai mică de 50 ani;
- soluții pentru intervenții necesare obiectiv în exploatare (refacere tub/ mufă spartă, pierdere etanșeitate, comportare la sarcini seismice și soluții de remediere);

Decizia privind alegerea materialului se va adopta de comun acord: proiectant, operator, autoritatea locală ca proprietar al rețelei.

4.2 Construcții anexe pe rețeaua de canalizare

4.2.1 Racorduri

Racordurile asigură preluarea apelor uzate menajere de la utilizatori în rețeaua publică de canalizare.

Racordul cuprinde:

- cămin de racord; se amplasează în incinta proprietății pentru locuințe individuale sau în spațiul public pentru locuințe colective; se execută etanș și va asigura accesul la racord;
- canal de racord; se execută din tuburi circulare DN = 100 ... 200 mm;
- legătura între canalele de racord și colectorul stradal se face prin piese speciale, executate conform (SR EN 295 – 2/1997);

În localități cu terenuri macroporice, cu densitate mare a construcțiilor, fiecare canal de racord, sau mai multe se leagă la un cămin de vizitare al colectorului stradal;

Când colectorul stradal are adâncimi mari un racord sau mai multe sunt preluate printr-un cămin de vizitare pe colector.

4.2.2 Guri de scurgere

Gurile de scurgere servesc pentru colectarea și descărcarea apelor meteorice în rețeaua de canalizare; sunt cămine circulare, acoperite cu grătar și legate la rețeaua de canalizare prin tuburi DN=150 mm.

Se clasifică după cum urmează:

- guri de scurgere cu depozit și sifon; cf. STAS 6701/1982 acestea pot fi tip A - cu grătar carosabil și tip B – cu grătar necarosabil; sifonul are rolul de a opri gazele din canalizare să ajungă în aer; vor fi respectate prevederile din SR EN 124/1996;
- guri de scurgere fără sifon și depozit; utilizate în procedeul divizor, pe rețeaua de canalizare meteorică și numai pe străzi asfaltate unde cantitatea de materii în suspensie sau alte depuneri care pot fi antrenate în rețea sunt reduse (inexistente).

Gurile de scurgere se amplasează:

- pe rigola străzii, amonte de trecerea de pietoni;
- în intersecțiile mari la limita cu trotuarul, pe spații necirculate;
- pe platforme amenajate cu pante în spațiile mai puțin circulate.

Distanța între gurile de scurgere se va stabili riguros pe baza debitului capabil al rigolei (funcție de panta străzii și coeficientul de rugozitate al rigolei) astfel încât nivelul maxim al apei în rigolă (la ploaia de calcul) să fie sub nivelul superior al bordurii ($\geq 5\text{cm}$).

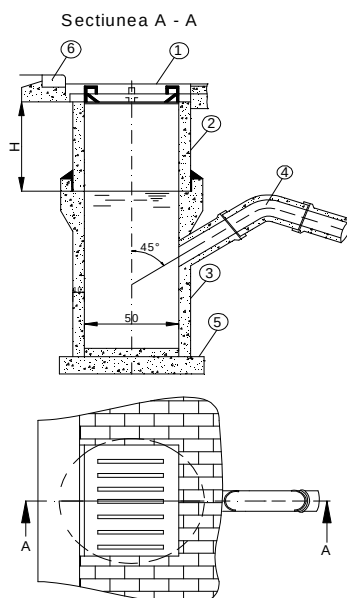


Figura 4.1. Gură de scurgere cu depozit și sifon.

1-grătar; 2-tub din beton simplu DN 500; 3-piesă din beton simplu pentru guri de scurgere;
4-cot DN 150; 5-radier; 6-bordură.

În interiorul căminului gurii de scurgere este recomandabil să se instaleze un recipient pentru simplificarea curățirii gurilor de scurgere care să poată fi scos mecanizat pentru simplificarea curățirii gurilor de scurgere de materii gravimetrice.

4.2.3 Cămine de vizitare

Căminele de vizitare sunt construcții verticale care realizează legătura între colectorul de canalizare și stradă.

Conform SR EN 752/2008, căminele de vizitare au rolul:

- să permită accesul personalului de operare la colectoare;
- să asigure ventilarea rețelei.

Căminele de vizitare se amplasează:

- pe aliniamentele canalelor;
- în secțiunile de schimbare a diametrelor și direcției în plan vertical și orizontal;
- în secțiunile de intersecție și racordare cu alte canale;
- în secțiunile unde este necesară spălarea rețelei.

4.2.3.1 Cămine de vizitare de trecere

Se vor prevedea și executa în conformitate cu STAS 2448/1982 și cu SR EN 1917/2005. În figura 4.2 este dat un exemplu care indică modul de concepere al căminelor de vizitare de trecere.

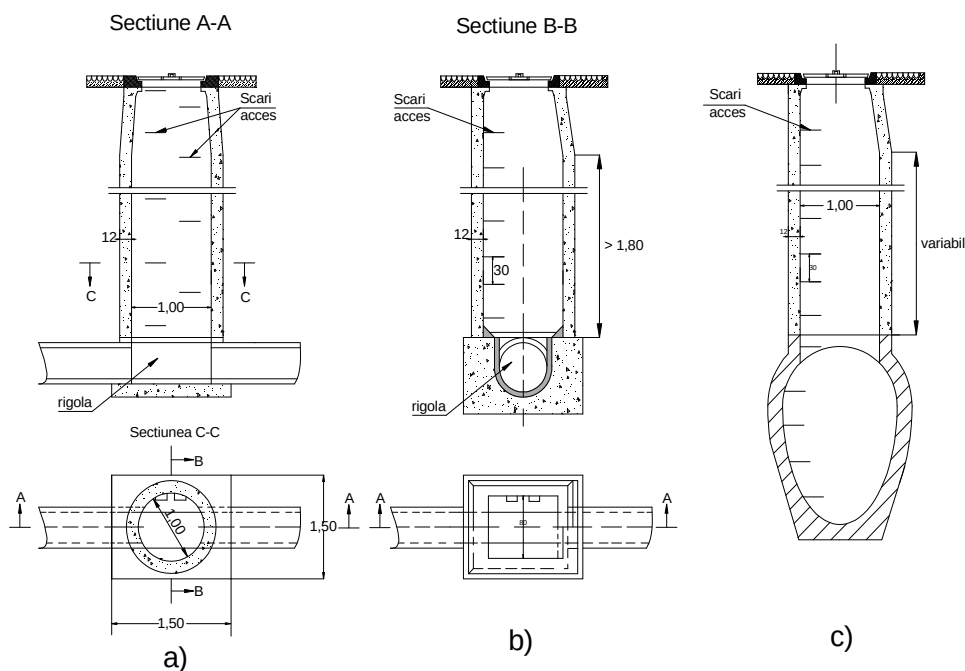


Figura 4.2. Cămin de vizitare de trecere.

a) cu fundație proprie și pereți din tuburi prefabricate;

b) cu fundație proprie și pereți din cărămidă sau beton; c) construit pe colector.

Distanțele între cămine se vor considera:

- 50 – 60 m pentru colectoare cu $DN \leq 500\text{mm}$;
- 75 – 100 m pentru colectoare semi – vizitabile $DN \geq 1.500\text{ mm}$;
- 120 – 150 m pentru colectoare vizitabile $DN \geq 1.800\text{ mm}$.

Căminele de vizitare trebuie să cuprindă:

- rigolă deschisă profilată hidraulic;
- cameră de lucru (deasupra rigolei): min. $\phi\ 1,0\text{ m}$ (sau latura $1,0\text{ m}$) și înălțimea min. $1,80\text{ m}$;
- coș (tub) acces de la suprafață: min. $\phi\ 0,8\text{ m}$;
- capac asigurat: carosabil sau necarosabil funcție de amplasament;
- trepte montate în pereți pentru facilitarea accesului la rigolă.

4.2.3.2 Cămine de vizitare de intersecție

Se amplasează la intersecția a 2 sau mai multe colectoare; în cazul colectoarelor mari se transformă în camere de intersecție.

Pentru intersectarea canalelor cu $DN \geq 500$ mm se impune realizarea unei racordări care să realizeze:

- amestecul celor 2 curenți fără fenomene hidraulice care să deterioreze construcția;
- forma racordării va trebui să evite zonele stagnante în care pot produce depuneri.

4.2.4 Deversori

Se prevăd în rețelele de canalizare în procedeu unitar pentru descărcarea unor volume de apă direct în receptor.

Stabilirea raportului de diluare pentru apele uzate ce sunt descărcate în receptor:

$$n = 1 + n_0 \quad (4.1)$$

$$n_0 = Q_{meteoric} / Q_{uzat} \quad (4.2)$$

unde:

n_0 – coeficient de diluare;

Debitul de ape uzate în amestec cu ape meteorice care va fi posibil să fie deversat în receptor se determină:

$$Q_{adm} = Q_{recept} \cdot \frac{CBO_5^{recept} - CBO_5^{adm}}{CBO_5^{uz} - CBO_5^{adm}} \quad (m^3/s) \quad (4.3)$$

unde:

Q_{adm} – debitul de ape uzate și meteorice admise a fi descărcate în receptor, (m^3/s);

CBO_5^{recept} – consumul biochimic de oxigen la 5 zile al receptorului înainte de deversor, ($mg\ O_2/l$);

CBO_5^{uz} – consumul biochimic de oxigen la 5 zile al apelor uzate în amestec cu apele meteorice, ($mg\ O_2/l$);

CBO_5^{adm} – consumul biochimic de oxigen la 5 zile al receptorului în conformitate cu NTPA 001/2005, ($mg\ O_2/l$).

La adoptarea raportului de diluare se vor lua în considerație prevederile SR EN 752/ 2008.

4.2.4.1 Alcătuirea deversoarelor

Deversoarele pot fi alcătuite din:

- camera de deversare;
- canalul de evacuare a apei deversate în receptor;
- gura de vărsare a canalului de evacuare.

Deversorul lateral este tipul cel mai utilizat; în figura 4.3 se prezintă schema unui deversor lateral.

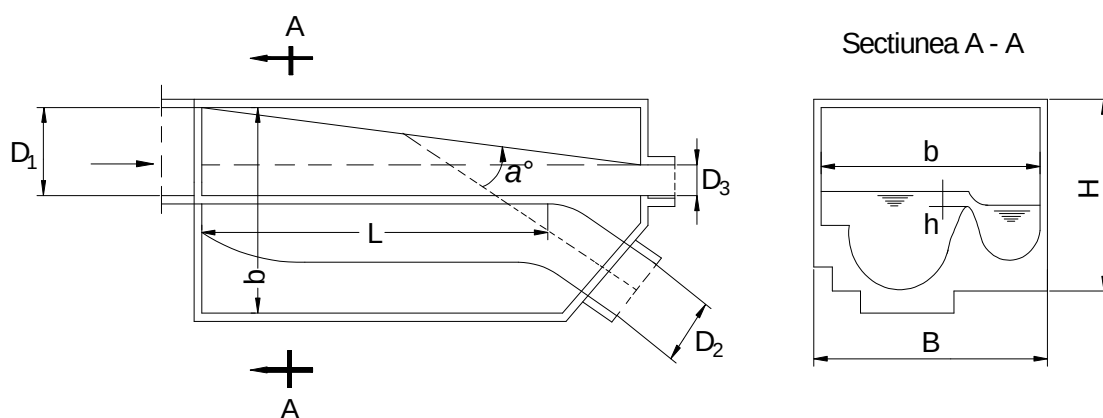


Figura 4.3. Deversor lateral simplu.

Lungimea deversorului lateral se determină:

$$L = \frac{Q}{0,66 \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}} \quad (\text{m}) \quad (4.4)$$

unde:

μ – coeficient de debit (0,62 – 0,64);

Q – debitul deversat, (m^3/s);

h – înălțimea medie a lamei deversante, (m);

Sunt obligatorii măsuri constructive pentru:

- asigurarea accesului și lucrului în camera deversorului; se vor prevedea scări și rigole; înălțimea minimă a camerei deversorului, de la rigolă va fi $\geq 1,80\text{m}$;
- elemente privind evitarea inundării camerei deversorului la ape mari ale receptorului; se va prevedea închiderea canalului de descărcare în receptor cu batardou; pentru receptori cu variații mari și frecvente ale nivelului se vor prevedea stăvilare cu închidere automată;

- pentru deversoarele amplasate la intrarea în stația de epurare construcția camerei poate fi deschisă; se va prevedea o bașe pe radierul camerei pentru reținerea corpurilor mari; aceasta va fi curățată periodic cu o cupă tip graifer.

4.2.5 Bazine pentru retenția apelor de ploaie

Se vor adopta și calcula conform cap. 2.4. SR 1846 – 2/ 2007.

Bazinele pentru retenția apelor meteorice pot fi:

- implementate în rețea pentru reducerea debitelor de vârf ;
- amplasate pe rețeaua procedeului unitar cuplat cu deversori cu descărcare directă în receptor;
- pentru pre-epurarea apelor meteorice.

Bazinele de retenție amplasate la intrarea în stația de epurare asigură și reglarea debitelor influente în aceasta.

În toate situațiile bazinele de retenție trebuie să asigure:

- reducerea debitelor evacuate în aval de bazin;
- îmbunătățirea calității apei prin sedimentare.

În intravilan se vor prevedea bazine de retenție închise; golirea bazinului după ploaie se va realiza gravitațional sau prin pompare în rețeaua de canalizare aval bazin;

Construcția bazinelor se realizează:

- min. 2 compartimente;
- cu asigurarea sistemelor de colectare și evacuare a depunerilor (rigole, sisteme de colectare nămol, pompe de evacuare nămol);
- cu dotări pentru reținerea suspensiilor plutitoare.

4.2.6 Sifoane de canalizare

Se prevăd în situațiile trecerii colectoarelor pe sub alte construcții, cursuri de apă, drumuri, căi ferate sau depresiuni.

Schema unui sistem de sifon inferior pentru canalizare este dată în figura 4.4.

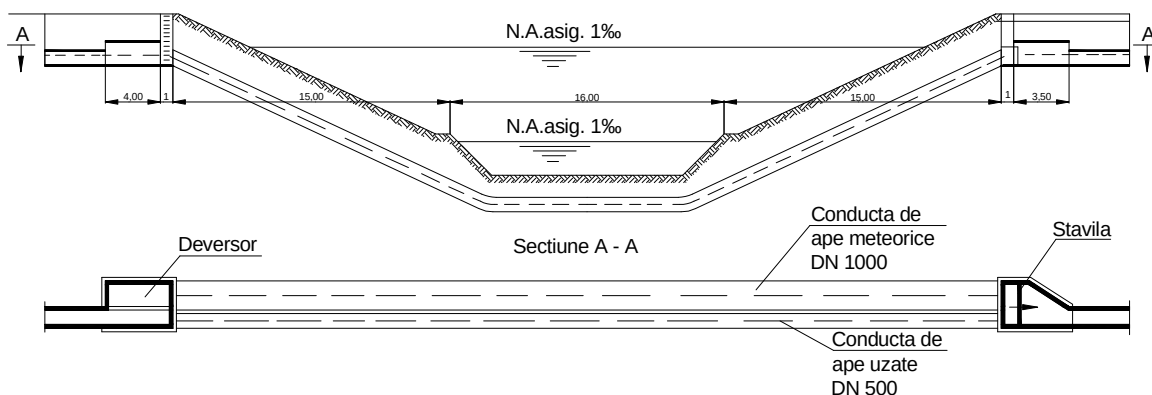


Figura 4.4. Sifon.

Sifoanele sunt alcătuite din:

- camere de intrare și ieșire pe fiecare latură a subtraversării;
- conducte de sifonare.

Sistemul de canalizare impune alegerea numărului de conducte de sifonare în cadrul aceleiași traversări:

- în procedeul separativ se poate realiza un singur fir pentru fiecare funcțiune (ape uzate, ape meteorice);
- în procedeul unitar se vor executa totdeauna 2 fire: 1 fir va funcționa pe timp uscat, cel de-al doilea fir se va pune în funcțiune la ploaie.

Dimensionarea conductelor de sifonare se efectuează:

- viteze minime $> 0,5 \dots 0,6$ m/s;
- viteza la debitul de calcul $1,25 \dots 1,5$ m/s.

Pentru cerințe deosebite privind siguranța în exploatare se impune dublarea conductelor de sifonare, fiecare dimensionată la $0,75 \cdot Q_{\text{calcul}}$.

Cerințele de eliminare a riscului în funcționarea conductelor subtraversării impun:

- alegerea materialelor cu siguranță sporită: tuburi de oțel protejat, fontă ductilă, poliesther armat cu fibră de sticlă de construcție specială;
- adoptarea de măsuri constructive pentru stabilitatea albiei, preluarea sarcinilor dinamice din circulație, consolidarea terenului în zona subtraversării.

În situațiile când se impune izolarea conductelor de sifonare se vor prevedea stavile de închidere în camerele de intrare/ ieșire; vor fi prevăzute în tronsoanele din camerele de intrare sisteme care să permită spălarea (curățarea) conductelor de sifonare și/sau descărcarea rețelei de canalizare.

Dimensionarea hidraulică a conductelor de sifonare are la bază ecuația:

$$\Delta H = \sum h_r \quad (4.5)$$

unde:

ΔH – diferența minimă între nivelul din camera de intrare și nivelul din camera de ieșire;

$\sum h_r$ – suma pierderilor de sarcină locale și distribuite pe circuitul hidraulic între camera de intrare și ieșire;

4.2.7 Stații de pompare

În rețeaua de canalizare stațiile de pompare sunt necesare:

- în zone depresionare unde nu se poate asigura curgerea gravitațională;
- în diferite secțiuni ale rețelei unde se realizează adâncimi de pozare mari ($> 7 - 8$ m) datorate pantelor impuse de realizarea vitezei minime de autocurățire;
- în amplasamente unde stația de epurare este amplasată la cote mai ridicate față de colectoarele principale.

Adoptarea soluției cu stație de pompare în rețeaua de canalizare se va decide printr – un calcul tehnico – economic luând în considerație:

- costurile operării rețelei (curățirea periodică a depunerilor);
- costurile cu energia electrică utilizată în stații de pompare.

4.2.7.1 Amplasamentul stațiilor de pompare

Construcția stației de pompare se va realiza într – un spațiu special destinat care să se încadreze în planurile urbanistice zonale și generale luând în considerație:

- disfuncțiunile create mediului: eventuale mirosuri, evacuarea reținerilor pe grătare, zgomot;
- asigurarea unei distanțe minime de 50 m față de clădirile de locuit;
- amenajarea unei zone verzi în amplasamentul stației de pompare.

4.2.7.2 Componentele stației de pompare

Bazinul de recepție pentru primirea apelor uzate, înmagazinarea acestora, adăpostirea pompelor (submersate) sau aspirațiilor acestora.

Volumul bazinului de recepție se stabilește pe baza:

- variației orare a debitelor influente în stația de pompare;
- variației debitelor pompate determinate de capacitatea utilajelor, numărul pompelor și condițiilor impuse de vitezele de autocurățire pe conductele de refulare;
- condiționările impuse de fabricantul pompelor referitor la nr. orar de porniri/opriri ale utilajelor.

Pentru stații de pompare de capacitate redusă ($< 5 \text{ l/s}$) volumul bazinului de recepție (prefabricat din masă plastică) se determină pentru timpi de ordinul 1 – 3 min.

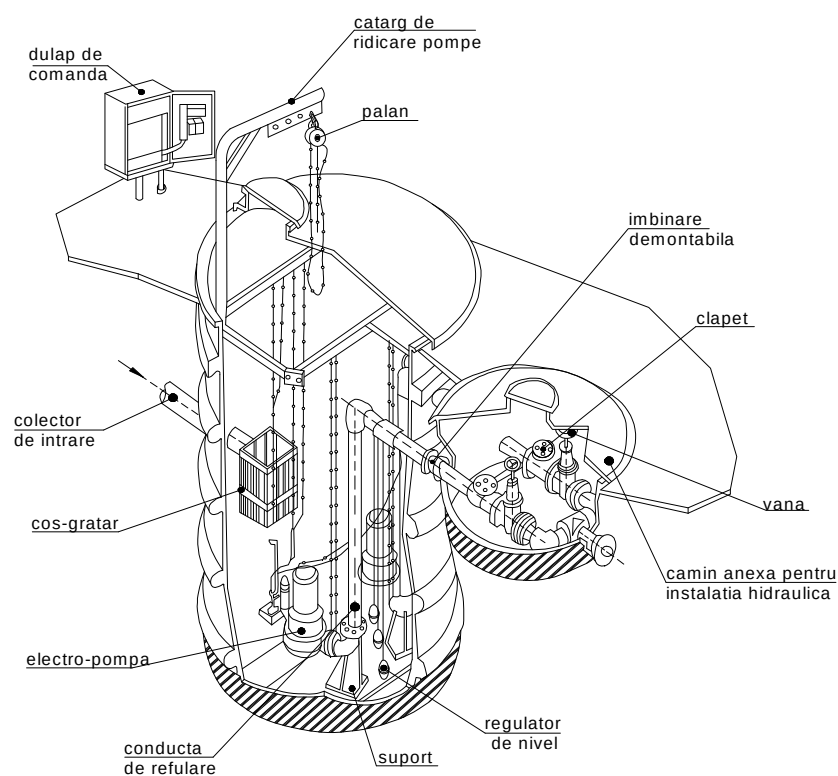


Figura 4.5. Exemplu de stație de pompare pentru ape uzate (debite reduse).

În stabilirea volumului bazinului de recepție al stației de pompare:

- se vor evita situațiile de acumulare a apei uzate un timp care să conducă la producerea de depuneri;
- se vor prevedea grătare (sau tocătoare) pe accesul apei în bazin care să elimine intrarea corpurilor mari.

În figura 4.6 se indică configurația generală a stației de pompare în 2 variante:

- cu electro-pompe submersibile în cameră umedă;
- cu electro-pompe în cameră uscată; soluția se va adopta pentru stații de pompare mari ($Q > 750 - 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$); se va prevedea adiacent Stației de Pompare ape uzate construcția de grătare rare cu curățire automată.

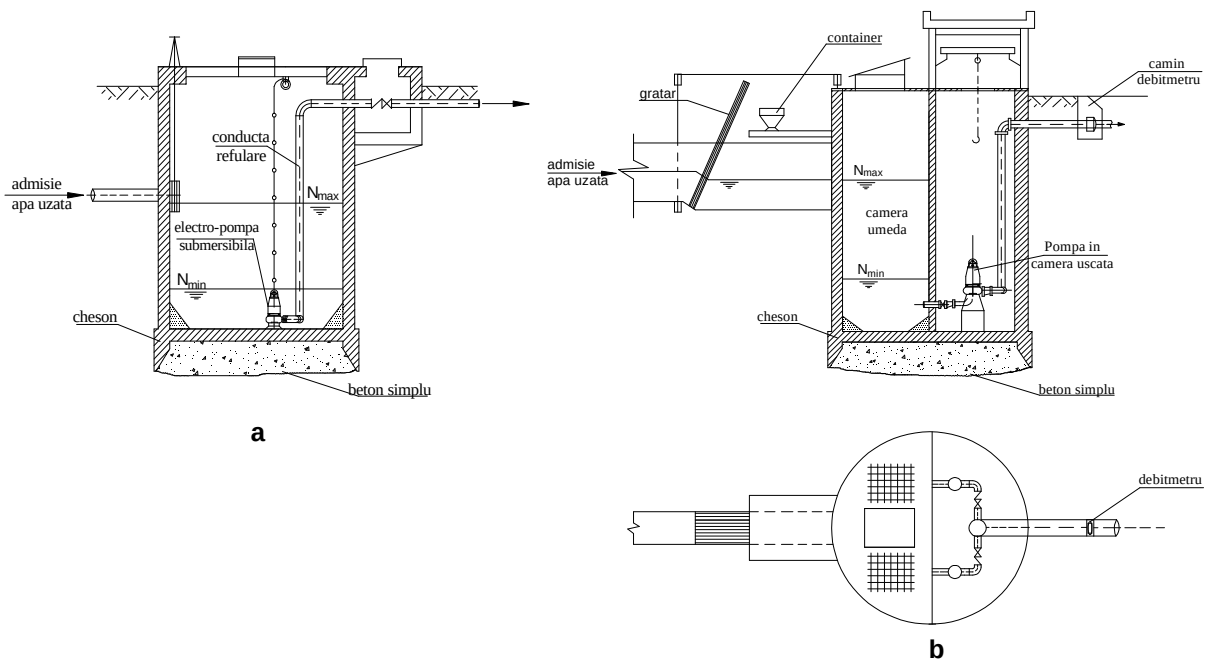


Figura 4.6. Stație de pompare – (a) cameră umedă, (b) cameră uscată.

Constructiv bazinul de recepție al stației de pompare se execută sub forma unui cheson circular sau rectangular; se impune să se asigure:

- amenajarea radierului astfel încât nămolurile să fie antrenate în pompe;
- măsuri constructive pentru demontarea, scoaterea pompelor submersibile;
- în situațiile bazinelor de recepție închise se vor adopta măsuri pentru evacuarea gazelor prin prevederea instalațiilor de ventilație;

- la stații de capacitate mare ($> 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$) se va lua în considerație compartimentarea bazinului pe fiecare unitate de pompare.

Pentru stații de pompare cu debite mici și medii ($Q < 25.000 \text{ m}^3/\text{zi}$) se recomandă soluția cu bazin de recepție cuvă umedă cu electro – pompe submersibile; anexat bazinului de recepție se va prevedea un compartiment al instalațiilor hidraulice în care se va face accesul independent de bazinul de recepție; în planșul superior al bazinului de recepție se vor prevedea galerii închise cu grătare care să permită extragerea pompelor, grătarelor cu rețineri și ventilație naturală.

La stațiile de pompare de capacitate mare, dotate cu electro – pompe în cameră uscată se adoptă măsuri pentru:

- asigurarea etanșării perfecte a compartimentului uscat al pompelor și instalațiilor hidraulice;
- prevederea unei suprastructuri și sisteme de ridicare și acces la utilaje și instalații hidraulice;
- ventilarea la nivel de 10 schimburi de aer/oră a camerei uscate;
- interdicția de acces în camera uscată fără funcționarea sistemului de ventilație pornit cu minim 30 min. înainte de acces.

5. Rețele de canalizare în sistem vacuumat

Obiectiv: Colectarea apelor uzate printr-un sistem hidraulic care să evite depunerile în zone cu terenuri plate sau cu pante foarte mici.

Aplicare: Rețea de canalizare apa uzate în sistem separativ.

5.1 Elemente componente

- Racorduri gravitaționale de la producătorii de ape uzate;
- Cămine colectoare dotate cu supape de vacuum;
- Rețele de conducte cu funcționare la $p < p_{\text{atm}}$;
- Recipienți de vacuum și pompe de vid;
- Stație de pompare ape uzate.

În figura 5.1 se prezintă schema unui sistem de canalizare vacuumat.

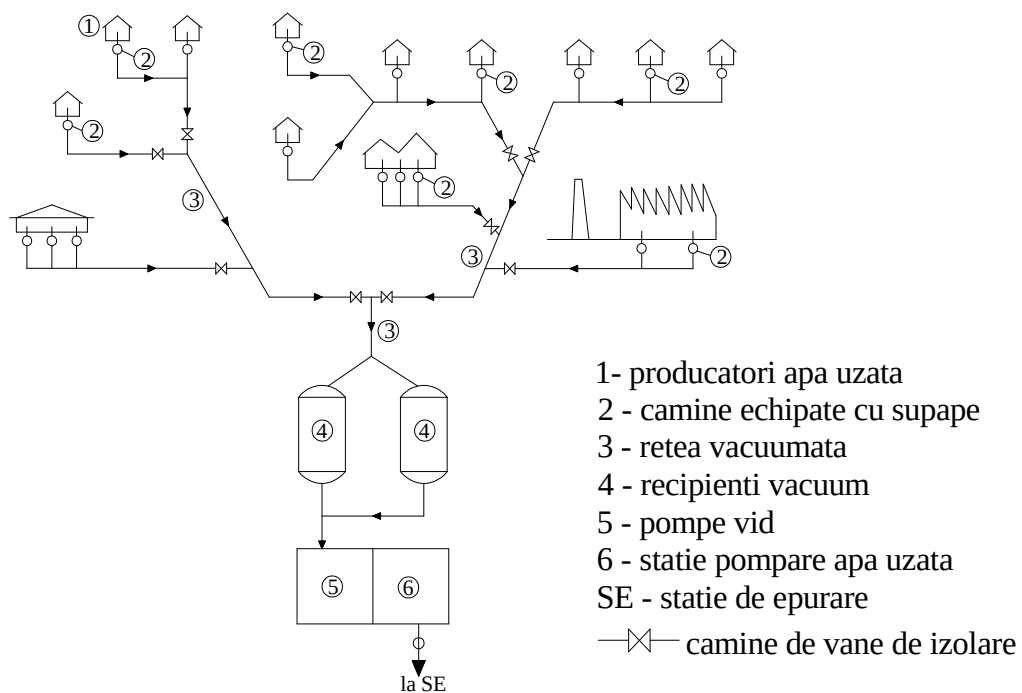


Figura 5.1. Sistem de canalizare vacuumat.

Conceptul funcționării rețelei de canalizare vacuumate:

- Dotarea cu supape de vacuum în căminele colectoare (fig. 5.2 și 5.3); acestea se deschid automat la nivelul maxim în căminul colector și se închid după 3-4 secunde când s-a evacuat tot volumul rezervorului;

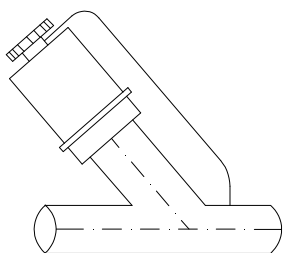


Figura 5.2. Supapă.

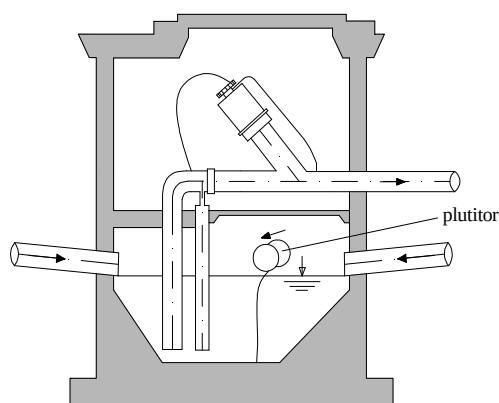


Figura 5.3. Cămin colector.

- Rețea de presiune $< p_{\text{atmosferică}}$ (max. 0,6-0,7 bar) care asigură preluarea apei uzate în amestec cu aer și o transportă către zona aval asigurând viteze pentru amestecul bifazic aer-apă peste 2 m/s;
- Configurația rețelei vacuumate trebuie să fie concepută sub forma unor tronsoane descendente prevăzute cu lifturi succesive similar schemelor din fig. 5.4, 5.5a și 5.5b;

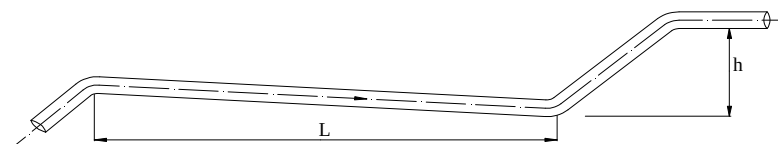


Figura 5.4. Configurația liftului.

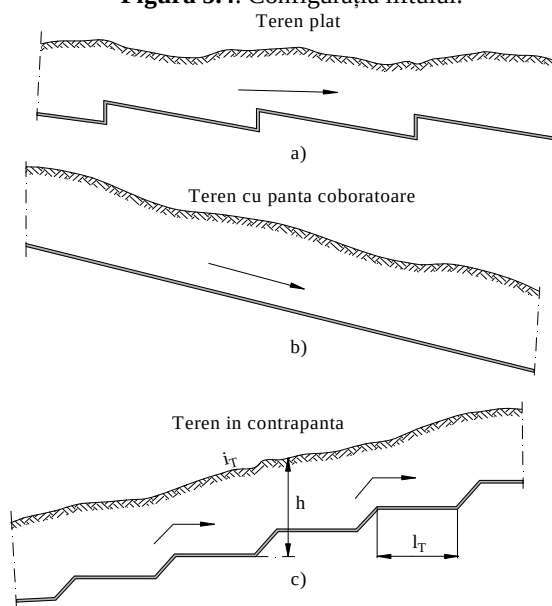


Figura 5.5. Dispoziția conductelor vacuumate în raport cu panta terenului.

În schema c) $l_T = f(h, i_T)$; $h_{\text{max}} \leq 1,5 \text{ m}$.

- Funcționarea rețelei de canalizare vacuumate este condiționată de mărimea pierderilor de vacuum impuse de:
 - a) aspirația aerului la deschiderea supapelor;
 - b) pierderi hidraulice în sistemul de conducte date de amestecul bifazic;
 - c) raportul aer-apă impus pentru deschiderea supapelor;
 - d) pierderile totale de presiune ca diferență între presiunea în rezervorul de vacuum și presiunea în punctul de colectare cel mai îndepărtat.

Sistemul de lifturi în funcționarea rețelei vacuumate poate fi: lift închis (fig. 5.6) sau lift deschis (fig. 5.7).

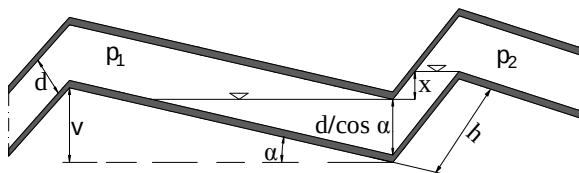


Figura 5.6. Lift închis $v > d/\cos \alpha$.

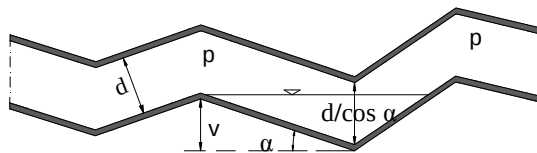


Figura 5.7. Lift deschis $v \leq d/\cos \alpha$.

Pierdere de presiune de vacuum pentru un lift închis se determină cu relația:

$$\Delta p_{static} = \rho \cdot g \cdot x \cdot 10^5 \quad (\text{bar}) \quad (5.1)$$

unde:

ρ – densitate apă uzată, (kg/m^3);

g – accelerația gravitațională, (m/s^2);

x – diferența între cota intradosului bolții în zona inferioară și cota radierului liftului în zona superioară, (m).

5.2 Prevederi de proiectare

5.2.1 Racorduri gravitaționale la căminele colectoare (fig. 5.8)

Se vor adopta:

- diametrul racordurilor Dn 150 – 200 mm;
- cu/fără cămin de preluare în funcție de: configurația terenului, distanțe și amplasament rețea vacuumată.

În figura 5.8 se prezintă o schemă de amplasare.

Racordurile gravitaționale se vor executa conform cu § 4.2.1 cap. 4.

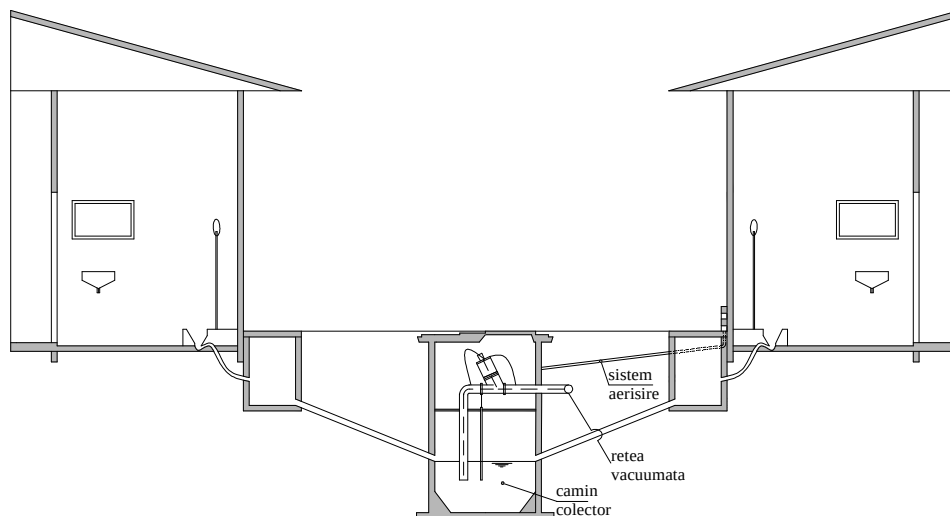


Figura 5.8. Schemă cămin preluare rețea vacuumată.

5.2.2 Cămine de racorduri

Căminele de racorduri se execută din beton armat sau materiale plastice cu/fără placă de beton în carosabil/necarosabil; $D = 1,0 \text{ m}$; $H = 1,0 - 1,5 \text{ m}$.

Condiționări:

- prevederea unui sistem pentru admisia aerului ($\varnothing 20 \text{ mm}$);
- prevederea unui rezervor la partea inferioară având capacitatea min. 40 dm^3 ; capacitatea rezervorului depinde de tipul de supapă adoptat astfel încât preluarea să se efectueze în $t < 5 \text{ sec}$. La un cămin de racord se pot racorda 4-5 case/gospodării sau 10 –15 locuitori echivalenți.

5.2.3 Rețea vacuumată

5.2.3.1 Debite, diametre, lungimi

Se vor adopta diametre DN conform tabelului următor în funcție de mărimea debitului și lungimea tronsonului.

Tabel 5.1. Debite, diametre și lungimi.

Nr. crt.	$Q^*_{\max}$ (l/s)	U.M.	DN (mm)	$L_{\max}$ (m)
1	< 2	dm ³ /s	110	500
2	> 2	dm ³ /s	110	300
3	= 2	dm ³ /s	110	200
4	5	dm ³ /s	125	800
5	10	dm ³ /s	160	120
6	≤ 14	dm ³ /s	200**	≤ 1900

* Se va considera debitul maxim orar al apelor uzate.

** Diametrul colectorului general în amonte de stația de vacuum.

5.2.3.2 Configurație, lifturi, pante

a) Terenuri plate ($I_T \approx 0$)

Se adoptă tronsoane cu pantă descrescătoare $I_R = 2\text{‰}$.

Distanța între 2 lifturi consecutive $L_{\min} = 150\text{ m}$.

Numărul maxim de lifturi: 25; $L_{\max} = 150 \times 25 = 3.750\text{ m}$.

b) Terenuri cu pantă descendentă:

Se prevede 1 lift la 300,0 m.

c) Terenuri cu pantă crescătoare/contrapantă

Lifturi cu pantă descrescătoare 2‰ cu lungime adoptată astfel încât îngroparea rețelei vacuumate să nu depășească 1,5 m; distanța între lifturi depinde și de mărimea contrapantei terenului.

Înălțimea lifturilor la aceeași pantă: $I_R = 2\text{‰}$.

- $L = 150\text{ m}$ $h = 0,30\text{ m}$;
- $L = 50\text{ m}$ $h = 0,1\text{ m}$.

d) Pierderile de presiune pe lift:

- 10 cm/lift pentru DN 200 mm;
- 20 cm/lift pentru DN 90 mm.
- se admite o variație liniară și o pierdere medie de 0,15 m/lift.

e) Izolarea tronsoanelor rețelei se va realiza cu vane montate pe ramificații astfel încât să poată fi scoasă din funcțiune pentru intervenții maxim 20% din lungimea totală a rețelei.

5.3 Stația de vacuum

O clădire va adăposti echipamentele: recipiente de vacuum, pompe de vacuum și pompe care să asigure preluarea apelor uzate și toate sistemele de operare necesare; dimensiunile clădirii se stabilesc în funcție de distanțele între utilaje și distanțele necesare pentru accesul personalului de operare.

5.3.1 Recipienți de vacuum

Volumul se determină:

$$V_o = 0,06 \times Q_{uz} \times t_R \quad (m^3) \quad (5.2)$$

unde:

Q_{uz} – debitul de ape uzate (orar max), (dm^3/s);

t_R – timpul de retenție, în minute, se adoptă 15 min.

V_o – volumul util al recipientului, (m^3).

Volumul adoptat:

- $V_T = 3 \cdot V_o$ – pentru sisteme mici;
- $V_T = 2 \cdot V_o$ – pentru sisteme mari.

5.3.2 Pompe de vid

Se adoptă pe baza raportului $R = Q_{aer}/Q_{apă}$; se recomandă $R = 6/1 \dots 12/1$.

$$Q_{pv} = Q_{uz. or. max} (m^3/h) \times R \times 1,5 \quad (m^3/h) \quad (5.3)$$

Se adoptă minim: 1+1 pompe de vid având Q_{pv} și presiunea de vacuum: 0,6 – 0,7 bar.

Aerul evacuat de la pompele de vid va fi trecut prin filtru de cărbune activ.

5.3.3 Timpul de evacuare a vacuumului

$$T_{evac} = 0,7 \times \frac{V_{ts}}{2 \times Q_{pv}} \leq 5 \text{ min} \quad (5.4)$$

unde:

V_{ts} – volumul sistemului vacuumat, (m^3);

Q_{pv} – debitul pompei de vacuum, (m^3/h).

$$V_{ts} = V_{re\text{țea}} + V_{rez} \quad (m^3) \quad (5.5)$$

$V_{re\text{țea}}$ – volumul rețelei vacuumate, (m^3);

V_{rez} – volumul recipientului de vacuum, (m^3).

5.3.4 Timpul de funcționare zilnică al pompelor de vacuum

$$T_{p\text{ vac}} = Q_{uz.med.zi} \times R/Q_{pv} \leq 5 \text{ h/zi} \quad (5.6)$$

unde:

$T_{p\text{ vac}}$ – timpul de funcționare al pompei de vid;

R – raportul aer/apă.

5.4 Condiționări în alegerea soluției rețelelor de canalizare vacuumate

- Aplicarea se va realiza pentru sectoare de amplasament limitate la 1.500 –2.000 LE, și lungimea totală maximă a colectoarelor rețelei $\Sigma L_i \leq 5 \text{ km}$; alegerea sectoarelor pentru soluția cu rețea vacuumată va fi determinată de dificultățile de execuție a unei rețele de tip gravitațional impuse de natura terenului, existența apei subterane și greutatea ulterioare de intervenție în cazul adâncimilor de pozare mari ($\approx 5,7 \text{ m}$);
- Soluția se va adopta pe baza unei analize tehnico-economice de opțiuni între: rețea cu funcționare gravitațională cu asigurarea vitezei de autocurățire prin pante pronunțate și mai multe stații de pompare și varianta rețea vacuumată; se vor lua în considerație costurile de investiție, consumurile energetice și costurile de operare toate acestea considerând ansamblul lucrărilor inclusiv transportul apelor uzate la stație de epurare;
- Consumurile energetice specifice (kWh/m^3 apă uzată) se vor limita la maxim 0,2-0,3 kWh/m^3 apă uzată;
- Alegerea supapei pentru încărcarea automată a rețelei vacuumate se va efectua pe baza unui număr de minim 2 opțiuni luând în considerație siguranța în funcționare și numărul garantat de cicluri de funcționare ($\text{min. } 250 \cdot 10^3$ cicluri);
- Asigurarea unui personal calificat este esențială.

6. Guri de vărsare

Gurile de vărsare sunt construcții prin care se asigură evacuarea apelor epurate în receptori naturali.

Forma și dimensiunile gurilor de vărsare depind de mărimea receptorului, de cantitatea și calitatea apelor ce se evacuează.

Gurile de vărsare trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să asigure condiții hidraulice care să permită amestecul cu apele receptorului;

- să nu fie inundată la ape mari pe râu;
- să nu producă degradări ale malurilor și albiei receptorului sau alte perturbări în scurgerea normală acestuia;
- se recomandă ca amplasarea gurilor de vărsare să se facă sub un unghi de 30 – 45° față de direcția de curgere a receptorului;
- gurile de vărsare necesare evacuării apelor uzate provenite din procedeul divizor de canalizare, precum și cele din procedeul unitar de canalizare, epurate mecanic sau biologic, trebuie să asigure o dispersie cât mai bună a apelor de canalizare în receptor.

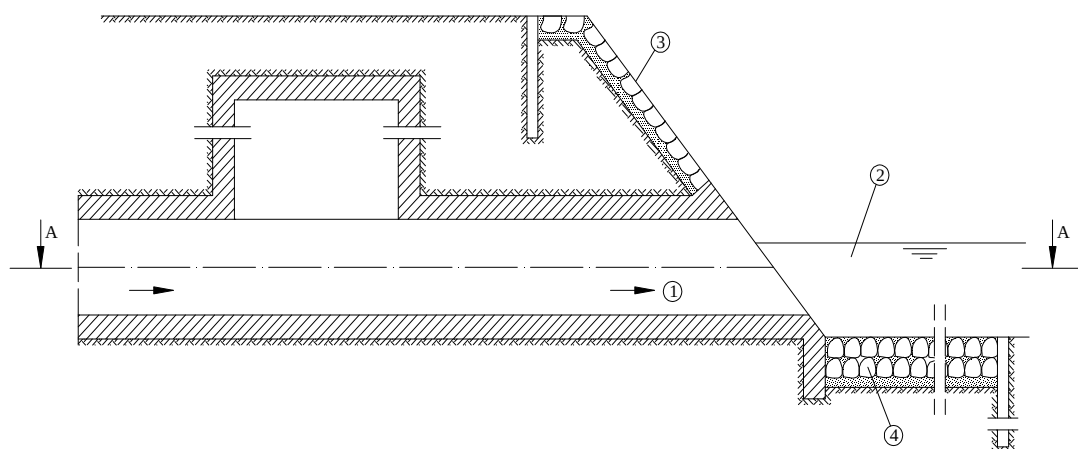
Radierul gurii de vărsare se va așeza la o înălțime corespunzătoare față de patul receptorului astfel încât să împiedice colmatarea canalului prin suspensiile receptorului.

În secțiunea unde se termină canalul se va executa un perete de beton care să consolideze legătura dintre canal și patul corespunzător râului.

Patul receptorului și taluzurile se perează pe cel puțin 10 m în amonte și 30 m în aval de punctul de descărcare.

Întreaga construcție este asigurată structural și din punct de vedere al stabilității cu sisteme de protecție pentru toate situațiile de debite și nivele întâlnite pe râu.

Pentru emisari cu debite mari se construiesc conducte de descărcare așezate în patul emisarilor, care evacuează apele cât mai aproape de talveg; prin aceasta se realizează un amestec total și rapid al celor 2 tipuri de ape și se evită poluarea emisarului în vecinătatea malului.



Secțiunea A-A

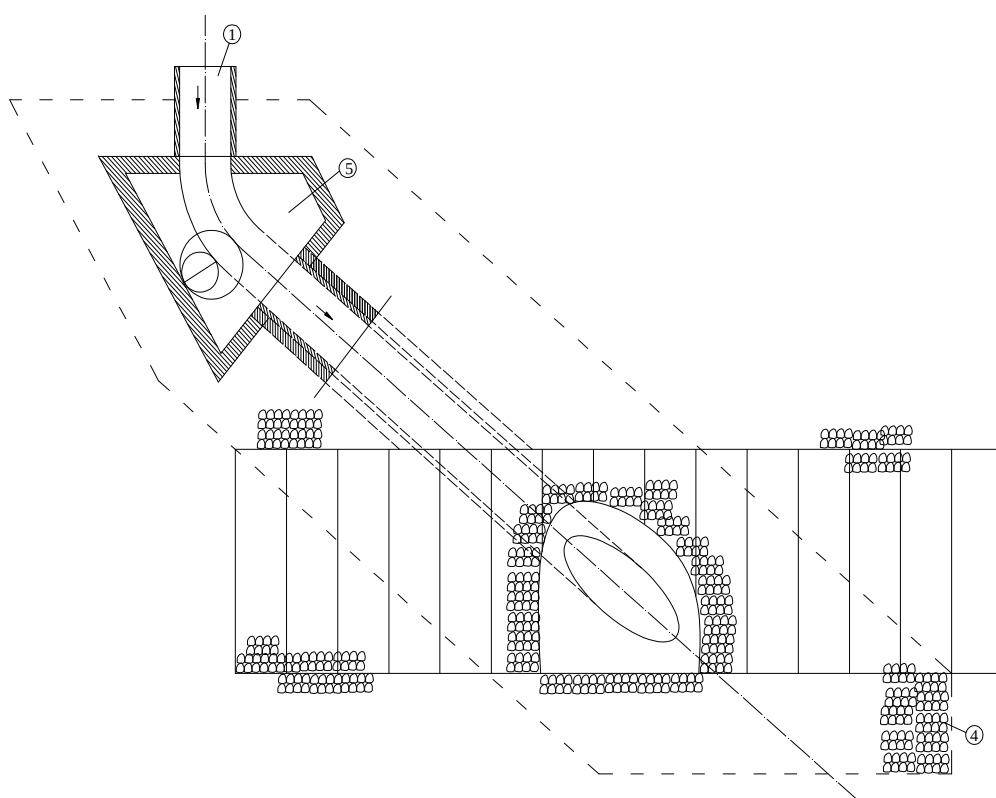
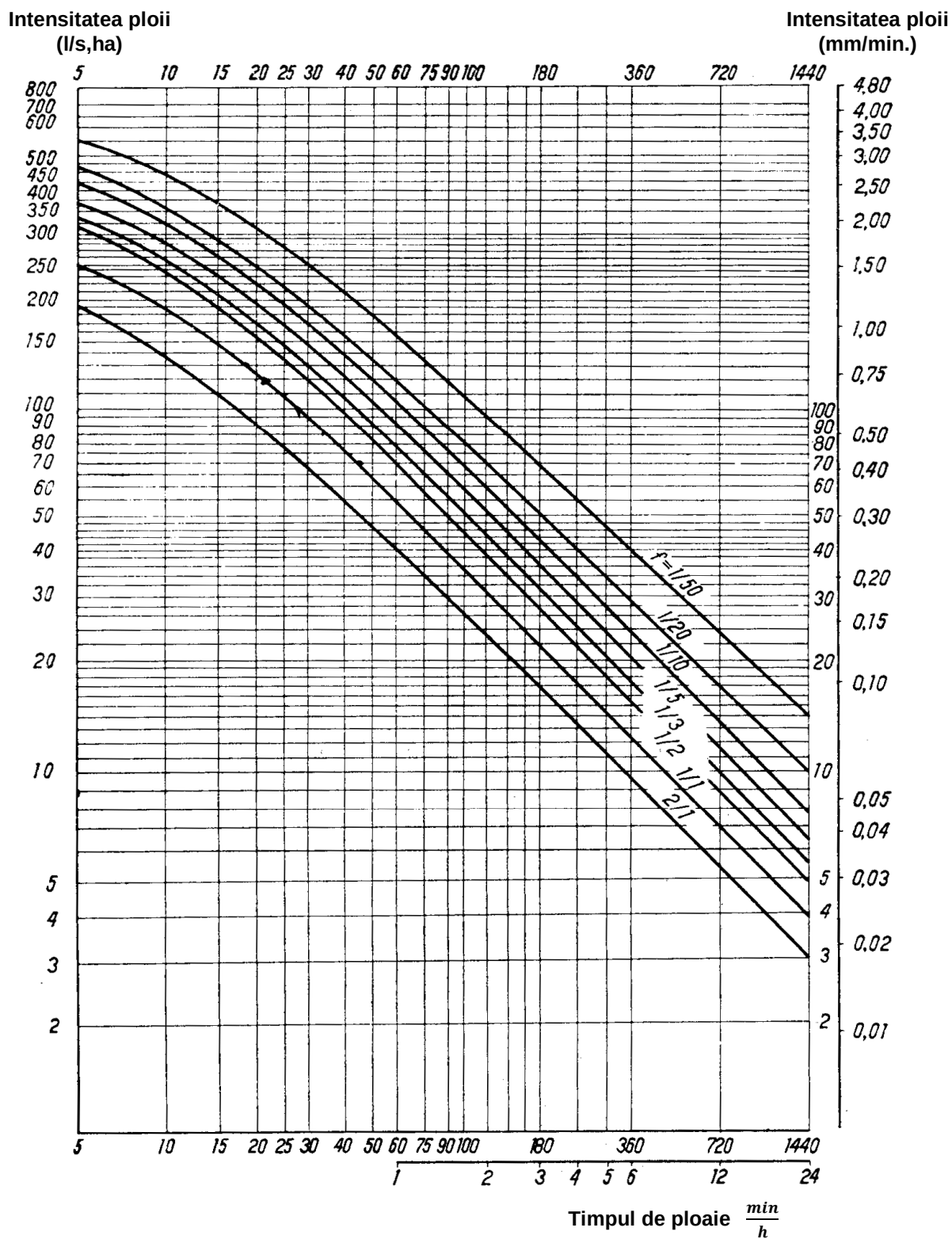
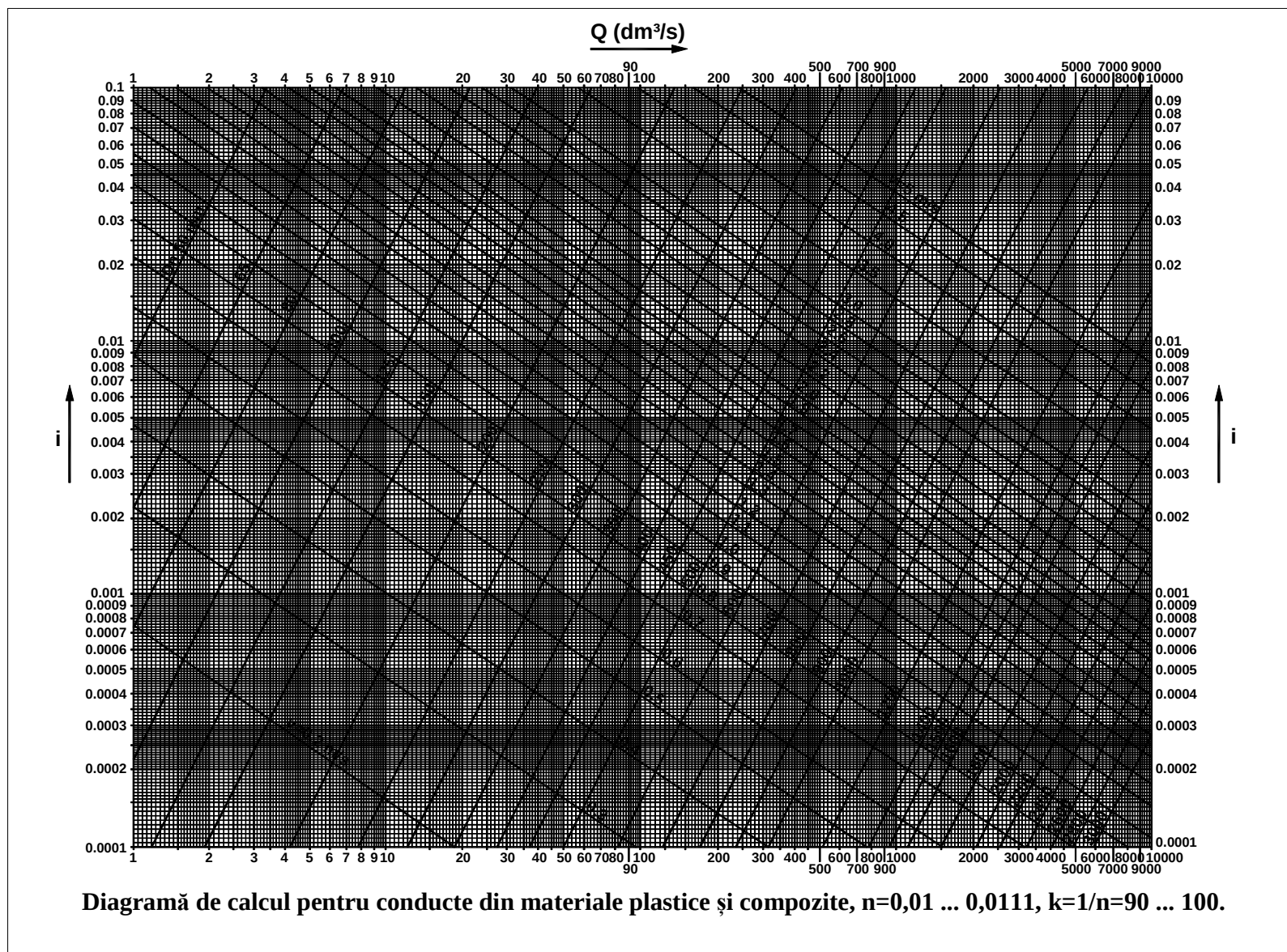


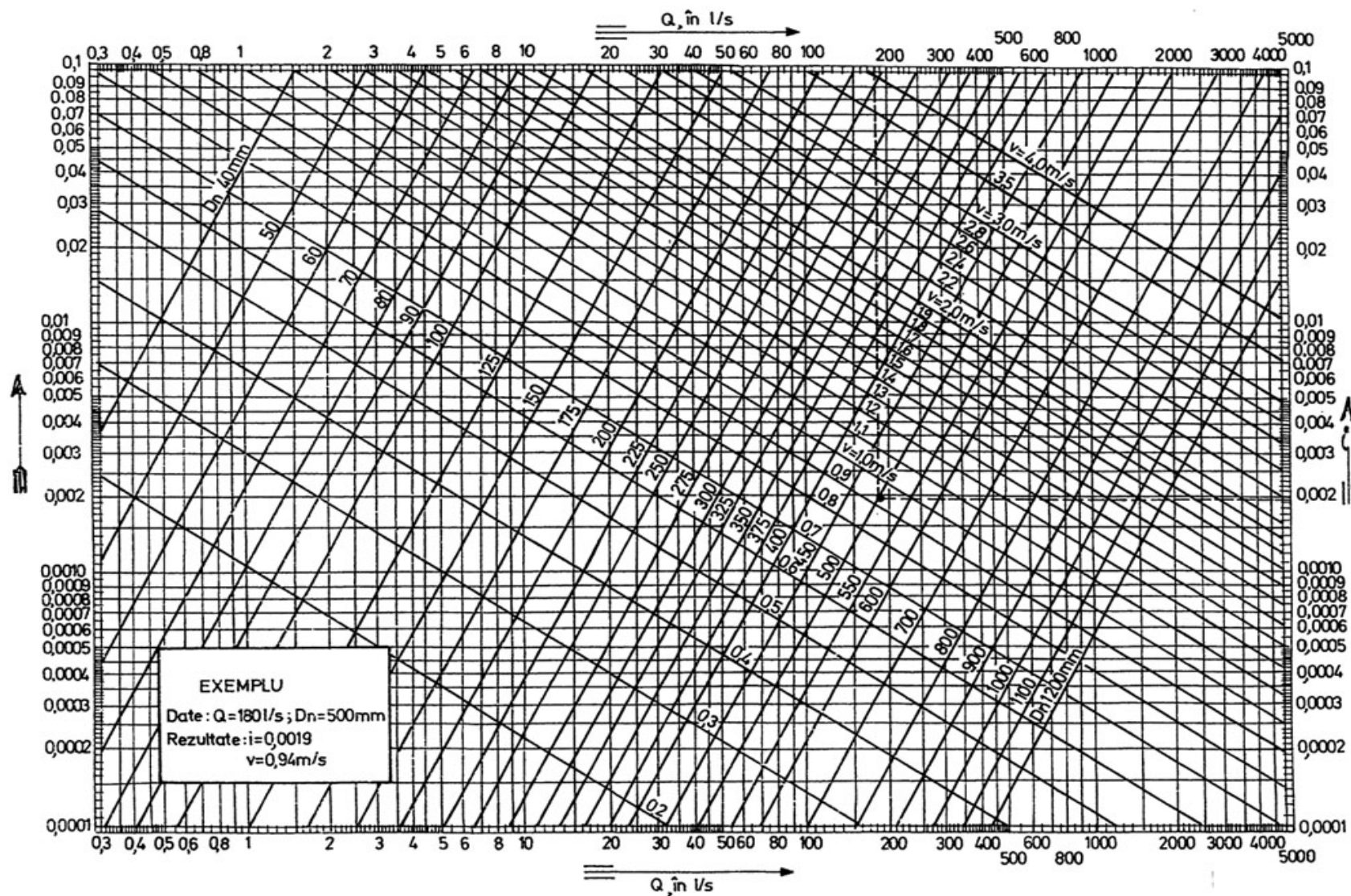
Figura 6.1. Exemplu de gura de vărsare.

1-tuburi de beton; 2- receptor; 3-pereu;
4-anrocamente; 5-cameră acces.

Curbe IDF (Intensitate – Durată – Frecvență)
pentru zona 8 conform STAS 9470/73

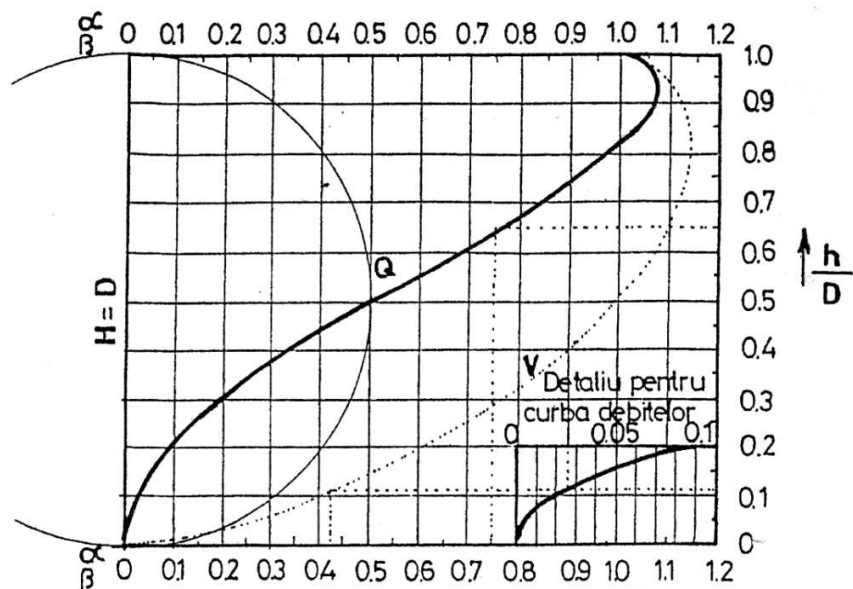




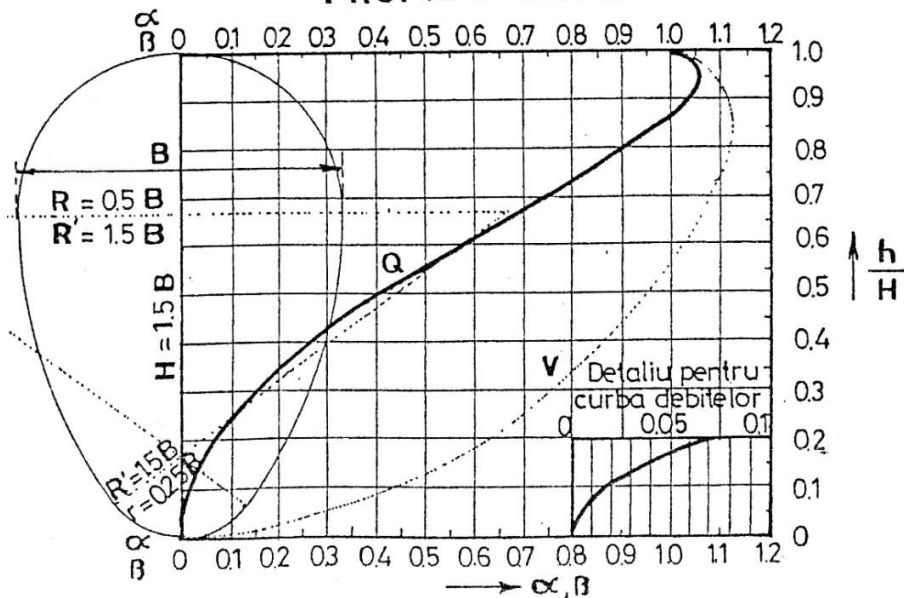


Diagramă de calcul conducte: fontă, oțel, beton armat sclivisit. $K=83$

PROFIL CIRCULAR



PROFIL OVOIDAL



Curbe de umplere: variația $\alpha = \frac{Q}{Q_{plin}}$ și $\beta = \frac{v}{v_{plin}}$ funcție de gradul de umplere pentru secțiuni de colector circular/ovoid

PARTEA a - II – a: EPURAREA APELOR UZATE

1. Obiectul normativului

Normativul cuprinde prescripțiile necesare proiectării construcțiilor și instalațiilor de pe linia apei și linia nămolului în care se realizează epurarea apelor uzate urbane/ rurale.

Normativul cuprinde elementele referitoare la tehnologia și procesele obiectelor în care se realizează epurarea apelor uzate, 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 91/271/CEE din 21 Mai 1991) și din țara noastră (NTPA 011/2005 și NTPA 001/2005).

În normativ s-a ținut seama de recomandările Legii 10/1995 privind calitatea în construcții.

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 pentru fiecare specialitate.

1.1 Domeniu de aplicare

Prevederile prezentului normativ se aplică la proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate provenite de la aglomerații urbane și rurale, de la agenți economici, unități turistice (hoteluri, moteluri, campinguri, cabane, tabere, sate de vacanță), unități militare (cazărmi), grupuri de locuințe, șantiere care descarcă ape uzate în rețele publice de canalizare

Prevederile acestui normativ se aplică și 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 001/2005. Normele se aplică atât în cazul proiectării stațiilor de epurare noi, cât și în cazul retehnologizării, extinderii sau modernizării stațiilor de epurare existente.

Schemele tehnologice adoptate pentru stațiile de epurare noi, precum și îmbunătățirile și completările prevăzute la retehnologizarea/modernizarea stațiilor de epurare existente, trebuie să permită obținerea condițiilor de calitate stabilite pentru efluentul epurat în NTPA 011/2005, NTPA 001/2005 și prin avizele și autorizațiile de mediu și de gospodărirea apelor.

1.2 Conformarea la normele europene

În prezent Directiva 91/271/CEE impune 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.

Normativul are în vedere conformarea cu Directiva Consiliului Comunității Europene privind tratarea apelor urbane reziduale 91/271/CEE din 21 mai 1991 care a fost preluată prin Hotărârea Guvernului României 188/2002. Această Hotărâre de Guvern cuprinde normativele/norme tehnice de protecția apelor NTPA 001/2005, NTPA 002/2005 și NTPA 011/2005.

Prezentul normativ a luat în considerație tehnologiile de epurare de referință a apelor uzate, utilizate în țările Uniunii Europene, precum și metodologiile de dimensionare aplicate frecvent în aceste țări.

1.3 Reglementări conexe

- Legea Protecției Mediului 137/1996, cu modificările ulterioare;
- Legea Apelor 107/1996, cu modificările ulterioare;
- Legea privind calitatea în construcții 10/1995, cu modificările ulterioare;
- NTPA 011/2005 – Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești (HG 188/2002);
- NTPA 001/2005 – Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali (HG 188/2002);
- NTPA 002/2005– Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare (HG 188/2002);
- Normativ privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață, aprobat cu Ordinul ministrului M.A.P.M. nr. 1146 din 10.12.2002;

2. Definiții. Tipuri de procedee de epurare

2.1 Epurarea mecanică

Asigură eliminarea din apele uzate a:

- substanțelor grosiere, în suspensie sau plutitoare (grătare rare și dese);
- grăsimi în stare liberă, substanțe petroliere (separatoare grăsimi);
- particulelor minerale discrete: nisipuri $d > 0,2 \text{ mm}$ (deznisipatoare);
- particule minerale și organice în suspensie (decantoare primare);

Epurarea mecanică (primară) este obligatorie în toate schemele stațiilor de epurare independent de mărimea debitului și configurația tehnologică a proceselor și treptelor de epurare considerate.

2.2 Epurarea biologică convențională (secundară)

Asigură eliminarea din apele uzate a materiilor în suspensie, substanțelor organice coloidale și dizolvate (biodegradabile) având ca principal constituent carbonul.

Este puțin eficientă în eliminarea: azotului, fosforului, metalelor grele, detergenților, germenilor și paraziților și a substanțelor "refractare".

2.3 Epurarea avansată

Asigură reținerea din apele uzate a substanțelor: azot, fosfor, detergenți, anumite metale grele și unele substanțe refractare.

Epurarea avansată poate fi realizată prin procese încorporate în epurarea biologică destinate eliminării compușilor carbonului și/sau poate fi realizată în procese independente după treapta de epurare biologică convențională.

2.4 Epurarea terțiară

Asigură reținerea din apele uzate a substanțelor refractare din apele uzate (altele decât cele reținute în epurarea biologică convențională și/sau avansată).

Epurarea terțiară se adoptă pe baza încărcărilor efluentului treptei biologice și a unor cerințe speciale pentru efluentul stației de epurare (ex: limitare încărcare bacteriologică, reutilizare apă epurată).

3. Studii privind calitatea apelor uzate

3.1 Calitatea apelor uzate influente în stația de epurare

Caracteristicile calitative ale influentului (apele uzate brute care sunt admise în stația de epurare) se stabilesc astfel:

- pe baza studiilor hidrochimice efectuate înainte de proiectarea stațiilor noi;
- prin analiza bazei de date (rezultatele rapoartelor de monitorizare) pentru stațiile de epurare existente care necesită extindere sau re tehnologizare;
- prin asimilarea valorilor indicatorilor de calitate înregistrați la alte stații de epurare care deserveșc localități cu sistem de canalizare, dotări edilitare, activități sociale și industriale similare și un număr apropiat de locuitori;
- prin calculul principalilor indicatori de calitate pe baza încărcărilor specifice de poluant (g/loc.echivalent,zi), pentru localități unde rețeaua de canalizare se execută simultan cu stația de epurare.

Principalii indicatori de calitate sunt clasificați în 4 categorii: fizice, chimice, bacteriologice și biologice.

3.1.1 Caracteristici fizice

Caracteristicile fizice ale apelor uzate sunt: turbiditatea, culoarea, mirosul și temperatura.

Turbiditatea apelor uzate indică în mod grosier conținutul de materii în suspensie. Turbiditatea se exprimă în grade NTU. Turbiditatea nu este o analiză utilizată curent.

Culoarea apelor uzate proaspete este gri deschis, apele uzate în care substanțele organice au intrat în fermentație au culoarea gri închis. Apele uzate care au culori diferite de cele de mai sus indică pătrunderea în rețea a unor cantități de ape uzate industriale, care pot da culori diferite apei, în funcție de natura și proveniența impurificatorilor.

Mirosul apelor uzate proaspete este un miros specific insesizabil. Mirosul de ouă clocite (H_2S) sau alte mirosuri indică că materia organică din apa uzată a intrat în descompunere sau existența unor substanțe chimice din ape uzate industriale.

Temperatura este caracteristica fizică cea mai importantă care influențează cele mai multe reacții chimice și biologice care se produc în apele uzate. Temperatura apelor uzate este de obicei mai ridicată decât a apelor de alimentare, cu 2 – 3°C (corelat cu anotimpurile).

3.1.2 Caracteristici chimice

Apele uzate comunitare prezintă caracteristici diferite funcție de locație ca : număr de locuitori, zonă de amplasare, dotarea cu utilaje electrocasnice, obiceiuri; acestea se determină pentru fiecare locație prin analize de detaliu.

Principalele caracteristici chimice ale apelor uzate sunt :

Materiile solide totale. Materiile solide totale cu cele două componente ale acestora: materiile solide în suspensie și materiile solide dizolvate servesc la stabilirea eficienței proceselor de epurare în diferite etape. Materiile solide în suspensie, pot fi separabile prin decantare ($> 100 \mu$). Materiile solide dizolvate, coloidale minerale și organice sunt eliminate în instalațiile de epurare biologică.

Oxygenul dizolvat. Apele uzate conțin oxigen dizolvat în cantități reduse. Când sunt proaspete sau după epurarea biologică pot conține $1 - 2 \text{ mg/dm}^3$.

Consumul biochimic de oxigen (CBO). Consumul biochimic de oxigen al unei ape este cantitatea de oxigen consumată pentru descompunerea biochimică în condiții aerobe a materiilor organice biodegradabile la temperatura și timpul standard. Timpul standard se consideră 5 zile, iar temperatura standard 20°C ; notația curentă este CBO_5 .

Consumul chimic de oxigen (CCO) sau oxidabilitatea apei, reprezintă cantitatea de oxigen, în mg/dm^3 , necesară pentru oxidarea tuturor substanțelor organice oxidabile.

Carbonul organic total (COT) pune în evidență cantitatea de materii organice din apele uzate prin conversia lor în dioxid de carbon.

Stabilitatea relativă a apelor uzate se determină prin marcarea timpului (în zile) pentru ca oxigenul conținut într-o probă de apă să fie consumat la temperatura de 20°C .

3.1.3 Caracteristici biologice și bacteriologice

În apele uzate se întâlnesc diferite organisme microscopice (virusuri, bacterii, ciuperci, protozoare, larve de insecte, viermi). Absența microorganismelor din apa uzată indică prezența unor substanțe toxice.

Stabilirea caracteristicilor bacteriologice ale apei au ca scop determinarea genului, numărului și condițiilor de dezvoltare a bacteriilor în influentul și efluentul stației de epurare și în emisar. În apele uzate se deosebesc următoarele categorii de bacterii:

- banale – nu sunt dăunătoare organismelor vii;

- coliforme – în număr mare indică o contaminare cu reziduuri animale (*Clostridium perfringens*);
- saprofite – prezente în apele bogate în substanțe organice;
- patogene – dăunătoare organismului uman (produc febra tifoidă, holeră, dizenterie).

3.2 Metode de determinare

Metodele de determinare a caracteristicilor biochimice ale apelor uzate sunt prezentate în tabelul 3.1.

Tabel 3.1. Metode de determinare a parametrilor de calitate ai apelor uzate.

Nr. crt.	Parametru-indicator	U.M.	Reglementare	Denumire
1	Consum biochimic de oxigen (CBO _n)	mg O ₂ /l	SR EN 1899-2 /2003	Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBO _n). Partea 2: Metoda pentru probe nediluate.
2	Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)	mg O ₂ /l	SR ISO 6060/1996	Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea consumului chimic de oxigen.
3	Materii totale în suspensie (MTS)	mg/l	STAS 6953/1981	Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de materii în suspensie, a pierderii la calcinare și a rezidului la calcinare.
4	Azotul Kjeldahl (TNK)	mg/l	SR EN 25663 /2000	Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de azot Kjeldahl. Metoda după mineralizare cu seleniu.
5	Fosforul total	mg/l	SR EN ISO 6878 /2005	Calitatea apei. Determinarea conținutului de fosfor. Metoda spectrometrică cu molibdat de amoniu.

3.3 Conținutul studiilor hidrochimice

Studiile hidrochimice trebuie să precizeze:

- caracteristicile fizico – chimice, biologice și bacteriologice ale efluenților industriali pre – epurați descărcați în rețeaua urbană de canalizare;
- caracteristicile fizico – chimice, biologice și bacteriologice ale apelor uzate influente în stația de epurare în conformitate cu indicatorii ceruți în tabelul nr.1 din NTPA 001/2005;
- natura și biodegradabilitatea substanțelor organice conținute în apele uzate brute;
- schema tehnologică recomandată pentru epurarea apelor uzate și tratarea nămolurilor;

Se vor determina principalii parametri de calitate pentru apa uzată (MTS, CBO₅, CCO-Cr, pH, N, P) și variația acestora pe o perioadă de minim 1 an prin recoltări de probe și analize și minim 3 ani prin estimări.

Limitele maxime admisibile stabilite prin normative pentru parametri de calitate corespund directivei 91/271/EEC elaborată de Comisia Comunității Europene.

Normele tehnice, hotărârile și standardele naționale care reglementează condițiile de descărcare în mediu natural a apelor uzate sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabel 3.2. Norme tehnice, hotărâri și standarde naționale care reglementează condițiile de descărcare în mediul natural a apelor uzate.

NTPA 002/2005	Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate orășenești; aprobate prin H.G. nr.188-2002, cu modificările ulterioare.
NTPA 001/2005	Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali
NTPA 011/2005	Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești
Hotărârea Guvernului nr.188/2002	Norme privind condițiile de descărcare în mediu acvatic a apelor uzate
Hotărârea Guvernului nr.352/2005	Hotărârea de Guvern privind modificarea și completarea Hotărârii de Guvern nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediu acvatic a apelor uzate
Ordonanța de Urgență nr. 152/2005	Ordonanța de urgență privind prevenirea și controlul integrat al poluării

3.4 Indicatori de calitate pentru efluentul stației de epurare

Valorile maxim admisibile ale indicatorilor de calitate ale efluentului epurat pentru CBO₅, CCO-Cr, MTS, N și P sunt reglementați în țara noastră prin normativele tehnice pentru protecția apelor NTPA 001/2005, NTPA 011/2005 și NTPA 002/2005.

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 orășenești.

Valorile maxim admisibile sunt indicate atât pentru condițiile de mediu normale („zone mai puțin sensibile”), cât și pentru condițiile de mediu speciale care sunt denumite „zonele sensibile”.

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

- lacuri, alte ape de suprafață, estuare, ape de coastă care sunt eutrofizate sau prezintă pericolul de a deveni eutrofice în viitorul apropiat, dacă nu se iau măsuri preventive de protecție;
- ape de suprafață folosite drept sursă de apă potabilă, ce ating valori ale concentrațiilor de azotați ridicate ;

Tabel 3.3. Limitele indicatorilor de calitate pentru efluentul stațiilor de epurare.

Indicatorul de calitate	Norma sau normativul în care este indicat	Concentrație maxim admisibilă (mg /l)	Procent minim de reducere (%)	Valorile conform Directivei nr. 91/271/EEC	
				Concentrații (mg/l)	Procent de reducere %
0	1	2	3	4	5
Consum biochimic de oxigen (CBO ₅ la 20°C), fără nitrificare	NTPA –011/2005 NTPA –001/2005	20, (25) ^a	70–90 40 ^b	25	70–90 40 ^b
Consum chimic de oxigen (CCO) determinat prin metoda CCO _{Cr}	NTPA –011/2005 NTPA –001/2005	70, (125) ^a	75	125	75
Materii totale în suspensie (MTS)	NTPA –011/2005 NTPA –001/2005	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 –011/2005 NTPA –001/2005	10 ^e , (15) ^f	70–80	10 ^e , (15) ^f	70–80
Azot amoniacal (NH ₄ ⁺)	NTPA –001/2005	2 ^e , (3) ^f	ns	ns	ns
Azotați (NO ₃ ⁻)	NTPA –001/2005	25 ^e , (37) ^f	ns	ns	ns
Azotiți (NO ₂ ⁻)	NTPA –001/2005	1 ^e , (2) ^f	ns	ns	ns
Fosfor total (PT)	NTPA –011/2005 NTPA –001/2005	1 ^e , (2) ^f	70–80	1 ^e , (2) ^f	80

NOTA :

- Valorile de 20 mg CBO₅/l și 70 mg CCO/l se aplică în cazul stațiilor de epurare existente sau în curs de realizare; valorile de 25 mg CBO₅/l și 125 mg CCO/l se aplică pentru stațiile de epurare noi, extinderi sau re tehnologizări;
- Procentul de reducere de 40 % față de încărcarea influentului, se admite în regiunile muntoase, cu altitudinea de peste 1.500 m deasupra nivelului mării, unde este dificil să se aplice o epurare biologică eficientă din cauza temperaturilor scăzute (v. art. 7, aliniatul 2 din NTPA 011/2005);
- Pentru localități peste 10.000 L.E. și în condițiile indicate la punctul b) de mai sus;
- Pentru localități cu 2000 –10.000 LE și în condițiile indicate la punctul b), de mai sus;
- Pentru localități – peste 100.000 L.E.;

f) ns = nespecificat pentru localități cu 10.000 –100.000 L.E.;

Cerințele impuse de normativele și normele tehnice NTPA 001/2005, NTPA 011/2005 și NTPA 002/2005, 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.

Respectarea prevederilor normativelor și normelor tehnice indicate în tabelul 1.1 nu exclude obligația obținerii avizelor și autorizațiilor legale din domeniul apelor și protecției mediului.

4. Debitele și încărcările cu poluanți pentru stația de epurare

4.1 Debite de calcul. Definiții

În calculele de dimensionare a construcțiilor și instalațiilor din complexul stațiilor de epurare intervin următoarele debite caracteristice.

- debitul apelor uzate mediu zilnic:

$$Q_{uz,med,zi} = \alpha \cdot \sum N_i \cdot q_i \cdot 10^{-3} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (4.1)$$

unde:

α – coeficient de reducere sau de creștere a debitului; reducerea este dată de apele utilizate pentru stropit, spălat; creșterea este dată de activitățile economice care utilizează și alte surse de apă; valorile curente pot fi cuprinse între 0,9 – 1,25;

N_i – nr. de utilizatori pe categorii de consum;

q_i – necesarul specific de apă potabilă (l/om,zi), conform SR 1343–1/2006;

10^{-3} – coeficient de transformare;

- debitul apelor uzate maxim zilnic:

$$Q_{uz,max,zi} = k_{zi,i} \cdot Q_{uz,med,zi} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (4.2)$$

unde:

$Q_{uz,med,zi}$ – definit de (4.1);

$k_{zi,i}$ – coeficient de variație a consumului zilnic de apă conform valorilor din SR 1343 – 1/2006;

- debitul apelor uzate orar maxim:

$$Q_{uz,max,or} = \alpha \cdot \sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i} \cdot 10^{-3} \cdot 24^{-1} \quad (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (4.3)$$

unde:

$\alpha, N_i, q_i, k_{zi,i}$ – definiți anterior ;

$k_{or,i}$ – coeficient de variație orară a consumului de apă conform valorilor din SR 1343 – 1/2006;

$10^{-3}, 24^{-1}$ – coeficienți de transformare;

- debitul apelor uzate orar minim:

$$Q_{uz,min,or} = p \cdot Q_{uz,max,zi} \cdot 24^{-1} \quad (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (4.4)$$

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – definit de relația (4.2);

24^{-1} – coeficient de transformare;

p – coeficient definit cf. SR 1846 – 1/2006;

- debitul de recirculare a nămolului activat (recirculare externă):

$$Q_{nr} = Q_{re} = r_e \cdot Q_{uz,max,zi} \quad (4.5)$$

- debitul de recirculare internă, pentru alimentarea zonei anoxice (de denitrificare), din avalul zonei aerobe (de nitrificare):

$$Q_{ri} = r_i \cdot Q_{uz,max,zi} \quad (4.6)$$

Debitul conform (4.3) reprezintă o valoare de dimensionare hidraulică a rețelei de canalizare și nu va fi utilizat în calculul de bilanț de volume zilnice, lunare sau anuale de ape uzate.

Suma $\sum N_i \cdot q_i \cdot k_{zi,i} \cdot k_{or,i}$ din expresia (4.3) se referă la:

- ape uzate menajere (nr. locuitori);
- ape uzate publice (școli, spitale, servicii publice ș.a);
- ape uzate de tip menajer provenite de la unități industriale;

Debitele de calcul se determină independent pentru fiecare amplasament pe baza:

- numărului de locuitori fizici existenți și în perspectiva de 25 – 30 ani;
- numărul de persoane: din sistemul public: școli, spitale, funcționari publici, alte utilități;
- numărul de agenți economici și capacitățile acestora în producerea apelor uzate;
- clima, amplasament geografic, obiceiurile locuitorilor;

La calculul debitelor influente în stația de epurare se vor lua în considerație și debitele de ape parazite determinate cf. § 4.2.4 SR 1846 – 1/2006.

Notă: În stabilirea debitelor de ape uzate influente în stația de epurare se consideră principiul: ”debitele de ape uzate sunt identice debitelor necesarului de apă” din sistemul centralizat de alimentare cu apă (cf. SR 1343 – 1/2006).

4.2 Debite de calcul și verificare

Debitele de calcul și verificare ale obiectelor tehnologice din stația de epurare sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Debitele de calcul și de verificare ale obiectelor tehnologice din stația de epurare.

Nr. crt.	Obiectul sau elementul de legătură între obiecte	Procedeul de canalizare				Epurare
		Separativ (divizor)		Mixt (unitar)		
		Debit de dimensionare (Qc)	Debit de verificare (Qv)	Debit de dimensionare (Qc)	Debit de verificare (Qv)	
0	1	2	3	4	5	6
1	Deversorul din amonte stației de epurare	–	–	$Q_T - n \cdot Q_{uz,max,or}$	–	Mecanică
2	Canalul de legătură dintre deversor și bazinul de retenție și de la acesta la emisar, sau dintre deversor și emisar	$Q_{uz,max,or}$	–	$Q_T - n \cdot Q_{uz,max,or}$	–	
3	Canalul de acces la camera grătarelor	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
4	Grătare	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
5	Deznisipator – separator de grăsimi	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
6	Decantoare primare	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	
7	Bazinul de retenție al apelor meteorice	–	–	$Q_T - n \cdot Q_{uz,max,or}$	Q_T	
8	Deversor ape epurate mecanic	$Q_{uz,max,or} - Q_{uz,max,zi}$	–	$n \cdot Q_{uz,max,or} - Q_{uz,max,zi}$	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	Biologică
9	Câmpuri de irigare și de infiltrare, filtre de nisip și iazuri (lagune) de stabilizare	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	
10	Deversorul din amonte treptei de epurare biologică și canalul dintre acest deversor și emisar	–	–	–	$n \cdot Q_{uz,max,or}$	
11	Filtre biologice percolatoare (clasice)	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	
12	Filtre biologice cu discuri sau alți contactori biologici rotativi.	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or}$	

13	Stație de pompare și conductă pentru apă epurată de recirculare din decantoarele secundare în amonte filtrelor biologice clasice.	$Q_{AR,max}$	$Q_{AR,min}$	$Q_{AR,max}$	$Q_{AR,min}$
14	Canalele (sau conductele) dintre filtrele biologice și decantoarele secundare, inclusiv camera de distribuție a apei filtrate la decantoarele secundare.	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{AR,min}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{AR,min}$
15	Bazine cu nămol activat	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$
16	Canalele (sau conductele) dintre bazinele cu nămol activat și decantoarele secundare, inclusiv camera de distribuție a apei aerate la decantoarele secundare.	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{nr,min}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,min,or} + Q_{nr,min}$
17	Decantoarele secundare după filtrele biologice	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$
18	Decantoarele secundare după bazinele cu nămol activat.	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,zi} + Q_{nr,max}$	$Q_{uz,max,zi}$	$Q_{uz,max,zi} + Q_{nr,max}$
19	Canalele (sau conductele) de legătură dintre decantoarele secundare și emisar.	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$	$Q_{uz,max,or}$	$Q_{uz,min,or}$
20	Stația de pompare pentru nămolul activat de recirculare.	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$
21	Stația de pompare pentru nămolul în exces în schemele cu bazine cu nămol activat.	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$
22	Canalele (sau conductele) pentru transportul nămolului activat de recirculare spre bazinele cu nămol activat.	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$	$Q_{nr,max}$	$Q_{nr,min}$
23	Canalele (sau conductele) pentru transportul nămolului în exces (în schemele cu bazine cu nămol activat).	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$	Q_{ne}	$Q_{ne,min}$

24	Stația de pompare și conductele pentru nămolul biologic reținut în decantoarele secundare, în schemele cu filtre biologice de orice tip.	$Q_{nb,max}$	$Q_{nb,min}$	$Q_{nb,max}$	$Q_{nb,min}$	

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{uz,min,or}$ – debitul apelor uzate minim orar, (m^3/h);

$Q_{AR,max}/Q_{AR,min}$ – debitul de apă epurată pentru recirculare (se determină la dimensionarea filtrelor biologice clasice), (m^3/zi);

$Q_{nr,max}/Q_{nr,min}$ – debitul de nămol recirculat, (m^3/zi);

$Q_{ne}/Q_{ne,min}$ – debitul de nămol în exces, (m^3/zi);

$Q_{nb,max}/Q_{nb,min}$ – debitul de nămol biologic, (m^3/zi);

Q_T – debitul total al amestecului de ape uzate cu apele meteorice, care intră în deversorul din amonte stației de epurare, (m^3/zi);

n – coeficientul de majorare a debitului orar maxim al apelor uzate necesar determinării debitului maxim admis pe timp de ploaie în stația de epurare (conform SR 1846/2006), considerat de regulă $n = 2$; în cazuri speciale, cu justificarea corespunzătoare din partea proiectantului, se poate considera $n = 3 \dots 4$;

4.3 Încărcări cu poluanți ale apelor uzate influente în stațiile de epurare

4.3.1 Stații de epurare noi

Se vor adopta următoarele valori pentru încărcarea cu poluanți dată de un locuitor echivalent (L.E.) pe zi:

- Consum biochimic de oxigen (CBO_5): 60 g O_2 / L.E.,zi;
- Consum chimic de oxigen (CCO – Cr): 120 g O_2 /L.E.,zi;
- Materii totale în suspensie (MTS): 70 g /L.E.,zi;
- Azot total Kjeldahl (NTK): 11 g / L.E.,zi;
- Fosfor total (P_T): 4 g / L.E.,zi;

Pe baza acestor valori se vor determina cantitățile de poluanți influente în stația de epurare:

$$K_{CBO_5} = 0,365 \cdot Q_{uz,med,zi} \cdot i_{CBO_5} \quad (\text{kg/an}) \quad (4.7)$$

unde:

$Q_{uz,med,zi}$ – debitul mediu zilnic al apelor uzate, definit de (4.1), (m^3 /zi);

i_{CBO_5} – încărcarea specifică pentru CBO_5 , definită anterior, (g O_2 /L.E.,zi);

Pentru sistemele care preiau ape uzate de la agenții economici (cu respectarea prevederilor NTPA 001/2005, NTPA 002/2005, NTPA 011/2005) se vor efectua:

- analize și determinări experimentale;
- măsurători ale debitelor apelor uzate descărcate de agenții economici;

Cantitățile de poluanți rezultate din produsul concentrației (g/ m^3) și debite (m^3 /zi) se vor adăuga încărcărilor provenite de la populație.

4.3.2 Stații de epurare existente re tehnologizate/ extinse

Determinarea încărcărilor se va efectua:

- prin analize și determinări ”in situ” la apele uzate influente în stația de epurare;
- analiza datelor de exploatare pe minim 3 ani reprezentativi;
- măsurători privind cantitățile de ape uzate influente în stația de epurare;

Prin analiza variației concentrațiilor de poluanți și a cantităților de ape uzate se va estima creșterea valorii încărcărilor specifice cu poluanți pentru o perioadă de 20 de ani.

Valorile adoptate la proiectarea tehnologică a stațiilor de epurare se vor situa în domeniile următoare:

- Consum biochimic de oxigen (CBO_5):
 - 50 – 70 g O_2 / L.E.,zi pentru sistemul separativ de canalizare;
 - 50 – 80 g O_2 / L.E.,zi pentru sistemul unitar de canalizare;
- Consum chimic de oxigen ($\text{CCO} - \text{Cr}$):
 - 100 – 120 g O_2 / L.E.,zi;
- Materii totale în suspensie (MTS):
 - 60 – 80 g / L.E.,zi pentru sistemul separativ de canalizare;
 - 70 – 90 g / L.E.,zi pentru sistemul unitar de canalizare;
- Azot total Kjeldahl (NTK):
 - 10 – 15 g / L.E.,zi;
- Fosfor total (P_T):
 - 2 – 6 g / L.E.,zi;

5. Alegerea schemei stației de epurare

5.1 Gradul de epurare necesar

Gradul de epurare necesar reprezintă eficiența, **E**, ce trebuie realizată obligatoriu de către stația de epurare pentru reținerea unui anumit poluant.

Se calculează:

$$E = \frac{K_i - K_e}{K_i} \cdot 100 (\%) \quad (5.1)$$

unde:

K_i – cantitatea de substanță poluantă influentă în SE, (kg S.U./an);

K_e – cantitatea de substanță poluantă efluentă din SE, (kg S.U./an);

K_i se stabilește pe baza volumului mediu anual de ape uzate (m³/an) și concentrația medie a unui anumit poluant (g/m³) stabilită pe baza studiilor hidrochimice și conform § 4.4.

Calculul gradului de epurare se va efectua și pentru situațiile:

- încărcări maxime cu poluanți ale apelor uzate influente în stația de epurare;
- debite de ape uzate maxime: $Q_{u,max,zi}$, $Q_{uz,max,or}$;

Proiectantul va adopta soluțiile pentru procesele din ansamblul stației de epurare pentru respectarea gradului de epurare în toate situațiile de debite și încărcări maxime.

Eficiențele (gradele de epurare) vor trebui să se încadreze în normele impuse de legislația în vigoare privind protecția mediului în toate situațiile de debite și încărcări maxime.

Pentru epurarea apelor uzate urbane, gradul de epurare necesar se determină pentru indicatorii: MTS, CBO5, oxigen dizolvat, N, P, substanțe toxice. Cunoscându-se concentrațiile substanțelor poluante la intrarea și la ieșirea din stația de epurare, gradul de epurare necesar se determină cu relația (5.1). În funcție de valorile gradului de epurare necesar calculat pentru parametrii menționați se aleg procesele din schema tehnologică de epurare.

Gradul de epurare care trebuie realizat de orice stație de epurare va lua în considerație valorile maxime ale concentrațiilor în poluanți (CMA) conform NTPA 002/2005 și valorile impuse efluentului conform NTPA 001/ 2005. Acestea sunt prezentate în tabelul 5.1.

Tabel 5.1. Grade de epurare conform valorilor CMA impuse prin NTPA.

Nr. crt.	Indicator – parametru	U.M.	Valori CMA conform NTPA 002/ 2005	Valori CMA conform NTPA 001/ 2005	Grad de epurare (%)
1	MTS	mg/l	350	60	82
				35	90
2	CBO ₅	mg O ₂ /l	300	20	93
				25	91
3	CCO – Cr	mg O ₂ /l	500	125	75
				70	86
4	N – NH ₄	mg/l	30	2	93
				3	90
6	P _T	mg/l	5	1	80
				2	60

5.1.1 Treapta de epurare mecanică

Se adoptă în toate situațiile și trebuie să realizeze eficiențele următoare:

- E = 40 ... 60 % – pentru MTS;
- E = 20 ... 40 % – pentru CBO₅;
- E = 20 ... 40% – pentru CCO; (5.2)
- E = 10 ... 15 % – pentru N_T;
- E = 5 ... 10 % – pentru P_T;
- E = 25 ... 75 % – pentru bacterii coliforme totale.

Pentru valori mai mari ale gradului de epurare necesar pentru unul sau mai mulți poluanți față de valorile din relațiile (5.2) se impune completarea schemei de epurare cu treapta biologică cu /fără eliminarea pe cale biologică și/ sau chimică a poluanților.

5.1.2 Epurarea mecano – biologică

Gradul de epurare impus se stabilește în funcție de calitatea apelor uzate influente în stația de epurare și calitatea impusă pentru efluentul SE:

- E = 91 – 93 % – pentru CBO₅ ;
- E = 75 – 86 % – pentru CCO; (5.3)
- E = 20% – fosforul și azotul organic;
- E = 30% – pentru P_T și N_T;
- E = 90 % – pentru bacteriile coliforme totale;

Valorile de mai sus sunt considerate limite maxime.

5.1.3 Epurarea mecano – biologică avansată

Gradele de epurare impuse:

- $E = 91 - 93 \%$ – pentru CBO_5 ;
- $E = 75 - 86 \%$ – pentru CCO ;
- $E = 90 - 93 \%$ – pentru azotul amoniacal ($\text{N} - \text{NH}_4$) funcție de valorile admisibile din NTPA 001 și NTPA 002;
- $E = 60 - 80 \%$ – pentru P_T funcție de valorile admisibile din NTPA 001 și NTPA 002;
- $E = 90 \%$ – pentru bacteriile coliforme totale;

5.1.4 Epurarea terțiară

Pe baza avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor, în funcție de caracteristicile resursei de apă, de capacitatea de autoepurare, de bilanțul de poluanți evacuați în aceeași resursă și cerințele utilizatorilor de apă din aval pentru substanțele refractare sau poluanți speciali, se vor stabili gradele de epurare necesare adoptării schemei tehnologice pentru epurarea terțiară.

Aceste valori pot fi modificate în condițiile:

- efectuării calculelor de bilanț de masă pentru emisar;
- necesarul obiectiv de calitate al apei pentru folosințele din aval;
- capacitate de autoepurare a sectorului de râu considerat.

Modificările vor fi cerute de proiectant și aprobate prin avizele și autorizațiile de gospodărire a apelor.

5.1.5 Elemente determinante la stabilirea gradului de epurare

- Valorile maxime pentru poluanți prevăzute în NTPA 002/2005;
- Valorile maxime impuse efluenților epurați conform NTPA 001/2005 (tab.3.3 § 3.4);
- Depășirea valorilor maxime pentru unul sau mai mulți poluanți va conduce la valori ale gradului de epurare mai mari decât cele date anterior în relația (5.2);
- Se va respecta cu prioritate valorile concentrațiile maxim admisibile la descărcarea în emisari (tab. 1 – NTPA 001/2005);
- La determinarea gradului de epurare necesar pentru indicatorii de mai sus se va ține seama de capacitatea de autoepurare a emisarilor, de prevederile Legii Apelor 107/1996, Legii Protecției Mediului 137/1995, NTPA 001/2002 completat și

modificat în 2005, NTPA 011/2002 completat și modificat în 2005, de Normativul privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață, aprobat prin Ordinul Ministerului Apelor și Protecției Mediului nr. 1146/ 10.12.2002 și de prevederile avizului ori autorizației de gospodărire a apelor emise de unitățile abilitate.

Aceste valori pot fi modificate prin avizele și autorizațiile de gospodărire a apelor de către emitentul acestora pe baza încărcării cu poluanți existentă în resursa de apă în amonte de punctul de evacuare a apelor uzate și ținându-se seama de utilizatorii de apă din aval și de capacitatea de autoepurare a resursei de apă.

5.2 Gradul de epurare necesar privind oxigenul dizolvat

Autoepurarea cursurilor de apă se bazează în principal pe fenomene biologice și elementul esențial îl reprezintă bilanțul conținutului de oxigen.

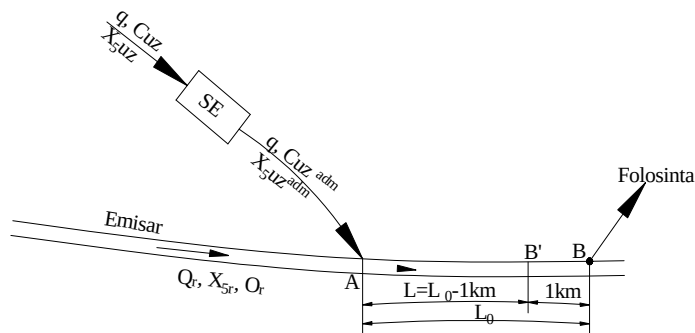
Se impune calculul valorii concentrației de oxigen dizolvat din apa râului într-o secțiune situată aval de punctul de evacuare al apelor uzate în emisar (O_{min}^R); aceasta trebuie să fie mai mare sau egală cu concentrația minimă de oxigen dizolvat normată pentru categoria de calitate a emisarului respectiv (O_{min}^N), adică:

$$O_{min}^R > O_{min}^N \quad (5.4)$$

Concentrația minimă de oxigen dizolvat admisă în apa emisarului, funcție de categoria de calitate a acestora, conform Ordinului Ministerului Apelor și Protecției Mediului nr. 1146 din 10 decembrie 2002 – Normativ privind obiectivele de referință pentru clasificarea apelor de suprafață:

- $O_{min}^N = 7 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria I;
- $O_{min}^N = 6 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria II;
- $O_{min}^N = 5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria III;
- $O_{min}^N = 4 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria IV;
- $O_{min}^N < 4 \text{ mg O}_2/\text{l}$ – emisari de categoria V;

În figura 5.1 se prezintă schema pentru determinarea concentrației O_{min}^R (mg O₂/l).



q (l/s) – debit influent/ efluent SE;
 C_{uz} (mg/l) – concentrația MTS influent;
 $X_{5,uz}$ (mg/l) – concentrația CBO_5 influent;
 C_{uz}^{adm} (mg/l) – concentrația MTS efluent;
 $X_{5,uz}^{adm}$ (mg/l) – concentrația CBO_5 efluent;
 Q_r (l/s) – debit mediu lunar asig. 95%;
 X_{5r} (mg/l) – concentrația CBO_5 – râu
 amonte secțiunea A;
 L, L_0 (km) – distanțe măsurate pe talveg.

Figura 5.1. Schemă pentru determinarea O_2R_{min} (mg O_2 /l).

Calculul se efectuează în etape, determinându-se următorii parametrii:

- CBO_5 al amestecului de apă uzată epurată cu apa emisarului, imediat aval de secțiunea de evacuare A, cu formula:

$$x_{5,am} = \frac{q \cdot x_{5,uz}^{adm} + Q_r \cdot x_{5r}}{q + Q_r} \quad (mg \ CBO_5/l) \quad (5.5)$$

unde: q – debitul efluent;

- CBO_{20} al amestecului de apă uzată epurată cu apa emisarului, imediat aval de secțiunea de evacuare A, cu formula:

$$x_{am} = 1,45 \cdot x_{5,am} \quad (mg \ CBO_5/l) \quad (5.6)$$

unde: x_{am} – concentrația CBO_{20} a amestecului apă râu – apă epurată, aval de secțiunea A;

$x_{5,am}$ – concentrația CBO_5 a amestecului apă râu – apă epurată;

- deficitul inițial de oxigen din apa râului, D_a , amonte de secțiunea de evacuare, A, cu formula:

$$D_a = O_s - O_r \quad (mg \ O_2/l) \quad (5.7)$$

unde: O_s – concentrația oxigenului dizolvat de saturație ale cărei valori pentru temperaturi de la $0^\circ C$ la $30^\circ C$ și la presiunea atmosferică de 760 mmHg, sunt indicate în tabelul 5.2;

O_r – concentrația oxigenului dizolvat în apa râului (mg O_2 /l);

Tabel 5.2. Valori ale oxigenului dizolvat de saturație în funcție de temperatura apei.

Θ (°C)	Os (mg/l)	Θ (°C)	Os (mg/l)	Θ (°C)	Os (mg/l)
0	14,64	11	11,08	22	8,83
1	14,23	12	10,83	23	8,68
2	13,84	13	10,60	24	8,53
3	13,48	14	10,37	25	8,38
4	13,13	15	10,15	26	8,22
5	12,80	16	9,95	27	8,07
6	12,48	17	9,74	28	7,92
7	12,17	18	9,54	29	7,77
8	11,87	19	9,35	30	7,63
9	11,59	20	9,17	—	—
10	11,33	21	8,99	—	—

- timpul critic, la care se realizează deficitul maxim de oxigen în apa emisarului, se determină cu relația:

$$t_{cr} = \frac{\lg \left\{ \frac{k_2}{k_1} \cdot \left[1 - \frac{D_a \cdot (k_2 - k_1^r)}{k_1^r \cdot x_{am}} \right] \right\}}{k_2 - k_1^r} \text{ (zile)} \quad (5.8)$$

unde: k_1^r – constanta vitezei de consum a oxigenului pentru apele emisarului, amonte de secțiunea de evacuare (tab.5.3);

k_2 – constanta de reaerare a apelor râului (determinată experimental, cu formule empirice sau orientativ, admițând valorile din tabelul 5.4);

Tabel 5.3. Valori k_1^r .

Nr. crt.	Tipul emisarului	k_1^r (zile ⁻¹)
1	Emisari cu debite și adâncimi mari	0,1
2	Emisari cu debite mari și cu impurificare puternică	0,15
3	Emisari cu debite medii	0,2 – 0,25
4	Emisari cu debite mici	0,3
5	Emisari cu debite mici și viteze mari	0,6

Tabel 5.4. Valorile constantei de reaerare k_2 . [45]

Nr. crt.	Caracteristicile emisarului	Valoarea k_2 (zile ⁻¹) funcție de temperatura apei					
		5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
1	Emisari cu viteză foarte mică de curgere sau aproape staționari	—	—	0,11	0,15	—	—
2	Emisari cu viteză mică de curgere	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,24
3	Emisari cu viteză mare de curgere	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58
4	Emisari cu viteză foarte mare de curgere	—	0,68	0,74	0,80	0,86	0,92

- deficitul critic (maxim) de oxigen:

$$D_{cr} = \frac{k_1^r \cdot x_{am}}{k_2 - k_1^r} \cdot (10^{-k_1^r \cdot t_{cr}} - 10^{-k_2 \cdot t_{cr}}) + D_a \cdot 10^{-k_2 \cdot t_{cr}} \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (5.9)$$

- oxigenul dizolvat minim din apa râului (fig.5.2):

$$O_{min}^R = O_s - D_{cr} \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (5.10)$$

- se verifică dacă este îndeplinită condiția (5.3)

Dacă relația (5.3) este îndeplinită, atunci concentrația materiei organice biodegradabile exprimată în CBO₅ a efluentului epurat ($x_{5,uz}^{adm}$) se consideră corect adoptată; în caz contrar, se recalculează gradul de epurare necesar privind CBO₅, reducându-se valoarea ($x_{5,uz}^{adm}$) până când se va respecta condiția (5.3).

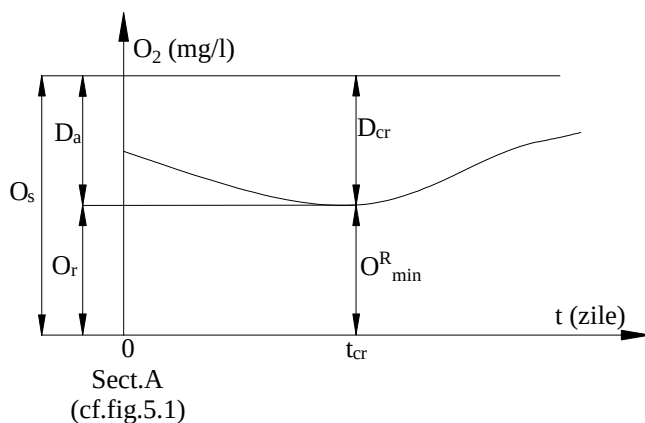


Figura 5.2. Variația oxigenului dizolvat în apa râului $O_2(t)$ aval de secțiunea de evacuare a apelor epurate.

Lungimea critică va fi stabilită pe baza vitezei medii de curgere a apei râului, la debitul cu asigurare 95% și a valorii t_{cr} .

Pentru receptorii (emisarii) cu debite nepermanente (debitul cu asigurare 95% – nul) se vor adopta măsuri pentru dezinfecția apelor uzate epurate astfel încât acestea să se încadreze în categoria corespunzătoare NTPA 013/ 2002 .

6. Scheme tehnologice pentru stații de epurare

6.1 Alegerea schemei stației de epurare

Schema tehnologică generală a unei stații de epurare reprezintă ansamblul obiectelor tehnologice prevăzute pentru îndepărtarea substanțelor poluante din apele uzate – prin procese fizice, chimice, biologice, biochimice și microbiologice în vederea realizării gradului de epurare necesar, și se compune din:

- linia (fluxul) apei care poate cuprinde:
 - treapta de epurare mecanică;
 - treapta de epurare biologică sau de epurare biologică avansată;
 - treapta de epurare terțiară;
- linia (fluxul) de prelucrare a nămolului.

Configurația schemei tehnologice a stației de epurare se stabilește pe baza valorilor gradelor de epurare necesare calculate pentru tipurile de poluanți care se găsesc în apele uzate influente.

Schema tehnologică a stației de epurare se întocmește având în vedere următoarele:

- prevederea pe linia apei a unor obiecte tehnologice care să asigure realizarea unor grade de epurare necesare cel puțin egale cu valorile impuse;
- pentru un anumit obiect tehnologic se va propune tehnologia cea mai performantă tehnic și economic care se poate adapta cel mai ușor condițiilor locale de spațiu, relief, posibilități de fundare, de execuție; pentru SE care deservește localități cu $N \geq 10.000$ L.E. se vor analiza tehnic și economic minim 2 opțiuni pentru fiecare proces;
- asigurarea posibilităților de extindere a stației de epurare atât pe linia apei cât și pe linia nămolului;
- utilajele și echipamentele aferente obiectelor tehnologice vor trebui să fie performante tehnic și energetic, fiabile, avantajoase din punct de vedere al investiției și cheltuielilor de exploatare;

Ori de câte ori este posibil amplasarea obiectelor în profilul tehnologic al stației de epurare trebuie să asigure curgerea gravitațională, cu pierderi de sarcină reduse și la volume construite reduse și terasamente minime.

Dispoziția în plan a stației de epurare trebuie să conducă la un grad de utilizare maxim a terenului avut la dispoziție, la un flux tehnologic optim pe linia apei și a nămolului pentru execuție și exploatare. Va fi luată în considerare posibilitatea extinderii viitoare.

Pentru substanțele reținute, instalațiile de epurare mecano – biologică trebuie să asigure obținerea de produse finite, igienice, valorificabile și ușor de integrat în mediul natural. Treapta de prelucrare a nămolurilor va asigura prelucrarea nămolurilor primare și biologice, până la un produs igienic, valorificabil și ușor de integrat în mediul natural.

Schema SE va asigura în operare efecte minime asupra mediului înconjurător referitor la emisii de gaze, pulberi, zgomot, poluare sol și subsol.

Amplasamentul SE va avea zonă de protecție sanitară.

6.2 Tipuri de scheme de epurare

6.2.1 Epurarea mecano – biologică cu procedee extensive

Schema generală se prezintă în figura 6.1.

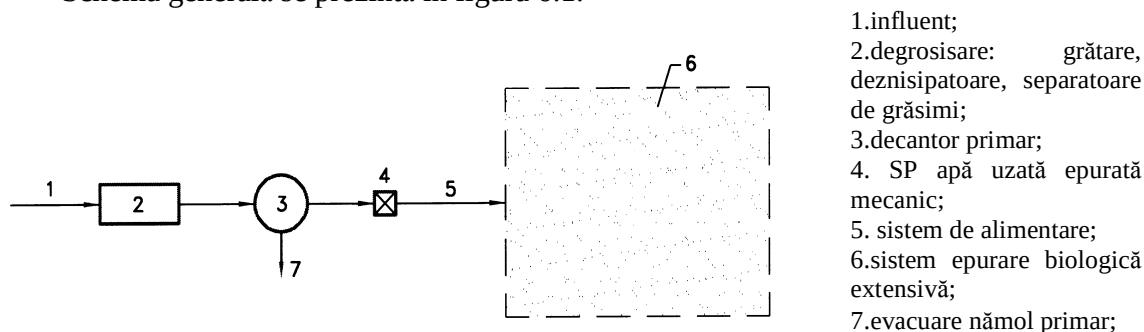


Figura 6.1. Schema de epurare mecano – biologică cu procedee extensive.

Epurarea biologică (poz. 6 în schema din fig.6.1) poate cuprinde:

- câmpuri de irigare – infiltrare; se aplică în condiții favorabile de terenuri permeabile și ape uzate care nu conțin compuși refractari; un bazin de acumulare ape uzate epurate mecanic va fi adoptat în funcție de programul de utilizare al sistemului de irigare, infiltrare;
- filtre de nisip; incinte excavate umplute cu nisip și/sau pietriș; sunt prevăzute cu sisteme de distribuție și drenuri de colectare;
- iazuri (lagune) de stabilizare; două sau mai multe iazuri legate în serie în care se realizează fenomenul natural de autoepurare;

Epurarea biologică cu procedee extensive se aplică:

- debite reduse ($N < 5.000 \text{ L.E.}$);
- condiții de amplasament favorabile în apropierea comunităților rurale;

6.2.2 Epurarea mecano – biologică artificială (intensivă)

6.2.2.1 Schema generală

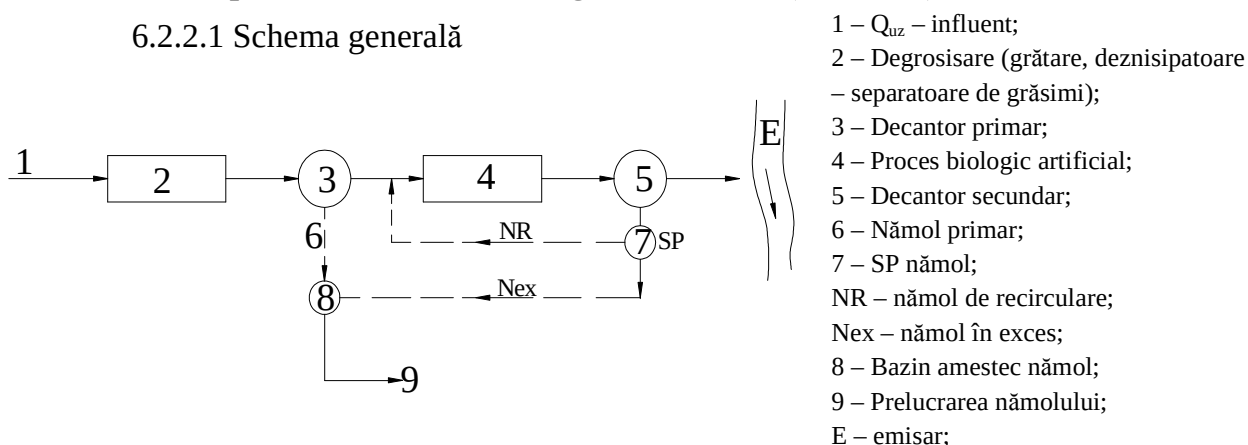


Figura 6.2. Schema generală de epurare artificială.

6.2.2.2 Tehnologii aplicate pentru treapta biologică artificială

1. Filtre biologice FB

Aceste tipuri de instalații realizează epurarea biologică a apelor uzate pe principiul peliculei de biomasă fixată:

- impun o SP pentru pomparea apei uzate epurate mecanic;
- recircularea apelor epurate (după DS) în amonte de filtru;
- nu se realizează recircularea nămolului biologic;

FB cu discuri sau alți contactori biologici

Schemă caracteristică debitelor mici și foarte mici.

Elemente caracteristice:

- nu se recirculă nămolul biologic sau apa epurată;
- prin soluții adecvate SP apă epurată mecanic poate fi eliminată;

2. BNA – bazine cu nămol activat (schemă convențională)

În BNA au loc procese biochimice de eliminare a materiilor organice pe bază de carbon la eficiențe $E_{CBO_5} > 90\%$;

Elemente caracteristice:

- recircularea nămolului activ reținut în decantoarele secundare;

- prin calcul tehnico – economic se poate admite soluția eliminării decantoarelor primare: încărcarea în materii organice ($\text{CBO}_5 < 150 \text{ mg O}_2/\text{l}$), lipsa particulelor discrete și MTS redus în influent;
- BNA poate realiza și aerare prelungită (extinsă ca durată și aprovizionare cu oxigen) de 12 – 24 h; se poate realiza în același bazin stabilizarea aerobă a nămolului.

3. BNA cu nitrificare / denitrificare (epurare avansată)

Realizează în treapta biologică: eliminarea substanțelor organice pe bază de carbon, azot și fosfor prin crearea condițiilor de nitrificare/ denitrificare și eliminare biologică a fosforului.

Schema se caracterizează prin:

- realizarea de zone anoxice în bazinele de nitrificare;
- realizarea de zone aerobe (intens aerate) în bazinele de nitrificare;
- recircularea nămolului activat reținut în decantoarele secundare în amonte de bazinele de nitrificare – denitrificare (recirculare externă);
- recircularea amestecului aerat cu un conținut mare de azotați în amonte de bazinul de denitrificare (recirculare internă);
- trimiterea nămolului în exces în amestec cu nămolul primar la treapta de prelucrare a nămolurilor din stația de epurare;
- pentru debite reduse se poate realiza în BNA procedeul de aerare prelungită pentru stabilizarea aerobă a nămolului;

6.2.2.3 Treapta de epurare terțiară

Treapta de epurare terțiară se va prevedea când se cere eliminarea din apele uzate a poluanților neconvenționali și speciali. Termenul ”neconvențional” se aplică tuturor constituenților ce pot fi înlăturați 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 totale dizolvate;
- detergenți;

Termenul „poluant 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 procesul convențional de epurare cât și în cel avansat, însă nivelul de reducere al fiecărui constituent nu este suficient. În categoria poluanților speciali se numără:

- medicamente sau compuși acestora;
- detergenți speciali;
- antibiotice veterinare și umane;
- produse industriale;
- alte substanțe; compuși biologici și bacteriologici;

6.2.2.4 Schema tehnologică de epurare pentru eliminarea fosforului

6.2.2.4.1 Eliminarea fosforului pe cale biologică

Schema SE cuprinde reactoare biologice (de tip epurare avansată) unde se poate realiza conceptul îndepărtării biologice a fosforului prin expunerea microorganismelor la condiții alternativ anaerob – aerobe. Aceasta se poate realiza pe linia apei sau a nămolului.

O schemă tehnologică adecvată se prezintă în figura 6.3.

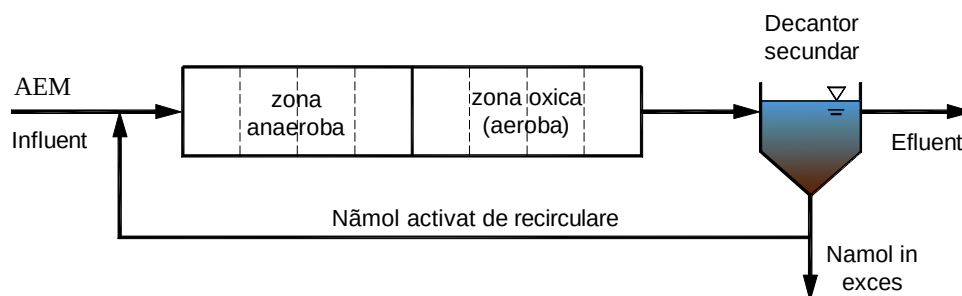


Figura 6.3. Schemă tehnologică de reținere pe cale biologică a fosforului.
AEM – apă epurată mecanic.

Caracteristicile tehnologiei sunt:

- sistemul asigură îndepărtarea fosforului concomitent cu oxidarea substanțelor organice pe bază de carbon;
- combină zone succesive anaerobe – aerobe;
- nămolul activat se recirculă în zona amonte a bioreactorului;
- tehnologia poate funcționa optim la valori ale raportului $CBO_5/P > 10$ pentru influentul treptei biologice;

6.2.2.4.2 Eliminarea fosforului prin precipitare chimică

Se utilizează: sulfat de aluminiu sau clorură ferică;

Injectia soluției de reactiv de precipitare a fosforului se poate face:

- în amonte de decantorul primar (pre– precipitare);
- în amonte și/sau după bioreactor (co– precipitare);
- în mai multe secțiuni ale procesului (dozare multipunctuală);

Alegerea uneia din metode depinde de:

- concentrația de fosfor din influentul stației de epurare;
- tipul de tehnologie adoptat referitor la concentrația nămolului în bioreactor, decantor secundar și gradul de recirculare;
- pH-ul la care se desfășoară reacțiile chimice ($\text{pH} > 7$);
- variația momentană a parametrilor de calitate apă uzată: MTS, CBO_5 , CCO-Cr , NTK.

7. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare mecanică

7.1 Deversorul amonte de stația de epurare

Deversorul situat în amonte de stația de epurare este o construcție care se prevede în cazul localităților canalizate în procedeele unitar și mixt și are rolul de a limita debitul de apă uzată admis în stația de epurare pe timp de ploaie.

Debitul maxim de apă care ajunge pe timp de ploaie de la rețeaua de canalizare a localității la deversor este:

$$Q_T = Q_{uz,max,or} + Q_m \quad (l/s) \quad (7.1)$$

unde:

Q_T – debitul total pe timp de ploaie al apelor de canalizare care intră în camera deversorului (efluentul localității), (l/s) ;

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate, maxim orar, pe timp uscat, (m^3/h);

Q_m – debitul de ape meteorice , calculat conform Normativului pentru proiectarea rețelelor de canalizare (cap. 2 § 2.2.1) și conform prevederilor SR 1846–2/2006, aferent ultimului tronson al colectorului principal (de la ieșirea din localitate, la deversor).

Debitul maxim de ape uzate admis în stația de epurare pe timp de ploaie este:

$$Q_{SE} = n \cdot Q_{uz,max,or} \quad (l/s) \quad (7.2)$$

unde:

$n = 2$ este coeficientul de majorare a debitului admis în stația de epurare pe timp de ploaie; conform SR 1846 – 1/ 2006, acest coeficient poate lua valori mai mari ($n = 3...4$), în cazuri justificate tehnico-economic pe baza efectelor apelor meteorice asupra emisarului și folosințelor de apa din aval (§ 5.2).

7.1.1 Debitul de calcul al deversorului

Debitul la care se dimensionează deversorul este dat de relația:

$$Q_d = Q_T - Q_{SE} \quad (l/s) \quad (7.3)$$

unde:

Q_T – este calculat cu relația (7.1), (l/s);

Q_{SE} – este calculat cu relația (7.2), (l/s);

Pentru situațiile curente, când $n = 2$, relația (20) devine:

$$Q_d = Q_T - 2 \cdot Q_{uz,max,or} \quad (l/s) \quad (7.4)$$

În situații justificate, deversorul va trebui să permită prin manevra corespunzătoare a unor stavile, devierea integrală a debitului Q_T spre un bazin de retenție sau spre emisar (cu respectarea prevederilor NTPA 001/2002 modificat și completat în 2005), în scopul ocolirii stației de epurare; în această situație debitul de verificare al deversorului și al canalului de ocolire este:

$$Q_v = Q_T = Q_m + Q_{uz,max,or} \quad (l/s) \quad (7.5)$$

Înălțimea pragului deversor p se consideră egală cu adâncimea apei în canalul de legătură dintre deversor și camera grătarelor (H_2), determinată pentru debitul $Q_{SE} = 2 \cdot Q_{u \text{ or } max}$ și pentru un grad de umplere $a = \frac{H_2}{H_{c2}}$ de maximum 0,70, în care H_{c2} reprezintă înălțimea totală a canalului dintre deversor și camera grătarelor.

Lungimea pragului deversor, considerat ca deversor lateral cu perete subțire, neîneecat, în ipoteza unei lame deversante triunghiulare pe lungimea deversorului, se determină din relația:

$$Q_d = k \cdot m \cdot L_d \cdot \varepsilon \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{2g} \cdot h_m^{3/2} \quad (m^3/s) \quad (7.6)$$

unde:

Q_d – debitul deversat este calculat cu relația (7.3), (l/s);

k – coeficient de majorare a lungimii deversorului, pentru a ține seama de asimetriile și distorsiunile care apar la deversoarele laterale, $k = 1,05 \dots 1,10$;

m – coeficient de debit, $m=0,42$;

L_d – lungimea pragului deversor asimilat ca deversor lateral, (m);

ε – coeficient de contracție laterală;

σ_n – coeficient de înecare;

g – accelerația gravitațională, $g=9,81m/s^2$;

σ_n – coeficientul de înecare se consideră $\sigma_n = 1,00$ deoarece deversorul trebuie să funcționeze neîneecat. În acest scop, camera și colectorul de evacuare a debitului deversat Q_d spre bazinul de retenție sau spre emisar se vor dimensiona astfel, încât

nivelul maxim al apei aval de pragul deversor să fie situat la minim 15...20 cm sub cota crestei deversante;

Coeficientul de contracție laterală ε are expresia:

$$\varepsilon = 1 - 0,1 \cdot n \cdot \zeta \cdot \frac{L_d}{h_m} \quad (7.7)$$

unde:

n – numărul de contracții laterale ale lamei în dreptul pilelor și culeilor;

ξ – coeficient de formă al pilei sau culeii, considerat în mod acoperitor 0,7...1,0;

h_m – înălțimea medie a lamei deversante (considerată cu variație triunghiulară pe lungimea L_d) se determină cu relația:

$$h_m = \frac{H_1 - H_2}{2} \text{ (m)} \quad (7.8)$$

unde:

H_1 – înălțimea apei în canalul din amonte deversorului, dimensionat “la plin” (gradul de umplere $\alpha = H_1/H_{c1} \approx 1,0$) pentru debitul Q_T dat de relația (7.1); în relația gradului de umplere, H_{c1} reprezintă înălțimea totală a canalului amonte;

Orientativ, la dimensionarea deversorului se va urmări ca debitul specific deversat să se încadreze în domeniul:

$$q_d = \frac{Q_d}{L'_d} = 0,20 \dots 0,80 \text{ (m}^3/\text{s, m)} \quad (7.9)$$

unde:

Q_d – debitul deversat determinat cu relația (7.4), iar L'_d este lungimea deversorului frontal, având expresia:

$$L'_d = \frac{L_d}{k} \text{ (m)} \quad (7.10)$$

unde:

L_d și **k** sunt definiți mai sus;

- Dacă lungimea deversorului lateral $L_d \leq 10 \text{ m}$ se va prevedea prag deversor cu o singură lamă deversantă (deversare pe o singură parte);
- Dacă $L_d > 10 \text{ m}$, se prevede deversor cu două lame deversante (deversare pe două laturi), astfel încât lungimea camerei deversoare va fi:

$$L_{cd} = \frac{L_d}{2} \text{ (m)} \quad (7.11)$$

7.2 Bazinul de retenție

Bazinul de retenție se amplasează, după deversorul din amonte de stația de epurare pe/sau adiacent canalului care evacuează apele deversate spre emisar. Rolul bazinelor de retenție este diferit, în funcție de scopul pentru care sunt utilizate. Bazinele de retenție pot fi prevăzute pentru:

- înmagazinarea cantității de apă uzată pe o anumită perioadă de timp, când nu este posibilă descărcarea gravitațională a acestora în emisar, datorită nivelelor ridicate ale apei emisarului;
- înmagazinarea pe timp de ploaie a cantității de apă de canalizare (amestec între apa uzată și apa de ploaie) ce reprezintă diferența dintre debitul deversat Q_d definit de relația (7.4) și debitul amestecului admis a se descărca în emisar fără epurare (Q_{dr});
- înmagazinarea pe timp de ploaie a amestecului dintre apa uzată și apa de ploaie materializat prin debitul deversat Q_d , în vederea epurării ulterioare a cantității de apă ce reprezintă diferența dintre debitele de ape uzate sosite în stație (Q_{uz}) și capacitatea maximă de epurare a acestora pe timp de ploaie ($Q_{SE} = 2Q_{uz,max,or}$);
- înmagazinarea cantităților de ape uzate a căror evacuare în emisar nu se poate face decât prin pompare, în scopul reducerii cheltuielilor de investiție și exploatare a stației de pompare;
- înmagazinarea cantităților de apă poluate accidental care nu sunt admise în SE;

Bazinele de retenție de tipul a) și d) se prevăd în cazul localităților canalizate în procedeul divizor. Pentru stațiile de epurare aferente localităților mici, canalizate, de regulă, în procedeul separativ, este recomandabilă prevederea unui bazin de uniformizare și omogenizare a cantității și calității apei uzate ce se va trata în treapta biologică.

Bazinele de retenție de tipul b) și c) se prevăd în cazul localităților canalizate în procedeele unitar sau mixt. Debitul de calcul al bazinelor de retenție de tipul b. și c., cazurile cele mai frecvent întâlnite, este dat de relația:

$$Q_b = Q_d - Q_{dr} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (7.12)$$

unde:

Q_b – debitul de calcul al bazinului de retenție, (m^3/s);

Q_d – debitul amestecului de ape uzate cu ape de ploaie, definit de relația (7.4);

Q_{dr} – debitul amestecului de ape uzate cu ape de ploaie ce poate fi evacuat în emisar fără epurare;

Regimul hidraulic al emisarului și categoria de calitate a acestuia pot impune capacități mari pentru înmagazinarea apelor de canalizare care nu pot fi evacuate (în anumite perioade) neepurate și gravitațional în emisar; în acest caz, soluția cu bazin de retenție se va studia comparativ, tehnic și economic, cu soluția mixtă ”bazin de retenție – stație de pompare” pentru introducerea apelor reținute în bazinul de retenție în fluxul tehnologic al stației de epurare.

În cadrul proiectului aferent bazinelor de retenție se va preciza modul de curățire, spălare și evacuare a sedimentelor reținute în aceste bazine în funcție de tipul adoptat.

În scopul evitării acumulării sedimentelor pe radierul bazinelor de retenție se va propune o formă geometrică adecvată și echiparea cu mixere.

7.3 Grătare rare și dese

Grătarele sunt obiecte tehnologice care au rolul de a reține din apele de canalizare suspensiile și corpurile mari, grosiere.

Se impune și analiza descărcării bazinului de retenție la debite și nivele mari pe emisar.

În funcție de cota colectorului pentru apele uzate influente în SE:

- grătarele se vor amplasa în amonte de stația de pompare în situațiile când cota radier colector influent nu depășește 3,0 m;
- pentru adâncimi mari ale colectorului influent (> 4 m) grătarele se vor amplasa în aval de stația de pompare și adoptând măsuri pentru reținerea suspensiilor grosiere în chesonul stației de pompare;
- pentru stații de pompare cu transportoare hidraulice, grătarele se pot amplasa în aval de acestea;

La stațiile de epurare aferente localităților sub 5.000 locuitori se prevăd de regulă grătare fine ($b = 0,5 \dots 6$ mm, uzual $2 \dots 3$ mm) având curățare mecanică și automatizată, fără personal de deservire. Pentru localități cu mai mult de 5.000 locuitori, se prevăd ambele tipuri de grătare, grătarele rare ($b = 50 \dots 100$ mm) fiind amplasate în amonte grătarelor dese (curățate manual, $b = 30 \dots 40$ mm – de evitat; curățate mecanic, $b = 10 \dots 20$ mm).

Pentru stațiile de epurare medii și mari grătarele dese se prevăd numai cu curățare mecanică.

La stațiile mici de epurare, pentru localități sub 10.000 locuitori, complet automatizate, se poate prevedea numai grătar fin curățat mecanic.

7.3.1 Debite de dimensionare și verificare ale grătarelor

Debitele de calcul și de verificare ale grătarelor corespund celor din tabelul 4.1 § 4.2:

- în procedeul de canalizare separativ:
 - $Q_c = Q_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;
- în procedeul de canalizare unitar și mixt:
 - $Q_c = nQ_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

7.3.2 Aspecte privind proiectarea grătarelor

Dimensionarea grătarelor se conduce astfel încât, pentru debitul de calcul al apelor uzate, viteza medie a apei să fie:

- 0,7 – 0,9 m/s în canalul din amonte grătarului;
- 1,0 – 1,4 m/s în spațiul dintre barele grătarului;

Pentru debitul de verificare ($Q_{uz,min,or}$), viteza medie a apei în canalul din amonte grătarului trebuie să fie de minim 0,4 m/s în scopul evitării depunerilor.

Secțiunea transversală a canalului pe care este amplasat grătarul va avea formă dreptunghiulară.

Dispozitivele de curățare mecanică a reținerilor de pe grătare vor fi automatizate în funcție de pierderea de sarcină admisă la trecerea apei printre barele grătarului (7 – 25 cm). Acest lucru se realizează de regulă prin intermediul unor senzori de nivel. Automatizarea poate fi realizată și prin relee de timp.

Umiditatea reținerilor după presare se consideră, în medie, de 70 - 80%, iar greutatea specifică de 0,75 – 0,95 tf/m³.

În calculul cantităților de rețineri pe grătare se va ține seama de valorile medii specifice indicate în tabelul 7.1 și de faptul că aceste cantități sunt variabile. În acest sens, se va considera un coeficient de variație zilnică $K = 2 \dots 5$.

Relația de calcul a volumului zilnic de substanțe reținute pe grătare cu umiditate $w = 80\%$ este:

$$V_r = \frac{a \cdot N_L \cdot K}{1000 \cdot 365} (m^3/zi) \quad (7.13)$$

unde:

a – este cantitatea de rețineri specifică, indicată în tabelul 7.1, (l/om, an);

N_L– numărul de locuitori;

K – 2 ... 5 coeficient de variație zilnică.

Tabel 7.1. Cantități specifice de substanțe reținute pe grătare.

Nr. crt.	Distanța (interspațiul) dintre barele grătarului (mm)	Cantitatea de rețineri specifică "a" (l/om, an)	
		La curățare manuală	La curățare mecanică
1	0,5	–	25,0
2	2	–	20,0
3	3	–	18,0
4	6	–	15,0
5	10	–	12,0
6	16	–	8,0
7	20	–	5,0
8	25	–	–
9	30	2,5	–
10	40	2,0	–
11	50	1,5	–

Cantitatea zilnică de rețineri pe grătare se calculează cu formula:

$$G_r = \gamma_r \cdot V_r \text{ (kgf/zi)} \quad (7.14)$$

unde:

$\gamma_r = 750 \dots 950 \text{ kg f / m}^3$ – greutatea specifică a reținerilor cu umiditatea $w = 70 - 80\%$.

Volumul zilnic de substanță uscată (umiditate $w' = 0$) din rețineri este:

$$V_{ru} = V_r \cdot \frac{100 - w}{100} (m^3/zi) \quad (7.15)$$

unde:

w = 80% – este umiditatea reținerilor.

Cantitatea zilnică de substanță uscată din rețineri rezultă:

$$G_{ru} = \gamma_r \cdot V_{ru} \text{ (kgf/zi)} \quad (7.16)$$

unde:

$\gamma_{ru} = 1600 \dots 2000 \text{ kg f / m}^3$ – greutatea specifică a substanțelor reținute, în stare uscată.

Numărul minim de grătare active va fi $n = 2$, fără grătare de rezervă. La stațiile de epurare mici, se poate proiecta un singur grătar, prevăzându-se însă canal de ocolire.

Camerele grătarelor se vor prevedea cu stăvilare și batardouri amonte și aval, în scopul izolării fiecărui grătar în parte în caz de reparații, revizii, etc.

Pentru curățarea grătarelor și manevrarea stăvilarelor și batardourilor, sunt necesare pasarele, a căror lățime variază între 80 ... 150 cm.

Pentru prevenirea depunerilor, canalele pe care sunt amplasate grătarele (de obicei de secțiune transversală dreptunghiulară) vor fi construite cu o pantă de minim 1‰. În porțiunea amonte a camerei grătarelor, de formă divergentă, se va realiza o pantă a radierului de minim 1% în scopul evitării depunerilor, iar radierul se va construi din beton rezistent la uzură. Cota radierului canalului în aval de grătar se recomandă a fi sub cota radierului amonte cu 10 ... 15 cm.

Pierderea de sarcină prin grătar se determină cu relația:

$$h_w = \zeta_g \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ (m)} \quad (7.17)$$

unde:

ζ_g – este coeficientul de rezistență locală al grătarului, calculat cu formula lui O.

Kirschmer [46]:

$$\zeta_g = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin \alpha \quad (7.18)$$

unde:

v – viteza medie pe secțiune în canalul din amonte grătarului, m/s;

g – accelerația gravitațională, m/s^2 ;

β – coeficient de formă al barei, cu valoarea 2,42 pentru bare cu secțiunea transversală dreptunghiulară;

s – grosimea barei, mm;

b – distanța (interspațiul) dintre barele grătarului, mm;

α = 60° ... 70° - unghiul de înclinare al grătarului față de orizontală;

Formula (7.15) poate fi aplicată numai dacă este îndeplinită condiția:

$$Re = \frac{v_g \cdot b}{\nu} > 10^4 \quad (7.19)$$

unde:

Re – este numărul Reynolds la mișcarea apei printre barele grătarului;

v_g – viteza medie a apei printre barele grătarului la debitul de calcul, (cm/s);

ν – coeficientul cinematic de vâscozitate la temperatura medie anuală a apelor uzate, (cm²/s), (fig. 7.1).

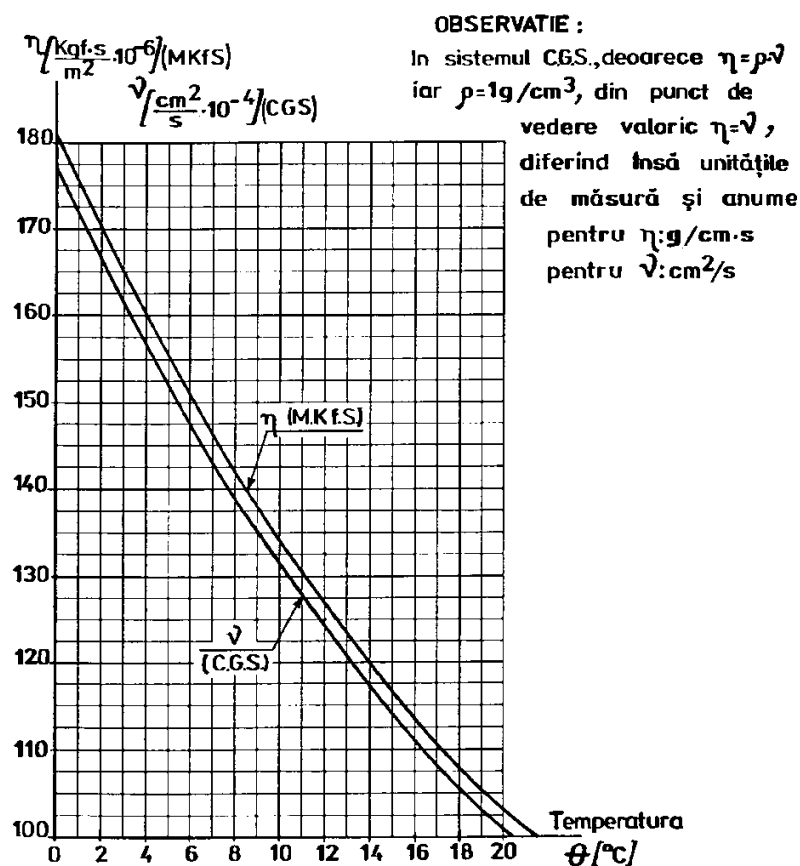


Figura 7.1. Variația coeficientului cinematic (ν) și a coeficientului dinamic de vâscozitate (η) în funcție de temperatură (θ °C).

Pentru a se ține seama de înfundarea parțială a grătarului, se majorează de trei ori pierderea de sarcină teoretică determinată cu relația (7.17), astfel încât în practică se consideră pierderea de sarcină conform relației (7.20), dar minimum 10 cm; la grătarele cilindrice fine, pierderea de sarcină minimă poate fi considerată $h_r = 7$ cm.

$$h_r = 3 \cdot h_w \text{ (m)} \quad (7.20)$$

Substanțele reținute pe grătare :

- sunt evacuate spre a fi depozitate, fermentate, compostate, incinerate sau, sunt tocate ori fărâmițate cu ajutorul unor dispozitive speciale în curent (griductoare, comminutoare, dilaceratoare) sau în afara curentului (tocătoare, dezintegratoare) și reintroduse în apă în aval sau în amonte de grătar;
- pentru micșorarea volumului de rețineri la grătare, se recomandă ca o dată scoase din apă, reținerile să fie presate în instalații speciale (făcând parte din grătarul propriu-zis sau fiind independente de grătar) sau presate și spălate; umiditatea reținerilor presate scade până la 55 – 60%; în acest fel cheltuielile de manipulare, transport și depozitare a reținerilor de pe grătare vor fi mult diminuate;
- pasarelele de acces la dispozitivele de tocare a reținerilor sau la batardouri și stăvilare vor fi amplasate cu min. 50 cm deasupra nivelului maxim al apelor din canalul grătarelor. Se va lăsa un spațiu de minim 70 cm pentru circulație în jurul dispozitivelor de curățare și tocare;
- pentru evitarea accidentelor în toate locurile unde există pericol de cădere se vor prevedea parapete de minimum 80 cm înălțime, realizate din țevi metalice (orizontale) cu diametrul $\phi = 20...25$ mm, așezate la 40 cm distanță pe verticală și din stâlpi amplasați la max. 1,5m distanță între ei;

Grătarele se amplasează în construcții închise. Pentru stațiile de epurare izolate amplasate la ≥ 1 km de zone de locuit se pot amplasa în construcții deschise.

Realizarea unei eficiențe ridicate în reținerea materiilor în suspensie și materiilor grosiere conduce la randamente sporite pentru construcțiile și instalațiile de epurare a apei din aval de grătare, precum și pentru construcțiile de prelucrare a nămolurilor. În acest scop sunt de preferat grătarele sau sitele fixe sau mobile, prevăzute cu șnec înclinat cu funcționare continuă și automatizată care efectuează practic patru operațiuni importante:

- rețin corpurile grosiere;
- extrag din apă reținerile de pe grătar și le spală de substanțele fine de natură organică;
- presează reținerile micșorându-le volumul și umiditatea;
- le transportă la suprafață, în containere;

7.4 Măsurarea debitelor de apă uzată în stația de epurare

Măsurarea debitelor în stațiile de epurare este necesară pentru evidența cantităților de apă ce se tratează la un moment dat sau într-un anumit interval de timp, precum și pentru a conduce corespunzător procesele tehnologice.

Măsurarea debitului se poate efectua atât global, pentru întreaga stație, cât și parțial, pe anumite linii tehnologice sau pentru anumite obiecte tehnologice.

Dispozitivele de măsurare se recomandă a fi amplasate pe canale deschise în care curgerea are loc cu nivel liber, în scopul accesului ușor pentru degajare în zonele de posibile împotmoliri, depuneri, obturări, etc. La amplasarea și montarea debitmetrului se va ține seama de recomandările furnizorului de echipament (aliniamente obligatorii amonte și aval, funcționare înecată la debitmetre electromagnetice și neînecată la cele Khafagi – Venturi).

Calitatea apei al cărui debit urmează a fi măsurat, din cauza conținutului mare de impurități, impune utilizarea numai acelor tipuri de debitmetre care nu au de suferit de pe urma depunerilor în secțiunea de măsurare. Aceste tipuri de debitmetre sunt:

- canale de măsură cu îngustarea secțiunii de curgere de tip Venturi;
- deversoare proporționale sau cu caracteristică liniară;
- debitmetre electromagnetice, sau cu ultrasunete, amplasate numai pe conducte care funcționează sub presiune;

Dispozitivele de măsurare alese trebuie să conducă la pierderi de sarcină reduse și să nu permită erori mai mari de 2 – 3% în indicarea debitelor.

7.4.1 Debite de dimensionare

Dimensionarea canalelor de măsurare se face la debitul maxim ce trebuie măsurat:

- în procedeul de canalizare separativ:
 $Q_c = Q_{uz,max,or};$
- în procedeul de canalizare unitar și mixt:
 $Q_c = 2Q_{uz,max,or}.$

Dimensionarea canalelor pe care se amplasează debitmetrele trebuie făcută în strânsă legătură cu aparatele auxiliare de măsurare a nivelului amonte de care se dispune. Limitele extreme de indicare a nivelului trebuie să ofere o scală de măsurare care să cuprindă toată gama adâncimilor h_m ce se pot realiza în canalul respectiv pentru Q_{max} , respectiv Q_{min} .

Necesitatea măsurării continue a debitului, a înregistrării, transmiterii la distanță și eventual a contorizării lui, este o chestiune strâns legată de o exploatare corectă și modernă a stației de epurare.

În schema stațiilor de epurare funcție de mărimea și importanța acestora, amplasarea debitmetrelor se poate face:

- în aval de deznisipatoare;
- pe canalul (conducta) de evacuare a apelor epurate;
- în alte secțiuni de pe linia apei, a nămolului sau biogazului unde tehnologia de epurare impune cunoașterea permanentă a debitelor respective;

7.5 Deznisipatoare

Deznisipatoarele sunt construcții descoperite care rețin particulele groșiere din apele uzate, în special nisipul, cu diametrul granulelor mai mare decât 0,20 ... 0,25 mm.

Amplasarea deznisipatoarelor se face în mod curent după grătare și înaintea separatoarelor de grăsimi. În cazul existenței unei stații de pompare echipată cu transportoare hidraulice, deznisipatoarele pot fi amplasate și în avalul acesteia.

Deznisipatoarele se clasifică în:

- deznisipatoare orizontale longitudinale;
- deznisipatoare tangențiale;
- deznisipatoare cu insuflare de aer;
- deznisipatoare – separatoare de grăsimi cu insuflare de aer;

Alegerea tipului de deznisipator se face printr-un calcul tehnico – economic, luând în considerație mărimea debitului, natura terenului de fundare și spațiul disponibil; procedeul de canalizare; se va adopta soluția având costuri reduse și care asigură și performanțele tehnologice cerute.

7.5.1 Debite de dimensionare și verificare

Debitele de dimensionare și de verificare ale deznisipatoarelor:

- în procedeul de canalizare separativ:

- $Q_c = Q_{uz,max,or}$;

- $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

– în procedeul de canalizare unitar și mixt:

$$- Q_c = 2Q_{uz,max,or};$$

$$- Q_v = Q_{uz,min,or};$$

7.5.2 Parametrii de dimensionare

1) Numărul minim de compartimente este $n = 2$; se poate adopta un singur compartiment, la stațiile de epurare de capacitate redusă ($Q_{uz,max,zi} < 50l/s$) completat cu un canal de ocolire;

2) Mărimea hidraulică (u_0) a particulelor de nisip și viteza de sedimentare în curent (u), pentru particule de nisip cu $\gamma = 2,65 \text{ tf/m}^3$, viteza orizontală $v_0 = 0,3 \text{ m/s}$ și diverse diametre ale granulelor (d) se consideră ca în tab. 7.2;

u_0 - viteza de sedimentare a unei particule solide într-un fluid aflat în repaos sau în regim de curgere laminar;

u - valoarea vitezei la care particula de nisip sedimentează (chiar în condițiile unui regim de curgere turbulent);

Tabel 7.2. Valori ale mărimii hidraulice și ale vitezei de sedimentare în curent pentru particule de nisip cu $\gamma = 2,65 \text{ tf/m}^3$

d (mm)	0,20	0,25	0,30	0,40
u_0 (mm/s)	23	32	40	56
u (mm/s)	16	23	30	45

3) Viteza orizontală medie a apei în deznisipator trebuie să se situeze în domeniul: $v_0 = 0,1 \dots 0,30 \text{ m/s}$; la intrarea și ieșirea din compartimentele deznisipatoarelor se vor prevedea stavile de închidere în scopul izolării fiecărui compartiment în caz de revizii, avarii sau reparații; pentru manevrarea acestora se vor realiza pasarele de acces cu lățimea de $0,80 \dots 1,20 \text{ m}$, prevăzute cu balustrade;

4) Încărcarea superficială, u_s , va trebui să respecte condiția:

$$u_s = \frac{Q_c}{A_0} \leq u \text{ (mm/s)} \quad (7.21)$$

unde:

A_0 – suprafața orizontală a oglinzii apei la debitul de calcul, (m^2);

7.5.3 Deznisipator orizontal longitudinal cu secțiune transversală parabolică

Parametrii de proiectare pentru deznisipatorul orizontal longitudinal cu secțiune transversală parabolică sunt:

- Timpul mediu de trecere a apei prin bazin: $t = 30 \dots 65$ s;
- Adâncimea apei în deznisipator se recomandă: $H = 0,4 \dots 1,5$ m;
- Lățimea compartimentelor va respecta dimensiunile recomandate pentru utilajul de evacuare a nisipului (podul curățitor);
- Cantitatea specifică de nisip ce trebuie evacuată se va considera:
 - în procedeu separativ:
 - $C = 4 \dots 6 \text{ m}^3 \text{ nisip} / 100.000 \text{ m}^3 \text{ apă uzată, zi}$;
 - în procedeu unitar și mixt:
 - $C = 8 \dots 12 \text{ m}^3 \text{ nisip} / 100.000 \text{ m}^3 \text{ apă uzată, zi}$;
- Rigola longitudinală de colectare a nisipului va avea o secțiune transversală cu dimensiuni de minim 0,40 m lățime și 0,25 m adâncime;

Debitul la care se raportează cantitățile specifice de nisip este $Q_{u,zi,max}$.

7.5.4 Deznisipator orizontal tangențial

Este alcătuit dintr-o cuvă circulară în care accesul apei se face tangențial printr-o fereastră laterală prevăzută în perete. Mișcarea circulară care se realizează este menținută și la debite mici cu ajutorul unor palete fixate rigid de un tub mobil care este acționat într-o mișcare de rotație de un grup electromotor – reductor de turație .

Mișcarea circulară imprimată apei admisă tangențial, este menținută la o viteză periferică de 0,30 m/s, aceasta fiind controlată prin accelerarea sau încetinirea rotației paletelor.

Prin interiorul tubului mobil trece conducta air-liftului care evacuează nisipul pe o platformă de drenaj amplasată adiacent bazinului.

Deznisipatorul poate fi alcătuit dintr-o singură cuvă, deoarece prin jocul unor stăvilare se poate realiza ocolirea bazinului, sau din module de câte două cuve cuplate și amplasate simetric.

În figura 7.2 este prezentată schița unui deznisipator orizontal – tangențial.

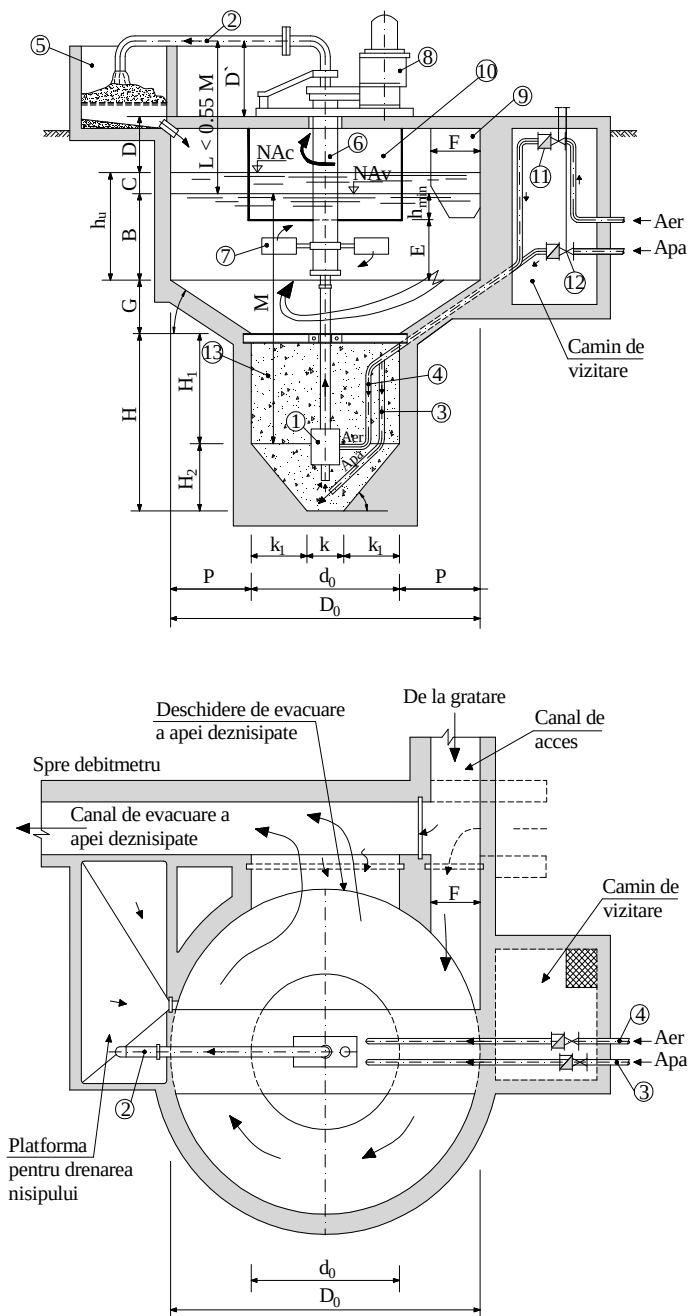


Figura 7.2. Deznisipator orizontal tangențial. Secțiune transversală și plan.

- 1- air – lift; 2-conductă de evacuare nisip; 3-conductă de apă; 4-conductă de aer comprimat;
 5-platfomă pentru drenarea nisipului; 6-tub mobil; 7-palete; 8-electromotor;
 9-deschidere de acces a apei în deznisipator; 10-deschidere de evacuare a apei deznisipate;
 11-clapet de reținere; 12-vană; 13-spațiu pentru colectarea nisipului.

7.5.5 Deznisipator cu insuflare de aer

Denumit și deznisipator aerat, acest obiect tehnologic constă dintr-un canal longitudinal în care se insuflă aer comprimat sub formă de bule fine prin intermediul conductelor perforate, discuri sau plăci cu membrană elastică perforată; dispozitivul de insuflare este amplasat asimetric în secțiunea transversală, în apropierea unuia dintre pereții bazinului. Mișcarea apei în bazin este de tip elicoidal, nisipul conținut în apa uzată fiind proiectat pe peretele opus zonei de insuflare a aerului; acesta cade de-a lungul acestui perete spre partea inferioară a bazinului unde este reținut într-o rigolă longitudinală al cărei ax este amplasat la 1/3 din lățimea compartimentului (măsurată de la peretele lângă care se insuflă aerul); insuflarea aerului se face pe toată lungimea bazinului.

Parametrii de proiectare recomandați pentru acest tip de deznisipator sunt:

- Încărcarea superficială; pentru separarea nisipului cu $d \geq 0,25$ mm la o eficiență de peste 85% se va considera :

- pentru debitul de calcul: $u_s = \frac{Q_c}{A_o} \leq 19 \dots 20$ (mm/s) (7.22)

- pentru debitul zilnic maxim: $u_s' = \frac{Q_{uzi,max}}{A_o} \leq 9 \dots 9,5$ (mm/s) (7.23)

În cazul deznisipatoarelor aerate, $u_s \leq u$, a unei particule de diametru d care sedimentează chiar în condițiile turbulenței existente în bazin.

- Viteza medie orizontală:

$$V_o = \frac{Q_c}{n \cdot B_1 \cdot H} \leq 0,1 \dots 0,2 \text{ (m/s)} \quad (7.24)$$

unde:

n – numărul de compartimente;

B_1 – lățimea unui compartiment;

H – adâncimea utilă, măsurată între nivelul apei și cota superioară a dispozitivului de insuflare a aerului;

- Raportul dintre lățime și adâncime: $\frac{B_1}{H} = 1,2$ (7.25)

- Se recomandă ca suprafața secțiunii transversale: $S_1 = B_1 \cdot H < 15$ (m²) (7.26)

- Raportul dintre lungimea și lățimea deznisipatorului: $m = \frac{L}{B_1} = 10 \dots 15$ (7.27)

- Viteza de curgere a aerului prin conductele sistemului de aerare se va considera 15 ... 20 m/s;
- Timpul mediu de staționare a apei în bazin:
 - pentru $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$: $t = 1 \dots 3$ min.
 - pentru $Q_c = Q_{uz,max,or}$: $t = 5 \dots 10$ min.
- Debitul specific de aer: $q_{aer} = 0,5 \dots 1,5 \text{ m}^3 \text{ aer/h, m}^3 \text{ volum util}$;
- Viteza periferică "de rulare" a apei, de 0,3 m/s, necesară antrenării nisipului depus spre canalul de colectare, va fi menținută prin reglarea debitului de aer insuflat funcție de debitul de apă vehiculat prin bazin, respectându-se relația:

$$\frac{Q_{aer}}{Q_c} = 0,025 \dots 0,1 \quad (7.28)$$

- Lățimea unui compartiment se alege funcție de deschiderea podului curățitor;
- Aerul necesar se va asigura de la o stație de suflante;

7.5.6 Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer

Aceasta construcție reunește 2 obiecte tehnologice distincte: deznisipatorul și separatorul de grăsimi. Avantajele rezultate:

- economie de investiție și de spațiu ocupat;
- reducerea cheltuielilor de exploatare;
- reducerea volumelor de lucrări de construcții;

Deznisipatorul aerat este identic cu cel descris în § 7.5.5, la care ecranul longitudinal este prevăzut la partea inferioară cu un grătar din bare verticale pentru disiparea energiei curentului transversal de apă.

Parametrii de proiectare pentru acest obiect sunt:

- Debitele de calcul și de verificare:
 - în procedeul de canalizare separativ:
 - $Q_c = Q_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;
 - în procedeul de canalizare unitar și mixt:
 - $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$;
 - $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

- Încărcarea superficială recomandată:
 - $u \leq 6 \dots 7 \text{ mm/s}$, pentru Q_c ;
 - $u_s \leq 6 \dots 7 \text{ mm/s}$, pentru Q_v ;
- Timpul mediu de staționare în bazin:
 - pentru Q_c : $t = 2 \dots 5 \text{ min.}$
 - pentru Q_v : $t = 10 \dots 15 \text{ min.}$
- Debitul specific de aer: $q_{aer} = 0,5 \dots 1,5 \text{ m}^3 \text{ aer/h, m}^3 \text{ volum util}$;
- Raportul debitelor de aer și de apă:

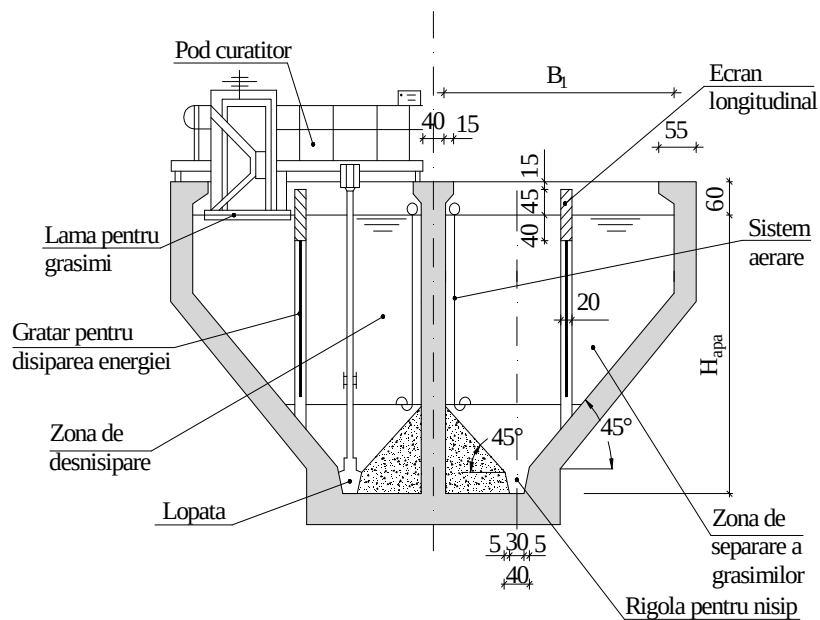
$$\frac{Q_{aer}}{Q_c} = 0,1 \dots 0,22 \quad (7.29)$$

$$\frac{Q_{aer}}{Q_v} = 0,2 \dots 0,5 \quad (7.30)$$

Grăsimile separate din apă se colectează într –un compartiment situat în zona aval de unde sunt evacuate gravitațional sau prin pompare într-un cămin de colectare a grăsimilor, în bazinul de aspirație al stației de pompare a nămolului sau direct la fermentare, dacă sunt biodegradabile.

O schemă a deznisipatorului – separator de grăsimi cu insuflare de aer este dată în figura 7.3.

Secțiune transversală



Secțiune longitudinală

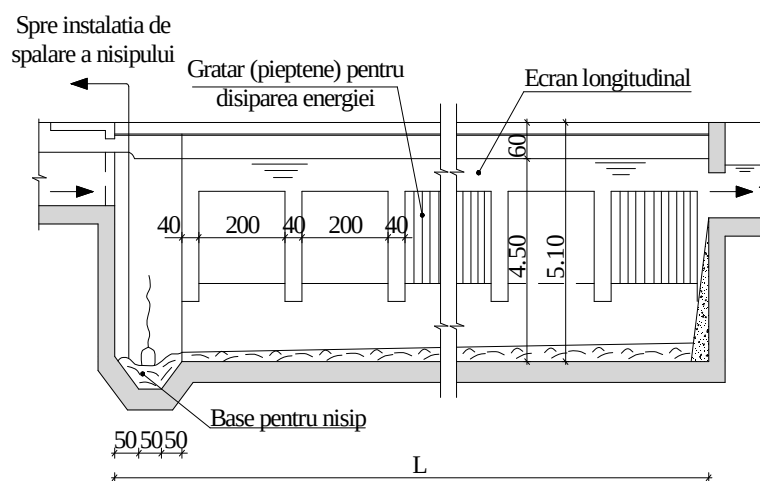


Figura 7.3. Deznisipator – separator de grăsimi cu insuflare de aer.

7.6 Separatoare de grăsimi

Separatoarele de grăsimi sunt construcții descoperite care utilizează principiul fizic al flotației naturale și artificiale pentru separarea din apă a grăsimilor, uleiurilor, produselor petroliere și a altor substanțe nemiscibile și mai ușoare decât apa.

Aceste tipuri de separatoare rețin grăsimile aflate în apă sub formă liberă (peliculă sau film) ori sub formă de particule independente formând cu apa emulsii mecanice de tip mediu sau grosier (diametrul particulelor de grăsime $d_p > 50 \mu\text{m}$).

Prevederea separatoarelor de grăsimi în stațiile de epurare a apelor uzate orășenești **este obligatorie** în următoarele cazuri:

- când concentrația grăsimilor din apa uzată exprimată prin substanțele extractibile în eter de petrol, este $\geq 20 \text{ mg/dm}^3$ (se vor avea în vedere șocurile de încărcare cu grăsimi, previzibile sau accidentale ale influentului stației de epurare);
- când schema tehnologică a stației de epurare cuprinde treaptă biologică artificială sau naturală;

În schema tehnologică a stației de epurare, separatorul de grăsimi se amplasează între deznisipatoare și decantoarele primare; deznisiparea apelor uzate în amonte de separatoarele de grăsimi este obligatorie.

La stațiile de epurare medii ($Q_{uz,max,zi} = 50 \dots 250 \text{ l/s}$) și mari ($Q_{uz,max,zi} > 250 \text{ l/s}$) se recomandă utilizarea deznisipatorului – separator de grăsimi cu insuflare de aer.

În stațiile de epurare a apelor uzate orășenești se utilizează frecvent următoarele tipuri de separatoare de grăsimi:

- deznisipatoare-separator de grăsimi cu insuflare de aer (§ 7.5.6);
- separatoare de grăsimi cu insuflare de aer la joasă presiune ($0,5 \div 0,7 \text{ at.}$);
- separatoare de grăsimi cu plăci paralele sau cu tuburi înclinate;

7.6.1 Debite de dimensionare și verificare

- Debitul de calcul al separatoarelor de grăsimi este pentru toate procedeele de canalizare: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- Debitul de verificare:
 - în procedeu separativ: $Q_v = Q_{uz,max,or}$;
 - în procedeu unitar și mixt: $Q_v = 2Q_{uz,max,or}$;

7.6.2 Parametrii de proiectare

Separatoarele de grăsimi trebuie prevăzute cu minimum două compartimente în funcțiune. În cazul unor debite de apă uzată sub 50 l/s, se poate admite un singur compartiment, cu obligativitatea prevederii unui canal de ocolire. La proiectarea separatoarelor de grăsimi se va ține seama de prevederile STAS 12264/1991.

Parametrii de proiectare recomandați pentru separatoarele de grăsimi cu insuflare de aer de joasă presiune sunt:

- Viteza de ridicare a particulelor de grăsime $v_r = 8 \dots 15$ m/h;
- Încărcarea superficială:

$$u_s = \frac{Q_c}{A_o} = \frac{Q_c}{n \cdot B_1 \cdot L} \leq v_r \text{ (mm/s)} \quad (7.31)$$

unde:

n – numărul de compartimente în funcțiune;

B₁ – lățimea unui compartiment, $B_1 = 2,0 \dots 4,5$ m;

L – lungimea utilă, (m);

A_o – aria suprafeței orizontale, (m²);

- Se recomandă raportul $\frac{L}{B_1} \geq 2,5$;
- Timpul mediu de trecere al apei prin separator:

$$t = \frac{V}{Q_c} = \frac{n \cdot S_1 \cdot L}{Q_c} = \frac{L}{v_L} \geq 5 \dots 12 \text{ min} \quad (7.32)$$

unde:

V – volumul util al separatorului de grăsimi, (m³);

n – numărul de compartimente în funcțiune;

S₁ – aria secțiunii transversale a unui compartiment :

$$S_1 = \frac{B_1 + b}{2} \cdot H \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.33)$$

H – adâncimea apei în separator, $H = 1,2 \dots 3,0$ m;

L – lungimea utilă, (m);

v_L – viteza longitudinală de curgere a apei prin separator (valoarea medie pe secțiune)

se calculează cu relația:

$$v_L = \frac{Q_c}{n \cdot S_1} = \frac{L}{t} \text{ (cm/s)} \quad (7.34)$$

Viteza longitudinală de curgere trebuie să îndeplinească condiția:

$$v_L \leq 15 \cdot u_s \quad (7.35)$$

- Supraînălțarea h_v a pereților deversori ai jghiaburilor de colectare a grăsimilor peste nivelul apei aferent debitului de calcul, se determină din condiția ca la debitul de verificare, apa să nu depășească creasta acestor pereți deversori iar timpul mediu de trecere a apei prin separator să respecte condiția:

$$t_v = \frac{V_v}{Q_v} = \frac{V+n \cdot B_1 \cdot L \cdot h_v}{Q_v} \geq 4 \dots 5 \text{ min} \quad (7.36)$$

- Cantitatea de aer insuflat este funcție de debitul de apă care se epurează la un moment dat, astfel încât pentru obținerea unei eficiențe ridicate și constante, este necesară reglarea debitului de aer insuflat funcție de mărimea debitului de apă tratat; se vor prevedea în acest sens dispozitive de reglare automată;
- Debitul specific de aer ce trebuie insuflat se va considera (raportarea se face la $Q_{uz,max,zi}$):
 - $q_{aer} = 0,3 \text{ m}^3 / \text{h aer}/(\text{m}^3/\text{h})$ apă uzată în cazul insuflării aerului sub formă de bule fine și medii prin materiale poroase sau prin dispozitive cu membrană elastică perforată;
 - $q_{aer} = 0,6 \text{ m}^3 / \text{h aer}/(\text{m}^3/\text{h})$ apă uzată în cazul insuflării aerului prin conducte perforate;

Alegerea utilajului de producere a aerului comprimat (suflante) se va face pentru o presiune relativă de 0,5 – 0,7 at. și pentru un debit de aer:

$$Q_{aer} = q_{aer} \cdot Q_c \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (7.37)$$

7.7 Decantorul primar

Decantoarele primare sunt construcții descoperite care au rolul de a reține din apele uzate orășenești sau industriale cu caracteristici similare, substanțele în suspensie sedimentabile gravimetric care au trecut de deznisipatoare și separatoare de grăsimi.

Decantoarele primare sunt amplasate în aval de separatoarele de grăsimi sau de treapta de degrosare atunci când separatoarele lipsesc din schema de epurare; în cazul stațiilor de epurare ce deservește o canalizare în procedeu unitar sau mixt decantoarele vor fi precedate obligatoriu de

deznisipatoare, lucru ce se impune și în procedeul separativ pentru debite ce depășesc debite de $3.000 \text{ m}^3/\text{zi}$.

Substanțele reținute poartă denumirea de nămoluri primare; umiditatea acestor nămoluri este $w_p = 95 \dots 96\%$; în aceste nămoluri sunt conținute și o parte din substanțele organice din apele uzate, astfel încât decantoarele primare rețin odată cu materiile în suspensie și substanțe organice.

Eficiențele reținerii prin decantare primară a substanțelor în suspensie (MTS) și a substanțelor organice exprimate prin consumul biochimic de oxigen la 5 zile (CBO_5) sunt prezentate în § 5.1.1.

În cazuri justificate tehnic și economic, pe baza încărcării organice a apelor uzate și tehnologia adoptată pentru treapta de epurare biologică, decantoarele primare pot lipsi din schema tehnologică a stației de epurare și anume:

- când epurarea se realizează în instalații biologice compacte de capacitate mică (soluție cu bazine de aerare);
- când apele uzate ce urmează a fi epurate au proveniență exclusiv menajeră și debite $Q_{uz,max,zi}$ până la 200 l/s , iar epurarea biologică se realizează în soluția cu bazine de aerare;
- când eficiența decantării primare în reținerea MTS prin sedimentare gravimetrică este sub 40% ;

Alegerea tipului de decantor, a numărului de compartimente și a dimensiunilor acestora se face pe baza calculului tehnico-economic comparativ, a cantității și calității apei brute și a parametrilor de proiectare recomandați pentru fiecare caz în parte.

7.7.1 Debite de dimensionare și verificare

Debitele de calcul și verificare ale decantoarelor primare sunt:

- Debitul de calcul:
 - Pentru procedeu separativ: $Q_c = Q_{uz,max,or}$;
 - Pentru procedeu unitar și mixt: $Q_c = 2Q_{uz,max,or}$;
- Debitul de verificare:
 - Pentru procedeu separativ: $Q_v = Q_{uz,min,or}$;
 - Pentru procedeu unitar sau mixt: $Q_v = Q_{uz,min,or}$;

7.7.2 Parametrii de dimensionare ai decantoarelor primare

Numărul de decantoare va fi de minim 2 unități, ambele utile, fiecare putând funcționa independent.

Pentru funcționarea corectă a unităților de decantare se impune distribuția egală a debitelor între unitățile respective; aceasta se realizează prin prevederea în amonte de decantoare a unei camere de distribuție a debitelor (distribuitoare); camera de distribuție trebuie să asigure echipartitia debitelor prin realizarea unei deversări neînecate și a unei alcătuirii constructive care să conducă la evitarea depunerilor în compartimentele camerei respective; ansamblul instalației de decantare va fi prevăzut cu un canal de ocolire care să asigure scoaterea din funcțiune, în caz de necesitate, a fiecărei unități de decantare și să asigure preaplinul de siguranță.

Principalii parametri de dimensionare ai decantoarelor primare sunt:

- Debitul apelor uzate (§ 7.7.1);
- Viteza de sedimentare a particulelor (u); în lipsa unor date experimentale, u , se va stabili în funcție de eficiența impusă în reținerea suspensiilor (e_s) și de concentrația inițială în suspensii a apelor uzate (c_{uz}), conform tabelului 7.3; pentru apele uzate industriale cu caracteristici diferite de cele urbane, parametrii de dimensionare se vor stabili pe bază de studii "in situ".

Tabel 7.3. Valori ale vitezei de sedimentare.

Nr. crt.	Eficiența reținerii suspensiilor în decantor e_s (%)	Concentrația inițială a suspensiilor (C_{uz})		
		$C_{uz} < 200 \text{ mg/l}$	$200 \text{ mg/l} \leq C_{uz} < 300 \text{ mg/l}$	$C_{uz} \geq 300 \text{ mg/l}$
		Viteza de sedimentare (u) (m/h)		
1	40 ... 45	2,3	2,7	3,0
2	46 ... 50	1,8	2,3	2,6
3	51 ... 55	1,2	1,5	1,9
4	56 ... 60	0,7	1,1	1,5

- Încărcarea superficială (u_s) trebuie să respecte condiția:

$$u_s = \frac{Q_c}{A_o} \leq u \quad (7.38)$$

unde:

A_o – suprafața orizontală a luciului de apă din decantor, (m^2);

u – viteza de sedimentare stabilită conform tab.7.3;

- Viteza maximă de curgere a apei prin decantor:
 - pentru decantoarele orizontale: $v_{\max} = 10 \text{ mm/s}$;
 - pentru decantoarele verticale: $v_{\max} = 0,7 \text{ mm/s}$;
- Timpul de decantare de calcul (t_c) și de verificare (t_v).
 - La debitul de calcul: $t_c = 1,5 \text{ h}$;
 - La debitul de verificare:
 - dacă stația de epurare are numai treaptă de epurare mecanică sau dacă decantoarele primare sunt urmate de bazine cu nămol activat iar procedeul de canalizare este unitar sau mixt: $t_v = 0,5 \text{ h}$;
 - dacă procedeul de canalizare este separativ: $t_v = 1 \text{ h}$;
 - dacă decantoarele primare sunt urmate de filtre biologice: $t_v = 1 \text{ h}$;

Accesul și evacuarea apei din decantor sunt definitorii pentru eficiența procesului de sedimentare. Pentru acces se recomandă prevederea de defletoare sau ecrane semi-scutundate ori realizarea unor orificii în peretele frontal amonte care să permită repartiția uniformă a firelor de curent pe întreaga secțiune transversală de curgere; determinarea numărului de defletoare se face pe baza debitului aferent unui deflector $q_d = 4 \dots 7 \text{ l/s}$, deflector și a distanței dintre ele $a = 0,75 \dots 1,00 \text{ m}$, atât pe verticală cât și pe orizontală.

Evacuarea apei se face de obicei prin deversare peste unul sau ambii pereți ai rigolelor de colectare a apei decantate. Pentru realizarea unei colectări uniforme pe toată lungimea de deversare, se prevăd deversoare metalice triunghiulare amovibile pe verticală, care să asigure înălțimea egală a lamei de apă.

În amonte de peretele deversor al rigolei de colectare a apei limpezite, la $0,30 \dots 0,40 \text{ m}$ se prevede un ecran semi-scutundat cu muchia inferioară la $0,25 \text{ m}$ sub nivelul minim al apei și muchia superioară la cel puțin $0,20 \text{ m}$ deasupra nivelului maxim al apei.

Evacuarea apei decantate se poate realiza și printr-un colector alcătuit din conductă submersată, cu fante (orificii), care are avantajul de a elimina influența vântului și peretele (ecranul) semi-scutundat și de a reduce substanțial abaterile de la orizontalitate a sistemului de colectare. Curgerea în conductă trebuie să fie cu nivel liber.

Lungimea deversoarelor trebuie să fie stabilită astfel încât debitul specific de apă pentru **1 m** lungime de deversor să nu depășească valorile următoare:

$$- q_d^c \leq 60 \text{ m}^3/\text{h.m.}, \text{ la } Q_c;$$

$$- q_d^v \leq 180 \text{ m}^3/\text{h.m.}, \text{ la } Q_v;$$

Când valorile de mai sus sunt depășite, se recomandă creșterea lungimii de deversare prin realizarea de rigole paralele sau, la decantoarele radiale și verticale, prin prevederea de rigole radiale suplimentare. Înălțimea de siguranță (garda hidraulică) a pereților decantorului deasupra nivelului maxim al apei va fi de minim 0,3m.

7.7.3 Decantoare orizontale longitudinale

Sunt bazine din beton armat, de regulă descoperite, cu secțiune transversală dreptunghiulară, având lățimea unui compartiment b_1 , adâncimea utilă h_u și lungimea L (fig. 7.4). Admisia apei în decantor se face prin defletoare sau orificii practicate în perețele despărțitor dintre camera de intrare și compartimentul decantor, sau prin deversare uniformă pe toată lățimea decantorului peste perețele rigolei de aducțiune a apei.

În partea amonte a bazinului este prevăzută o pâlnie (bașă) pentru colectarea nămolului din care acesta este evacuat hidraulic, prin sifonare sau pompare, continuu sau intermitent, spre construcțiile de prelucrare a nămolului; intervalul de timp dintre două evacuări se stabilește funcție de tehnologia de epurare adoptată și de caracteristicile nămolului, recomandându-se să nu se depășească $4 \div 6$ ore, în scopul evitării intrării în fermentare a nămolului.

Îndepărtarea nămolului din pâlnie se face prin conducte cu diametrul de minim 200 mm, viteza minimă admitându-se de 0,70 m/s; nămolul depus pe radierul bazinului este dirijat către pâlnia de nămol din amonte, prin intermediul unui pod cu lamă racloare a cărei viteză de deplasare se va adopta $2 \dots 5$ cm/s, astfel încât ciclul tur – retur să nu depășească 45 minute și deplasarea podului raclor să nu repună în stare de suspensie nămolul depus pe radier. Curățarea nămolului de pe radier și transportul acestuia spre pâlnia colectoare amonte poate fi realizată și de racloare submersate de tip lanț fără sfârșit (lanț cu racleți), lamele racloare sunt așezate la distanța de 2,0 m, iar viteza de mișcare a lanțului este de $1,5 \dots 4,0$ cm/s. Pot fi adoptate și alte tipuri de racloare.

Pentru lățimi ale compartimentelor de decantare $b_1 > 6$ m se vor realiza două pâlnii de colectare a nămolului; lățimea unui compartiment nu va depăși 9 m.

Pentru evitarea antrenării spumei și uneori a grăsimilor și plutitorilor colectați de pe suprafața apei (frunze etc.) odată cu apa decantată, în avalul decantoarelor se prevăd pereți semi-

scufundați amplasați la $0,30 \div 0,50$ m în fața deversoarelor și la $0,25 \div 0,30$ m sub nivelul minim al apei; muchia superioară a acestor pereți se plasează cu minim 0,20 m deasupra nivelului maxim al apei din decantor.

Grăsimile și alte materii plutitoare sunt împinse de lame de suprafață prinse de podul raclor sau de lanțul fără sfârșit și colectate într-un jgheab pentru grăsimi, așezat în partea aval a decantorului; printr-o conductă, grăsimile ajung într-un cămin (rezervor) pentru grăsimi amplasat în vecinătatea decantorului, fiind apoi evacuate prin vidanjare sau pompare.

7.7.3.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale

Dimensionarea decantoarelor orizontale longitudinale se face utilizându-se următoarele relații de calcul:

- Volumul decantorului:

$$- \text{dimensionare: } V_d = Q_c \cdot t_c \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.39)$$

$$- \text{verificare: } V_v = Q_v \cdot t_v \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.40)$$

unde: Q_c , Q_v , t_c , t_v sunt definiți în paragrafele anterioare;

- Secțiunea orizontală a decantorului:

$$A_o = \frac{Q_c}{u_s} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.41)$$

$$A_o = n \cdot b_1 \cdot L \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.42)$$

unde:

u_s – definită în paragraful anterior (tab.7.3);

n – numărul de compartimente de decantare;

L , b_1 – conform fig. 7.4;

- Secțiunea transversală a decantorului:

$$S = \frac{Q_c}{v_o} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.43)$$

$$S = \frac{V_d}{L} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.44)$$

$$S = n \cdot b_1 \cdot h_u \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.45)$$

unde:

v_o – viteza orizontală a apei definită în paragraful anterior;

L , b_1 , h_u – conform fig. 7.4;

- Lungimea decantorului:

$$L = v_o \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (7.46)$$

- Lățimea decantorului (valori recomandate: 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0m):

$$b_1 = \frac{A_o}{n \cdot L} \quad (\text{m}) \quad (7.47)$$

- Raportul :

$$4 \leq \frac{L}{b_1} \leq 10 \quad (7.48)$$

- Adâncimea utilă a spațiului de decantare:

$$h_u = u \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (7.49)$$

$$\frac{L}{25} \leq h_u \leq \frac{L}{10} \quad (7.50)$$

- Debitul specific al deversorului (evacuare apă decantată):

$$q_d^c = \frac{Q_c}{n \cdot b_1} \leq 60 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (7.51)$$

$$q_d^v = \frac{Q_v}{n \cdot b_1} \leq 180 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (7.52)$$

Dacă aceste condiții nu sunt respectate, se vor prevedea lungimi de deversare suplimentare.

- Cantitatea zilnică de materii solide, exprimată în substanță uscată, în greutate, din nămolul primar este:

$$N_p = e_s \cdot c_{uz} \cdot Q_c \quad (\text{kg/zi}) \quad (7.53)$$

unde: e_s , c_{uz} – definite în tab.7.3; Q_c – debitul de calcul definit în § 7.7.1.

- Volumul de nămol primar:

$$V_{np} = \frac{N_p}{\gamma_n} \cdot \frac{100}{100 - w_p} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (7.54)$$

unde:

$\gamma_n = 1008 \dots 1200 \text{ (kgf/m}^3\text{)}$ - greutatea specifică a nămolului;

$w_p = 95 \dots 96 \%$;

Volumele de nămol reținute în decantorul primar trebuie mărite în schemele de epurare în care se folosește coagulant sau când se trimite în decantor nămol biologic din decantoarele secundare.

Volumul pâniilor de nămol se stabilește astfel încât volumul geometric care se realizează (V_{pg}) să fie mai mare sau cel puțin egal cu volumul de nămol dintre două evacuări; evacuarea

poate fi realizată continuu dacă nămolul rezultă în cantități mari, sau intermitent, la maxim $4 \div 6$ h spre a se evita intrarea în fermentare a nămolului.

Notând cu t_{ev} (h) timpul dintre două evacuări, rezultă numărul de evacuări (șarje):

$$n_{ev} = \frac{24}{t_{ev}} \quad (7.55)$$

Volumul de nămol dintre 2 evacuări aferent unui compartiment de decantare:

$$V_{ev} = \frac{V_{np}}{n_{ev} \cdot n} \quad (\text{m}^3 / \text{evacuare}) \quad (7.56)$$

unde: V_{np} , n_{ev} – definiți anterior; n – numărul de compartimente de decantare;

$$\text{Se verifică dacă : } V_{pg} \geq V_{ev} \quad (7.57)$$

Dacă în decantorul primar se trimite nămol **în exces** din decantoarele secundare (în schemele cu bazine cu nămol activat) sau **nămol biologic** (în schemele cu filtre biologice), atunci volumul pâlniei de nămol V_{pg} se va majora corespunzător.

Adâncimea totală a decantorului, măsurată în secțiunea mijlocie (la distanța $L/2$ de intrarea apei în decantor) este:

$$H = h_s + h_u + h_n + h_d \quad (\text{m}) \quad (7.58)$$

unde:

h_s – este înălțimea zonei de siguranță care se adoptă $0,30 \div 1,00$ m, în funcție de înălțimea lamei racloare, în cazul în care aceasta, în cursa pasivă, este deasupra nivelului apei și de influența valurilor funcție de intensitatea vânturilor, conform STAS 10101-20/1990;

h_u – adâncimea utilă a decantorului stabilită cu relația (7.49);

h_n – înălțimea stratului neutru, care desparte spațiul de sedimentare de cel de depunere a nămolului și care se ia de obicei de $0,30$ m;

h_d – înălțimea stratului de depunere, considerat în calcule de $0,20 \dots 0,30$ m;

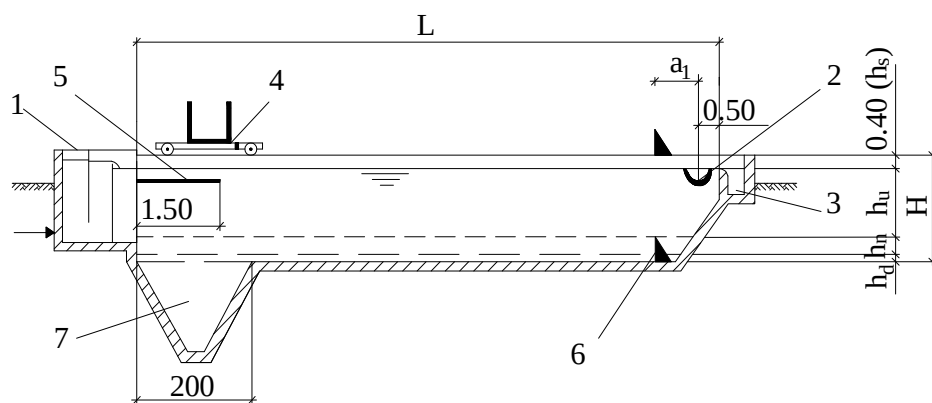
Rigolele de colectare a apei limpezite se vor dimensiona la debitul de verificare Q_v astfel încât în secțiunea cea mai solicitată viteza să fie de minimum $0,7$ m/s. Sistemul de colectare a apei limpezite trebuie să asigure o colectare uniformă prin deversare în regim neînnecat. În tabelul 7.4 și în figura 7.4 sunt prezentate dimensiunile recomandate pentru proiectarea decantoarelor longitudinale orizontale.

Tabel 7.4. Dimensiuni caracteristice ale decantoarelor orizontale longitudinale.

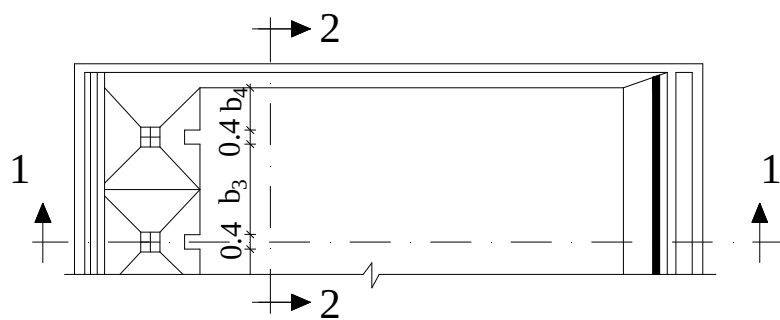
Nr. crt.	b_1 (m)	L (m)	$A_{01}=b_1L$ (m ²)	b_2 (m)	b_3 (m)	b_4 (m)	h_u (m)	h_s (m)	h_n (m)	h_d (m)	H (m)	Ec (m)	$S=b_1h$ (m ²)	$V_u=A_{01}*h_u$ (m ³)	a_1 (m)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,0	20...30	60...90	2,3	1,10	0,20	1,80	0,40	0,20	0,20	2,60	2,90	5,40	108...162	0,27
2	4,0	25...40	100...160	3,3	1,60	0,45	2,00	0,40	0,20	0,20	2,80	3,90	8,00	195...312	0,27
3	5,0	30...50	150...250	4,3	2,10	0,70	2,20	0,40	0,20	0,20	3,00	4,90	11,00	322...537	0,27
4	6,0	40...55	240...330	5,3	2,60	0,85	2,50	0,40	0,20	0,30	3,40	5,90	15,00	540...835	0,26
5	7,0	45...60	315...420	6,3	3,10	1,20	2,65	0,40	0,20	0,35	3,60	6,90	18,55	835...1130	0,25
6	8,0	50...65	400...520	7,3	3,60	1,45	2,80	0,40	0,20	0,40	3,80	7,90	22,40	1120...1456	0,23
7	9,0	55...70	495...630	8,3	4,10	1,70	2,95	0,40	0,20	0,45	4,00	8,90	26,55	1460...1860	0,23

* A_{01} – aria orizontală utilă a unui compartiment de decantare;

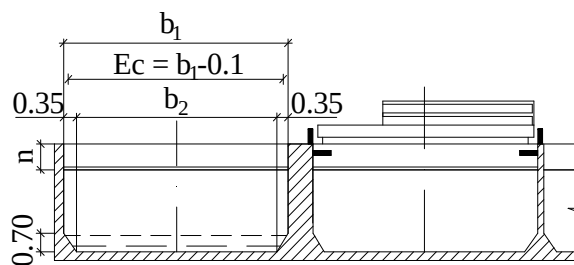
Notă: Semnificații notații tabel vezi fig. 7.4.



Sectiunea 1-1



Vedere in plan



Sectiunea 2-2

Figura 7.4. Decantor orizontal – longitudinal.

- 1 – sistem de distribuție a apei; 2 – jgheab pentru colectarea materiilor plutitoare;
3 – rigolă pentru colectarea apei decantate cu deversor triunghiular; 4 – pod raclor;
5 – tampon amonte pod raclor; 6 – tampon aval pod raclor; 7 – pâlnie colectare pentru nămol.

7.7.4 Decantoare orizontale radiale

Sunt bazine cu forma circulară în plan, în care apa este admisă central prin intermediul unei conducte prevăzută la debușare cu o pâlnie (difuzor) a cărei muchie superioară este situată la $20 \div 30$ cm sub planul de apă. Apa limpezită este evacuată printr-o rigolă perimetrală (fig. 7.5) sau prin conductă submersată cu fante.

Circulația apei se face orizontal după direcție radială, de la centru spre periferie; din conducta de acces, apa iese pe sub un cilindru central semiscufundat, cu muchia inferioară situată la o adâncime sub planul de apă egală cu $2/3$ din înălțimea zonei de sedimentare h_u . În alte variante, apa iese din cilindrul central prin intermediul unor orificii cu defletoare practicate în perețele acestuia, sau printr-un grătar de uniformizare cu bare verticale. Distribuția uniformă a apei de la centru spre periferie se poate realiza și prin intermediul unui dispozitiv de tip lălea Coandă.

Cilindrul central, al cărui diametru este de $10 \div 20\%$ din diametrul decantorului, sprijină pe radierul bazinului prin intermediul unor stâlpi.

La partea superioară a cilindrului central se prevede o structură de rezistență capabilă să preia forțele generate de podul raclor al cărui pivot este amplasat pe structura de rezistență respectivă. Celălalt capăt al podului raclor sprijină pe perețele exterior al bazinului prin intermediul unor roți pentru asigurarea funcționării bune iarna.

Podul raclor de suprafață este alcătuit dintr-o grindă cu montanți articulați prevăzuți la partea inferioară cu lame racloare. Acestea curăță nămolul de pe radier și îl conduc către conul central care constituie pâlnia de colectare a nămolului. De aici, nămolul este evacuat prin diferență de presiune hidrostatică, prin sifonare sau prin pompare, spre treapta de prelucrare ulterioară a nămolului; de podul raclor este prins un braț metalic prevăzut cu o lamă racloare de suprafață care împinge grăsimile și spuma de la suprafața apei spre periferie, către un cămin sau alt dispozitiv de colectare a acestora.

Prevederile de mai sus nu exclud posibilitatea utilizării de poduri racloare submersate antrenate cu mecanisme speciale.

Rigola de colectare a apei decantate se amplasează la interiorul peretelui exterior acesteia la $1,0 \div 1,5$ m de perete. În primul caz, în perețele exterior al decantorului se practică ferestre prevăzute pe muchia interioară cu deversoare metalice cu dinți triunghiulari, reglabile pe verticală. În fața acestor deversoare, la cca. $30 \div 50$ cm distanță se prevede un perete semiscufundat, de formă circulară în plan, a cărui muchie inferioară este la minim $25 \div 30$ cm sub planul de apă. În

cel de-al doilea caz, peretele rigolei dinspre centrul bazinului are coronamentul deasupra nivelului apei, el servind drept perete obstacol pentru spuma și grăsimile de la suprafața apei. Apa decantată trece pe sub rigolă și deversează peste peretele circular exterior al rigolei, prevăzut și el cu plăcuțe metalice cu deversori triunghiulari reglabili pe verticală.

Colectarea în rigolă a apei limpezite se face prin deversare neînneacă. Colectarea apei limpezite se poate face și prin conductă submersată cu fante.

Radierul decantorului are o pantă de $6 \div 8 \%$ spre centru, iar radierul pâlniei de nămol o pantă de $2 : 1$. Diametrul decantoarelor radiale este cuprins între 16 și 50 m, iar adâncimea utilă h_u între 1,2 și 4,0 m. Viteza periferică a podului raclor variază între 10 și 60 mm/s, realizând $1 \div 3$ rotații complete pe oră.

Evacuarea nămolului se poate face continuu în cazul unor volume mari de nămol, sau la intervale de maxim $4 \div 6$ h, prin conducte cu Dn 200 mm prin care viteza nămolului să fie minim 0,7 m/s.

7.7.4.1 Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale

Dimensionarea decantoarelor orizontale radiale se face utilizând următoarele relații de calcul:

- Volumul decantorului:

$$V_d = Q_c \cdot t_c \quad (\text{m}^3) \quad (7.59)$$

$$V_d = Q_v \cdot t_v \quad (\text{m}^3) \quad (7.60)$$

unde: Q_c , Q_v , t_c , t_v sunt definiți în § 7.7.2;

Se adoptă valoarea cea mai mare din relațiile (7.59) și (7.60);

- Secțiunea orizontală a oglinzii apei:

$$A_0 = \frac{Q_c}{u_s} \quad (\text{m}^2) \quad (7.61)$$

- Adâncimea utilă a spațiului de decantare:

$$h_u = u \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (7.62)$$

Cu aceste elemente se intră în tabelul 7.5, prezentat în continuare și se stabilesc dimensiunile geometrice efective: D , d_3 , h_u , A_0 , V_d .

Tabel 7.5. Dimensiuni caracteristice ale decantoarelor orizontale radiale.

Nr. crt.	D (m)	D ₂ (m)	d ₁ (m)	$A_{01}^*=0,785(D^2-d_1^2)$ (m ²)	d ₂ (m)	d ₃ (m)	h _s (m)	h _u (m)	h _d (m)	H (m)	D ₁ (m)	B (m)	V _u =A ₀₁ *h _u (m ³)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	16	14,7	3,0	165	2,6	3,0	0,3	1,6	0,43	1,90	16,14	0,50	264
2	18	16,7	3,0	214	2,6	3,0	0,3	1,6	0,50	1,90	18,14	0,50	343
3	20	18,5	3,0	264	2,6	3,0	0,3	1,6	0,57	1,90	20,14	0,50	423
4	22	20,5	4,0	320	3,6	4,0	0,3	1,6	0,60	1,90	22,14	0,50	512
5	25	23,5	4,0	423	3,6	4,0	0,4	2,0	0,70	2,40	25,14	0,50	846
6	28	26,1	4,0	524	3,6	4,0	0,4	2,0	0,80	2,40	28,14	0,50	1.048
7	30	28,1	4,0	610	3,6	4,0	0,4	2,0	0,87	2,40	30,14	0,50	1.220
8	32	30,1	5,0	695	4,6	5,0	0,4	2,0	0,90	2,40	32,14	0,50	1.390
9	35	33,1	5,0	843	4,6	5,0	0,4	2,0	1,00	2,40	35,14	0,50	1.686
10	40	37,7	6,0	1.091	5,6	6,0	0,4	2,5	1,13	2,90	40,14	0,60	2.728
11	45	42,7	6,0	1.407	5,6	6,0	0,4	2,5	1,30	2,90	45,14	0,60	3.518

*A₀₁ – aria orizontală utilă a unui compartiment de decantare;

Observație:

Pentru diametre D > 45m, se impun întocmite studii prealabile privind regimul de curgere și sistemele de colectare.

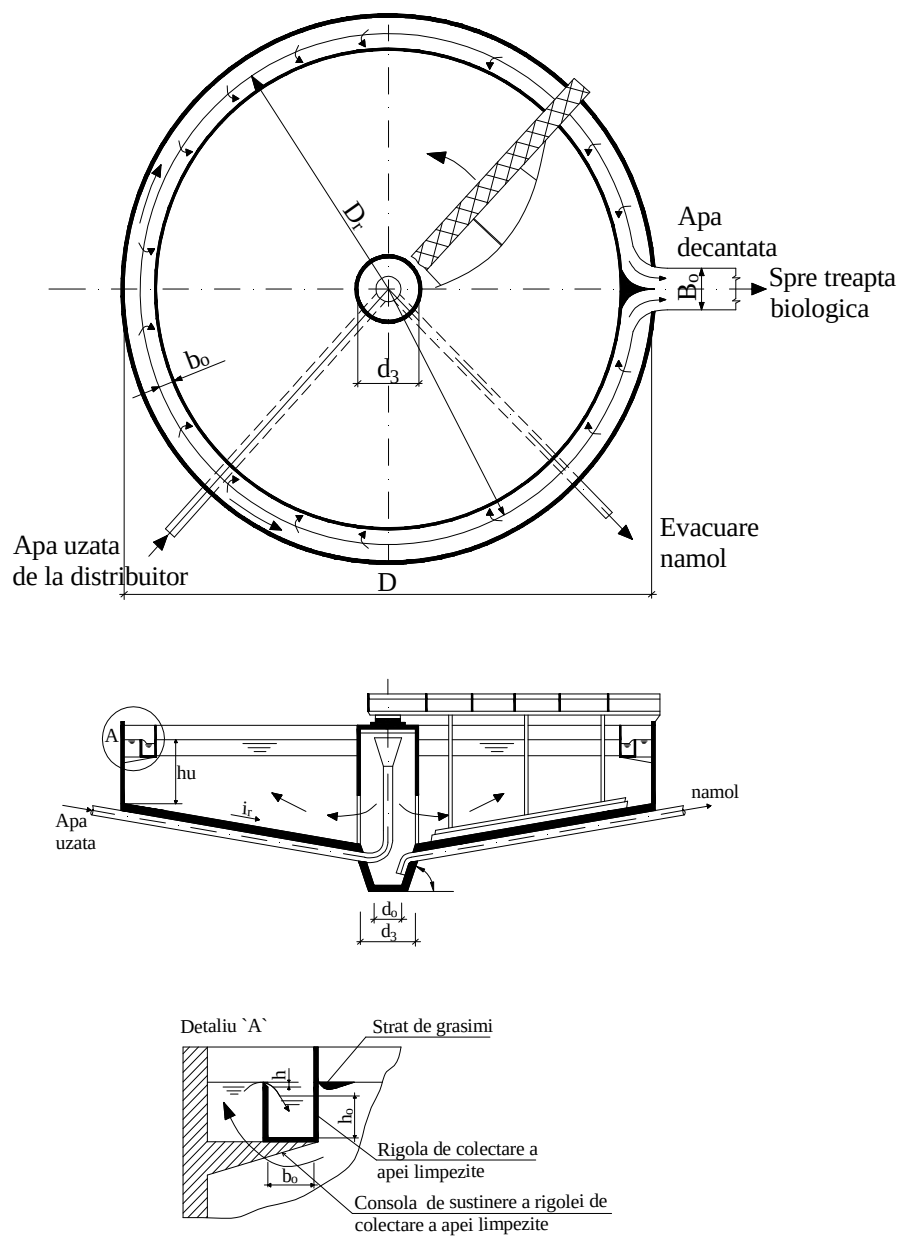


Figura 7.5. Decantor orizontal radial. Vedere în plan și secțiuni caracteristice.

După stabilirea dimensiunilor geometrice se verifică respectarea condițiilor următoare:

- Pentru decantoare cu $D = 16 - 30$ m:

$$10 \leq \frac{D}{h_u} \leq 15 \quad (7.63)$$

- Pentru decantoare cu $D = 30 - 50$ m:

$$15 \leq \frac{D}{h_u} \leq 20 \quad (7.64)$$

- Debitul specific deversat trebuie să îndeplinească condițiile (7.65) și (7.66):

$$q_d^c = \frac{Q_c}{\pi \cdot D_r} \leq 60 \text{ (m}^3 \text{ / h, m)} \quad (7.65)$$

$$q_d^v = \frac{Q_v}{\pi \cdot D_r} \leq 180 \text{ (m}^3 \text{ / h, m)} \quad (7.66)$$

unde: D_r – diametrul corespunzător peretelui deversor al rigolei;

- Adâncimea decantorului la perete (H_p) și la centru (H_c):

$$H_p = h_s + h_u \text{ (m)} \quad (7.67)$$

$$H_c = h_s + h_u + h_p + h_n \text{ (m)} \quad (7.68)$$

unde:

h_s – înălțimea de siguranță, (m);

h_u – înălțimea utilă, (m);

h_p – diferența de înălțime datorită pantei, (m);

h_n – înălțimea pâlniei de nămol (2 ... 3 m);

Volumul zilnic de nămol primar se determină conform relației (7.54) din § 7.7.3.1 și apoi se stabilesc durata dintre 2 evacuări, dimensiunile necesare pentru pâlnia de nămol, conductele și modul de evacuare a nămolului (prin diferență de presiune hidrostatică, pompare).

7.7.5 Decantoare verticale

Sunt construcții cu forma în plan circulară sau pătrată, în care mișcarea apei se face pe verticală, în sens ascendent. Se utilizează pentru debite zilnice maxime sub 5.000 m³/zi și sunt recomandate în special ca decantoare secundare după bazinele cu nămol activat sau filtrele biologice datorită avantajului prezentat de stratul gros de flocoane care mărește eficiența decantării.

Se construiesc pentru diametre până la 10 m iar utilizarea lor este limitată din cauza dificultăților de execuție.

Apa este introdusă într – un tub central (fig. 7.6) prin care curge în sens descendent cu o viteză $v_t \leq 0,10$ m/s. În camera exterioară tubului central, apa se ridică spre suprafață unde este colectată într-o rigolă perimetrală sau în rigole radiale care deșuează în cea perimetrală în cazul în care debitul specific deversat este depășit sau când diametrul decantorului este $> 7 - 8$ m.

Nămolul se depune în partea inferioară a bazinului, amenajată sub forma unui trunchi de con cu pereții înclinați față de orizontală cu mai mult de 45°.

Din pâlnia de nămol, acesta este evacuat prin diferență de presiune hidrostatică, prin sifonare sau pompare spre instalațiile de prelucrare ulterioară.

În scopul reținerii grăsimilor, spumei și a altor substanțe plutitoare se prevăd pereți semiscufundați în fața rigolelor de colectare a apei decantate.

Dimensionarea decantoarelor verticale se face utilizând următoarele relații de calcul:

- 1) Volumul decantorului se calculează cu relațiile (7.69) și (7.70) considerându-se valoarea cea mai mare rezultată din cele două relații:

$$V_d = Q_c \cdot t_c \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.69)$$

$$V_d = Q_v \cdot t_v \text{ (m}^3\text{)} \quad (7.70)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul, (m³/zi);

Q_v – debitul de verificare, (m³/zi);

t_c – timpul de decantare la Q_c , (h);

t_v – timpul de decantare la Q_v , (h);

- 2) Suprafața orizontală și adâncimea utilă a decantorului se calculează cu relațiile (7.71):

$$A_o = \frac{Q_c}{u_s} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.71)$$

unde:

u_s – este încărcarea superficială considerată egală cu viteza de sedimentare stabilită experimental sau, în lipsa datelor experimentale, conform tabelului 7.3 funcție de eficiența dorită e_s și de concentrația inițială în materii în suspensie a apelor uzate c_{uz} ;

Secțiunea tubului central: se adoptă 5% din suprafața de limpezire.

Se propune un număr de unități de decantare și se urmărește ca diametrul fiecărei unități să fie sub 10 m. Se verifică apoi relația:

$$\frac{h_u}{D - d} \geq 0,80 \quad (7.72)$$

unde:

D – diametrul decantorului;

d – diametrul tubului central;

În cazul în care relația (7.72) nu este verificată se va mări adâncimea h_u .

3) Înălțimea tubului central:

$$H_t = 0,8 \cdot h_u \quad (\text{m}) \quad (7.73)$$

unde: h_u se adoptă din condiția:

$$h_u = u_s \cdot T_d \leq 4 \quad (\text{m}) \quad (7.74)$$

$$T_d \geq 1,5 \text{ h};$$

4) Adâncimea totală a decantorului:

$$H = h_s + h_u + h_n + h_d \quad (\text{m}) \quad (7.75)$$

unde:

h_s – înălțimea de siguranță, (0,3 ÷ 0,5 m);

h_u – adâncimea utilă, (m);

h_n – înălțimea zonei neutre (0,4 ... 0,6 m);

h_d – înălțimea depunerilor (a trunchiului de con), (m);

Înălțimea pâlniei de nămol h_d se stabilește funcție de debitul de calcul ($Q_{uz,zi,max}$), de concentrația în materii în suspensie a apelor uzate la intrarea în stația de epurare (c_{uz}), de eficiența reținerii materiilor în suspensie prin decantare (e_s) și de modul de evacuare continuu sau intermitent a nămolului.

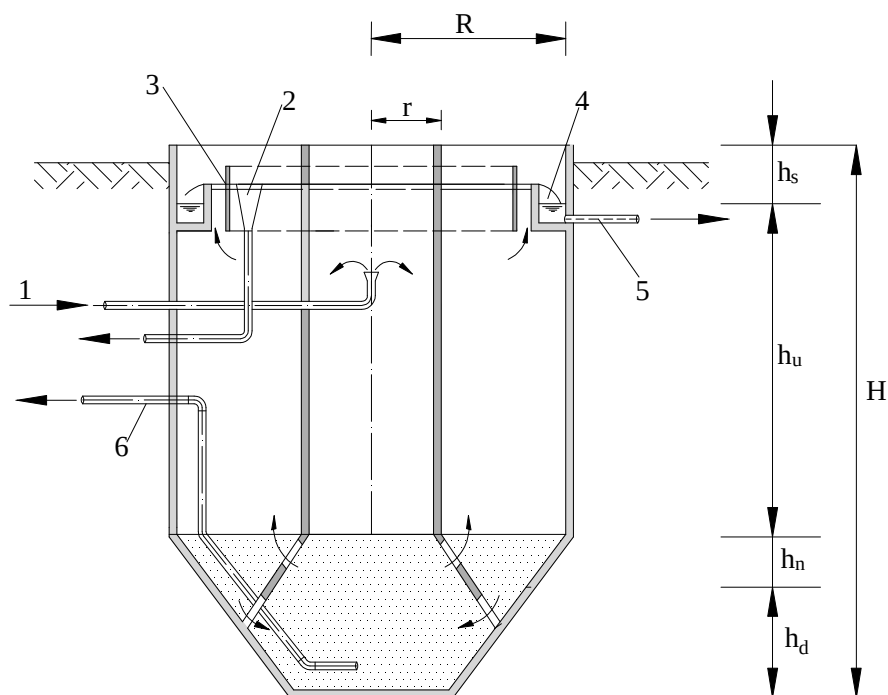


Figura 7.6. Decantor vertical. Secțiune transversală.

1-admisia apei; 2-pâlnie colectare materii plutitoare;
3-perete semiîncercat; 4-rigolă colectare apă decantată;
5-conductă evacuare apă decantată; 6-conductă evacuare nămol.

Funcție de volumul zilnic de nămol primar, de durată și volumul de nămol dintre două evacuări, aferent unei unități de decantare, se stabilesc dimensiunile geometrice ale pâlniei de nămol și modul de evacuare a nămolului; Se recomandă evacuarea prin pompare cu o pompă submersibilă montată la partea inferioară a bazei de nămol.

Rigola de evacuare a apei limpezite se calculează din condiția respectării vitezei de minim 0,7 m/s la debitul de verificare în secțiunea cea mai solicitată.

În lipsa unor date experimentale viteza ascensională a apei în spațiul de decantare inelar, se va adopta maxim 0,7 mm/s (2,52 m/h).

Diametrul bazei mici a pâlniei tronconice pentru colectarea nămolului se va adopta 0,3 ... 1,0 m, pentru a permite o evacuare eficientă a nămolului.

7.7.6 Decantoare cu etaj

Sunt utilizate pentru colectivități sub 10.000 locuitori sau debite $Q_{uz,max,zi} < 15 - 20 \text{ dm}^3/\text{s}$, în soluția cu epurare extensivă precedată de epurare primară.

Decantoarele cu etaj sunt construcții cu forma în plan circulară sau patrată care au rolul de decantare a apei și de fermentare a nămolului reținut.

Decantarea se realizează în jgheaburi longitudinale (asimilate decantoarelor orizontale – longitudinale) cu secțiunea transversală de forma indicată în figura 7.7.

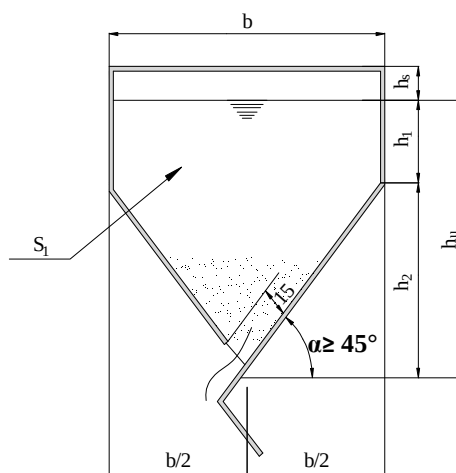


Figura 7.7. Secțiune transversală prin jgheabul de decantare al apei.

Fermentarea se realizează la partea inferioară a jgheaburilor, fermentarea este de tip anaerob în regim crioofil (la temperatura mediului ambiant).

Dimensiunile recomandate pentru jgheaburi sunt:

$$b = 1,0 \dots 2,5 \text{ m pentru } h_u = 2,0 \dots 2,5 \text{ m}$$

Înclinarea față de orizontală a pereților jgheabului: $\alpha \geq 45^\circ$;

Dimensionarea jgheaburilor se face după metodologia și parametrii recomandați la decantoarele orizontale longitudinale (conform cap. 7 §7.7.3.1).

Diametrul unei unități de decantare D depinde de:

- cantitatea de nămol necesar a fi acumulată și supusă unui timp determinat de fermentare (criofilă);
- realizarea parametrilor (încărcarea hidraulică și timpul de decantare) pentru jgheabul cu $L = D$ amplasat deasupra spațiului de colectare a nămolului;

Suprafața luciului de apă neocupată de jgheaburi (aria liberă A_1) trebuie să fie mai mare de 20% din suprafața orizontală totală a unității de decantare.

În cazul stațiilor de epurare din localități rurale, prevăzute cu decantoare cu etaj, prin închiderea cu planșee a zonelor neocupate de jgheaburi, se poate capta și colecta gazul de fermentare (biogazul).

La partea inferioară a jgheaburilor, se lasă prin construcție o fantă longitudinală de 15 ... 25 cm lățime, pereții fiind petrecuți pe o distanță de 15 cm. Nămolul depus în jgheaburi curge prin această fantă în zona inferioară de colectare și fermentare.

Admisia și evacuarea apei în și din jgheaburi se realizează prin pereții frontali prevăzuți cu deversori metalici triunghiulari, reglabili pe verticală în scopul uniformizării curgerii.

Adâncimea totală a decantorului nu va depăși 6 – 7 m. Funcție de natura terenului de fundație și de prezența apei subterane decantoarele cu etaj pot fi construite sub formă de cuvă sau cheson, utilizându-se betonul armat.

Proiectarea decantoarelor cu etaj:

- 1) Se determină volumul spațiului de fermentare:

$$V_F = \frac{m \cdot N}{1000} \quad (\text{m}^3) \quad (7.76)$$

unde:

m – capacitatea specifică de fermentare conf. tab 7.6, ($\text{dm}^3/\text{loc.}, \text{an}$);

N – numărul de locuitori;

Tabel 7.6. Capacitatea specifică și durata de fermentare funcție de temperatura medie anuală a aerului.

Nr. crt.	Temperatura medie anuală a aerului (°C)	Capacitatea specifică m (l/loc)	Timpul de fermentare T_f (zile)
0	1	2	3
1	7	75	150
2	8	65	120
3	10	50	90

- 2) Se adoptă dimensiunile decantorului cu etaj pentru acumularea volumului de fermentare în 1,2 sau 4 unități de decantare cu etaj; Înălțimea (adâncimea) de acumulare a nămolului nu va depăși $h_n \leq 3 \dots 4 \text{ m}$;
- 3) Pe baza diametrului ales se va adopta lățimea jgheabului și se va verifica relația:

$$u_s = \frac{Q_c}{n \cdot b_j \cdot L_j} \leq u \quad (7.77)$$

unde:

u_s – încărcarea specifică, (m/h);

Q_c – debitul de calcul, $Q_{uz,zi,max}$, (m^3/zi);

b_j – lățimea jgheabului, (m);

L_j – lățimea jgheabului, (m);

u – viteza de sedimentare conform tab. 7.3 § 7.7.2 ;

4) Se adoptă dimensiunile jgheabului după verticală h_1, h_2, h_u ; h_u se va adopta 2,0...2,5m;

5) Se verifică viteza orizontală efectivă:

$$v_o = \frac{Q_c}{n_j \cdot S_j} \leq v_o = 10 \quad (\text{mm/s}) \quad (7.78)$$

6) Se determină timpii de decantare la debitul de calcul și de verificare conform cu expresia:

$$T = \frac{V_{jgheab}}{Q} = \frac{n_j \cdot S_j \cdot L_j}{Q} \quad (h) \quad (7.79)$$

▪ $T > 1,5$ h pentru Q_c ;

▪ $T > 0,5$ h pentru Q_v ;

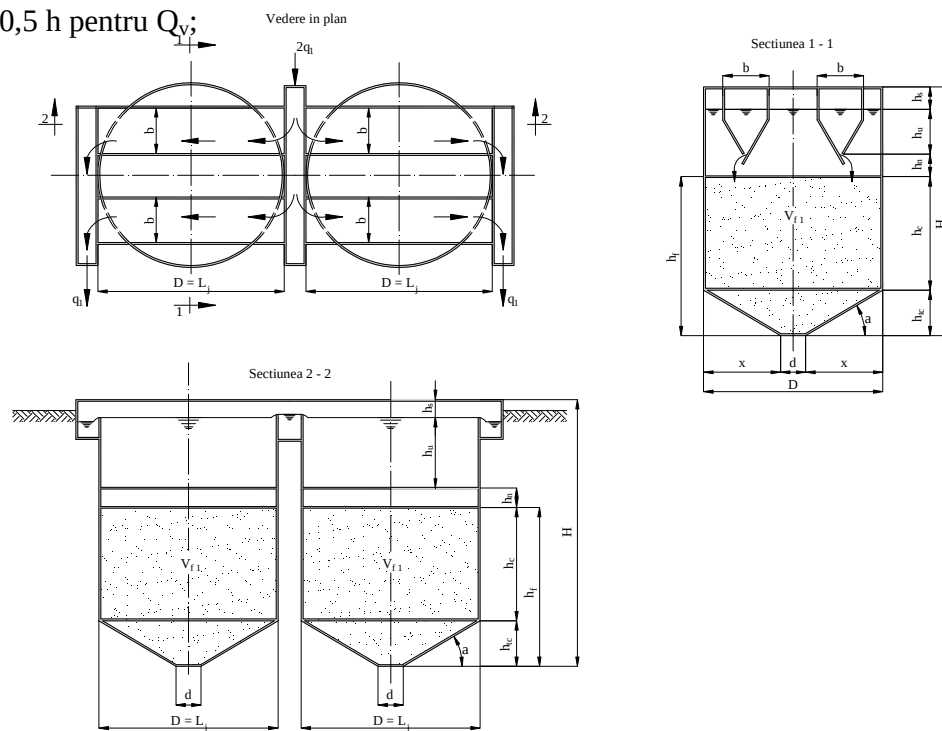


Figura 7.8. Decantare cu etaj. Dispoziție în plan și secțiuni caracteristice.

Evacuarea nămolului din zona de fermentare a decantoarelor cu etaj se va realiza prin pompare; se va dota fiecare cuvă cu o electropompă submersibilă montată în partea de jos a zonei de fermentare (fig.7.9).

Vor fi adoptate măsuri constructive pentru a se schimba periodic sensul de curgere a apei din jgheaburi pentru a se echilibra volumul de nămol din cele două bazine.

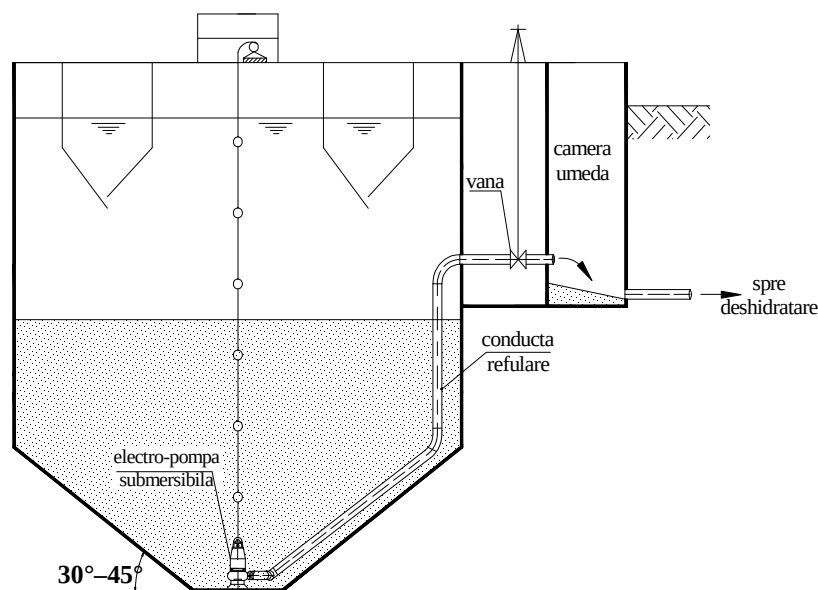


Figura 7.9. Decantor cu etaj - Sistem de evacuare nămol.

7.8 Stații de pompare apă uzată

Stațiile de pompare se folosesc în stațiile de epurare pentru ridicarea apelor uzate sau epurate la cote care să permită curgerea între obiectele tehnologice de pe linia apei sau în emisar, în situațiile când datorită fluxului tehnologic al stației de epurare sau variației nivelurilor de apă în emisar nu se dispune în permanență de diferența de nivel necesară pentru asigurarea curgerii gravitaționale.

Prescripțiile prezentului normativ se aplică pentru stațiile de pompare echipate cu pompe cu ax orizontal, cu pompe cu ax vertical, cu pompe submersibile și cu transportoare hidraulice (șnecuri).

Pentru necesitatea stației de pompare influent în stația de epurare se va întocmi o evaluare tehnico – economică în care se va lua în considerație:

- amplasarea primelor obiecte din stația de epurare la cote joase fără stație de pompare influent;
- stație de pompare influent cu ridicarea obiectelor din stația de epurare;

Analiza se va efectua integral pentru linia apei astfel încât să se asigure un flux gravitațional în stația de epurare cu max. o singură stație de pompare.

Elementele componente care alcătuiesc stațiile de pompare din sistemele de alimentare cu apă și canalizare sunt:

- echipamente hidromecanice de bază, constituite din grupuri de pompa și motor electric de acționare a pompei;
- instalație hidraulică alcătuită din conducte de aspirație și conducte de refulare aferente stației și grupurilor de pompare, armături destinate manevrelor de închidere-deschidere și de reglare a sensului de curgere al apei, dispozitive de atenuare a loviturii de berbec, instalații de amorsare a pompelor (unde este cazul), instalații de golire și epuismențe;
- echipamente de măsurare a parametrilor hidroenergetici ai stației de pompare;
- echipamente electrice compuse din: circuite de forță, circuite de iluminat, instalații de protecție, instalații de măsurare, control și comandă;
- instalații și dispozitive de ridicat destinate manevrării pieselor grele în perioada efectuării operațiilor de mentenanță;
- instalații de ventilare, instalații de încălzire și instalații sanitare;
- instalații de telecomunicații și dispecerizare;
- clădirea stației de pompare care adăpostește echipamentele și instalațiile;
- zona de protecție sanitară;

7.8.1 Amplasarea stațiilor de pompare

Amplasarea stației de pompare pentru ape uzate în cadrul unei stații de epurare:

- se poate face la intrarea în stație, într-una din secțiunile fluxului tehnologic;
- la ieșirea din stație, înainte de evacuarea apelor epurate în emisar;
- amplasamentul optim se definitivează în urma unui calcul tehnico-economic comparativ;

- în interiorul stațiilor de epurare mijlocii și mari se recomandă cel mult o pompă a apelor uzate, exceptând stațiile de epurare mici și foarte mici unde pot exista soluții optime și cu mai multe pomări pe linia apei;

Când stația de pompă este impusă de nivelurile ridicate ale apei emisarului, ea trebuie concepută astfel încât să permită evacuarea gravitațională a apei epurate ori de câte ori nivelurile apei din emisar permit acest lucru; în general varianta optimă este ca stația de pompă la ieșirea din stația de epurare să funcționeze nepermanent, numai la nivele mari în emisar.

Dacă stația de pompă este amplasată la intrarea în stația de epurare și este echipată cu pompe cu ax orizontal, cu pompe cu ax vertical sau cu pompe submersibile, ea trebuie precedată de grătare, deznisipatoare și dacă tehnic și economic se dovedește avantajos, și de separatoare de grăsimi. Dacă stația de pompă este echipată cu transportoare hidraulice, ea poate fi amplasată și în amonte de grătare.

Proiectarea stațiilor de pompă pentru apele uzate din cadrul stației de epurare se va face cu respectarea prevederilor SR EN 752/2008. Se vor respecta și cerințele din Normativul: „Proiectarea sistemelor de alimentare cu apă” capitolul 7: Stații de pompă.

7.8.2 Parametrii de proiectare

Parametri principali de proiectare tehnologică a stației de pompă sunt:

- debitul ce trebuie pompat Q_p , (m^3/h);
- înălțimea de pompă, H_p , reprezentând suma dintre înălțimea geodezică, pierderile de sarcină pe conductele de aspirație și refulare și diferența dintre înălțimile cinetice la ieșirea și intrarea în pompă, (m);
- calitatea apei ce trebuie pompată (temperatura, conținutul în materii în suspensie, vâscozitatea);

Programul de funcționare automată a stației de pompă va urmări realizarea unui grafic de funcționare a pompelor propuse cât mai apropiat de graficul de variație a debitului influent, astfel încât volumul util al bazinului de recepție să rezulte minim.

Intervalul de timp dintre două porniri ale aceleiași pompe trebuie să fie de minim 10 minute. Micșorarea acestui interval se va face numai dacă furnizorul pompei garantează prin fișa utilajului, acest lucru.

Timul de acumulare a apelor uzate corespunzător $Q_{uz,max,or}$ în bazinul de recepție în cazul în care nu se cunoaște graficul de variație a debitului influent, se va considera după cum urmează:

- 2 ... 10 min. la stațiile de pompare automatizate;
- 0,5 ... 1,0 h la stațiile de pompare neautomatizate;

Se recomandă ca stațiile de pompare neautomatizate să fie prevăzute pe cât posibil numai în cazuri izolate.

Numărul agregatelor de rezervă se va considera astfel:

- până la 3 pompe în funcțiune, 1 pompă de rezervă;
- de la 4 la 7 pompe în funcțiune, două pompe de rezervă;
- peste 7 pompe în funcțiune, trei pompe de rezervă;

În cazul pompelor submersibile glisând pe tije verticale, în funcție de greutatea pompelor, a importanței procesului tehnologic, etc., pompa de rezervă poate fi montată în stația de pompare, sau păstrată ca “rezervă rece” în magazie.

Alegerea pompelor se face în funcție de debitul necesar a fi pompat, de înălțimea de pompare necesară, de domeniul de utilizare a pompelor recomandat de furnizorul acestora, de caracteristicile pompelor și de caracteristica conductei de refulare, de eventualele extinderi, etc.

La stațiile de pompare echipate cu transportoare hidraulice, alegerea acestora se face din catalogul firmelor producătoare în funcție de debitul necesar a fi pompat și de înălțimea de pompare necesară.

Stațiile de pompare echipate cu pompe cu ax orizontal, cu ax vertical sau submersibile sunt, de regulă, construcții închise, cu excepția bazinului de recepție care poate fi în unele cazuri o construcție deschisă.

La pompele submersibile sau la cele cu ax vertical, se va respecta înecarea minimă prescrisă de furnizorul pompelor respective.

În lipsa acestei indicații, se recomandă ca întreg corpul pompei să fie sub nivelul minim al apei din bazinul de recepție.

În cazul pompelor cu ax orizontal, cota axului pompei se va stabili sub nivelul minim al apei din bazinul de recepție dar, în orice caz astfel încât întreg corpul pompei să fie sub nivelul maxim.

Amplasarea agregatelor în interiorul construcției stației de pompare se face cu respectarea distanțelor minime dintre agregate, între acestea și pereți sau tablourile electrice și cu asigurarea unor spații de circulație în interiorul stației (tabelul 7.6).

Aceste distanțe permit proiectantului stabilirea gabaritelor necesare pentru clădirea stației de pompare.

În același scop, se va ține seama și de spațiile necesare realizării instalației hidraulice pe aspirația și refularea pompelor.

Tabel 7.6. Distanțe minime recomandate referitoare la amplasarea echipamentelor în stațiile de pompare apă uzată

Nr. crt.	Distanța	Pompă cu ax orizontal	Pompă cu ax vertical	Pompă submersibilă
		Distanța minimă (m)		
0	1	2	3	4
1	Între perete și părțile proeminente ale agregatelor de pompare	0,8	0,8	0,8
2	Între perete și postamentul agregatului de pompare	1,0	-	-
3	Între postamentele agregatelor de pompare așezate paralel	Lățimea postamentului agregatului de pompare, dar min. 1 m	-	-
4	Între agregatul de pompare și tabloul electric, în cazul alimentării: - pe tensiune de 380 V - pe tensiune de 6 kV	1,5	1,5	-
		2,0	2,0	-
5	Lățimea spațiului de circulație la stațiile de pompare cu debite: - sub 1 m ³ /s - peste 1 m ³ /s	1,5	1,5	-
		2,5	2,5	-

La proiectarea construcției stațiilor de pompare se vor prevedea golurile necesare în planșee și pereți având laturile cu cel puțin 20 cm mai mari decât dimensiunile agregatului sau subansamblului care se introduce sau se scoate din stație în scop de montaj, reparații sau înlocuire.

Dacă stația de pompare este prevăzută cu instalații de ridicat, înălțimea sălii pompelor sau sălii motoarelor se va determina astfel încât între piesa ridicată și celelalte agregate să existe în timpul transportului sau manevrării o distanță de siguranță de minim 0,50 m.

Înălțimea sălii pompelor sau sălii motoarelor de la stațiile de pompare echipate cu pompe cu ax orizontal sau ax vertical, unde nu există instalații de ridicat, va fi de minimum 3,0 m.

La stațiile de pompare echipate cu pompe submersibile, suprastructura (sala pompelor sau sala motoarelor) poate lipsi.

În cazurile în care greutatea G a celui mai greu agregat sau subansamblu component depășește 0,1 t, instalațiile de ridicat se vor prevedea după cum urmează:

- dispozitiv mobil demontabil, pentru $0,1 \text{ t} < G \leq 0,3 \text{ t}$;
- monoșină cu palan manual, pentru $0,3 \text{ t} < G \leq 2,0 \text{ t}$;
- grindă rulantă cu cărucior și palan manual, pentru $G > 2,0 \text{ t}$;

Distanțele instalațiilor de ridicat față de pereți, planșeu și agregatele de pompare trebuie să respecte prescripțiile I.S.C.I.R.

Postamentul pompelor cu ax orizontal va trebui să aibă înălțimea de min. 25 cm peste pardoseală, în scopul protecției motorului electric de eventualele scurgeri de apă datorate neetanșeității îmbinărilor sau trecerilor conductelor prin pereți.

Pentru colectarea pierderilor de apă din instalații, pardoseala va fi amenajată cu pantele și rigolele de scurgere necesare. Apa va fi condusă spre o bașă de unde, o pompă de epuismenț va refula apa în bazinul de recepție, în conducta de preaplin sau în conducta de golire a bazinului de recepție în caz de avarii.

La proiectarea instalațiilor hidraulice aferente stațiilor de pompare trebuie avute în vedere următoarele:

- conductele de aspirație și refulare trebuie rezemate sau susținute corespunzător pentru a nu produce solicitări mecanice în flanșele de racordare a agregatelor de pompare;
- instalația hidraulică să fie astfel concepută încât în timpul exploatării să se permită un acces ușor la pompe, să se poată demonta un agregat fără a demonta conductele și fără a opri funcționarea restului de agregate;
- pentru a înlesni demontarea pompelor se va prevedea cel puțin un compensator de montaj pe conducta generală de refulare. Pe refularea fiecărei pompe se va monta obligatoriu, în sensul refulării, robinet de reținere (clapetă) și robinet de închidere (vană de izolare); în cazul pompelor cu funcționare independentă (având conducte de refulare individuale de înălțime și lungime redusă), robinetul de reținere și robinetul de închidere, pot lipsi;

- lungimea conductelor de aspirație să fie cât mai scurtă, în scopul reducerii la minimum a pierderilor de sarcină pe aspirație (se recomandă ca acestea să nu depășească 1,0 m);
- conductele de aspirație se vor realiza în pantă de cel puțin 5‰ spre pompe, racordarea cu pompele cu ax orizontal sau cu ax vertical amplasate în cameră uscată făcându-se cu reducții asimetrice în scopul evitării formării pungilor de aer;
- pozarea conductelor de aspirație și refulare se recomandă a se face deasupra pardoselii; în cazul pozării sub nivelul pardoselii, conductele se vor amplasa în canale acoperite cu dale sau grătare demontabile;

Dimensiunile interioare ale acestor canale cu lățimea B și adâncimea H se stabilesc funcție de diametrul conductelor, astfel:

- pentru $D_n \leq 400 \text{ mm}$, $B = D_n + 600 \text{ mm}$,

$$H = D_n + 400 \text{ mm};$$

- pentru $D_n > 400 \text{ mm}$, $B = D_n + 800 \text{ mm}$,

$$H = D_n + 600 \text{ mm};$$

La montarea mai multor conducte în paralel, în același canal, distanța dintre pereții conductelor va fi:

a) la îmbinarea cu flanșe:

- minim 500 mm pentru $D_n \leq 400 \text{ mm}$,
- minim 700 mm pentru $D_n > 400 \text{ mm}$.

b) la îmbinarea prin sudură:

- minim 600 mm pentru $D_n \leq 400 \text{ mm}$,
- minim 700 mm pentru $D_n > 400 \text{ mm}$.

Dimensionarea hidraulică a conductelor instalației de pompare se va face pentru următoarele valori ale vitezei apei prin conducte:

Tabel 7.7. Viteze recomandate pe conductele de aspirație și pe conductele de refulare.

Nr. crt.	Diametrul conductei (mm)	Viteza apei (m/s)	
		Conducte de aspirație	Conducte de refulare
0	1	2	3
1	< 250	0,7 ... 0,8	1,0 ... 1,1
2	≥ 250	0,9 ... 1,0	1,2 ... 1,3

Pentru evitarea înghețării apei în conductele instalației de pompare în perioadele de întrerupere a funcționării stației, se va prevedea posibilitatea de golire a tuturor conductelor.

Alimentarea cu energie electrică a stațiilor de pompare pentru ape uzate se face din sistemul energetic național prin linii electrice și posturi de transformare comune și pentru celelalte obiecte tehnologice ale stației de epurare.

Instalațiile electrice aferente bazinelor de aspirație se proiectează conform reglementărilor tehnice specifice în vigoare privind protecția antiexplozivă și antideflagrantă. În spațiile cu umiditate ridicată, instalațiile electrice de iluminat se vor realiza pentru tensiune nepericuloasă (12 ... 24 V).

Necesitatea și gradul de automatizare a fiecărei stații de pompare se analizează pentru fiecare caz în parte, urmărindu-se aspectul calitativ al supravegherii și al conducerii procesului tehnologic, precum și cel de eficiență.

În cazul prevederii automatizării funcționării agregatelor de pompare, trebuie să se aibă în vedere corelarea regimului tehnologic de funcționare a stației de pompare cu regimul de funcționare pentru care sunt construite motoarele de antrenare a pompelor, astfel încât acestea să nu fie suprasolicitate în cazul pornirii lor la intervale scurte.

Sala pompelor se prevede, în general, fără instalații de încălzire; acestea se prevăd numai în situații speciale precizate în reglementările tehnice specifice după care se face și proiectarea lor; în aceste cazuri, încălzirea se face cu apă caldă sau cu aburi de joasă presiune; conductele de transport a agentului termic nu trebuie să fie amplasate în zone în care se pot acumula gaze cu pericol de explozie.

În cazul stațiilor de pompare care au încăperi anexe (atelier de întreținere, grup sanitar, încăperi separate pentru instalații electrice) trebuie asigurate prin încălzire temperaturile normate.

Stațiile de pompare, cu excepția celor echipate cu transportoare hidraulice, se prevăd cu instalații de ventilație mecanică separate pentru sala pompelor și pentru bazinul de aspirație.

Instalația de ventilație la sala pompelor trebuie să asigure 20 ... 25 schimburi de aer pe oră, în perioada în care personalul de exploatare lucrează în stație.

Pentru evitarea accidentelor în situațiile ocazionale în care personalul de întreținere și exploatare trebuie să intervină în interiorul bazinului de aspirație deschis sau închis (acoperit), trebuie prevăzută o instalație de ventilație mobilă pentru introducerea de aer proaspăt la locul de intervenție și posibilitatea de evacuare a aerului viciat în atmosferă.

Pentru bazinele de aspirație închise, pot fi prevăzute suplimentar și instalații de exhaustare fixe, în afara instalației de ventilație naturală și a instalațiilor de ventilație mobile. Ventilatoarele pentru exhaustare se amplasează numai în exterior.

Proiectarea instalațiilor de ventilație se face cu respectarea prevederilor reglementărilor tehnice specifice privind protecția antiexplozivă și antideflagrantă.

La stațiile de pompare din cadrul stațiilor de epurare nu se prevăd spații pentru depozitare și reparații, acestea prevăzându-se în cadrul depozitului și atelierului pentru întreaga stație de epurare.

Proiectul de execuție al stației de pompare trebuie să conțină măsurile necesare pentru protecția muncii ca:

- balustrade;
- legarea la pământ a părților metalice care ar putea intra accidental sub tensiune;
- instalații de iluminat la tensiune nepericuloasă;
- instalații de ventilație mecanică;
- prevederile din reglementările specifice de protecție a muncii pe care executantul și beneficiarul trebuie să le respecte în timpul execuției și exploatarei;

Exploatarea stațiilor de pompare se face conform instrucțiunilor de exploatare, care trebuie să conțină și măsurile de protecția muncii, indicându-se, în detaliu, toate operațiile pe care personalul trebuie să le efectueze în acest sens.

Pentru evidența continuă a debitelor de ape uzate sau epurate pompate și pentru indicarea nivelului apei în bazinul de recepție, se vor prevedea aparate de măsură și control corespunzătoare.

7.9 Elemente tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică

Elementele tehnologice de legătură între obiectele treptei de epurare mecanică cuprind:

- canale (jgheaburi) și conducte de apă, nămol, aer, gaze de fermentare;
- camere de distribuție egală sau inegală a debitelor de apă și de nămol;
- cămine de vane pe canalele și conductele de apă uzată și nămol;
- cămine de vizitare pe conductele de apă uzată și nămol;

Jgheaburile (canalele) servesc la curgerea apelor uzate, a nămolului precum și a apelor epurate. Prin jgheaburi se realizează curgere cu nivel liber.

Conductele servesc la transportul apelor uzate în cazul pompărilor, a nămolului proaspăt sau fermentat și lucrează sub presiune.

Jgheaburile sau canalele deschise se construiesc din beton armat, monolit sau prefabricat, având secțiunea dreptunghiulară; la stațiile de epurare cu debite mici canalele pot avea radierul de formă circulară fie din construcție, fie prin prelucrarea ulterioară cu beton de umplutură. La proiectarea canalelor deschise sau a jgheaburilor de ape uzate brute sau nămol, în funcție de dimensiunile acestora, se vor alege astfel pantele încât să se asigure o viteză minimă de autocurățire de 0,7 m/s.

Pe jgheaburi sau canale deschise, în punctele de ramificație sau în zonele de acces în obiecte, se vor prevedea stavile de închidere, dimensionate corespunzător, care vor asigura curgerea apelor și a nămolurilor conform nevoilor proceselor tehnologice, precum și posibilitatea de curățire și revizuire a diferitelor obiecte ale stației de epurare.

Când adâncimea jgheaburilor (canalelor) este mai mare de 80 cm lățimea liberă între pereții laterali trebuie să fie minimum 60 cm pentru a rămâne vizitabile.

Când obiectele stației de epurare sunt supraterane, conductele și canalele vor fi sprijinite pe stâlpi sau diafragme cu fundații izolate amplasate în teren sănătos.

La schimbările de direcție ale jgheaburilor sau canalelor deschise, se vor prevedea curbe executate monolit, care vor avea o rază de curbura de minimum 3...5 ori lățimea acestora.

Conductele de legătură, pentru apă și nămol, se pot executa din tuburi de beton armat, mase plastice și numai în cazuri speciale din oțel sau fontă.

La ramificații sau la tronsoane mai lungi de 200 m ale conductelor de nămol precum și la curbele la 90° pe conducte de diametre mici ($D_n 100 \dots D_n 200$ mm) se prevăd piese de curățire amplasate într-un cămin de vizitare.

Camerele de distribuție sunt construcții, de preferință circulare, care se amplasează pe canalele și conductele de legătură din incinta stațiilor de epurare în scopul repartizării egale sau inegale a apei sau nămolului spre diferite obiecte ale stației de epurare.

Camerele de distribuție se prevăd cu dispozitive de închidere care pot fi de tipul stavilelor plane (în cazul canalelor deschise) sau de tipul vanelor (în cazul conductelor).

La dimensionarea camerelor de distribuție se va considera deversarea neînecată peste pereți de lungime egală (sau inegală, după caz).

Amplasarea camerelor de distribuție în profilul tehnologic se va face astfel încât să fie asigurată, la orice debit, deversarea neînecată. Garda de neînecare se va considera de minim 5-10 cm.

Se recomandă ca la stațiile mari de epurare, camerele de distribuție să fie definitive în urma unor încercări pe model.

Funcție de amplasarea lor pe verticală, camerele de distribuție trebuie prevăzute cu balustrade de protecție în scopul evitării accidentelor.

8. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de epurare biologică

În conformitate cu H.G. 352/21.04.2005 privind modificarea și completarea H.G. 188/2002, pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic al apelor uzate, art. 51, se stabilește că ” pentru toate aglomerările umane cu un număr mai mare de 10.000 de locuitori echivalenți trebuie să se asigure infrastructura necesară în domeniul epurării apelor uzate, care să permită epurarea avansată a apelor uzate urbane”. Se reglementează astfel necesitatea introducerii treptei de epurare avansată (îndepărtarea azotului și fosforului din apa uzată înainte de evacuarea în emisar) în funcție de mărimea colectivității: pentru stațiile de epurare aferente colectivităților cu 2.000 – 10.000 L.E se consideră suficientă epurarea biologică convențională a apelor uzate, urmând ca toate colectivitățile cu peste 10.000 L.E. să fie prevăzute cu stații de epurare avansată a apelor uzate.

8.1 Epurarea biologică în stații de epurare urbane mici și medii cu o capacitate între 2.000 și 10.000 L.E.

8.1.1 Epurarea biologică naturală

Epurarea biologică naturală reprezintă totalitatea fenomenelor biochimice ce decurg din metabolismul microorganismelor existente în apele uzate și are ca scop reținerea din aceste ape a substanțelor organice coloidale sau dizolvate. Această tehnologie de epurare se bazează pe capacitatea naturală de autoepurare a solului și a apelor și se realizează pe câmpuri de irigare, câmpuri de infiltrare, filtre de nisip și iazuri biologice (de stabilizare).

Datorită eficienței ridicate pe care o asigură (95 – 99 %), epurarea biologică naturală este recomandată acolo unde emisarul impune evacuarea unei ape curate, sau în acele cazuri în care această metodă se dovedește avantajoasă din punct de vedere tehnico – economic.

Tehnologiile de epurare biologică naturală includ:

- Câmpuri de irigare și infiltrare;
- Iazuri biologice (de stabilizare);

8.1.1.1 Câmpuri de irigare și infiltrare

Câmpurile de irigare și infiltrare sunt suprafețe de teren folosite fie pentru epurare și irigare în scopuri agricole (cazul câmpurilor de irigare) fie numai pentru epurare (cazul câmpurilor de infiltrare). Câmpurile de irigare sunt asociate câmpurilor de infiltrare, ultimele fiind folosite în special în perioadele cu ploi abundente, când nu este nevoie de apă pentru culturi, în perioadele de strâns al recoltei, în perioadele de îngheț.

Acest tip de tehnologie este aplicabil în următoarele situații:

- existența unor zone cu precipitații reduse, sub 400 – 500 mm/an;
- ape uzate provenite de la localități ce nu depășesc 10.000 locuitori;
- ape uzate cu un conținut de substanțe fertile (azot, fosfor, potasiu) cel puțin egal cu valorile indicate în tabelul 8.1.

Tabel 8.1. Conținutul apelor uzate și nămolurilor în substanțe fertilizante.

Nr. crt.	Tipul apei sau nămolului	Tip substanță (g/loc·zi)			
		Azot	Fosfat (P_2O_5)	Potasiu (K_2O)	Materii organice
1	Ape uzate brute	12,8	5,3	7,0	55,0
2	Ape uzate epurate biologic	10,0	2,8	6,7	19,0
3	Nămoluri fermentate	1,3	0,7	0,2	20,0

Pentru preîntâmpinarea colmatării sistemelor de transport și a terenurilor irigate, concentrația de materii în suspensie trebuie să fie minimă; în acest scop se vor utiliza numai ape epurate mecanic. Timpul de decantare primară se recomandă: 1,5 – 2,0 h.

Răspândirea apelor uzate epurate mecanic pe câmpurile de irigare se poate utiliza numai dacă amplasamentul și solul sunt favorabile. Această caracteristică a solului depinde de: panta terenului natural, textura și permeabilitatea solului, nivelul apelor freactice, intensitatea salinizării.

Pentru cunoașterea evoluției calității solului în perioada utilizării apelor uzate ca ape de irigații, este necesară urmărirea în timp a modificărilor fizico-chimice produse asupra solului.

În perioadele ploioase apele uzate vor fi trimise pe câmpurile de infiltrare sau reținute în bazine de stocare.

În timpul iernii, pentru epurarea apelor uzate folosind procedeul cu câmpuri de infiltrare, se recomandă următoarele soluții:

- inundarea câmpurilor și înghețarea apei pe suprafața parcelor; această apă se va infiltra lent în sol în zilele călduroase de primăvară;
- irigarea sub gheață a câmpurilor mari de irigare pe 70 – 80% din suprafața totală a parcelor; procedeul constă în executarea unor brazde de 25 – 30 cm peste care se trimite apă uzată într-un strat de 50 – 60 cm, urmând a se realiza pe crestele brazdelor un pod de gheață de 20 – 30 cm grosime sub care se desfășoară irigarea în mod normal pe toată perioada rece;

Câmpurile de irigare (terenuri agricole destinate irigației) se împart în parcele, având suprafețe cu lungimi de 1000 – 2000 m și lățimi de 150 – 250 m, raportul mediu dintre cele două dimensiuni fiind de 5/1. Panta longitudinală a parcelor este recomandat să fie cuprinsă între 1 ‰ – 2 ‰ pentru terenuri argilo-nisipoase și 3 ‰ pentru terenuri nisipoase, iar panta transversală va avea valori 2 ‰ – 5 ‰.

La proiectarea câmpurilor de irigare și infiltrare se va ține seama de următoarele studii preliminare:

- studiu de calitate pentru caracterizarea apelor uzate în vederea folosirii lor ca apă de irigație: stabilirea eventualului pericol de colmatare, de sărăturare, de alcalinizare, de acumulare substanțe toxice, de infectare a solului ;
- analiza tehnico – economică a aplicării irigațiilor cu ape uzate pentru compensarea deficitului de umiditate;
- stabilirea compatibilității terenului agricol la împrăștierea apelor uzate în câmp;
- stabilirea culturilor și asolamentelor capabile să utilizeze apele uzate;
- studiu hidrogeologic și hidrochimic pentru stabilirea nivelului pânzei freatice și a capacității de epurare a solului ;
- studiu topografic pentru cunoașterea terenului disponibil ;
- studiu pedoclimatic pentru alegerea asolamentelor și efectuarea investițiilor pedoameliorative ale solului ;
- stabilirea parametrilor tehnico-economici ai amenajării pentru evaluarea fezabilității proiectului și alegerea variantei optime;

8.1.1.2 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea câmpurilor de irigare și infiltrare

- 1) Calitatea apei utilizate la irigații se va stabili prin studii agro – pedologice;
- 2) Necesarul de apă specific:

$$D = E_p - 10 \cdot P - F - R_i + R_f \quad (\text{m}^3/\text{lună, ha}) \quad (8.1)$$

unde:

D – necesarul de apă specific (deficit), ($\text{m}^3/\text{lună, ha}$) ;

E_p – evapotranspirația potențială, ($\text{m}^3/\text{lună, ha}$);

P – înălțimea precipitațiilor utile care pot fi reținute în sol, (mm/lună);

F – aportul de apă freatică, ($\text{m}^3/\text{lună, ha}$);

R_i – rezerva de apă din sol, la începutul lunii, (m^3/ha);

R_f – rezerva de apă din sol la sfârșitul lunii, (m^3/ha);

Dacă în relația (8.1) se obțin valori negative ale necesarului specific de apă, acestea se vor considera zero.

- 3) Hidromodulul (debitul de irigare):

$$q = \frac{D_c}{T} \quad (\text{dm}^3/\text{s, ha}) \quad (8.2)$$

unde:

D_c – debitul lunar de calcul, (dm^3/ha);

T – durata de distribuire a apei pe parcursul unei luni, (s);

În lipsa datelor necesare pentru determinarea bilanțului apei în sol, dimensionarea câmpurilor de irigare și infiltrare, precum și a instalațiilor de alimentare cu apă și de desecare, se va face pe baza normelor de irigare, a normelor de udare și a normelor de infiltrare (tab. 8.3).

- 4) Suprafața câmpurilor de irigare:

$$A_{ig} = \frac{Q_{uz,med,zi}}{N_{ig}} \quad (\text{ha}) \quad (8.3)$$

unde:

Q_{uz,med,zi} – debitul uzat zilnic mediu epurat mecanic, (m^3/zi);

N_{ig} – norma de irigare, ($\text{m}^3/\text{ha, zi}$);

Valorile normelor de irigare sunt prezentate în tabelul următor.

Tabel 8.3. Norme de udare și de irigare cu ape uzate orientative în funcție de culturi.

Genul culturii	Cultura	Norma de udare (m ³ /ha)		Norma de irigare (m ³ /ha,zi)*
		de la	până la	
0	1	2	3	4
Culturi principale	Cereale – toamnă	200	300	300
	Cereale – primăvară	200	450	450
	Rapiță – toamnă	250	500	1500
	Cartofi timpurii	200	400	800
	Cartofi mijlocii	200	400	600
	Cartofi târzii	200	400	600
	Sfeclă	400	500	1500
	Trifoi	500	600	3000
Culturi principale	Porumb	500	750	4000
	Fânețe	500	750	4000
	Pășuni	500	750	7000
Culturi intercalate	Secară – nutreț	200	400	1000
	Porumb – nutreț	400	600	1500
	Trifoi	400	600	1500

*se vor stabili prin determinări "in situ" valorile exacte pe baza regimului precipitațiilor.

5) Suprafața câmpurilor de infiltrare:

$$A_{if} = \alpha \cdot \frac{Q_{uz,med,zi}}{N_{if}} = \alpha \cdot \frac{A_{ig} \cdot N_{ig}}{N_{if}} \quad (\text{ha}) \quad (8.4)$$

unde:

α – coeficient care exprimă partea din debitul uzat zilnic mediu care se distribuie pe câmpurile de infiltrare;

$Q_{uz,med,zi}$ – debitul uzat zilnic mediu epurat mecanic (m³/zi);

N_{ig} – norma de irigare, (m³/ha,zi);

N_{if} – norma de infiltrare, (m³/ha,zi);

A_{ig}, A_{if} – definite la 6);

6) Suprafața necesară construcțiilor auxiliare:

$$A_d = k \cdot (A_{ig} + A_{if}) \quad (\text{ha}) \quad (8.5)$$

unde:

k – coeficient care ține seama de suplimentarea suprafețelor de teren, datorită amenajărilor de lucrări auxiliare; orientativ $k = 0,15 - 0,25$, dar poate să ajungă și la 0,50 în cazul unui relief accidentat ;

A_{ig} – suprafața câmpurilor de irigare, (ha);

A_{if} – suprafața câmpurilor de infiltrare, (ha);

7) Suprafața totală necesară amenajării câmpurilor de irigare și infiltrare:

$$A_t = A_{ig} + A_{if} + A_d \quad (\text{ha}) \quad (8.6)$$

unde: **A_{ig}**, **A_{if}**, **A_d** definite anterior;

8) Grosimea stratului de gheață care se formează pe timpul iernii:

$$h_g = \frac{\beta \cdot Q_{uz,med,zi} \cdot T_{ing}}{\gamma \cdot A_{ing}} + h_0 \quad (\text{m}) \quad (8.7)$$

unde:

β – coeficient de infiltrare și evaporare iarna:

- 0,30 – 0,40 pentru soluri argiloase ;
- 0,60 – 0,75 pentru soluri nisipoase;

T_{ing} – durata perioadei de îngheț, (zile);

γ – greutatea specifică a gheții, ($\approx 0,9 \text{ t/m}^3$);

A_{ing} – suprafața pe care se continuă irigarea pe timpul iernii, ($\approx 0,75 A_{ig}$), (m^2);

h₀ – grosimea stratului de zăpadă ce se depune pe suprafața gheții, (0,10 m);

Q_{uz,med,zi} – debitul uzat zilnic mediu epurat mecanic, (m^3/zi);

Înălțimea stratului de gheață va trebui să nu depășească 0,70 – 0,80 m, pentru a nu rezulta înălțimi mari necesare digurilor. Dacă această condiție nu este respectată se va aplica procedeul de infiltrație sub gheață.

9) Debitul de calcul al canalului principal de distribuție a apei uzate:

$$Q_c = Q_{uz,max,or} \quad (\text{dm}^3/\text{s}) \quad (8.8)$$

unde:

Q_{uz,max,or} – debitul uzat orar maxim epurat mecanic, (dm^3/s) ;

10) Debitul de calcul ce revine unei parcele de 1ha, valoare pentru care se dimensionează canalele de distribuție și irigație a apei pe parcele:

$$q_{ig} = \frac{1000 \cdot N_{ig} \cdot t}{3600 \cdot t_u} \quad (\text{dm}^3 / \text{s, ha}) \quad (8.9)$$

unde:

q_{ig} – debitul de irigare (hidromodulul), ($dm^3/s, ha$);

N_{ig} – norma de irigare ($m^3/ha, zi$);

t – perioada dintre două udări succesive; (≈ 5 zile);

t_u – timpul de udare; (≈ 1 h pentru 1 ha de parcelă udată);

1000, 3600 – coeficienți de transformare;

Dacă debitul calculat cu relația (8.9) rezultă mai mare decât $Q_{uz,max,or}$, în calcule se va lua în considerație ultimul.

11) Debitul apelor evacuate de pe parcela cu suprafața de 1 ha:

$$q_{des} = \frac{1000 \cdot \alpha \cdot N_{ig} \cdot t \cdot n}{86400 \cdot t_{des}} \quad (dm^3 / s, ha) \quad (8.10)$$

unde:

q_{des} – debitul de desecare colectat de pe suprafața unui ha de parcelă (modulul de scurgere), ($dm^3/s, ha$);

α – coeficient de infiltrație în sol; ($\approx 0,5$);

N_{ig} – norma de irigare ($m^3/ha \cdot zi$);

t – perioada dintre două udări succesive; (≈ 5 zile);

n – coeficient care ține seama de pătrunderea neuniformă a apei în rețeaua de drenaj; are valoarea 1,5;

t_{des} – timpul în care trebuie să se producă desecarea; are valori: $(0,4 - 0,5) \cdot t$ (zile);

1000, 86400 – coeficienți de transformare;

12) Debitul de calcul al unui dren:

$$Q_{dren} = q_{des} \cdot A_{des} \quad (dm^3 / s) \quad (8.11)$$

unde:

q_{des} – definit de (8.10);

A_{des} – suprafața deservită de un singur dren (ha):

$$A_{des} = \frac{L \cdot b}{10000} \quad (ha) \quad (8.12)$$

unde:

L – lungimea drenului (≤ 120 m); b – distanța între drenuri definită de (8.13), (m);

13) Distanța dintre drenurile sau șanțurile de desecare:

$$b = 632 \cdot (H - h) \cdot \sqrt{\frac{k}{q_{des}}} \quad (\text{m}) \quad (8.13)$$

unde:

H – adâncimea la care se așează drenurile:

- 1,20 – 1,50 m pentru drenajul închis;
- 1,50 – 2,0 m pentru canalele de desecare;

h – adâncimea de drenare:

- 0,60 m pentru fâneață;
- 1,00 m pentru legume;

k – coeficientul de permeabilitate:

- 1,0 – 0,1 cm/s pentru nisip;
- 0,004 – 0,001 cm/s pentru soluri argilo-nisipoase;

q_{des} – definit de relația (8.10);

Distanța dintre drenuri, pentru diferite soluri și adâncimi de așezare poate fi adoptată orientativ din tabelul 8.4.

Tabel 8.4. Distanța dintre drenuri pentru diferite soluri și adâncimi.

Natura solului	Distanța dintre drenuri <i>b</i> , (m), la adâncimi de așezare a lor de:	
	1,25 m	1,50 m
Argilă obișnuită	6,5	8,0
Argilă nisipoasă grea	8,0	10,0
Argilă nisipoasă obișnuită	9,5	12,0
Argilă nisipoasă mărunță	12,0	15,0
Sol nisipos	16,0	26,0

8.1.1.3 Iazurile de stabilizare (biologice)

Iazurile de stabilizare sunt bazine naturale sau excavate în pământ, amenajate de cele mai multe ori în depresiuni naturale, având adâncimi de apă de 0,6 – 1,2 m și obiectiv epurarea apelor uzate brute sau epurate parțial.

Procese de epurare care se desfășoară în iazurile biologice sunt de tip aerob sau/și anaerob, acestea bazându-se pe factori naturali.

Iazurile biologice pot fi folosite atât pentru epurarea apelor uzate menajere, cât și pentru cele orășenești și industriale, cu condiția ca acestea să nu conțină substanțe toxice.

Adâncimea iazurilor biologice poate să ajungă la 2,0 – 3,0 m și chiar mai mult, în zonele unde variațiile sezoniere de temperatură sunt mari (cazul țării noastre), iar apele uzate sunt în prealabil epurate mecanic, caz în care sunt cunoscute mai mult sub denumirea de lagune.

La iazurile biologice cu adâncimi mai mari de 1,0 m, fermentarea nămolului depus pe fund se face în condiții anaerobe, ceea ce poate conduce la emanații de gaze cu mirosuri neplăcute. Acest fenomen se produce atunci când cantitatea de nămol depusă pe fundul iazului este mare și, de asemenea, adâncimea este mare (peste 1,0 m).

Iazurile biologice pot fi alcătuite din unul sau mai multe compartimente. În cazul în care iazurile sunt alcătuite din două sau mai multe compartimente, acestea sunt legate în serie sau în paralel.

Soluția frecvent aplicată este cu compartimente legate în serie întrucât, în acest mod, se obține un grad ridicat de epurare; primul compartiment este împărțit în două, cu funcționare alternativă, pentru a permite curățarea lor periodică (la intervale de 2 – 3 ani), iar ultimele compartimente sunt populate cu pește (aici cantitatea de oxigen trebuie să fie în permanență de peste 3 mg O₂/l).

La proiectarea iazurilor biologice sunt necesare următoarele date preliminare:

- studii calitative și cantitative asupra apelor uzate;
- studii hidrologice și meteorologice efectuate în zona de amplasare a iazurilor, din care să rezulte: temperatura medie a aerului, direcția vânturilor predominante, gradul de acoperire a cerului, luminozitatea, evaporația, precipitațiile;
- studii topografice și geotehnice din care să rezulte: adâncimea la care se află pânza freatică, structura, alternanța și duritatea rocilor, porozitatea solului;
- condițiile de evacuare, posibilitățile de reutilizare a apei epurate, combaterea mirosurilor, a muștelor, rozătoarelor;
- posibilități tehnice de recirculare a apei pentru asigurarea unui mediu aerob în iaz, sau utilizarea aerării artificiale cu ajutorul aeratoarelor mecanice fixe sau plutitoare (pe flotori) amplasate în diferite puncte pe suprafața iazului;
- protecția sanitară;

8.1.1.4 Parametrii de proiectare pentru dimensionarea iazurilor biologice

1) Timpul de retenție al apei în iaz:

$$T = \frac{V}{Q_{uz,med,zi}} \quad (\text{zile}) \quad (8.14)$$

unde:

V – volumul util al iazului, (m³);

Q_{uz,med,zi} – debitul uzat mediu zilnic, (m³/zi);

2) Suprafața necesară a iazului biologic:

$$A_{iaz} = \frac{V}{h_{impus}} = \frac{T \cdot Q_{uz,med,zi}}{h_{impus}} = \frac{F_i}{I_{OA}} \quad (\text{ha}) \quad (8.15)$$

unde:

h_{impus} – adâncimea impusă a iazului, (m);

I_{OA} – încărcarea organică pe suprafață, (kg CBO₅/ha,zi);

F_i – cantitatea de substanță organică admisă în iaz (factorul de încărcare organică al iazului), (kg CBO₅/zi);

T, V, Q_{uz,med,zi} – definiți anterior;

3) Calitatea apei uzate efluente din iazul biologic:

$$x_{5,uz}^{ef} = \frac{x_{5,uz}^b}{K_T \cdot T + 1} \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (8.16)$$

unde:

x_{5,uz}^{ef} – concentrația în substanțe organice exprimate în CBO₅ a efluentului iazului biologic, (mg O₂/l);

x_{5,uz}^b – concentrația în substanțe organice exprimate în CBO₅ influente în iazul biologic, (mg O₂/l);

K_T – constantă de viteză la temperatura θ °C conform diagramei din fig. 8.1, (zile⁻¹)

T – timpul de retenție, (zile).

4) Volumul iazului biologic:

$$V = 35 \cdot Q_c \cdot x_{5,uz}^b \cdot 1,08^{(35-\theta)} \quad (\text{m}^3) \quad (8.17)$$

unde: **Q_c, x_{5,uz}^b, θ** °C definite anterior;

Parametrii de dimensionare sunt prezentați în tabelul 8.5.

Tabel 8.5 Parametrii de dimensionare ai iazurilor biologice

Tipul iazului	Adâncimea iazului (m)	Încărcarea în locuitori echivalenți (loc./ha)	Încărcarea organică pe suprafață (g CBO ₅ /m ² , zi)	Timp de retenție	Eficiența epurării (%)
1	2	3	4	5	6
Anaerob	2,0 – 3,0	-	35 – 60	6 – 60 zile	10 – 50
Facultativ aerob	1,2 – 1,8	250	0,6 – 1,0	luni	75 – 80
Aerob	0,6 – 1,2	1000	5,5	≈ 30 zile	80 – 95
	< 0,6	2000	11 (iarna)	2 – 10 zile	80 – 95
		5000	25 (vara)		90 – 95

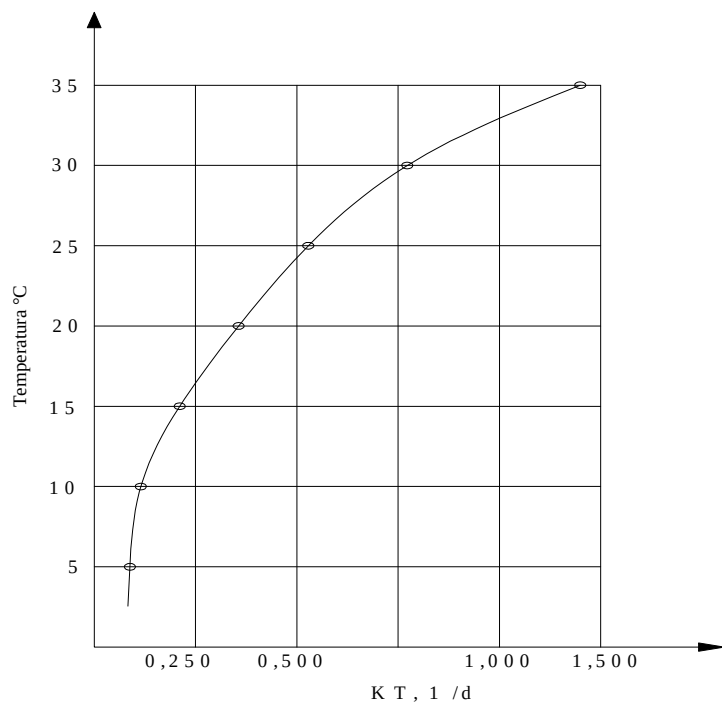


Figura 8.1. Diagrama constantei de viteză funcție de temperatura Θ .

8.1.2 Epurarea biologică artificială

Epurarea biologică artificială reproduce în mod intensiv fenomenele de autoepurare a solurilor și apelor de suprafață, realizând condițiile necesare (masă biologică, temperatură, pH, timp de contact, hrană, tip bacterii) dezvoltării masei bacteriene cu ajutorul căreia se mineralizează și se rețin substanțele organice biodegradabile aflate în stare coloidală sau dizolvată în apele uzate efluente din treapta de epurare mecanică.

Fenomenul de epurare biologică se bazează pe reacțiile metabolice ale unor populații mixte de bacterii, ciuperci și alte microorganisme inferioare, în special protozoare. În practica epurării aceste biocenoză poartă denumirea de **biomasă**.

Substanțele organice din apă pot fi îndepărtate de către microorganisme care le utilizează ca hrană, respectiv drept sursă de carbon. Ele constituie așa numitul substrat organic.

O parte din materiile organice utilizate de către microorganisme servesc la producerea energiei necesare pentru mișcare sau pentru desfășurarea altor reacții consumatoare de energie cum ar fi sinteza de materie vie, respectiv reproducerea (înmulțirea) microorganismelor.

Materialul celular nou creat se grupează pe un suport solid, dacă acesta există, realizând în jurul său o peliculă denumită membrană biologică, sau se grupează în flocoane (fulgi) care plutesc în masa de apă.

În funcție de procedeele de epurare predominante, epurarea mecano – biologică convențională se poate clasifica:

- epurare biologică cu biomasă sau peliculă fixată, realizată în filtre biologice clasice ori echipate cu biodiscuri;
- epurare biologică cu biomasă în suspensie realizată în bazine cu nămol activat, șanțuri de oxidare;
- epurare biologică mixtă realizată în instalații de tip special;

8.1.2.1 Epurare biologică artificială cu biomasă fixată – filtre biologice

Filtrele biologice se amplasează după decantoarele primare; au rolul de a asigura mineralizarea (oxidarea) substanțelor organice biodegradabile cu ajutorul microorganismelor aerobe care se dezvoltă pe pelicula (membrana) biologică fixată pe materialul de umplutură din care este alcătuit filtrul.

Toate tipurile de filtre necesită în prealabil decantare primară, în principal pentru evitarea colmatării premature a materialului filtrant. Filtrele biologice sunt utilizate pentru debite de ape uzate cu $Q_{uz,max,zi} < 250 \text{ dm}^3/\text{s}$ și pentru încărcări reduse cu materii în suspensie și materii organice biodegradabile.

Debitele de dimensionare și verificare ale filtrelor biologice:

- dimensionare:
 - filtre biologice clasice: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;

- filtre biologice cu discuri: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- verificare:
 - filtre biologice clasice: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$;
 - filtre biologice cu discuri: $Q_v = Q_{uz,max,or}$;

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{AR,max}$ – debitul de recirculare a apei epurate, (m^3/zi);

Fenomenele de epurare și microorganisme mineralizatoare sunt de tip aerob, caracterizându-se prin prezența oxigenului și prin procesele de oxidare, care sunt predominante.

La toate tipurile de filtre se dezvoltă pe suprafața de contact (suprafața suport) o peliculă care, în mod continuu sau intermitent se desprinde și este antrenată de apă în decantoarele secundare unde este reținută sub formă de nămol biologic.

Decantoarele secundare nu pot lipsi din schemele de epurare cu filtre biologice, deoarece ele trebuie să rețină pelicula biologică produsă și evacuată din filtre.

Cu excepția filtrelor biologice cu contactori rotativi (ex. filtre biologice cu discuri) este necesară pomparea apei decantate primar în filtre, deoarece în majoritatea cazurilor acestea sunt construcții supraterane.

Nămolul biologic reținut în decantoarele secundare **nu este recirculat** în amonte de filtre, deoarece poate conduce la colmatarea acestora. În anumite cazuri, se recirculă apă epurată (decantată), pentru scăderea încărcării organice volumetrice a filtrului biologic.

Contactul dintre apa uzată și materialul filtrant sau de contact (la filtrele biologice cu discuri) trebuie să fie intermitent, pentru a se permite aprovizionarea cu oxigen a microorganismelor mineralizatoare.

Pentru dezvoltarea materialului celular viu și desfășurarea activității de mineralizare a substratului organic, este necesar ca în apa uzată să se găsească substanțe fertilizante cum ar fi azotul și fosforul, substanțe care să se afle într-un anumit raport față de carbon.

De obicei, în apele uzate menajere și orășenești, trebuie asigurate cerințele cantitative minime și anume: $CBO_5 : N : P = 100 : 5 : 1$

La apele uzate sărace în azot și fosfor, se adaugă artificial substanțe ce conțin azot și fosfor (fertilizare), astfel încât cerințele minime de mai sus să fie îndeplinite.

În reținerea substanțelor organice coloidale și dizolvate de către microorganismele care trăiesc și se dezvoltă în pelicula biologică atașată de granulele materialului filtrant, fenomenele predominante sunt cele de interfață (la suprafața de separație dintre apă și granule) cum ar fi fenomenele de sitare, adsorbție și de decantare în spațiul dintre granule.

Filtrele biologice pot fi clasificate în funcție de mai multe criterii:

- a) După modul de funcționare și alcătuirea constructivă:
 - de contact;
 - percolatoare (cu picurare), denumite și „clasice” ;
 - cu contactori biologici rotativi;
- b) După încărcarea organică și hidraulică:
 - de mică încărcare;
 - de medie încărcare;
 - de încărcare normală;
 - de mare încărcare;
- c) După forma în plan:
 - circulare;
 - rectangulare;
- d) După sistemul de distribuție al apei pe suprafața materialului filtrant:
 - cu sistem de distribuție fix și vas de dozare;
 - cu sistem de distribuție mobil și vas de dozare (la filtrele biologice cu forma în plan dreptunghiulară);
 - cu sistem de distribuție rotativ (la filtrele biologice cu forma în plan circulară);
- e) Din punct de vedere al ventilației:
 - cu ventilație naturală;
 - cu ventilație artificială;
- f) Din punct de vedere al contactului cu atmosfera:
 - filtre biologice deschise (majoritatea aplicațiilor);
 - filtre biologice închise (în cazuri rare).

8.1.2.2 Filtre biologice percolatoare (cu picurare) de înălțime redusă

Sunt construcții în care apa uzată decantată primar este distribuită intermitent pe suprafața filtrului și străbate în sens descendent un strat de material filtrant în care are loc epurarea biologică a apelor uzate.

Filtrele biologice percolatoare joase, sunt alcătuite din următoarele elemente constructive principale (fig. 8.2):

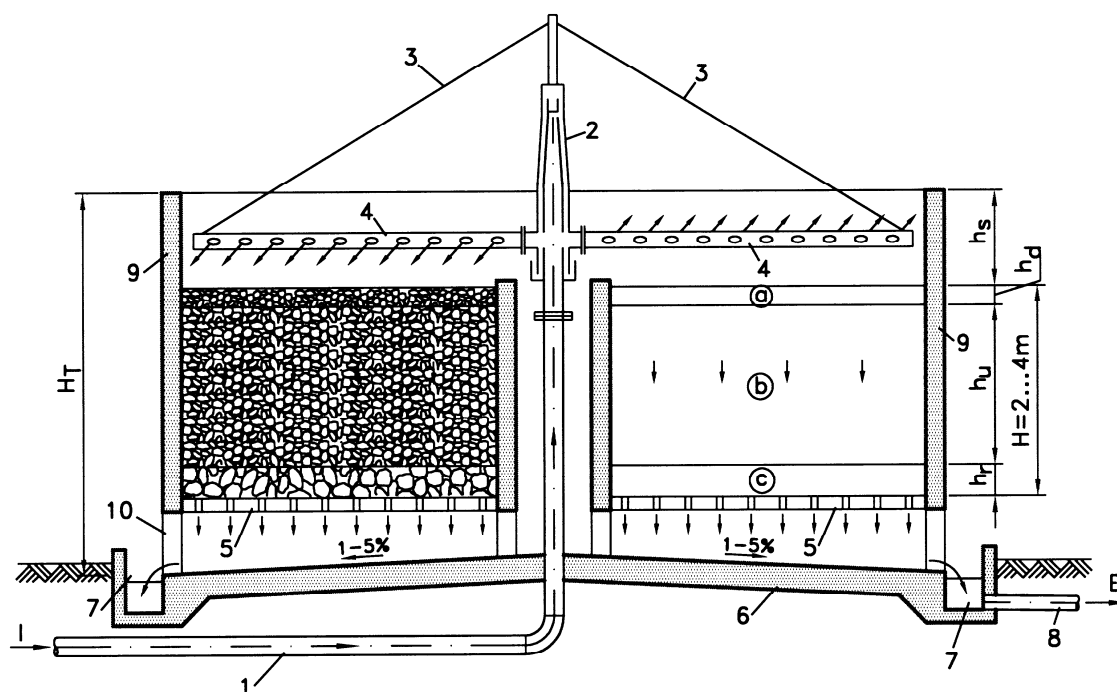


Figura 8.2. Filtru biologic percolator de înălțime redusă ("jos")

- I-influent; 1-conductă de alimentare cu apă decantată a filtrului; 2-cap rotativ; 3-tiranți;
 4-conductă de distribuție perforată; 5-radier drenant;
 6-radier compact; 7-rigolă perimetrală de colectare a apei filtrate;
 8-conductă de transport a apei filtrate spre decantare; 9-pereți exteriori;
 10-ferestre de acces a aerului; a-strat de repartitie;
 b-strat util ("de lucru"); c-strat suport (de susținere sau de rezistență)

Parametrii de proiectare ai filtrelor biologice percolatoare

1) Debiturile de dimensionare și verificare :

- dimensionare: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- verificare: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$;

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{AR,max}$ – debitul de recirculare a apei epurate, (m^3/zi);

2) Debitul apei epurate de recirculare se calculează cu relația:

$$Q_{AR} = R \cdot Q_c \quad (m^3/zi) \quad (8.17)$$

unde:

$$R - \text{coeficient de recirculare : } R = \frac{Q_{AR}}{Q_c} \quad (8.18)$$

Coeficientul de recirculare se determină dintr-o ecuație de bilanț de substanțe scrisă la intrarea în filtrul biologic:

$$x_{5,uz}^{dp} \cdot Q_c + x_{5,uz}^{adm} \cdot Q_{AR} = x_{5,uz}^b \cdot (Q_c + Q_{AR}) \quad (8.19)$$

unde:

$x_{5,uz}^{dp}$ – concentrația în CBO_5 a apelor decantate primar, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

Q_{AR} – debitul de recirculare, (m^3/zi);

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația în CBO_5 a efluentului, impusă de NTPA 001/ 2005, (mg/l);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în CBO_5 a influentului în treapta biologică de epurare, (mg/l); se limitează la 150 mg/l pentru filtre de mică încărcare și la 300 mg/l pentru celelalte tipuri de filtre;

Din relațiile (8.17) și (8.18) rezultă:

$$R = \frac{x_{5,uz}^{dp} - x_{5,uz}^b}{x_{5,uz}^b - x_{5,uz}^{adm}} \quad (8.20)$$

Concentrația în CBO_5 a apelor decantate primar $x_{5,uz}^{dp}$ se determină cu relația:

$$x_{5,uz}^{dp} = (1 - e_{xd}) \cdot (1 - e_x) \cdot x_{5,uz} \quad (mg/l) \quad (8.21)$$

unde:

$x_{5,uz}^{dp}$ – concentrația în CBO_5 a apelor decantate primar, (mg/l);

e_{xd} – eficiența treptei de degrosare privind reținerea materiei organice biodegradabile, (%);

e_x – eficiența decantorului primar privind reținerea CBO_5 , (%);

$x_{5,uz}$ – concentrația în CBO_5 a apelor uzate influente în stația de epurare, (mg/l);

Cu valorile de mai sus, se determină coeficientul de recirculare **R** aplicând relația (8.20).

Factorul hidraulic al recirculării reprezintă raportul dintre debitul de apă uzată introdus în filtru pe timpul recirculării și debitul de calcul:

$$F_h = \frac{Q_c + Q_{AR}}{Q_c} = 1 + R \quad (8.22)$$

$$F_b = \frac{F_h}{[1 + (1-f) \cdot R]^2} \quad (8.23)$$

unde:

F_b – factorul biologic al recirculării;

f – proporția de materie organică (exprimată în CBO₅) îndepărtată la fiecare trecere a apei prin filtru; se consideră de obicei $f = 0,90$;

Tabel 8.6. Valori ale F_h și F_b în funcție de R ($f=0,9$).

Nr. crt.	Valori ale factorilor de recirculare								
1	R	0,5	1	2	3	4	5	8	15
2	F_h = 1+R	1,5	2	3	4	5	6	9	16
3	F_b = $\frac{F_h}{(1 + 0,1R)^2}$	1,36	1,65	2,08	2,36	2,55	2,67	2,78	2,56

Deoarece factorul biologic al recirculării nu mai crește în mod sensibil pentru valori ale coeficientului de recirculare $R > 3,0$ se recomandă pentru R valori cuprinse între 0,5 și 3,0.

3) Încărcarea organică a filtrului biologic reprezintă raportul dintre cantitatea de substanță organică (exprimată în CBO₅); Se determină cu relația:

$$I_o = \frac{C_b}{V_{mf}} \quad (\text{g CBO}_5/\text{m}^3, \text{zi}) \quad (8.24)$$

unde:

C_b – cantitatea de substanță organică exprimată în CBO₅ influentă în treapta biologică, (kg CBO₅/zi);

$$V_{mf} - \text{volumul de material filtrant, (m}^3\text{): } V_{mf} = \frac{C_b}{I_o} \quad (\text{m}^3) \quad (8.25)$$

4) Încărcarea hidraulică a filtrului biologic se determină ca raport al debitului apelor uzate admis în filtru și suprafața orizontală a filtrului:

$$I_h = \frac{Q_c + Q_{AR}}{A_o} \quad (\text{m}^3/\text{m}^2, \text{h}) \quad (8.26)$$

unde:

$$A_o - \text{aria orizontală a filtrului, (m}^2\text{): } A_o = \frac{Q_c + Q_{AR}}{I_h} \quad (\text{m}^2) \quad (8.27)$$

Valorile I_o și I_h se adoptă conform tabelului 8.7.

Tabel 8.7. Parametrii de proiectare ai filtrelor biologice.

Nr. crt	Parametrii	U.M.	Tipul filtrului biologic			
			Încărcare mică	Încărcare medie	Încărcare normală	Încărcare mare
0	1	2	3	4	5	6
1	I_o	g CBO ₅ /m ³ ,zi	≤ 200	200-450	450-750	750-1100
2	I_h	m ³ /m ² ,h	< 0,2	0,4-0,8	0,6-1,2	0,7-1,5
3	d_{xb}	%	> 85% (medie 92%)	> 80% (medie 88%)	> 75% (medie 83%)	> 70% (medie 77%)
4	$x_{5,uz}^{adm}$	mg/l	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 45

unde:

I_o – încărcarea organică a filtrului, (g CBO₅/m³,zi);

I_h – încărcarea hidraulică a filtrului,(m³/m²,h);

d_{xb} – gradul de epurare necesar pentru CBO₅, din treapta de epurare biologică, (%);

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația în CBO₅ a efluentului, impusă de NTPA 001/ 2005, (mg/l);

5) Înălțimea totală a stratului de material filtrant H , va avea valori cuprinse între 2,0 și 4,0 m:

$$H = \frac{V_{mf}}{A_o} = x_{5,uz}^b \cdot \frac{I_h}{I_o} \quad (\text{m}) \quad (8.28)$$

6) Eficiența cuplului filtru biologic-decantor secundar se poate calcula pentru schema cu o singură treaptă de epurare biologică, cu formula [45]:

$$E = \frac{1}{1 + 0,014 \cdot \sqrt{\frac{I_o}{F_h}}} \quad (8.29)$$

unde: I_o și I_h – definite anterior;

Trebuie îndeplinită condiția:

$$E \geq d_{xb} \quad (8.30)$$

În cazul când există treaptă de dublă de epurare cu filtre biologice , eficiența celei de-a doua trepte se calculează cu relația (8.29) în care se introduce încărcarea organică considerată pentru treapta a doua.

Soluția optimă privind eficiența de epurare, gradul de recirculare, încărcarea hidraulică și înălțimea stratului de material filtrant, se alege în urma unor calcule tehnico-economice comparative.

Forma constructivă în plan a filtrului biologic depinde de sistemul de distribuție a apei pe filtru; se adoptă circulară pentru distribuitoarele rotative și dreptunghiulară pentru distribuția cu sprinklere, conducte și jgeaburi perforate sau distribuitoare cu deplasare longitudinală (tip „du-te vino”). Numărul minim al cuvelor de filtrare este $n = 2$; dacă se adoptă o singură cuvă, atunci se va prevedea posibilitatea de ocolire (by-pass) a cuvei.

8.1.2.3 Filtre biologice (percolatoare) turn

Sunt instalații de epurare biologică care se desfășoară pe înălțime, având formă circulară în plan și raportul dintre înălțime și diametru $(H/D) = (6 / 1) \div (8 / 1)$. Filtrele biologice turn sunt utilizate pentru ape uzate puternic încărcate cu substanțe organice (fabrici de conserve, sanatorii, clinici veterinare) și pentru epurarea biologică a apelor uzate provenite de la localități cu până la 10.000 locuitori echivalenți.

Filtrul este alcătuit din mai multe straturi filtrante de 2,0 ... 4,50 m înălțime dispuse pe verticală și separate între ele prin spații de 0,40 ... 0,50 m înălțime, care servesc pentru realizarea unui tiraj corespunzător unei intense aerări a materialului filtrant.

Se recomandă să se adopte înălțimi de turn de până la 10 m pentru epurarea apelor uzate cu o concentrație în CBO_5 la intrarea în filtru $x_{5uz}^b = 200 \text{ mg/dm}^3$ și de până la 15 m pentru ape uzate cu $x_{5uz}^b = 300 \text{ mg/dm}^3$.

Admisia apei în filtru se face prin pompare la partea superioară a acestuia, iar distribuția apei pe suprafața de filtrare se face continuu, de obicei cu sprinklere.

Încărcarea organică a materialului filtrant $I_o = 500 \dots 1800 \text{ g } CBO_5/\text{m}^3$ material filtrant.

Încărcarea hidraulică I_h poate fi considerată până la $120 \text{ m}^3 \text{ apă uzată}/\text{m}^2 \cdot \text{zi}$ ($5 \text{ m}^3 \text{ apă uzată}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$).

La acest tip de filtre, recircularea apei epurate este rar utilizată. La partea inferioară a fiecărei trepte de filtrare se vor prevedea ferestre pentru asigurarea ventilării și tirajului. De

asemenea, se vor prevedea, pentru fiecare treaptă, deschideri care să permită încărcarea, respectiv evacuarea materialului filtrant.

8.1.2.4 Contactori biologici rotativi

Contactorii biologici rotativi (cunoscuți sub denumirea Rotating Biological Contactors – RBC) sunt instalații de epurare alcătuite din discuri din material plastic scufundate 35-40% din diametru în apa uzată decantată primar, care se rotesc lent (1-3 rot/min.) Sunt cunoscute și sub denumirea de Filtre Biologice cu Discuri (**FBD**), iar discurile constituate se mai numesc **biodiscuri**. (fig.8.3).

Filtrele biologice cu discuri au rolul de a asigura mineralizarea și eliminarea substanțelor organice biodegradabile aflate în stare coloidală sau dizolvată din apele uzate decantate primar. Pot fi utilizate și în scheme de epurare prin care se urmărește nitrificarea, denitrificarea și reținerea fosforului din apele uzate.

Filtrele biologice cu discuri se amplasează în fluxul tehnologic după decantoarele primare și în amonte decantoarelor secundare. Decantorul primar și decantorul secundar **nu pot lipsi** din schema de epurare care conține filtre biologice cu discuri.

În schemele de epurare cu filtre biologice cu discuri nu se recirculă, nici apa epurată, nici nămolul biologic.

Instalația de biodiscuri necesită un consum redus de energie, zgomotul în timpul funcționării este neglijabil și procesul de epurare poate fi complet automatizat funcție de cantitatea și calitatea apei tratate. Discurile au diametrul cuprins între 0,60 și 3,0 m și sunt realizate din materiale ușoare de tip lupolen sau styropor (materiale asemănătoare polistirenului expandat) dar mult mai dense (compacte) și cu muchii rezistente și stabile. Ele au grosimea $d = 10 \dots 15 \text{ mm}$ și se assemblează pe un ax, în pachete, distanța optimă dintre discuri considerându-se, $w = 20 \text{ mm}$. Distanța dintre biodiscuri și radierul bazinului este importantă.

Utilizarea filtrelor biologice cu discuri este avantajoasă în cazul unor debite reduse de ape uzate provenite de la mici colectivități (5 – 500 locuitori), unități militare, campinguri, mici unități din industria alimentară. Ele pot fi realizate sub forma unor instalații monobloc modulate pentru anumite valori ale debitului de ape uzate.

Valorile principalilor parametri de proiectare ai filtrelor biologice cu discuri sunt prezentați în tabelul 8.8.

Tabel 8.8. Valorile parametrilor de proiectare ai FBD

Nr. crt.	Parametru	Simbol	U.M.	Tipul epurării		
				Convențională	Cu nitrificare simultană	Cu nitrificare în bazine separate
0	1	2	3	4	5	6
1	Încărcarea hidraulică	I_h	$m^3/m^2, zi$	0,08 – 0,16	0,03 – 0,08	0,04 – 0,10
2	Încărcarea organică specifică ¹⁾	$SCBO_5^{2)}$	$g/m^2, zi$	3,7 – 10,0	2,5 – 7,3	0,5 – 1,5
		$TCBO_5^{3)}$	$g/m^2, zi$	10,0 – 17,0	7,3 – 15,0	1,0 – 3,0
3	Încărcarea organică specifică maximă din prima treaptă ¹⁾	$SCBO_5^{2)}$	$g/m^2, zi$	20 – 30	20 – 30	–
		$TCBO_5^{3)}$	$g/m^2, zi$	40 – 60	40 – 60	–
4	Încărcarea specifică în NH_3		$g/m^2, zi$	–	0,73 – 1,5	1,0 – 2,0
5	Timpul de retenție	t	h	0,7 – 1,5	1,5 – 4,0	1,2 – 2,9
6	Concentrația în CBO_5 a efluentului	X_{5uz}^{adm}	mg/dm^3	15 – 30	7 – 15	7 – 15
7	Concentrația în NH_3 a efluentului	C_{NH3}^{adm}	mg/dm^3	–	< 2	1 – 2

1) Temperatura apei uzate > 13 °C;

2) $SCBO_5$ – consum biochimic de oxigen solubil;

3) $TSCBO_5$ – consum biochimic de oxigen total;

Notă: Încărcarea hidraulică, organică specifică în NH_3 se raportează la aria biodiscurilor:

$$A = \Sigma \cdot n \cdot 0,785 \cdot D^2 \quad (m^2);$$

n – numărul de biodiscuri; D – diametru biodiscuri, (m);

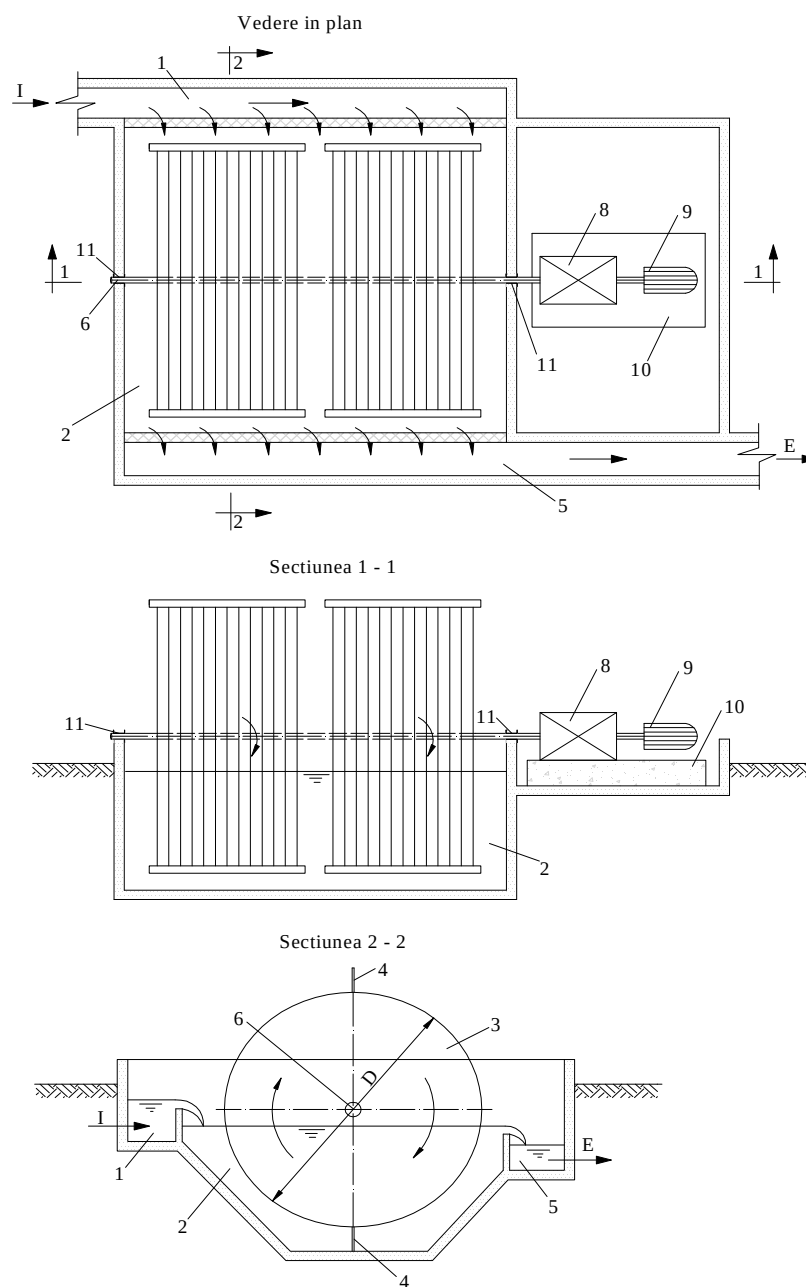


Figura 8.3. Filtru biologic cu discuri.

I – influent; E – efluent; 1 – rigolă de admisie a apei decantate primar în instalația de filtrare;
 2 – jgheab în care sunt cufundate biodiscurile; 3 – biodisc; 4 – riglă pentru împiedecarea depunerilor;
 5 – rigolă de colectare; 6 – ax; 7 – pachet din biodiscuri; 8 – motoreductor;
 9 – motor electric; 10 – postament de beton; 11 – lagăr.

8.1.2.5 Bazine cu nămol activat – epurare biologică cu biomasă în suspensie

Bazinele cu nămol activat (BNA), denumite și bazine de aerare, sunt construcții în care se realizează procesul de epurare biologică a apelor uzate în prezența oxigenului introdus artificial prin aerare și a nămolului activat de recirculare (fig. 8.4). Fenomenul este analog celui de autoepurare a cursurilor de apă, dar mult intensificat prin aerare artificială și prin recircularea nămolului activat.

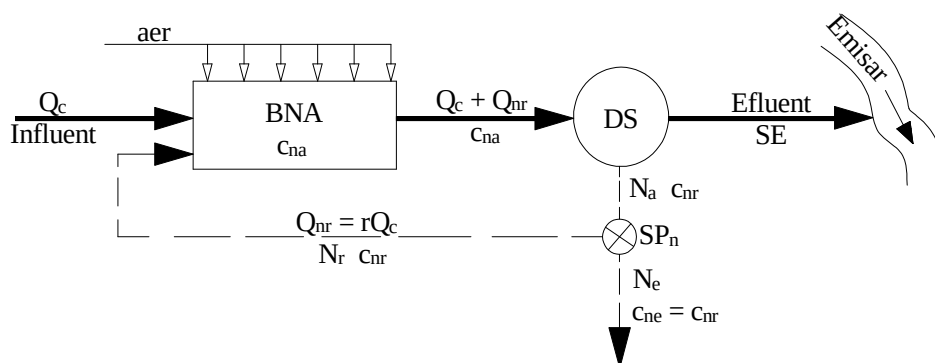


Figura 8.4. Schemă generală de epurare convențională cu bazine cu nămol activat

Q_c – debitul de calcul; Q_{nr} – debitul de nămol recirculat; c_{na} – concentrația nămolului activat;
 c_{nr} – concentrația nămolului de recirculare; N_a – cantitatea de nămol activat;
 N_r – cantitatea de nămol recirculat; N_e – cantitatea de nămol în exces;

Bazinele cu nămol activat realizează amestecul :

- apei uzate, conținând substanțe organice care constituie hrana bacteriilor mineralizatoare (așa numitul substrat organic);
- aerul, care conține oxigen și care este furnizat prin procedee mecanice, pneumatice, mixte sau cu jet ;
- nămolul activat de recirculare, care conține materialul celular viu necesar menținerii unei anumite concentrații a nămolului activat în bazinul de aerare, corespunzătoare unui anumit grad de epurare necesar.

Amestecul celor 3 elemente trebuie să se facă astfel încât, indiferent de procesul de aerare să fie îndeplinite condițiile esențiale:

- să se introducă oxigenul necesar desfășurării proceselor bio-chimice din bazinul de aerare;
- să se realizeze o bună omogenizare a celor trei elemente (apa uzată, aerul și nămolul activat de recirculare);

- să fie evitată depunerea flocoanelor de nămol în orice punct din bazinul de aerare;

Bacteriile participante în proces sunt de tip aerob; se găsesc totdeauna în apa uzată decantată primar și se pot adapta sau nu la condițiile aerobe din bazin. În bazinul cu nămol activat sunt create în mod artificial condiții de dezvoltare și de înmulțire intensivă a microorganismelor care, în procesul lor de viață, transformă substanțele organice biodegradabile pe bază de carbon aflate în apa uzată sub formă coloidală sau dizolvată, în material celular viu. Acesta se reunește în flocoane și este reținut în decantoarele secundare prevăzute în aval și poartă denumirea de „nămol activat”.

Procesele biochimice care au loc în bazinele de aerare se află în stadiul II de dezvoltare a masei bacteriene, stadiu denumit „de creștere logaritmică”. Aceste procese sunt consumatoare de oxigen, element chimic care se asigură prin diverse procedee de aerare a apei. La consumuri de energie necesare pentru aerarea apei reduse, în condițiile asigurării unui grad de epurare dat, procedeele de aerare devin avantajoase.

Eficiența de îndepărtare (reducere sau eliminare) a substanțelor organice prin procedeele cu nămol activat, variază între 60 și 98 % în funcție de tipul de epurare adoptat, de procedeele de aerare aplicate, de natura apelor uzate

Bazinele de aerare se prevăd:

- cu 2, 3 sau 4 compartimente pentru stații cu $Q_{uz,max,zi} < 250 \text{ dm}^3/\text{s}$;
- cu 1 compartiment, pentru stații cu $Q_{uz,max,zi} < 25 \text{ l/s}$ (cu dotare by-pass);

În schemele stațiilor de epurare unde **nu** sunt prevăzute decantoare primare, se va avea în vedere ca la debitul de verificare (Q_v), concentrația de oxigen dizolvat în bazin să nu scadă sub $0,50 \text{ mg O}_2/\text{l}$, iar durata de aerare să fie mai mare de 2h.

Clasificarea bazinelor cu nămol activat se face după mai multe criterii:

a) După procedeul de aerare:

- cu aerare pneumatică;
- cu aerare mecanică;
- cu aerare mixtă.
- cu jet;

b) După variația concentrației nămolului activat din bazinul de aerare:

- omogene (cu amestec complet);

- neomogene (tip piston) - concentrația nămolului activat descrește spre aval în lungul bazinului;
- c) După modul de distribuție (repartiție) a apei uzate și nămolului de recirculare, bazinele de aerare neomogene pot fi:
- cu apa și nămolul activat de recirculare introduse concentrat în capătul amonte al bazinului (aerare convențională);
 - cu distribuția fracționată a apei în lungul bazinului (step-feed);
 - cu distribuția fracționată a nămolului de recirculare în lungul bazinului ;
 - cu distribuția fracționată a apei și a nămolului de recirculare în lungul bazinului;
 - cu regenerarea nămolului de recirculare (stabilizare de contact) ;
 - cu aerare prelungită;
- d) După numărul treptelor de epurare biologică, pot exista bazine cu nămol activat:
- într-o singură treaptă;
 - în două trepte;
- e) După încărcarea organică a nămolului I_{on} (kg CBO₅/kg s.u,zi), BNA pot fi:
- cu aerare prelungită: $I_{on} < 0,1$ kg CBO₅/kg s.u,zi;
 - de încărcare mică: $0,1 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi} \leq I_{on} < 0,3 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi}$;
 - de încărcare medie: $0,3 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi} \leq I_{on} < 0,6 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi}$;
 - de încărcare mare: $0,6 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi} \leq I_{on} < 1,5 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi}$;
 - cu aerare modificată: $I_{on} \geq 1,5 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u,zi}$;
- f) După natura procesului de aerare, BNA pot fi:
- convenționale (tip piston);
 - cu amestec complet;
 - cu aerare descrescătoare (tip con);
 - cu alimentare fracționată (step – feed);
 - cu aerare modificată;
 - cu stabilizare de contact sau cu regenerarea nămolului;
 - cu aerare prelungită;
 - cu aerare de mare încărcare (high – rate aeration);
 - cu utilizarea procedeului Kraus;

- cu insuflare de oxigen pur;
- șanțuri de oxidare;
- cu aerare în foraj de adâncime;

Bazinele cu nămol activat sunt în general neacoperite, cu excepția cazului în care se aplică procedeul de insuflare a oxigenului pur și a unor situații speciale impuse de protecția sanitară a mediului înconjurător (stații de epurare subterane, în clădiri, în zone intens locuite).

Forma în plan a bazinelor cu nămol activat poate fi rectangulară, circulară, inelară (șanțurile de oxidare de exemplu) și mixtă (dreptunghiulară și cu capetele de forma unui semicerc).

Din punct de vedere al amplasării față de cota terenului amenajat, bazinele de aerare pot fi îngropate, semi-îngropate sau supraterane, în funcție de cerințele profilului tehnologic și de criteriile tehnico-economice ale soluției adoptate. Ele trebuie fundate pe teren sănătos și la adâncimi $\geq h$ îngheț.

Bazinele de aerare pot fi realizate din beton armat sau metal; la stații de epurare mici modulele de epurare pot fi realizate în uzină sau direct pe amplasament, din materiale plastice, oțel inox sau metal protejat împotriva coroziunii.

Principalele componente ale bazinelor cu nămol activat (fig.8.5) sunt:

- 1) bazinul (sau cuva) în care are loc procesul;
- 2) conductele de transport și distribuție a aerului și dispozitivele de insuflare a aerului (difuzoare, panouri, tuburi, furtunuri);
- 3) pasarelele de susținere a sistemelor de aerare și de acces la acestea, la armăturile de reglaj situate pe conductele de aer sau apă uzată, la aparatura de măsură și control;
- 4) aparatura de măsură, control, și automatizare.
- 5) canale sau conducte de acces și de evacuare a apei uzate și a nămolului de recirculare în/din bazinele de aerare, precum și stavilele aferente;

Decantoarele primare pot lipsi din schema stației de epurare în situațiile:

- când apele uzate ce urmează a fi epurate au proveniență exclusiv menajeră și debite $Q_{uz,max,or} < 200 \text{ dm}^3/\text{s}$;
- când eficiența decantării prin sedimentare gravimetrică (reținerea materiilor în suspensie) este sub 40%;
- când conținutul în substanță organică este redus ($c_{CBO5} < 150 \text{ g O}_2/\text{m}^3$);

– când epurarea se realizează în instalații biologice compacte de capacitate redusă;

Valorile parametrilor de proiectare ai bazinelor de nămol activat sunt prezentate în tabelul următor.

Tabel 8.9. Valorile parametrilor de dimensionare pentru bazinele cu nămol activat.

Nr. crt.	Tipul epurării	T_N (zile)	I_{on} (kg CBO ₅ / kg s.u,zi)	I_{ob} (kg CBO ₅ / m ³ ,zi)	c_{na} (mg/ dm ³)	t_a (h)	r (%)
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Aerare de mare încărcare	0,5 – 2	1,5 – 2	1,2 – 2,4	200 – 1000	1,5 – 3	100 – 150
2	Stabilizare de contact	5 – 10	0,2 – 0,6	1,0 – 1,3	1000 – 3000 ^a 6000 – 10000 ^b	0,5 – 1 ^a 2 – 4 ^b	50 – 150
3	Aerare cu introducere de oxigen pur	1 – 4	0,5 – 1	1,3 – 3,2	2000 – 5000	1 – 3	25 – 50
4	Curgere în bloc convențională	3 – 15	0,2 – 0,4	0,3 – 0,7	1000 – 3000	4 – 8	25 – 75 ^d
5	Alimentare fracționată	3 – 15	0,2 – 0,4	0,7 – 1,0	1500 – 4000	3 – 5	25 – 75
6	Amestec complet	3 – 15	0,2 – 0,6	0,3 – 1,6	1500 – 3000	4 – 8	25 – 75 ^d
7	Aerare prelungită	20 – 40	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 5000	20 – 30	50 – 150
8	Șanțuri de oxidare	15 – 30	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	3000 – 5000	15 – 30	75 – 150
9	Procese de aerare și decantare grupate în același bazin	15 – 25	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 5000 ^c	20 – 40	NA
10	Bazine cu funcționare secvențială	10 – 30	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 5000	15 – 40 ^c	NA
11	Aerare în contracurent	10 – 30	0,04 – 0,1	0,1 – 0,3	2000 – 4000	15 – 40	25 – 75 ^d

a)Concentrația nămolului activat și timpul de retenție în bazinul de contact;

b)Concentrația nămolului activat și timpul de retenție în bazinul de stabilizare;

c)Utilizată și la vârste ale nămolului intermediare;

d)Pentru nitrificare, ratele pot fi crescute cu 25 – 50 %;

NA – neaplicabil.

unde:

T_N – vârsta nămolului, (zile);

I_{on} – încărcarea organică a nămolului, (kg CBO₅/ kg s.u,zi);

I_{ob} – încărcare organică a bazinului,(kg CBO₅/ m³,zi);

c_{na} – concentrația nămolului activat, (mg/dm³);

$t_a = V/Q_c$ – timpul de retenție la debitul de calcul, (h);

V – volumul bazinului, (m³);

$r = Q_{nr}/Q_c$ – rata de recirculare a nămolului, (%);

Q_{nr} – debitul de recirculare, (m^3/zi);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

8.1.2.6 Parametrii de dimensionare ai bazinelor de aerare (BNA)

1) Debitele de dimensionare și verificare:

– de dimensionare: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;

– de verificare: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$;

2) Concentrația substanței organice biodegradabile exprimată în CBO_5 :

$$x_{5,uz}^b = (1 - e_{xd}) \cdot (1 - e_x) \cdot x_{5,uz} \quad (mg/l) \quad (8.31)$$

unde:

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în CBO_5 pentru influentul treptei biologice ($mg O_2/l$);

e_{xd} – eficiența treptei de degrosare privind reținerea CBO_5 , (%);

e_x – eficiența decantorului primar privind reținerea CBO_5 , (%);

$x_{5,uz}$ – concentrația în CBO_5 a apelor uzate influente în stația de epurare, ($mg O_2/l$);

3) Cantitatea de substanță organic biodegradabilă influentă în BNA:

$$C_b = x_{5,uz}^b \cdot Q_c \quad (kg CBO_5/zi) \quad (8.32)$$

unde:

$x_{5,uz}^b$, Q_c – definite anterior.

4) Cantitatea de substanță organică eliminată în treapta biologică:

$$C'_b = C_b - C_{ev} \quad (kg CBO_5/zi) \quad (8.33)$$

unde:

C_b – definit la pct.3 cf. relației (8.32);

C_{ev} – cantitatea de substanță evacuată zilnic în emisar:

$$C_{ev} = x_{5,uz}^{adm} \cdot Q_c \quad (kg CBO_5/zi) \quad (8.34)$$

unde:

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația substanței organice impusă la evacuarea în emisar, ($mg O_2/l$);

5) Încărcarea organică a bazinului:

$$I_{ob} = \frac{C_b}{V} \quad (kg CBO_5/m^3 \text{ b. a. , zi}) \quad (8.35)$$

unde:

C_b – definit la pct. 3) cf. relației (8.32);

V – volumul util al bazinului de aerare, (m^3);

6) Încărcarea organică a nămolului:

$$I_{on} = \frac{C_b}{N_a} \quad (\text{kg CBO}_5/\text{kg s. u. , zi}) \quad (8.36)$$

unde:

C_b – definit la pct. 3), cf. relației (8.32);

N_a – cantitatea de biomasă existentă în bazinul de aerare, (kg s.u);

7) Încărcarea hidraulică a bazinului:

$$I_h = \frac{Q_c}{V} \quad (m^3 \text{ a. uz}/m^3 \text{ b. a. , zi}) \quad (8.37)$$

unde:

Q_c , V – definite anterior;

8) Concentrația nămolului activ din bazinul de aerare (valori orientative tab.8.10):

$$c_{na} = \frac{N_a}{V} = \frac{I_{ob}}{I_{on}} \quad (\text{kg}/m^3) \quad (8.38)$$

unde:

N_a , V , I_{ob} , I_{on} – definite anterior;

Tabel 8.10. Valori ale concentrației nămolului activat.

Tipul epurării	Concentrația în substanță uscată c_{na} (kg/m^3)	
	cu decantare primară	fără decantare primară
0	1	2
Fără nitrificare	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5
Cu nitrificare și denitrificare	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5
Cu stabilizarea nămolului	–	4,5
Cu eliminarea fosforului (precipitare simultană)	3,5 – 4,5	4,5

9) Indicele volumetric al nămolului (Indexul lui Mohlmann) exprimă volumul de nămol care revine unui gram de substanță uscată după o sedimentare de 30 de minute a probei de nămol și se exprimă în cm^3/g ; reprezintă raportul dintre volumul de nămol separat într-un con Imhoff de $1 dm^3$, umplut până la reper, după o sedimentare de 30 de minute și cantitatea de substanță uscată aferentă acestui volum după etuvare.

Valori ale indicelui de nămol $I_{VN} = 50 \dots 150 \text{ cm}^3/\text{g}$ indică o bună sedimentare în decantoarele secundare; pentru valori $I_{VN} > 200 \text{ cm}^3/\text{g}$, procesul de sedimentare este necorespunzător, obținându-se un nămol înfoiat, cu proprietăți de decantare extrem de reduse și care poate conduce la flotarea acestui nămol în decantorul secundar.

Indicele nămolului poate fi exprimat în ml/l (cm^3/dm^3), caz în care poartă denumirea de sediment sau indice comparativ al nămolului și reprezintă raportul dintre volumul de nămol separat într-un con Imhoff de 1dm^3 , umplut până la reper, după o sedimentare de 30 de minute și volumul inițial al probei de nămol;

- pentru $I_{on} \leq 0,3 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u.zi} \rightarrow I_{VN} = 100 \text{ cm}^3/\text{g}$;
- pentru $I_{on} > 0,3 \text{ kg CBO}_5/\text{kg s.u.zi} \rightarrow I_{VN} = 150 \text{ cm}^3/\text{g}$;

10) Concentrația nămolului de recirculare (concentrația nămolului în exces):

$$c_{nr} = c_{ne} = \frac{1.000}{I_{VN}} = c_{na} \cdot \frac{r + 100}{r} \quad (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (8.39)$$

unde: I_{VN} – definit anterior;

r – coeficientul de recirculare al nămolului:

$$r = \frac{Q_{nr}}{Q_c} \cdot 100 = \frac{c_{na}}{c_{nr} - c_{na}} \cdot 100 = \frac{c_{na} \cdot I_{VN}}{1.000 - c_{na} \cdot I_{VN}} \quad (\%) \quad (8.40)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul, definit anterior;

c_{na} , c_{nr} , I_{VN} – definiți anterior;

Q_{nr} – debitul de nămol recirculat, (m^3/zi);

11) Debitul de nămol în exces:

$$Q_{ne} = \frac{c_{na} \cdot V - T_N \cdot Q_c \cdot c_{uz}^{adm}}{T_N \cdot (c_{ne} - c_{uz}^{adm})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (8.41)$$

unde:

c_{na} , c_{ne} , V , Q_c – definite anterior;

c_{uz}^{adm} – concentrația în MTS impusă la evacuarea în emisar, (mg/l);

T_N – vârsta nămolului, definită de relația (8.43);

12) Cantitatea specifică de nămol, n_{es} , se alege în funcție de tipul epurării (tab.8.11):

$$n_{es} = \frac{N_e}{C_b'} \quad (\text{kg s. u.}/\text{kg CBO}_5 \text{ redus}) \quad (8.42)$$

unde:

$N_e = Q_{ne} \cdot c_{ne}$ – cantitatea de substanță uscată corespunzătoare volumului în exces, (kg s.u./zi);

C_b' – definit cu relația (8.33);

Tabel 8.11. Valori ale cantității specifice de nămol.

n_{es} (kg s.u/ kg CBO ₅ redus)			
Tipul epurării biologice			
Epurare convențională		Epurare cu nitrificare	Aerare prelungită
$X_{5uz}^{adm} \leq 20$ mg/l	$X_{5uz}^{adm} \leq 30$ mg/l		
0,6 – 0,8	0,7 – 0,9	0,5 – 0,7	0,35 – 0,5

13) Umiditatea nămolului

Umiditatea nămolului în exces se va considera în calcule 99 – 99,2 %.

14) Vârsta nămolului se definește ca raportul dintre cantitatea de materii solide în suspensie existentă în BNA și cantitatea de materii solide în suspensie eliminată din sistemul bazin – decantor secundar:

$$T_N = \frac{c_{na} \cdot V}{(Q_c - Q_{ne}) \cdot c_{uz}^{adm} + Q_{ne} \cdot c_{ne}} \quad (\text{zile}) \quad (8.43)$$

unde:

c_{na} , c_{ne} , V , Q_c , Q_{ne} , c_{uz}^{adm} – definiți anterior;

Vârsta nămolului este un parametru important în epurarea biologică și epurarea avansată a apelor uzate; valorile recomandate depind de tipul epurării (tab.8.12).

Tabel 8.12. Valori recomandate pentru vârsta nămolului.

Nr. crt.	Tipul epurării	Mărimea stației de epurare			
		C _b < 1.200 kg CBO ₅ /zi		C _b > 6.000 kg CBO ₅ /zi	
		Temperatura de dimensionare			
		10 ⁰ C	12 ⁰ C	10 ⁰ C	12 ⁰ C
0	1	2		3	
1	Fără nitrificare	5,0 zile		4,0 zile	
2	Cu nitrificare	10 zile	8,2 zile	8 zile	6,6 zile
3	Cu nitrificare–denitrificare V _D /V = 0,20	12,5 zile	10,3 zile	10 zile	8,3 zile
4	V _D /V = 0,30	14,3 zile	11,7 zile	11,4 zile	9,4 zile
5	V _D /V = 0,40	16,7 zile	13,7 zile	13,1 zile	11,0 zile
6	V _D /V = 0,50	20,0 zile	16,4 zile	16,0 zile	13,2 zile
7	Cu stabilizarea aerobă a nămolului, inclusiv eliminarea azotului	25 zile		Recomandabil peste 20 zile	

unde:

C_b – definit de relația (8.32), (kg/zi);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația CBO₅ influentă în reactorul biologic, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, conform § 8.1.1;

V_D – volumul zonei de denitrificare, (m³);

V – volumul total al bioreactorului, (m³);

15) Cantitatea de oxigen necesară se determină cu relația:

$$O_n = O_{ns} \cdot V \text{ (kg O}_2\text{/zi)} \quad (8.44)$$

unde:

O_{ns} – oxigenul necesar specific, (kg O₂/ m³ b.a.,zi);

V – volumul bazinului, (m³);

Valorile oxigenului necesar specific, după tipul de epurare biologică sunt prezentate în tabelul 8.13.

Tabel 8.13. Valori ale O_{ns} după tipul de epurare biologică.

O_{ns} (kg O ₂ / m ³ b.a.,zi)			
Tipul epurării biologice			
Epurare convențională		Epurare cu nitrificare	Aerare prelungită
$X_{5uz}^{adm} \leq 20 \text{ mg/l}$	$X_{5uz}^{adm} \leq 30 \text{ mg/l}$		
1,12	1,44	0,79	0,47

16) Capacitatea de oxigenare necesară:

$$CO_{h,nec} = \frac{1}{24} \cdot O_n \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{c_s}{c_{SA} - c_B} \cdot \left(\frac{K_{10}}{K_T} \right)^{1/2} \cdot \frac{760}{p} \text{ (kg O}_2\text{/h)} \quad (8.45)$$

unde:

O_n – cantitatea de oxigen necesară, (kg O₂/zi);

α – raportul dintre capacitatea de transfer a oxigenului în apa uzată și capacitatea de transfer a oxigenului în apa curată; se consideră $\alpha = 0,7 \dots 0,9$;

c_{SA} – concentrația de saturație a oxigenului dizolvat în apă curată, în condiții standard (760 mm col. Hg);

c_s – concentrația de saturație a oxigenului dizolvat din bazinul de aerare la temperatura de lucru T; valorile c_s sunt indicate în tabelul 8.14.

Tabel 8.14. Valorile c_s și c_{SA} pentru diferite temperaturi ale apei uzate.

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
c_s (mg O ₂ /l)	11,6	12,8	11,3	10,2	9,2	8,4	7,6
c_{SA} (mg O ₂ /l)	11,3	10,0	9,0	8,1	7,4	6,4	6,1

c_B – concentrația efectivă a oxigenului dizolvat din bazinul de aerare la temperatura T,
(1 .. 3mg O₂/l);

K_{10} – coeficient de transfer al oxigenului în apă la T = 10 °C;

K_T – coeficient de transfer al oxigenului în apă la T°C (tab.8.15);

Tabel 8.15. Valorile $\left(\frac{K_{10}}{K_T}\right)^{1/2}$ pentru diferite temperaturi ale apei uzate.

T°C	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\left(\frac{K_{10}}{K_T}\right)^{1/2}$	1,019	1,0	0,982	0,964	0,946	0,928	0,911	0,885	0,878	0,861	0,845	0,83	0,815	0,799	0,784	0,77

p – presiunea barometrică medie anuală a aerului din localitatea respectivă;

17) Debitul de aer necesar a fi insuflat:

$$Q_N = \frac{CO_{h,nec}}{c'_o \cdot H_i} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (8.46)$$

unde:

$CO_{h,nec}$ – definit de relația (8.44);

c'_o – capacitatea specifică nominală de oxigenare în apa uzată se determină:

$$c'_o = 280 \cdot \eta_m \quad (\text{g O}_2 / \text{m}^3 \text{ aer, m ad. insuflare}) \quad (8.47)$$

unde:

280 – cantitatea de oxigen existentă într-un m³ de aer în condiții normale, (g O₂);

η_m – randamentul specific de oxigenare, (%/ m ad. insuflare); valori curente:
6 ...10 %/ m ad. insuflare;

H_i – adâncimea de insuflare (fig. 8.5): $H_i = H - a$ (m);

a – distanța dintre fața superioară a dispozitivului de insuflare a aerului în apă și fața superioară a radierului, $a = 5 \dots 60$ cm (fig. 8.5);

Parametrii de proiectare ai BNA sunt prezentați în tabelul 8.9 iar o schemă generală a bazinelor de aerare este prezentată în figura 8.5.

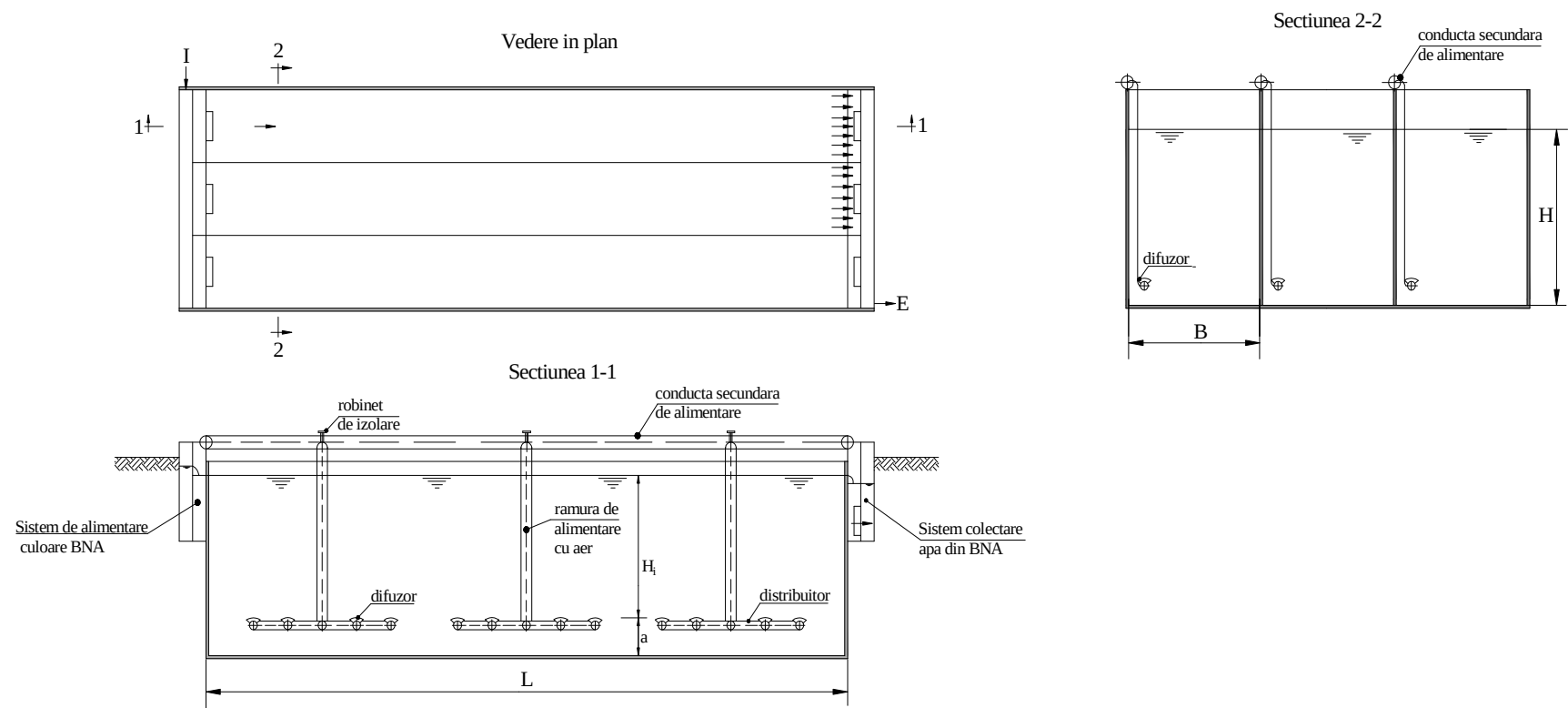


Figura 8.5. Bazin cu nămol activat.
I – influent; E – efluent;

8.1.2.6.1 Prevederi generale privind geometria bazinelor cu nămol activat

Pentru majoritatea bazinelor cu nămol activat, curgerea apei este de tip piston, apa uzată și nămolul activat fiind introduse în capătul amonte al bazinelor.

Numărul minim al compartimentelor aferente unui bazin de aerare va fi două linii care vor funcționa independent. Un compartiment poate fi alcătuit din unul sau mai multe culoare de aerare.

La bazinele cu nămol activat cu insuflarea asimetrică a aerului (lângă unul din pereți) sunt valabile relațiile:

$$\frac{B}{H} = 1,5 \quad (8.48)$$

$$\frac{L}{B} = 10 \dots 15 \quad (8.49)$$

$$H = 3,0 \dots 6,0 \text{ (m)} \quad (8.50)$$

unde:

B – lățimea unui culoar (fig. 8.5), (m);

L – lungimea culoarului și a bazinului (fig.8.5), (m);

H – adâncimea utilă a apei în bazin (fig.8.5), (m);

Dacă insuflarea se face uniform pe tot radierul bazinelor, relațiile de mai sus nu mai sunt obligatorii.

Alegerea adâncimii utile a apei în BNA depinde de:

- procedeul de aerare: mecanic, pneumatic;
- mărimea bulelor de aer realizate în masa de apă astfel:
 - bule fine: $d_b \leq 3 \text{ mm}$;
 - bule medii: $d_b = 4 - 6 \text{ mm}$;
 - bule mari: $d_b > 6 \text{ mm}$;
- tipul dispozitivelor de aerare;

Funcție de acești parametrii pentru bazinele de aerare cu nămol activ se adoptă adâncimea utilă $H = 3 \dots 6 \text{ (m)}$.

Volumul bazinelor de aerare se determină cu relația:

$$V = \frac{C_b}{I_{ob}} \text{ (m}^3\text{)} \quad (8.51)$$

unde:

C_b – definită de relația (8.32)

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

$x_{5,uz}^b$ – definit de relația (8.31), (kg/m^3);

I_{ob} – încărcarea organică a bazinului de aerare; se adoptă conform tab. 8.13, ($kg\ CBO_5/m^3\ b.a,zi$);

Lungimea bazinelor de aerare se determină cu relația:

$$L = \frac{V}{n_b \cdot n_c \cdot B \cdot H} \quad (m) \quad (8.52)$$

unde:

V – volumul util al bazinelor de aerare rezultat conform relației (8.51), (m^3);

n_b – numărul de compartimente ;

n_c – numărul de culoare / compartiment ;

B, H , au fost definite anterior, (m);

Alegerea dimensiunilor geometrice ale bazinelor cu nămol activat va lua în considerație spațiul disponibil în incinta stației de epurare și legăturile tehnologice cu celelalte obiecte existente sau proiectate (decantor primar, decantor secundar, stații de pompare a nămolului).

8.1.2.6.2 Dispozitive de insuflare a aerului

Alegerea dispozitivelor de insuflare a aerului se va realiza pe baza unui studiu de opțiuni luând în considerație:

- costul unitar/ m^2 de bazin al dispozitivelor de insuflare;
 - indicele energetic ($kg\ O_2/ kWh$) și energia specifică medie consumată/ m^3 de apă uzată;
- Se recomandă alegerea dispozitivelor cu un indice energetic $\geq 3\ kg\ O_2/ kWh$.

Difuzoare cu discuri sau domuri de aerare

Se realizează sub forma unor difuzoare cu diametrul de 18 ... 30 cm care se montează prin înșurubare sau prin lipire cu adezivi speciali pe o rețea din conducte amplasată în apropierea sau chiar pe radierului bazinului.

Parametrii de dimensionare:

- debitul specific de aer are valori $q_d = 2 \dots 10\ Nm^3\ aer/ difuzor,h$;
- densitatea de amplasare pe radier a difuzoarelor este între 1 și 6 difuzoare/ m^2 ;

- capacitatea specifică nominală de oxigenare în apa uzată c'_0 ; valoarea va fi indicată de către furnizorul dispozitivului de aerare.

Tuburi poroase și tuburi cu membrană elastică perforată

Sunt dispozitive formate din mai multe tuburi asamblate într-un „bloc de aerare” sau „modul de aerare”; tuburile pot fi din material poros sau din material plastic înfășurat într-o membrană elastică perforată. Porii membranei au dimensiuni de ordinul a 0,1 ... 0,2 mm;

Lungimea tuburilor situate de o parte și de alta a unui distribuitor (tronson de conductă servind pentru distribuția aerului în tuburile de aerare) variază de la 0,50 m la 1,25 m;

Debitul specific de aer (pentru un metru liniar de tub): $q_l = 2 \dots 8 \text{ Nm}^3 \text{ aer/h, m tub}$;

Furtunuri de aerare din membrană elastică perforată

Parametrii de proiectare:

- debit specific de aer : $q_d = 2 \dots 6 \text{ Nm}^3 \text{ aer/h, m furtun}$;
- distanța dintre furtunuri: $d_o = 150, 300, 600, \text{ și } 900 \text{ mm}$;
- numărul de furtunuri pentru un panou: $n_{tp} = 2 \dots 6 \text{ furtunuri}$;
- indicele energetic: i_E (kg O₂/ kWh):

$$i_E = \frac{CO_{h,ef}}{P_c} \quad (\text{kg O}_2 / \text{kWh}) \quad (8.53)$$

unde:

CO_{h,ef} – capacitatea de oxigenare orară efectivă, care poate fi asigurată de sursele de aer alese, (kg O₂/h);

P_c – puterea consumată a utilajelor de insuflare, (kW);

8.1.2.7 Bazine cu nămol activat – tehnologii speciale

A. Instalația de epurare biologică mixtă este caracterizată de ansamblul funcțional bazin – aerator realizat sub forma unui tambur rotativ, scufundat 75% din diametru în lichidul din bazin.

Cu ajutorul aeratorului se realizează o epurare biologică mixtă care presupune desfășurarea în același bazin, în condiții aerobe, a procedeelor de epurare cu peliculă fixată și cu biomasă în suspensie. Instalația se amplasează aval de obiectele tehnologice ce compun treapta de epurare mecanică.

Folosirea sistemului mixt se aplică pentru următoarele tipuri de epurare biologică:

- epurarea biologică fără nitrificarea apelor uzate (convențională);
- epurarea biologică cu nitrificarea apelor uzate;
- epurarea biologică cu nitrificarea – denitrificarea apelor uzate;
- epurarea biologică cu stabilizarea nămolului;
- epurarea biologică cu nitrificare – denitrificare și stabilizarea nămolului;
- instalații ce realizează suplimentar și eliminarea fosforului;

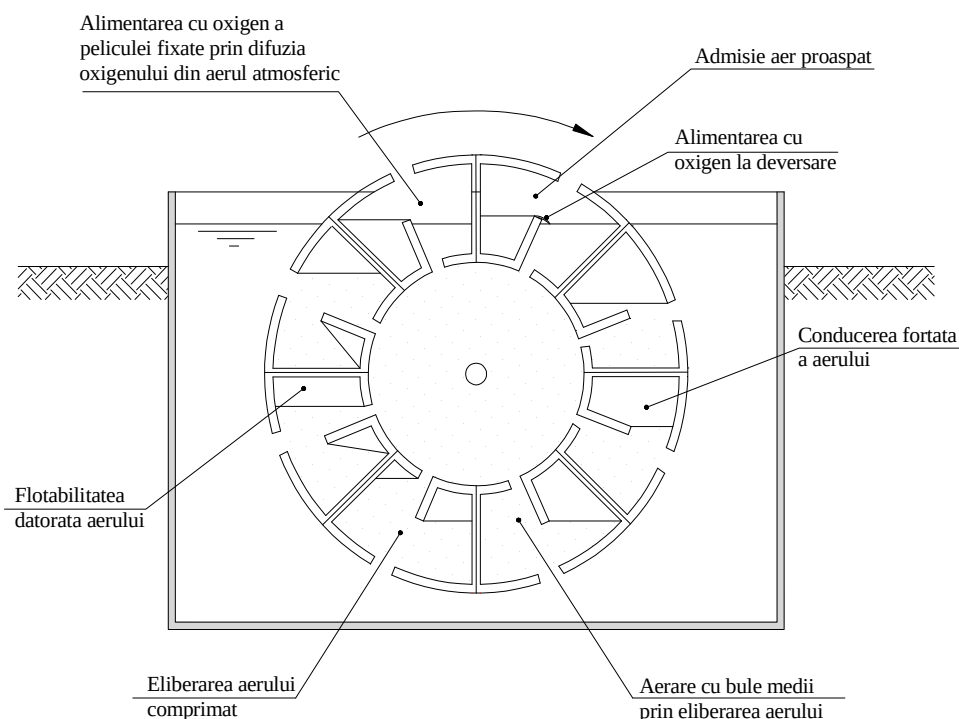


Figura 8.6. Aerator cu funcționare mixtă : peliculă fixată și biomasă în suspensie.

Aeratorul este alcătuit din elemente de forma unor segmente de cerc care formează între ele celule pe pereții cărora se dezvoltă pelicula biologică (fig. 8.6). Prin rotirea aeratorului se produce aerarea apei din bazin, alimentând astfel cu oxigen microorganismele ce trăiesc în acest mediu. Când interspațiile celulare sunt deasupra nivelului apei, apa din interiorul celulelor se scurge în bazin iar locul acesteia este luat de aerul atmosferic. La intrarea aeratorului în apă, aerul din interspații este comprimat și pe măsură ce interspațiile ajung, datorită rotirii, la partea inferioară a bazinului, se produce dizolvarea aerului în apă și eliberarea bulelor de aer prin

fante special prevăzute în pachetele de discuri sau segmente. Bulele medii sunt antrenate spre suprafața apei, producându-se alimentarea cu oxigen a microorganismelor mineralizatoare.

Suportul solid oferă suprafața de contact necesară pentru epurarea biologică cu peliculă fixată. La trecerea biodiscurilor prin atmosferă se realizează alimentarea cu oxigen a peliculei biologice ce se dezvoltă pe suprafața discurilor.

Parametrii de proiectare ai bazinelor de epurare biologică mixtă sunt prezentați în tabelul următor.

Tabel 8.16. Valorile recomandate pentru parametrii de dimensionare ai bazinelor de epurare biologică mixtă.*

Nr. crt.	Parametru de proiectare	Simbol	U.M.	Tipul procesului de epurare biologică convențională	
				scheme cu decantor primar	scheme fără decantor primar
0	1	2	3	4	5
1	Încărcarea organică a nămolului	I_{on}	kg CBO ₅ / kg s.u,zi	0,3	
2	Încărcarea organică a bazinei	I_{ob}	kg CBO ₅ / m ³ b.a,zi	0,75 – 1,20	
3	Indicele volumetric al nămolului	I_{VN}	cm ³ /g	40 – 100	
4	Concentrația nămolului activ	c_{na}	kg/m ³	4 – 6	4,5 – 7
5	Cantitatea specifică de nămol în exces	n_{es}	kg s.u/kg CBO ₅ redus	0,6 – 0,8	
6	Reducerea specifică a substanței organice	r_s	g CBO ₅ /m ² ,zi	10 – 18	
7	Capacitatea de nitrificare a peliculei fixate		g N/m ² ,zi	4 – 8	

*Tehnologia instalației de epurare biologică mixtă este o tehnologie de firmă. Detalii de construcție, instalare, operare se obțin de la furnizor.

B. Bazine cu nămol activat cu funcționare secvențială

Procesele din bazinele cu funcționare secvențială sunt identice cu cele din bazinele cu nămol activat, cu deosebirea că și aerarea și decantarea au loc în același bazin. Dacă în bazinele cu nămol activat procesul de aerare și decantare au loc în același timp, în bazinele cu funcționare secvențială acestea au loc secvențial.

Procesul care se desfășoară într-un bazin cu funcționare secvențială este alcătuit din următoarele 5 etape (vezi fig. 8.7):

➤ umplere

- obiectiv: adăugare de substrat (apă uzată sau apă uzată decantată primar);

- se realizează ridicarea nivelului apei în bazin de la 25% din capacitate (la sfârșitul etapei de stand-by) la 100%;
- durata etapei este circa 25% din durata unui ciclu;
- **reacție (aerarea apei)**
 - obiectiv: completarea reacțiilor biochimice care au fost inițiate în timpul etapei de umplere;
 - durata etapei este $\approx 35\%$ din durata unui ciclu;
- **decantare:**
 - obiectiv: separarea solidelor din apă, pentru limpezirea acesteia;
 - durata etapei este $\approx 20\%$ din durata unui ciclu;
- **evacuare apă limpezită**
 - obiectiv: evacuarea apei limpezite din bazin;
 - durata etapei de evacuare poate fi cuprinsă între 5...30% din durata unui ciclu ($0,25 \div 2,0h$), cu o valoare uzuală de 0,75h;
- **evacuare nămol (stand-by)**
 - obiectiv: permite celei de-a doua unități să realizeze etapa de umplere;
 - evacuarea nămolului în exces se realizează la sfârșitul fiecărui ciclu;
 - durata etapei de evacuare este $\approx 5\%$ din durata unui ciclu;

Procesul de epurare biologică din bazinele cu funcțiune secvențială nu necesită recircularea nămolului.

Epurarea biologică din bazinele cu funcționare secvențială se poate realiza în următoarele cazuri:

- epurare biologică convențională ;
- epurare biologică cu nitrificare/denitrificare ;
- epurare biologică cu nitrificare și stabilizarea aerobă a nămolului;

Numărul minim de unități (bazine) cu funcționare secvențială este $n = 2$.

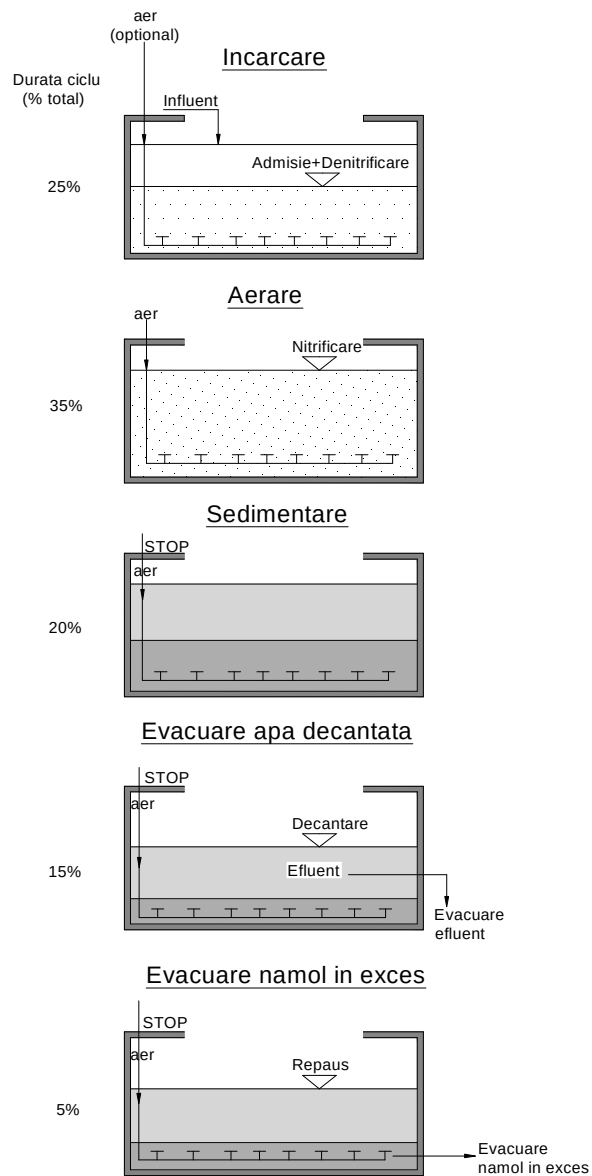


Figura 8.7 Etapele de operare pentru bazinele cu funcționare secvențială.

Tehnologia este o tehnologie de firmă (SBR – Sequential Batch Ractor) și elementele de dimensionare, echipare vor fi preluate de la deținătorul tehnologiei.

8.1.2.8 Pomparea nămolurilor în stațiile de epurare

Pomparea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate este determinată de realizarea proceselor tehnologice și/sau de diferența cotelor geodezice din teren. Pentru situațiile în care curgerea nu poate fi realizată gravitațional, transportul nămolurilor se face prin pompare.

Deoarece nămolurile pompate sunt amestecuri polifazice (sisteme apoase până la paste și materiale păstoase), pompele folosite sunt de diferite tipuri, iar pentru alegerea lor trebuie să se țină seama atât de caracteristicile pompelor cât și de cele ale nămolurilor pompate.

Tipurile de nămoluri pompate, întâlnite în cadrul proceselor tehnologice din stațiile de epurare ape uzate sunt: nămol primar, nămol activat de recirculare și în exces, nămol biologic, nămol activat de recirculare în amestec cu cel în exces, nămol primar în amestec cu cel biologic, nămol concentrat, nămol fermentat.

Dacă din punct de vedere al exploatării ideal ar fi să se folosească același tip de pompe, caracteristicile nămolurilor și capacitatea pompelor impun utilizarea a diverse pompe funcție de cerințele proceselor tehnologice. Existența unei game variate de pompe cu rotoare având o hidraulică adecvată caracteristicilor diferite ale nămolurilor, permit proiectanților alegerea unor pompe optime atât din punct de vedere tehnologic cât și economic.

8.1.2.8.1 Stațiile de pompare a nămolurilor

Destinate să vehiculeze nămolurile rezultate în urma epurării apelor uzate, stațiile de pompare sunt alcătuite din sala pompelor, conductele și grupurile de pompare propriu-zise, precum și facilitățile pentru întreținere și exploatare pentru personalul de operare.

Sala pompelor adăpostește echipamentele hidromecanice, instalațiile hidraulice, instalațiile auxiliare electrice precum și aparatura de măsură și control. Sala pompelor se construiește cu o înălțime minimă de 3 m, iar amplasarea grupurilor de pompare va fi realizată astfel încât distanța între grupuri să fie de minimum 0,7 m iar între perete și grupurile de pompare să fie minimum 1 m, pentru a permite accesul personalului de exploatare și întreținere al stației.

Proiectarea stației de pompare implică dimensionarea structurii care să corespundă din punct de vedere arhitectural și să se încadreze ambientului zonei astfel încât amplasamentul să fie în apropierea unei surse de energie, a drumurilor de acces.

Având în vedere că funcționarea stațiilor de pompare presupune alimentarea continuă cu energie electrică; la proiectarea acestora trebuie prevăzută și o a doua sursă alternativă de energie independentă de sursa principală (un generator tip diesel care să asigure o sursă de energie continuă în caz de avarie).

Mirosurile prezente în stațiile de pompare sunt o mare problemă mai ales în cazul în care stația de pompare este poziționată în locuri publice, de aceea sistemele de control a mirosului precum aerarea corespunzătoare, clorinarea sau tratarea cu apă oxigenată sau sistemele de epurare a aerului și a gazelor emanate, trebuie să fie unele din facilitățile cu care se pot echipa sistemele minimizându-se astfel impactul negativ asupra mediului.

Stațiile de pompare pot fi clasificate după poziționarea echipamentului de pompare ca fiind stații de pompare cu cameră umedă sau stații de pompare cu cameră uscată. În stațiile de pompare cu cameră uscată, pompele sunt localizate într-un spațiu închis, separat de camera de aspirație, așa cum e indicat în figura 8.8. Selectarea stației de pompare cu cameră uscată sau a celei cu cameră umedă se bazează de obicei pe condițiile specifice aplicației și pe alegerea echipamentului de pompare. De exemplu, pompele submersibile și cele verticale necesită o structură cu cameră umedă, în timp ce pompele orizontale necesită o structură cu cameră uscată.

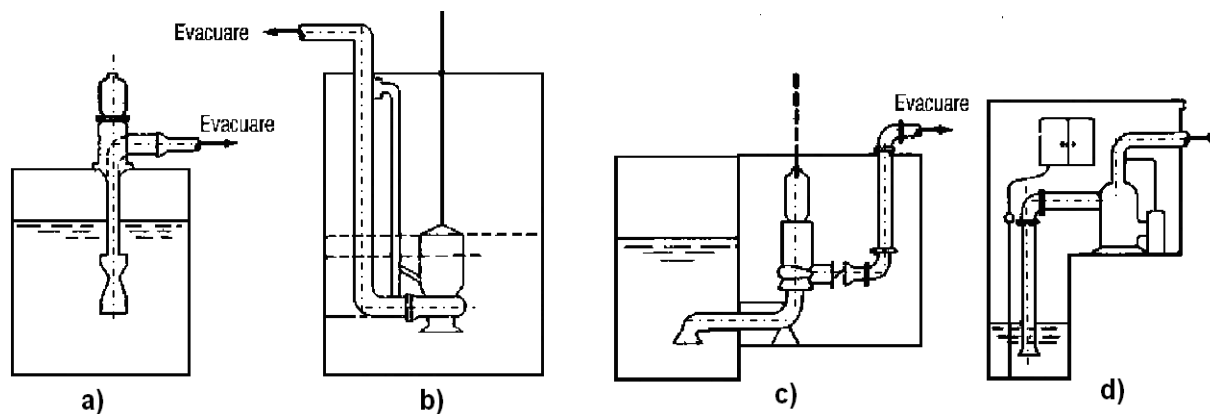


Figura 8.8. Tipuri de pompe și stații de pompare:

- a) pompă verticală poziționată în cameră umedă;
- b) pompă submersibilă poziționată în cameră umedă;
- c) pompă centrifugă poziționată în cameră uscată;
- d) pompă poziționată în cameră uscată;

8.1.2.8.2 Elemente de proiectare a instalațiilor de pompare

Alegerea pompelor pentru echiparea stației de pompare nămol presupune cunoașterea următoarelor elemente:

- caracteristicile nămolului: tipul de nămol, proveniența acestuia, consistența, vâscozitatea;
- debitele vehiculate;
- înălțimile de pompare, calculate ținând seama de diferențele de nivel între bazinele de aspirație și refulare și pierderile de sarcină pe conducte;

Numărul pompelor instalate în stația de pompare se stabilește funcție de numărul de pompe necesar în funcționare plus pompele de rezervă. Numărul pompelor de rezervă se ia orientativ, la trei pompe în funcțiune se ia una de rezervă. Numărul minim de pompe instalate în stația de pompare este de cel puțin două pompe, una în funcțiune și una de rezervă.

Dimensiunile și numărul de unități de pompare pentru marile stații trebuie selectate astfel încât variațiile debitului influent să nu ducă la opriri și porniri frecvente ale pompelor, dar să se și evite prevederea unor capacități mari de depozitare.

Conductele de nămol, de regulă, au pierderi de sarcină cu $50 \div 100$ % mai mari decât conductele ce transportă apă uzată. Riscul de subevaluare a pierderilor de sarcină crește odată cu creșterea lungimii de pompare și cu creșterea concentrației în materii solide.

În stațiile de epurare nămolul se transportă pe conducte cu $DN > 150$ mm.

Viteza nămolului în conducte trebuie să fie de $1,4 - 1,6$ m/s. Vitezele mari duc la creșterea pierderilor de sarcină, iar vitezele mici la depuneri și colmatări.

Conductele de nămol trebuie prevăzute cu posibilitatea de spălare pentru a se curăța blocajele de pe conducte. Grăsimile au tendința de a se lipi pe conductele de transport a nămolului sau a grăsimilor iar efectul care apare este reducerea diametrului și deci creșterea presiunii pe conductă.

8.1.2.8.3 Tipuri de pompe utilizate în vehicularea nămolului

Din gama pompelor utilizate pentru transportul nămolurilor fac parte pompele centrifuge, pompele cu piston, pompele cu rotor elicoidal, pompele cu diafragmă, pompele centrifuge cu cupla, pompele air-lift, pompele cu șneac, pompele cu lobi, pompele cu tocător și pompele cu furtun.

În tabelul 8.17 sunt prezentate avantajele și dezavantajele utilizării diverselor tipuri de pompe.

Tabel 8.17. Alegere tipuri de pompe pentru nămoluri.

Nr. crt.	Tipul pompei	Tipul de nămol	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3	4
1	Pompe centrifuge	-Nămol activat de recirculare, -Nămol primar în concentrație redusă, -Nămol biologic	-Pompe larg răspândite, -Eficiență sporită mai ales la pompele cu debite mari($\eta > 75\%$); -Prezintă o construcție robustă, -Întreținere relativ ușoară -Acoperă întreaga gamă de debite	Necesită funcționare înecată Nerecomandate pentru nămoluri concentrate
2	Pompe cu piston	- Nămoluri cu concentrații mari în materii solide ($>15\%$)	-Destinate obținerii presiunilor ridicate (100...750 bari) la valori relativ reduse ale debitului vehiculat (6...60 mc/h).	-Eficiență redusă, -Necesită întreținere sporită dacă funcționează continuu, -Debit pulsatoriu
3	Pompe cu rotor elicoidal	-Nămol activat de recirculare și în exces -Nămol concentrat, -Nămol fermentat	-Asigură debite constante; -Pentru debite mai mari de 3 l/s pot fi pompate materii solide de aproximativ 20 mm; -Statorul/rotorul tinde să acționeze ca un clapet de reținere, împiedicând curgerea inversă prin pompă	-Necesită protecție împotriva funcționării în uscat -Pompele mici necesită echipament de mărunțire pentru prevenirea colmatării -Costuri energetice ridicate în cazul vehiculării unui nămol mai concentrat -Necesită etanșări și etanșare împotriva apei
4	Pompe cu diafragmă sau membrană	-Nămol activat de recirculare și în exces -Nămol concentrat, -Nămol fermentat -Nămoluri încărcate cu particule solide de granulație maximă 10 mm	-Sunt pompe autoamorsante - Acțiunea pulsatorie poate ajuta la concentrarea nămolului în bazele din amonte de pompe și repun în suspensie materiile solide în conducte când se pompează la viteze mici -Exploatare simplă	-Depind de procesele aval, debitul pulsatoriu poate să nu fie acceptat. -Necesită o sursă de aer comprimat. -În timpul funcționării produc mult zgomot. -Înălțimi de pompare și eficiențe scăzute

Nr. crt.	Tipul pompei	Tipul de nămol	Avantaje	Dezavantaje
0	1	2	3	4
5	Pompe centrifuge cu cupla	-Nămol primar	-Au un volum mare și o eficiență excelentă pentru aplicațiile de la sistemele pompare nămol activ. -Costuri relativ mici.	-Nu sunt recomandate pentru pomparea altor nămoluri deoarece se pot colmata cu cârpe și particule grosiere.
6	Pompe air-lift	-Nămol activat recirculat	-Utilizate pentru vehicularea unor cantități însemnate de nămol și înălțimi mici de pompare -Construcția simplă a pompei, nu are părți mobile	-Debitul pompat dependent de variația debitului de aer comprimat introdus; -randament scăzut;
7	Pompe cu șnec	-Nămol activat recirculat	-Autoreglare debitului funcție de adâncimea apei din camera de admisie	-Necesită spațiu mare pentru montaj și amplasare -Pierderi de sarcină mari -Întreținere judicioasă a lagărelor și șnecului
8	Pompe cu lobi	-Nămol primar -Nămol concentrat -Nămol fermentat	-Asigură un debit constant -Nu necesită clapet de sens pe refulare -Viteze mici și nu necesită întrețineri frecvente	-Datorită unei toleranțe mici între lobi rotativi, nisipul va cauza o uzură mare, aceasta făcând ca eficiența pompei să fie redusă. -Fluidul pompat trebuie să se comporte ca un lubrifiant. -Costurile pentru pompare cresc odată cu volumul de pompat.
9	Pompe cu tocător	-Nămol primar -Nămol fermentat	-rotoarele speciale permit mărunțirea obiectelor solide care ajung în pompă -reducerea posibilităților de colmatare	-Eficiență relativ scăzută ce variază între 40 și 60%. -Necesită întreținere periodică
10	Pompe cu furtun	-Nămol primar	-Pompe simple de exploatat, întreținut și reparat -Autoamorsante -Debite cuprinse între 36 și 1250 l/min și o înălțime de pompare de până la 152 m.	-Debit pulsatoriu -Funcționare alternativă, prin comprimarea urmată de decomprimarea unui furtun -Folosirea unui lubrifiant pentru a se reduce încălzirea și uzarea furtunului

Alte echipamente folosite pentru vehicularea nămolurilor într-o stație de epurare, folosite mai ales pentru transportul nămolurilor a căror concentrație este mare și nu pot fi pompate sunt

transportoarele. Acestea pot fi transportoare cu bandă, transportoare pneumatice, elevatoare cu cupe, transportoare cu șnec.

În figurile următoare sunt prezentate tipurile de pompe utilizate pentru pomparea nămolurilor.

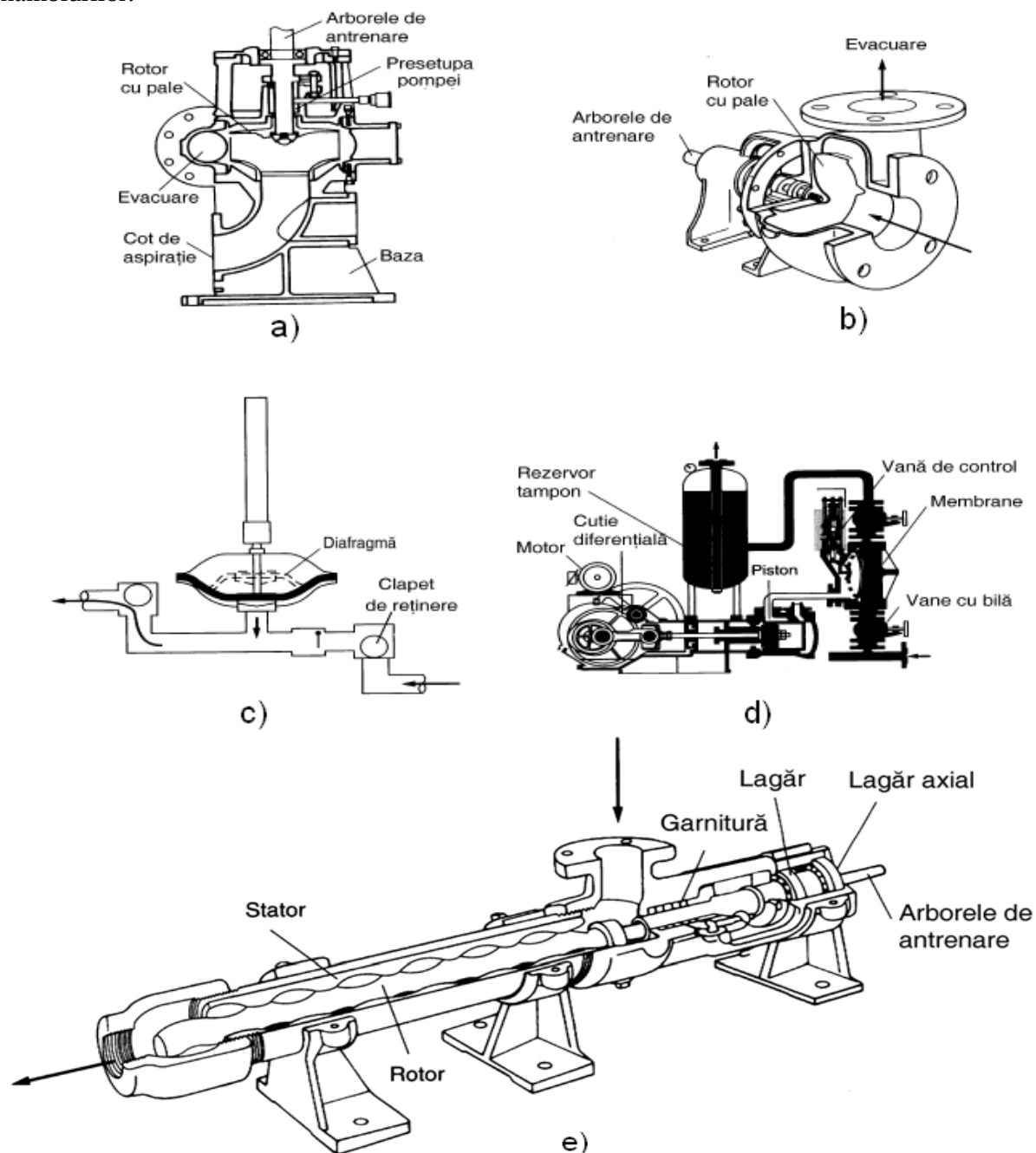


Figura 8.9. Tipuri de pompe utilizate pentru pomparea nămolului.
a) pompă centrifugă; b) pompă centrifugă cu cuplă; c) pompă centrifugă cu diafragmă;
d) pompă cu piston de înaltă presiune; e) pompă cu rotor elicoidal;

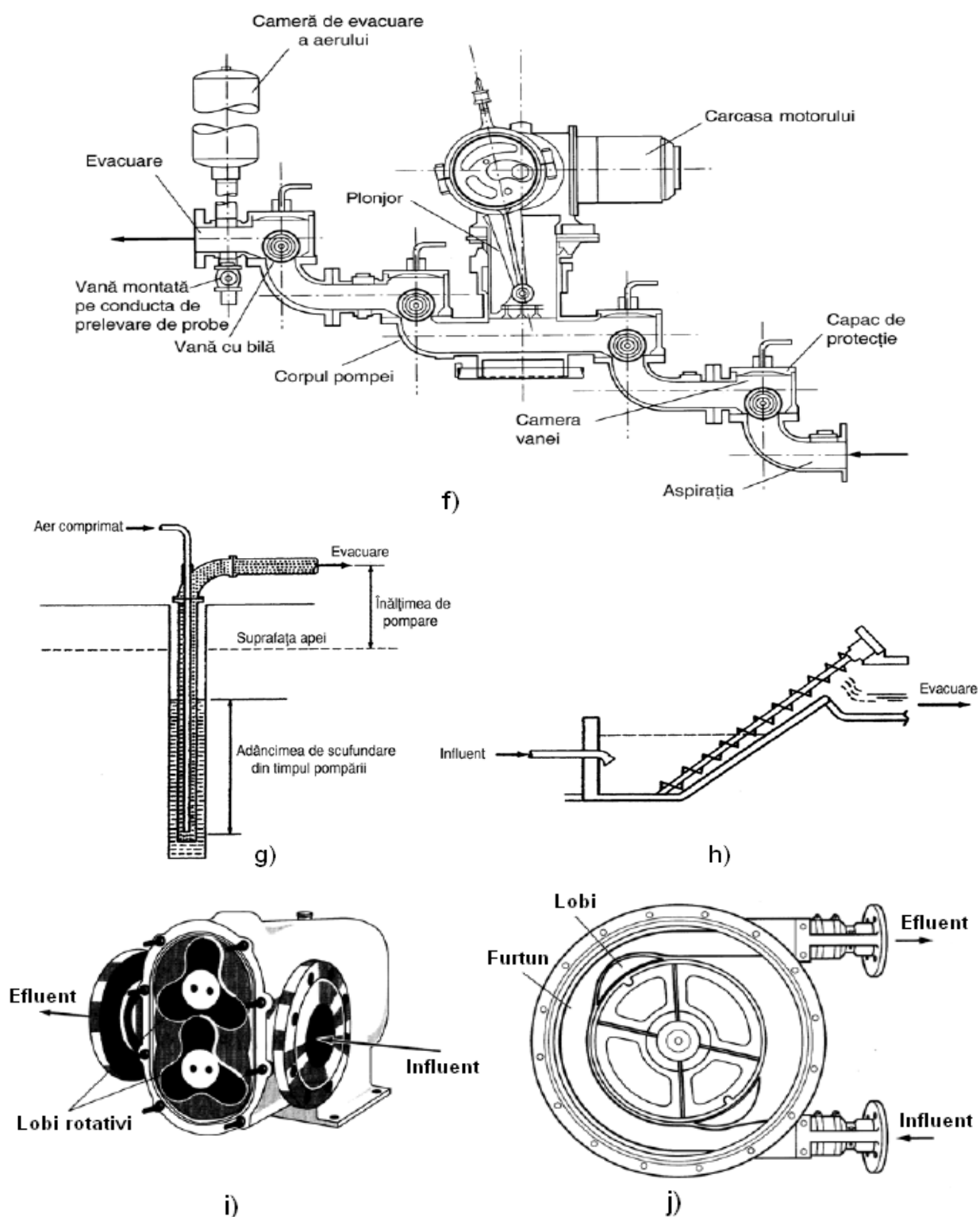


Figura 8.10. Tipuri de pompe utilizate pentru pomparea nămolului.
 f) pompă cu piston plonjor; g) pompă air-lift; h) pompă cu șurub;
 i) pompă cu lobi rotativi; j) pompă cu furtun.

8.2 Epurarea biologică în stații de epurare urbane/rurale cu capacitate de peste 10.000 LE (epurare avansată)

8.2.1 Generalități

Prevederile din prezent se aplică la proiectarea stațiilor de epurare a apelor uzate a căror capacitate depășește 10.000 L.E. și care deversează efluentul în zone sensibile supuse eutrofizării.

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

Epurarea biologică avansată trebuie să cuprindă următoarele instalații tehnologice de bază:

- în cazul în care este necesară numai nitrificarea:
 - bazin biologic (se elimină substanțele pe bază de carbon și se transformă azotul amoniacal în azotați);
 - decantor secundar (reține biomasa creată în bazinul biologic);
 - instalații de recirculare a nămolului activat și de evacuare a nămolului în exces;
- în cazul în care este necesară îndepărtarea azotului:
 - bazin biologic (se elimină substanțele pe bază de carbon și se realizează nitrificare și denitrificare);
 - decantor secundar;
 - instalații pentru nămolul activat de recirculare (recirculare 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 de bazinul biologic, în scopul evitării bacteriilor filamentoase;
 - o sursă externă de carbon organic (dacă este necesară);
- în cazul în care este necesară îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile, a azotului și fosforului:

- bazin anaerob în amonte bazinului biologic pentru eliminarea fosforului; poate juca rol de selector;
- bazin biologic în care se realizează îndepărtarea substanțelor organice biodegradabile, nitrificarea și denitrificarea;
- decantor secundar;
- instalații pentru nămolul activat de recirculare (recirculare externă) și de evacuare a nămolului în exces; instalații de recirculare internă pentru aprovizionarea cu azotați a zonei de denitrificare;
- o sursă externă de carbon organic (dacă este necesară);

În calculele de dimensionare se va ține seama că volumul total al bazinului biologic (V) nu va cuprinde volumul bazinului anaerob (V_{AN}) sau volumul selectorului aerob (V_{sel}).

Vârsta nămolului (T_N) reprezintă un parametru important pentru dimensionarea bazinului biologic. Aceasta poate fi definită ca durata medie de retenție a flocoanelor de nămol activat din bazinul biologic. Tehnic vârsta nămolului reprezintă raportul dintre cantitatea de materii solide în suspensie existentă în bazinul biologic și cantitatea de materii solide în suspensie (ca "substanță uscată") care părăsește zilnic sistemul bazin biologic – decantor secundar.

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

$$T_{Naerob} = \frac{c_{na} \cdot V_N}{(Q_c - Q_{ne}) \cdot c_{uz}^{adm} + Q_{ne} \cdot c_{ne}} \quad (\text{zile}) \quad (8.54)$$

unde:

c_{na} – concentrația în materii solide în suspensie din zona aerobă, (kg/m^3);

$V_N = V - V_D$, volumul zonei aerobe, (m^3);

V_D – volumul zonei anoxice pentru denitrificare, (m^3);

$Q_c = Q_{uz,max,zi}$ – debitul de calcul al bazinului biologic, (m^3/zi);

c_{uz}^{adm} – concentrația în MTS din efluentul epurat, (kg/m^3);

Q_{ne} – debitul nămolului de recirculare, (m^3/zi);

c_{ne} – concentrația în MTS din nămolul în exces, (kg/m^3);

La proiectarea bioreactorului se vor urmări și respecta următoarele 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 (vâscoase);
- procesul de epurare să nu producă mirosuri neplăcute, zgomot, aerosoli și vibrații;

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.

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.

La proiectarea decantoarelor secundare se iau în considerare următoarele:

- separarea eficientă a nămolului;
- îngroșarea și evacuarea nămolului depus pe radier;
- posibilitatea acumulării surplusului de nămol generat pe timp de ploaie;

Procesul de decantare este influențat de:

- flocularea realizată în zona de admisie a apei în decantor;
- condițiile hidraulice din decantor (modul de repartiție al apei la admisie și modul de colectare la evacuare, curenți de densitate)
- debitul nămolului de recirculare, de modul și ritmicitatea de evacuare a nămolului;

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.

Debitele de calcul ale apelor uzate influente în treapta de epurare biologică sunt determinate conform tabelului 4.1 din § 4.2.

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.

Valoarea debitelor de verificare trebuie corect apreciată deoarece, pe de o parte, trebuie respectați parametrii tehnologici (timp de retenție, încărcări superficiale), 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.

8.2.2 Cantități și concentrații de poluanți în apa uzată

Calculul de dimensionare necesită cunoașterea indicatorilor de calitate pentru influentul și efluentul stației de epurare și al treptei biologice.

Modul de determinare a principalilor indicatori de calitate din influent a fost indicat la § 3.2. 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.

Indicatorii de calitate pentru efluentul stației de epurare, determinați la § 3.1.2 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.

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 efluentul stației de epurare;
- temperatura apei uzate (minimă și maximă);
- temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a stației de epurare;

Datele inițiale sunt necesare pentru determinarea încărcărilor cu substanța organică, fosfor, azot, 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.

8.2.2.1 Concentrații ale substanțelor poluante influente în reactorul biologic

1) Concentrația materiilor totale în suspensie:

$$c_{uz}^b = (1 - e_s) \cdot c_{uz} \text{ (mg/l)} \quad (8.55)$$

unde:

e_s – eficiența decantării primare în reținerea MTS, (%);

c_{uz} – concentrația MTS influentă în stația de epurare, (mg/l);

2) Concentrația materiilor organice biodegradabile:

$$x_{5,uz}^b = (1 - e_x) \cdot x_{5,uz} \text{ (mg O}_2\text{/l)} \quad (8.56)$$

unde:

e_x – eficiența decantării primare în reținerea CBO₅, (%);

$x_{5,uz}$ – concentrația CBO₅ influentă în stația de epurare, (mg O₂/l);

3) Concentrația în azot total:

$$c_N^b = (1 - e_N) \cdot c_N \text{ (mg/l)} \quad (8.57)$$

unde:

e_N – eficiența decantării primare în reținerea azotului total, (%);

c_N – concentrația de azot total influentă în stația de epurare, (mg/l);

4) Concentrația în fosfor total:

$$c_P^b = (1 - e_P) \cdot c_P \text{ (mg/l)} \quad (8.58)$$

unde:

e_P – eficiența decantării primare în reținerea fosforului total, (%);

c_P – concentrația de fosfor influentă în stația de epurare, (mg/l);

Dacă schema de epurare nu cuprinde decantor primar atunci eficiențele e_s, e_x, e_P, e_N , vor fi nule iar concentrațiile influente în bioreactor vor fi egale cu cele influente în stația de epurare.

Concentrațiile substanțelor poluante din efluentul stației de epurare sunt cunoscute deoarece sunt impuse de normele și normativele de protecție a apelor și definitive prin acordurile sau autorizațiile de gospodărirea apelor și de mediu.

În apele uzate urbane cantitatea de azotați și azotiți este neglijabilă, care reprezintă mai puțin de 5% din azotul total; de aceea la dimensionare se utilizează azotul total Keldhal în loc de N_T .

8.2.2.2 Cantități de substanță influente în bioreactor

1) Pentru MTS:

$$N_b = c_{uz}^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.59)$$

unde:

c_{uz}^b – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

2) Pentru CBO_5 :

$$C_b = x_{5,uz}^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.60)$$

unde:

$x_{5,uz}^b$ – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

3) Pentru NTK:

$$K_N^b = c_N^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.61)$$

unde: c_N^b – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

4) Pentru P_T :

$$K_P^b = c_P^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.62)$$

unde:

c_P^b – definit la paragraful anterior;

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

8.2.2.3 Cantități de substanță din efluentul stației de epurare

1) Pentru MTS:

$$N_{ev} = c_{uz}^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.63)$$

unde:

c_{uz}^{adm} – concentrația în MTS din efluentul stației de epurare, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

2) Pentru CBO_5 :

$$C_{ev} = x_{5,uz}^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.64)$$

unde:

$x_{5,uz}^{adm}$ – concentrația în CBO_5 din efluentul stației de epurare, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m³/zi);

3) Pentru NTK:

$$K_N^{ev} = c_N^{adm} \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.65)$$

unde:

c_N^{adm} – concentrația în NTK din efluentul stației de epurare, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, (m³/zi);

4) Pentru P_T:

$$K_P^{ev} = c_P^b \cdot Q_c \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.66)$$

unde:

c_P^{ev} – concentrația în P_T din efluentul stației de epurare, (mg/l)

Q_c – debitul de calcul, (m³/zi);

8.2.2.4 Cantități de substanță eliminate din sistemul bazin biologic – decantor

1) Pentru MTS:

$$N'_b = N_b - N_{ev} \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.67)$$

unde: N_b , N_{ev} – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;

2) Pentru CBO₅:

$$C'_b = C_b - C_{ev} \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.68)$$

unde: C_b , C_{ev} – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;

3) Pentru NTK:

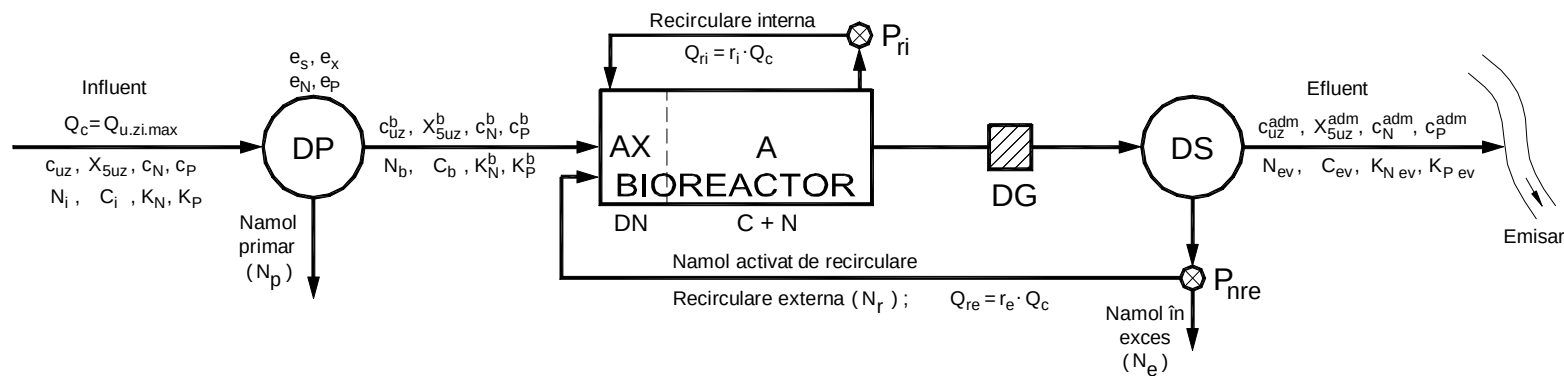
$$K'_N = K_N^b - K_{ev}^N \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.69)$$

unde: K_b^N , K_{ev}^N – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;

4) Pentru P_T:

$$K'_P = K_P^b - K_{ev}^P \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.70)$$

unde: K_b^P , K_{ev}^P – definite la § 8.2.2.2 și la § 8.2.2.3;



Concentratii în influentul
statiei de epurare:

c_{uz} (mg/l)
 X_{5uz} (mg/l)
 c_N (mg/l)
 c_P (mg/l)

Concentratii în influentul
bioreactorului:

$c_{uz}^b = (1 - e_s) \cdot c_{uz}$ (mg/l)
 $X_{5uz}^b = (1 - e_x) \cdot X_{5uz}$ (mg/l)
 $c_N^b = (1 - e_N) \cdot c_N$ (mg/l)
 $c_P^b = (1 - e_P) \cdot c_P$ (mg/l)

Eficiențe ale decantorului
primar:

$e_s = 40 - 60\%$ - pentru MSS
 $e_x = 20 - 40\%$ - pentru CBO₅
 $e_N = 10 - 15\%$ - pentru azot
 $e_P = 5 - 10\%$ - pentru fosfor

Concentratii în efluentul
statiei de epurare:

$c_{uz}^{adm} = (1 - d_s) \cdot c_{uz}$ (mg/l)
 $X_{5uz}^{adm} = (1 - d_x) \cdot X_{5uz}$ (mg/l)
 $c_N^{adm} = (1 - d_N) \cdot c_N$ (mg/l)
 $c_P^{adm} = (1 - d_P) \cdot c_P$ (mg/l)

Cantitati de substanta în
influentul statiei de epurare:

$N_i = c_{uz} \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $C_i = X_{5uz} \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $K_N = c_N \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $K_P = c_P \cdot Q_c$ (kg/zi)

Cantitati de substanta în
influentul bioreactorului:

$N_b = c_{uz}^b \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $C_b = X_{5uz}^b \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $K_N^b = c_N^b \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $K_P^b = c_P^b \cdot Q_c$ (kg/zi)

Gradele de epurare
necesare:

$d_s = \frac{c_{uz} - c_{uz}^{adm}}{c_{uz}} \cdot 100$ (%)
 $d_x = \frac{X_{5uz} - X_{5uz}^{adm}}{X_{5uz}} \cdot 100$ (%)
 $d_N = \frac{c_N - c_N^{adm}}{c_N} \cdot 100$ (%)
 $d_P = \frac{c_P - c_P^{adm}}{c_P} \cdot 100$ (%)

Cantitati de substanta în
efluentul statiei de epurare:

$N_{ev} = c_{uz}^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $C_{ev} = X_{5uz}^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $K_{N_{ev}} = c_N^{adm} \cdot Q_c$ (kg/zi)
 $K_{P_{ev}} = c_P^{adm} \cdot Q_c$ (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 8.11. Schema generală de calcul: epurare biologică avansată.

8.2.3 Dimensionarea reactoarelor biologice

8.2.3.1 Debite de dimensionare și verificare

Debitele de dimensionare și de verificare pentru reactorul biologic sunt:

- debitul de calcul: $Q_c = Q_{uz,max,zi}$;
- debitul de verificare: $Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$;

unde:

$Q_{uz,max,zi}$ – debitul apelor uzate maxim zilnic, (m^3/zi);

$Q_{uz,max,or}$ – debitul apelor uzate maxim orar, (m^3/h);

$Q_{nr,max}$ – debitul de nămol recirculat, (m^3/zi);

8.2.3.2 Vârsta nămolului

Vârsta nămolului (tab.8.18) este un parametru de proiectare al instalațiilor de epurare avansată ce depinde de:

- tipul epurării biologice;
- temperatura minimă a apei uzate brute (10 – 12 °C);
- mărimea stației de epurare (exprimată în cantitatea de substanță organică influentă).

Tabel 8.18. Recomandări privind vârsta nămolului (T_N).

Nr. crt.	Tipul epurării	Mărimea stației de epurare			
		$C_b < 1.200 \text{ kg CBO}_5/\text{zi}$		$C_b > 6.000 \text{ kg CBO}_5/\text{zi}$	
		Temperatura de dimensionare			
		$10^0 \text{ }^\circ\text{C}$	$12^0 \text{ }^\circ\text{C}$	$10^0 \text{ }^\circ\text{C}$	$12^0 \text{ }^\circ\text{C}$
0	1	2		3	
1	Fără nitrificare	5,0 zile		4,0 zile	
2	Cu nitrificare	10 zile	8,2 zile	8 zile	6,6 zile
3	Cu nitrificare–denitrificare $V_D/V = 0,20$	12,5 zile	10,3 zile	10 zile	8,3 zile
4	$V_D/V = 0,30$	14,3 zile	11,7 zile	11,4 zile	9,4 zile
5	$V_D/V = 0,40$	16,7 zile	13,7 zile	13,1 zile	11,0 zile
6	$V_D/V = 0,50$	20,0 zile	16,4 zile	16,0 zile	13,2 zile
7	Cu stabilizarea aerobă a nămolului, inclusiv eliminarea azotului	25 zile		Recomandabil peste 20 zile	

unde:

C_b – cantitatea de substanță organică influentă în reactorul biologic, § 8..2.2.2 (kg/zi);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația CBO_5 influentă în reactorul biologic, (mg/l);

Q_c – debitul de calcul, conform § 8.2.3.1;

V_D – volumul zonei de denitrificare, (m^3);

V – volumul total al bioreactorului, (m^3);

Vârsta nămolului, pentru stații cu nitrificare – denitrificare, se definește:

$$T_{N,dim} = \frac{T_{N,aerob}}{1 - \frac{V_D}{V}} \text{ (zile)} \quad (8.71)$$

unde:

$$T_{N,aerob} = FS \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)} \text{ (zile)} \quad (8.72)$$

FS – factor de siguranță ce ia în calcul:

- variația încărcărilor cu poluanți din bioreactor;
- variația pe termen scurt a temperaturii apei uzate;
- modificarea pH – ului;

FS se adoptă în funcție de mărimea stației de epurare:

- **FS = 1,8** pentru stații de epurare cu $C_b = 1.200 \text{ kg/zi}$ ($< 20.000 \text{ L.E.}$);
- **FS = 1,45** pentru stații de epurare cu $C_b \geq 6.000 \text{ kg/zi}$ ($> 100.000 \text{ L.E.}$);
- Chiar și în cazul prevederii unui bazin de egalizare pentru echilibrarea încărcărilor zilnice, **FS** nu se va adopta mai mic de 1,45;

3,4 – coeficient obținut din înmulțirea ratei maxime de creștere a bacteriilor care oxidează azotul amoniacal (nitrosomonas) la 15^0C (**2,13 zile**) cu factorul **1,6**; acesta este luat în considerare pentru a asigura un transfer suficient al oxigenului și pentru eliminarea influenței altor factori negativi astfel încât să aibă loc o dezvoltare suficientă a bacteriilor nitrificatoare și menținerea acestora în nămolul activat;

T – temperatura de dimensionare; la valori ale temperaturii sub $8 - 10 ^\circ C$, nitrificarea nu se mai produce și astfel pot crește concentrațiile de amoniu în efluentul reactorului biologic;

Raportul V_D/V se va determina conform § 8.2.3.3; deoarece trebuie ținut seama că în timpul iernii temperatura efluentului bazinului biologic poate scădea sub temperatura limită (T_{lim}) la care sunt respectate condițiile de calitate pentru amoniu (sau amoniac), în relația (8.72) se va considera temperatura de dimensionare $T_{dim} = T_{lim} = -2^\circ C$.

Aplicând relația (8.72) pentru $T_{dim} = 10^\circ C$ și **FS = 1,45(1,8)** rezultă că la dimensionare se vor alege pentru vârsta nămolului din zona aerobă valorile minime:

- $T_{N,aerob,dim} = 8$ zile pentru $C_b < 1.200$ kg CBO₅/zi;
- $T_{N,aerob,dim} = 10$ zile, pentru $C_b > 6.000$ kg CBO₅/zi.

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

8.2.3.3. Determinarea volumului zonei de denitrificare

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:

$$c_{N-NO_3}^D = c_N^b - c_{N_{org}}^{efl} - c_{N-NH_4}^{efl} - c_{N-NO_3}^{efl} - c_{N_{org}}^{BM} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{l}) \quad (8.73)$$

unde:

$c_{N-NO_3}^D$ – 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/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 NH₄⁺ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, (mg N- NH₄⁺ /l);

$c_{N-NO_3}^{efl}$ – concentrația în azot din NO₃⁻ din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare, (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, (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 depășește 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 urbane cu ape uzate industriale care conțin azotați, se va introduce în c_N valoarea azotului aferentă acestor azotați.

Concentrația în azot se determină din concentrația în azotați, cu relația (9.5), cunoscându-se că la 1 mg de azot total corespund 4,427 mg NO_3^- :

$$c_{N-\text{NO}_3} = \frac{c_{\text{NO}_3}}{4,427} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{l}) \quad (8.74)$$

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 $c_{\text{Norg}}^{\text{efl}} = 2 \text{ mg N}_{\text{org}}/\text{l}$, valoare sub limita admisă de normativele și normele de protecția apelor din țara noastră (tabelul 3.3 § 3.4), care se determină cu relația :

$$c_{\text{Norg}}^{\text{adm}} = c_N^{\text{adm}} - c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.75)$$

unde:

$$c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} = c_{N-\text{NH}_4}^{\text{adm}} + c_{N-\text{NO}_2}^{\text{adm}} + c_{N-\text{NO}_3}^{\text{adm}} \quad (\text{mg N}_{\text{anorg}}/\text{l}) \quad (8.76)$$

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

$$c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} = 2 + \frac{1}{4,427} + \frac{25}{4,427} = 7,5 \text{ (mg N}_{\text{anorg}}/\text{l}) \quad (8.77)$$

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

$$c_{\text{Norg}}^{\text{adm}} = c_N^{\text{adm}} - c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} = 10 - 7,5 = 2,5 \text{ (mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.78)$$

Valoarea din relația (8.78) este mai mare decât $c_{\text{Norg}}^{\text{efl}} = 2 \text{ mg N}_{\text{org}}/\text{l}$ 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 – NH_4^+ /l, în calculele de dimensionare se va considera $c_{N-\text{NH}_4}^{\text{efl}} = 0$.

Azotul încorporat în biomasă, reprezintă 4 ... 5% din cantitatea de CBO_5 influentă în bioreactor, astfel încât la dimensionare se va considera:

$$c_{\text{Norg}}^{\text{BM}} = (0,04 \dots 0,05) \cdot x_{5,\text{uz}}^b \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.79)$$

$$c_{\text{Norg}}^{\text{BM}} = (0,02 \dots 0,025) \cdot x_{\text{CCO}}^b \quad (\text{mg N}_{\text{org}}/\text{l}) \quad (8.80)$$

unde:

x_{CCO}^b – reprezintă concentrația în CCO din influentul bioreactorului, (mg CCO/l);

Pentru calculul concentrației de azot din NO_3^- din efluentul stației de epurare admisă la dimensionare ($c_{\text{N-NO}_3}^{\text{efl}}$), trebuie determinată mai întâi concentrația limită (maximă) admisă de normativele și normele de protecția apelor (tabelul 3.3, § 3.4) pentru azotul anorganic; această concentrație se determină cu relația (8.76).

La dimensionare se va considera pentru $c_{\text{N-NO}_3}^{\text{efl}}$ o valoare calculată cu relația:

$$c_{\text{N-NO}_3}^{\text{efl}} = (0,60 \dots 0,80) \cdot c_{\text{Nanorg}}^{\text{adm}} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{l}) \quad (8.81)$$

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 $c_{\text{N-NO}_3}^D / x_{5,\text{uz}}^b$. Pentru stațiile de epurare prevăzute cu procese de denitrificare intermitentă sau simultană, raportul V_D/V se poate determina din relația:

$$\frac{c_{\text{N-NO}_3}^D}{x_{5,\text{uz}}^b} = \frac{0,75 \cdot \text{CSO}_5}{2,9} \cdot \frac{V_D}{V} \quad (\text{mg N} - \text{NO}_3/\text{mg CBO}_5) \quad (8.82)$$

unde:

CSO_c – consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea substanțelor organice pe bază de carbon, (kg O_2 /kg CBO_5);

Pentru scheme de epurare cu zonă preanoxică de denitrificare, raportul V_D/V se determină din relația (8.83) în care se ține seama și de aportul de oxigen furnizat de procesul de denitrificare prin preluarea oxigenului din azotați:

$$\frac{c_{\text{N-NO}_3}^D}{x_{5,\text{uz}}^b} = \frac{0,75 \cdot \text{CSO}_c}{2,9} \cdot \left(\frac{V_D}{V}\right)^{0,75} - \frac{Q_{ri} \cdot c_0}{2,9 \cdot C_b} \quad (8.83)$$

unde:

$c_{\text{N-NO}_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul care trebuie denitrificat, (mg N- NO_3^- /l);

$x_{5,\text{uz}}^b$ – concentrația în CBO_5 din influentul bioreactorului, (mg CBO_5 /l);

$Q_{ri} = r_i \cdot Q_c$ – este debitul de recirculare internă, (m^3/zi);

$C_b = x_{5,\text{uz}}^b \cdot Q_c$ – cantitatea de CBO_5 din influentul bioreactorului, (kg CBO_5 /zi);

Q_c – debit de calcul, (m^3/zi);

r_i – coeficient de recirculare internă;

c_o – concentrația în oxigen dizolvat în efluentul bioreactorului, 2,0 mg O₂/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 O₂/kg CBO₅), se poate considera în calculele preliminare, funcție de temperatura apelor uzate și de vârsta nămolului (T_N) ca în tabelul 8.19.

Tabel 8.19. Consumul specific de oxigen pentru ape uzate cu un raport CCO_{infl}/CBO_{5infl} ≤ 2,2.

Nr. crt.	T (°C)	CSO _c (kg O ₂ /kg CBO ₅)					
		T _N = 4 zile	T _N = 8 zile	T _N = 10 zile	T _N = 15 zile	T _N = 20 zile	T _N = 25 zile
0	1	2	3	4	5	6	7
1	10	0,85	0,99	1,04	1,13	1,18	1,22
2	12	0,87	1,02	1,07	1,15	1,21	1,24
3	15	1,92	1,07	1,12	1,19	1,24	1,27
4	18	0,96	1,11	1,16	1,23	1,27	1,30
5	20	0,99	1,14	1,18	1,25	1,29	1,30

Raportul ($c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$) este denumit „capacitatea de denitrificare” a instalației de epurare avansată; valorile acestui raport sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 8.20. Valori standard ale $c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$ pentru dimensionarea zonei de denitrificare (T = 10 – 12 °C).

Nr. crt.	V _D / V	$c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$	
		Zona pre-anoxică de denitrificare și procese comparabile	Denitrificare intermitentă și simultană
0	1	2	3
1	0,2	0,11	0,06
2	0,3	0,13	0,09
3	0,4	0,14	0,12
4	0,5	0,15	0,15

Valorile din tabelul 8.20 pot fi utilizate atât pentru schemele cu denitrificare intermitentă sau simultană, cât și pentru schemele cu pre – denitrificare. În calculul ”capacității de denitrificare” se impune ca în zona de denitrificare concentrația de oxigen dizolvat să fie sub 2 mg O₂/l. Pentru schema cu denitrificare alternantă, ”capacitatea de denitrificare” 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 ($c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$) = 0. Dacă este necesar un raport ($c_{N-NO_3}^D / x_{5,uz}^b$) > 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;
- 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 (pentru care trebuie asigurată hrana suplimentară); concentrația de CCO suplimentară se determină:

$$c_{CCO,ext} = 5 \cdot \Delta c_{N-NO_3}^D \quad (\text{mg/l}) \quad (8.84)$$

unde:

$c_{CCO,ext}$ – concentrația de CCO suplimentară, (mg CCO/l);

$\Delta c_{N-NO_3}^D$ – surplusul de azot din azotatul care trebuie denitrificat, (mg N-NO₃/l);

Ca surse externe de carbon, pot fi utilizate următoarele substanțe: metanol, etanol și acetați. În tabelul 8.21 sunt prezentate caracteristicile acestor surse externe de carbon.

Tabel 8.21. Caracteristicile surselor externe de carbon.

Nr. crt.	Parametrul	U.M.	Metanol	Etanol	Acid acetic
0	1	2	3	4	5
1	Densitate	kg / m ³	790	780	1060
2	CCO	kg / kg	1,50	2,09	1,07
3	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.

8.2.3.4 Eliminarea fosforului din apele uzate urbane

Îndepartarea fosforului se poate realiza prin:

- procese biologice;
- precipitare chimică;
- procese biologice completate cu precipitarea chimică (pre-precipitare sau post- precipitare);

Eliminarea biologică a fosforului se realizează în bazine de amestec anaerobe amplasate, de regulă, în amonte bioreactorului (fig. 6.3 § 6.2.2.4.1); bazinele se dimensionează:

- pentru un timp minim de contact $t = 0,5 \dots 0,75$ h ;
- pentru debitul: $Q_{uz,max,or} + Q_{re}$ (m^3/z);

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.

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 :

$$C_{P,prec} = C_P - C_{P,efl} - C_{P,BM} - C_{P,bio,ex} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.85)$$

unde:

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

$$C_{P,efl} = (0,6 \dots 0,7) \cdot C_P^{adm} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.86)$$

unde:

$$C_P^{adm} = 1,0(2,0) \text{ mg P/l (v. tab. 3.3 § 3.4);}$$

Concentrația de fosfor încorporat în biomasă se consideră, de regulă, 1% din concentrația de CBO_5 influentă în bazinul anaerob:

$$C_{P,BM} = 0,01 \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.87)$$

$$c_{P,BM} = 0,005 \cdot x_{cco} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.88)$$

unde:

$x_{5,uz}$ – concentrația în CBO_5 din influentul reactorului biologic, (mg O_2/l);

x_{cco} – concentrația în CCO din influentul reactorului biologic, (mg O_2/l);

Dacă bazinul anaerob este situat în amonte de bioreactor:

1) Concentrația de fosfor biologic în exces:

$$c_{P,bio,ex} = (0,01 \dots 0,015) \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.89)$$

$$c_{P,bio,ex} = (0,005 \dots 0,007) \cdot x_{cco} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.90)$$

2) Pentru temperaturi scăzute ale apei uzate, concentrația în azotați din efluentul stației de epurare $c_{N-NO_3}^{efl} \geq 15 \text{ mg N} - \text{NO}_3/\text{l}$:

$$c_{P,bio,ex} = (0,005 \dots 0,01) \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.91)$$

$$c_{P,bio,ex} = (0,025 \dots 0,005) \cdot x_{cco} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.92)$$

3) Dacă schema de epurare este cu predenitrificare sau cu denitrificare cu alimentare fracționată, dar nu cuprinde bazine anaerobe, eliminarea biologică a fosforului:

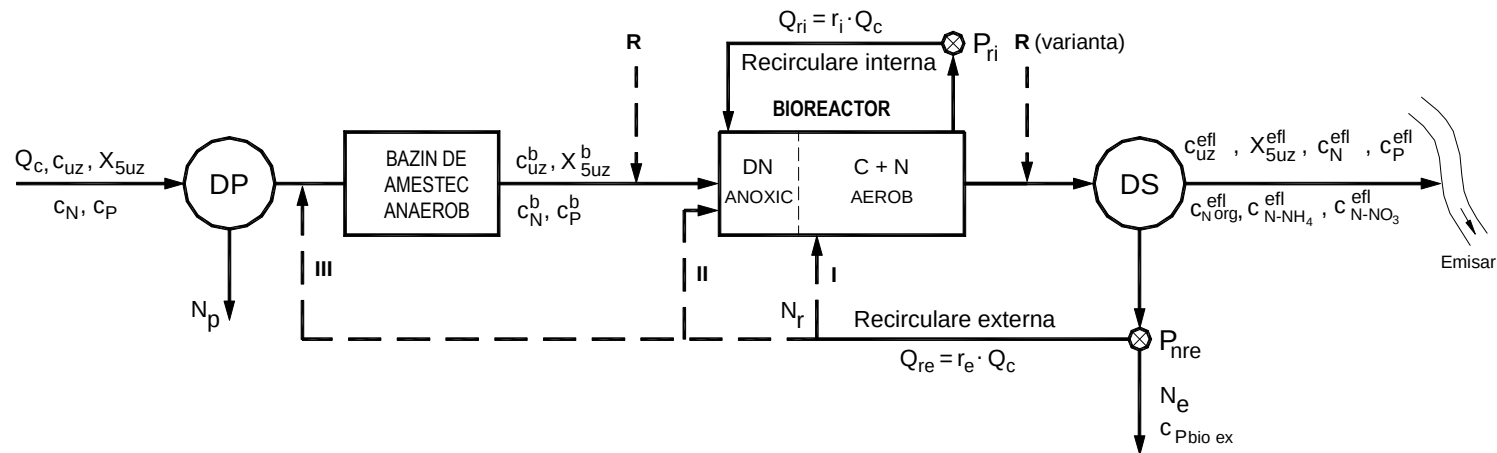
$$c_{P,bio,ex} \leq 0,005 \cdot x_{5,uz} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.93)$$

$$c_{P,bio,ex} \leq 0,002 \cdot x_{cco} \quad (\text{mg P/l}) \quad (8.94)$$

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

- precipitare cu fier : $2,7 \text{ kg Fe/kg P}_{\text{prec}}$;
- precipitare cu aluminiu : $1,3 \text{ kg Al/kg P}_{\text{prec}}$;

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



Concentratia de azot din azotatul ce trebuie denitrificat:

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

Concentratia de fosfor total care trebuie eliminata prin precipitare simultana :

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

R - reactiv pentru precipitare (saruri, Fe^{3+} , Al^{3+} , polimeri)

I, II, III - variante

$$\begin{aligned} c_{UZ}^{\text{efl}} &\leq c_{UZ}^{\text{adm}} \\ X_{5UZ}^{\text{efl}} &\leq X_{5UZ}^{\text{adm}} \\ c_N^{\text{efl}} &\leq c_N^{\text{adm}} \\ c_P^{\text{efl}} &\leq c_P^{\text{adm}} \end{aligned}$$

Figura 8.12. Schema de calcul: epurare biologică avansată cu BNA și eliminarea fosforului.

8.2.3.5 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; poartă denumirea de nămoluri primare. În aceste nămoluri este reținut și azot, în proporție $e_N = 10 \dots 15\%$ și fosfor în proporție de $e_P = 5 \dots 10\%$;
- 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 biomasă în reactorul biologic (recirculare externă).

Surplusul (excedentul) de nămol activat este denumit nămol în exces și este dirijat spre treapta de prelucrare a nămolului; cea mai mare parte a biomasei din decantorul secundar este recirculată continuu în sistemul biologic. Nămolul în exces conține 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 și nămolul provenit din îndepărtarea fosforului:

$$N_e = N_{ec} + N_{ep} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (8.95)$$

unde:

N_e – cantitatea de materii solide, exprimată în substanță uscată din nămolul în exces, (kg s.u./zi);

N_{ec} – cantitatea de materii solide ,exprimată în substanță uscată din nămolul în exces provenită din eliminarea carbonului,(kg s.u./zi);

N_{ep} – cantitatea de materii solide, exprimată în substanță uscată, din nămolul în exces provenit din eliminarea fosforului, (kg s.u./zi);

Cantitatea de nămol în exces depinde de vârsta nămolului:

1) Cantitatea de nămol provenită din eliminarea compușilor pe bază de carbon:

$$N_{eC} = C_b \cdot \left(0,75 + 0,6 \cdot \frac{c_{uz}^b}{x_{5,uz}^b} - \frac{0,102 \cdot T_N \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot T_N \cdot F_T} \right) \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (8.96)$$

unde:

C_b – cantitatea de materie organică influentă în stația de epurare, (kg CBO₅/zi);

c_{uz}^b – concentrația în MTS în influentul reactorului biologic, (mg/l);

$x_{5,uz}^b$ – concentrația în CBO₅ în influentul bioreactorului, (mg/l);

T_N – vârsta nămolului, (zile);

$F_T = 1,072^{(T-15)}$ – factorul de temperatură pentru respirația endogenă;

$T = 10 \dots 12^\circ \text{C}$;

0,75; 0,6; 0,102; 0,17 – coeficienți Hartwing;

În tabelul 8.22 sunt prezentate valorile producției specifice de nămol (N_{eC}^s) din îndepărtarea carbonului în funcție de temperatură, vârsta nămolului și de raportul ($c_{uz}^b / x_{5,uz}^b$).

Tabel 8.22. Productia specifica de namol $N_{eC}^s = N_{eC} / C_b$ (kg s.u./kg CBO₅) pentru $T = 10 - 12^\circ \text{C}$.

Nr. Crt.	$c_{uz}^b / x_{5,uz}^b$	Vârsta nămolului T_N					
		4 zile	8 zile	10 zile	15 zile	20 zile	25 zile
0	2	2	3	4	5	6	7
1	0,4	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
2	0,6	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
3	0,8	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
4	1,0	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
5	1,2	1,27	1,17	1,13	1,07	1,04	1,01

2) Cantitatea de nămol provenită din eliminarea compușilor pe bază de fosfor.

Cantitatea de nămol în exces din eliminarea fosforului cuprinde 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 s.u/1 g 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 kg s.u./kg Fe dozat;
- 4,0 kg s.u./1 kg Al dozat.

Cantitatea de nămol în exces din eliminarea fosforului:

$$N_{eP} = \frac{Q_c}{1000} \cdot (3 \cdot c_{P,bio,ex} + 6,8 \cdot c_{P,prec.Fe} + 5,3 \cdot c_{P,prec.Al}) \quad (\text{kg s. u/zi}) \quad (8.97)$$

unde:

Q_c – debitul de calcul, (m^3/zi);

$c_{P,bio,ex}$ – concentrația de fosfor biologic în exces, (mg P/l);

$c_{P,prec.Fe}$ – concentrația de fosfor precipitat cu Fe, (mg P/l);

$c_{P,prec.Al}$ – concentrația de fosfor precipitat cu Al, (mg P/l);

Producția de nămol este dependentă de vârsta nămolului:

$$T_N = \frac{N_a}{N_e} = \frac{c_{na} \cdot V}{N_e} \quad (\text{zile}) \quad (8.98)$$

unde:

N_a – cantitatea totală de biomasă, (kg s.u/zi);

N_e – cantitatea de biomasă în exces, definită anterior, (kg s.u/zi);

c_{na} – concentrația biomasei, (kg/m^3);

V – volumul reactorului biologic, (m^3);

În cazul utilizării varului pentru precipitare, producția specifică de nămol este de 1 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Indicele volumetric al nămolului sau indexul lui Mohlmann este un parametru ce caracterizează procesul de sedimentare a nămolului activat în decantorul secundar. Indiferent de tipul epurării, se recomandă ca indicele volumetric să nu depășească 180 ... 200 cm^3/g cu proprietăți de sedimentare slabe. Când influentul în reactor conține cantități mari de substanță organică biodegradabilă, nămolul activat va avea un indice volumetric mare ($> 200 \text{ cm}^3/\text{g}$) cu proprietăți de sedimentare slabe.

Pentru calculele de dimensionare ale treptei de epurare biologică avansată se recomandă valorile din tabelul următor.

Tabel 8.23. Valori recomandate pentru I_{VN} .

Nr. crt.	Tipul epurării	$I_{VN} (\text{cm}^3/\text{g})$	
		Influența apelor uzate industriale	
		Favorabilă	Nefavorabilă
0	1	2	3
1	Fără nitrificare	100 – 150	120 – 180
2	Cu nitrificare + denitrificare	100 – 150	120 – 180
3	Cu stabilizarea nămolului	75 – 120	120 - 150

Valorile mai scăzute se consideră în cazurile:

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

8.2.3.6 Determinarea volumului reactoarelor biologice

Volumul bioreactorului depinde de indicatorii de calitate ai influentului și efluentului treptei de epurare biologice, 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.

Volumul bioreactorului se poate determina cu relațiile:

$$V = \frac{C_b}{I_{ob}} = \frac{N_a}{c_{na}} = \frac{C_b}{c_{na} \cdot I_{on}} \quad (m^3) \quad (8.99)$$

unde:

C_b – cantitatea de materie organică influentă în stația de epurare, (kg CBO₅/zi);

I_{ob} – încărcarea organică a bazinului, (kg CBO₅/m³ b.a,zi);

I_{on} – încărcarea organică a nămolului, (kg CBO₅/ kg s.u,zi);

N_a – cantitatea de biomasă activă din bioreactor, (kg s.u/zi);

c_{na} – concentrația nămolului activ din bioreactor, (kg/m³);

În funcție de tipul epurării (convențională fără nitrificare, cu nitrificare, cu nitrificare – denitrificare și stabilizarea nămolului), se adoptă valorile pentru I_{ob} , I_{on} , c_{na} și se determină volumul bioreactorului cu una din relațiile (8.99).

Acest volum cuprinde atât volumul zonei de denitrificare (V_D) cât și volumul zonei de nitrificare (V_N) în care are loc eliminarea compușilor pe bază de carbon organic concomitent cu nitrificarea amoniului.

$$V = V_D + V_N \quad (m^3) \quad (8.100)$$

În schemele de denitrificare cu alimentare fracționată (step – feed), concentrația nămolului din bioreactor se înlocuiește cu $c_{na,step}$: $c_{na,step} > c_{na}$.

Calculul coeficienților de recirculare:

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

Dimensionarea se face pentru un coeficient de recirculare externă $r_e = 100\%$.

Debitul de nămol recirculat va fi:

$$Q_{re} = r_e \cdot Q_c \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (8.101)$$

unde: Q_c – debitul de calcul al bioreactorului, (m^3/zi);

- 2) Recircularea internă constă în prelevarea din avalul zonei de nitrificare al amestecului nămol – apă uzată (bogat în azotați) și dirijarea acestuia în secțiunea amonte a zonei de denitrificare. Coeficientul de recirculare internă se determină cu relația:

$$r_i = \frac{c_{N-NO_3}^D}{c_{N-NO_3}^{efl}} - r_e \quad (8.102)$$

unde:

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul ce trebuie denitrificat, ($\text{mg N} - \text{NO}_3^- / \text{l}$);

$c_{N-NO_3}^{efl}$ – concentrația de azot din azotatul din efluentul stației de epurare, ($\text{mg N} - \text{NO}_3^- / \text{l}$);

r_e – coeficientul de recirculare externă;

- 3) Coeficientul total de recirculare:

$$r_T = r_e + r_i = \frac{Q_{re}}{Q_c} + \frac{Q_{ri}}{Q_c} \quad (8.103)$$

unde: Q_c, Q_{re} – definiți anterior; Q_{ri} – debitul de recirculare internă, (m^3/zi);

- 4) Eficiența maximă a denitrificării:

$$\eta_D = 1 - \frac{1}{1 + r_T} \quad (8.104)$$

- 5) Durata totală a unui ciclu, dacă procesul de denitrificare este intermitent:

$$t_T = t_N + t_D \quad (\text{h}) \quad (8.105)$$

Se poate calcula cu relația:

$$t_T = t_r \cdot \frac{c_{N-NO_3}^{efl}}{c_{N-NO_3}^D} \quad (\text{h}) \quad (8.106)$$

unde:

$$t_r = \frac{V}{Q_{uz,max,or}} \geq 2 \quad (\text{h}) \quad (8.107)$$

8.2.3.7 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;

1) Consumul specific de oxigen pentru îndepărtarea carbonului organic CSO_c (kg O_2 /kg CBO_5) se determină cu relația:

$$CSO_c = \frac{\overline{CO_c}}{C_b} = 0,56 + \frac{0,15 \cdot T_N \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot T_N \cdot F_T} \quad (\text{kg } O_2/\text{kg } CBO_5) \quad (8.108)$$

unde:

C_b – cantitatea de materie organică influentă în bioreactor, (kg CBO_5 /zi);

T_N – vârsta nămolului, (zile);

$F_T = 1,072^{T-15}$ – factor de temperatură pentru perioada de vară;

$\overline{CO_c} = C_b \cdot CSO_c$ (kg O_2 /zi) – capacitatea de oxigenare necesară pentru eliminarea carbonului organic;

Notă:

Relația (8.108) se aplică pentru raportul $x_{CCO}^b / x_{5,uz}^b \leq 2,2$. Pentru rapoarte mai mari decât această valoare, calculul capacității de oxigenare se va face cu valorile concentrațiilor exprimate în consum chimic de oxigen (CCO-Cr).

2) Capacitatea de oxigenare necesară pentru nitrificare:

$$\overline{CO_N} = \frac{4,3 \cdot Q_c}{1000} \cdot (c_{N-NO_3}^D - c_{N-NO_3}^{infl} + c_{N-NO_3}^{efl}) \quad (\text{kg } O_2/\text{zi}) \quad (8.109)$$

unde:

4,3 – consumul specific de oxigen, (kg O_2 /kg azot oxidat);

Q_c – debitul influent în bioreactor, (m^3 /zi);

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul ce trebuie denitrificat, (mg N – NO_3^- /l);

$c_{N-NO_3}^{infl}$ – concentrația de azot din azotatul influent în bioreactor, (mg N – NO_3^- /l);

$c_{N-NO_3}^{efl}$ – concentrația de azot din azotatul din efluentul bioreactorului, (mg N-NO₃⁻/l);

3) Capacitatea de oxigenare necesară pentru denitrificare:

$$\overline{CO_D} = \frac{-2,9 \cdot Q_c}{1000} \cdot c_{N-NO_3}^D \quad (kg \ O_2/zi) \quad (8.110)$$

unde:

2,9 – consumul specific de oxigen, (kg O₂/ kg de azot denitrificat);

Q_c – debitul influent în bioreactor, (m³/zi);

$c_{N-NO_3}^D$ – concentrația de azot din azotatul ce trebuie denitrificat, (mg N – NO₃⁻ /l);

Semnul ” – ” semnifică oxigenul ce se recuperează prin denitrificare și nu se consumă.

Capacitatea de oxigenare necesară pentru eliminarea carbonului organic și pentru nitrificarea amoniului se poate calcula în ipotezele:

- când se ține seama de aportul de oxigen din procesul de denitrificare;
- când se neglijează aportul de oxigen din procesul de denitrificare.

Ipoteza care conferă siguranță este ipoteza b, pentru care capacitatea necesară este maximă. Se va ține seama de variația în decursul zilei a încărcării organice și a încărcării cu azot. Pentru calculul valorilor orare de vârf ale capacității de oxigenare necesare se introduc termenii f_c – factorul de vârf al încărcării organice și 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:

$$CO_{h,nec} = \frac{f_c \cdot (\overline{CO_c} - \overline{CO_D}) + f_N \cdot \overline{CO_N}}{24} \quad (kg \ O_2/h) \quad (8.111)$$

unde: toți termenii au fost definiți anterior;

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

$$CO_{h,nec} = \frac{f_c \cdot \overline{CO_c} + f_N \cdot \overline{CO_N}}{24} \quad (kg \ O_2/h) \quad (8.112)$$

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 vârf 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.

Tabel 8.24. Valori pentru f_C și f_N

Factor de vârf	Vârsta nămolului T_N					
	4 zile	8 zile	10 zile	15 zile	20 zile	25 zile
0	1	2	3	4	5	6
f_C	1,3	1,25	1,2	1,2	1,15	1,11
f_N pentru SE cu 1.200 kg/zi	–	–	–	2,5	2,0	1,5
f_N pentru SE > 6.000 kg/zi	–	–	2,0	1,8	1,5	–

Pentru stații de epurare mici și medii, capacitatea de oxigenare orară necesară se verifică, cu relația (8.113), caz în care factorii de vârf $f_C = 1$ și $f_N = 1$.

$$\overline{CO_{h,nec}} = \frac{\overline{CO_{nec}}}{\delta} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (8.113)$$

unde:

- $\delta = 15$ pentru $Q_{uz, \max, zi} \leq 50$ l/s;
- $\delta = 20$ pentru $50 \text{ l/s} < Q_{uz, \max, zi} \leq 250$ l/s;
- $\delta = 24$ pentru $Q_{uz, \max, zi} > 250$ 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 (8.111), (8.112) și (8.113).

Raportul V_D/V necesar pentru definitivarea volumului zonei anoxice (V_D) se determină din relația (8.83).

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 , conform relației (8.100).

Determinarea debitului de aer necesar în condiții reale în scopul asigurării capacității de oxigenare orare necesare, ține seama de:

- temperatura apei uzate;
- randamentul transferului de oxigen de la aer la apă;
- temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a stației de epurare;
- adâncimea de insuflare din bioreactor;
- performanțele dispozitivelor de insuflare a aerului în apă;

Capacitatea de oxigenare orară necesară $\overline{CO}_{h,nec}$ (kg O₂/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 (**A**ctual **O**xygen **R**equirement):

$$AOR = \overline{CO}_{h,nec} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (8.114)$$

Legătura dintre capacitatea de oxigenare orară necesară în condiții reale AOR și capacitatea de oxigenare orară necesară în condiții standard sau normale SOR (**S**tandard **O**xygen **R**equirement) este dată de relația:

$$AOR = SOR \cdot \frac{\Theta^{T-20} \cdot \alpha \cdot (\beta \cdot c_{SA} - c_B)}{c_{S20}^*} \quad (\text{kg O}_2/\text{h}) \quad (8.115)$$

unde:

$\Theta = 1,024$ – coeficient din relația de tip Arhenius, ce evidențiază efectul temperaturii asupra transferului de oxigen;

α – coeficient care ține seama de capacitatea de transfer a oxigenului de la apa curată la apa uzată:

- $\alpha = 0,65$ pentru $T = 10^\circ\text{C}$;
- $\alpha = 0,60$ pentru $T = 27^\circ\text{C}$;

$\beta = 0,95$ – 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;

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

c_B – concentrația O₂ dizolvat din bioreactor, pentru dimensionare se adoptă 2mg/l;

c_{S20}^* – este concentrația medie de saturație în apă curată a oxigenului dizolvat la 20°C; depinde de adâncimea de insuflare a aerului (H_i) și se determină:

$$c_{S20}^* = c_{S20} \cdot (1 + 0,035 \cdot H_i) \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (8.116)$$

unde:

c_{S20} – concentrația de saturație a oxigenului în apa curată, în condiții standard sau normale, (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, (m);

c_{SA} – concentrația medie de saturație a oxigenului dizolvat în apa curată la temperatura de dimensionare T, (mg O₂/l), și la adâncimea de insuflare H_i determinată cu relația:

$$c_{SA} = c_{SA}^T \cdot (1 + 0,035 \cdot H_i) \quad (\text{mg O}_2/\text{l}) \quad (8.117)$$

unde:

c_{SA}^T – concentrația de saturație a oxigenului în apa curată la temperatura T (°C), (mgO₂/l):

- $c_{SA}^T = 11,33$ mg O₂/l, pentru T=10°C (cf. tab. 8.14. § 8.1.2.6);
- $c_{SA}^T = 9,17$ mg O₂/l, pentru T=20°C (cf. tab. 8.14. § 8.1.2.6);

Din relațiile (8.114) și (8.115) se determină SOR; Calculele se efectuează și pentru perioada de iarnă (T=10°C) și pentru perioada de vară (T =25° – 27°C). Pentru dimensionare se alege valoarea SOR maxim rezultată.

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

$$Q_{N,aer} = \frac{SOR}{SOTE} \cdot \frac{1}{\gamma_{aer}} \cdot \frac{1}{c_{SO}} = \frac{SOR \cdot 10^3}{c'_0 \cdot H_i} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (8.118)$$

unde:

SOR – definit anterior;

$\gamma_{aer} = 1,206$ kg/m³ este greutatea specifică a aerului;

$c_{SO} = 0,28$ kg O₂/m³ aer – conținutul de oxigen dintr-un m³ de aer, în condiții standard;

$c'_0 = \frac{c_{SO}}{100} \cdot \eta_1$ – capacitatea specifică de oxigenare a dispozitivului de insuflare a aerului în apă curată, în condiții standard, (g O₂/N m³ aer ,m adâncime de

insuflare); valoarea c_o' se calculează pe baza eficienței specifice de transfer (η_1) de ofertant (producătorul) dispozitivului;

SOTE – eficiența de transfer a oxigenului în apa curată, în condiții normale (Standard Oxygen Transfer Efficiency), la adâncimea de insuflare H_i , (%):

$$SOTE = \eta_1 \cdot H_i \quad (\%) \quad (8.119)$$

unde:

η_1 – eficiența specifică de transfer a oxigenului în apă curată, în condiții normale (standard) pentru 1 m adâncime de insuflare, (%/m). Valoarea eficienței specifice este caracteristică fiecărui dispozitiv de insuflare a aerului;

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

$$Q_{R,aer} = Q_{N,aer} \cdot \frac{T_R + 273}{T_N + 273} \cdot \frac{p_N}{p_R} \quad (\text{N m}^3 \text{ aer/h}) \quad (8.120)$$

unde:

$T_R = 30 - 35^\circ\text{C}$ – temperatura maximă a aerului din zona de amplasare a reactorului;

$T_N = 10^\circ\text{C}$ – 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 reactorului

p_N – presiunea atmosferică în condiții standard;

Pentru alegerea surselor de aer, este necesară determinarea debitului real de aer necesar $Q_{R,aer}$ (m^3 aer/h) și a înălțimii de presiune necesare la flanșa de refulare a sursei de aer.

- 6) Presiunea necesară la flanșa de refulare a sursei de aer:

$$H_R \geq H_i + h_d^{S-D} + h_l^D \quad (\text{m col. H}_2\text{O}) \quad (8.121)$$

unde:

H_i – adâncimea de insuflare a aerului în amestecul lichid, (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, (0,20 – 0,60 m);

h_l^D – pierderea de sarcină locală în dispozitivul de insuflare a aerului în amestecul lichid din bioreactor, (0,20 – 0,80 m);

8.3 Decantoare secundare

Decantoarele secundare sunt construcții descoperite care au rolul de a reține nămolul biologic produs în bazinele cu nămol activat sau în filtrele biologice.

Decantoarele secundare orizontale longitudinale și radiale, se proiectează în conformitate cu prevederile STAS 4162-2/1989.

Decantoarele secundare sunt amplasate în aval de bazinele cu nămol activat sau de filtrele biologice, în funcție de schema de epurare adoptată.

Substanțele reținute în decantoarele secundare poartă denumirea de nămol biologic, iar în cazul în care decantoarele secundare sunt amplasate după bazinele de aerare, substanțele reținute poartă denumirea de nămol activat.

Decantoarele secundare nu pot lipsi din schemele de epurare biologică, acestea funcționând în tandem cu bazinele de aerare sau cu filtrele biologice.

8.3.1 Clasificare

Decantoarele secundare se clasifică astfel:

- a) După direcția de curgere a apei prin decantor :
 - decantoare orizontale longitudinale;
 - decantoare orizontale radiale;
 - decantoare verticale;
 - decantoare de tip special (cu module lamelare, cu recircularea stratului de nămol);
- b) După modul de evacuare a nămolului:
 - decantoare cu evacuare hidraulică pe principiul diferenței de presiune hidrostatică;
 - decantoare cu evacuare hidraulică cu ajutorul podurilor racloare cu sucțiune;

8.3.2 Parametrii de dimensionare

Numărul de decantoare va fi minimum două unități (compartimente), ambele utile, fiecare putând funcționa independent. Pentru funcționarea corectă a unităților de decantare se impune distribuția egală a debitelor între unitățile respective (se prevede în amonte de decantoarele secundare o cameră de distribuție a debitelor).

Tabel 8.25. Parametrii de proiectare ai decantoarelor secundare.

Nr. crt.	Parametru	U.M.	Relație de calcul/ Valori recomandate	
0	1	2	3	
			DS amplasat după FB	DS amplasat după BNA
1	Debitul de dimensionare	m ³ /zi	$Q_c = Q_{uz,max,zi}$	
2	Debitul de verificare	m ³ /h	$Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{AR,max}$	$Q_v = Q_{uz,max,or} + Q_{nr,max}$
3	Încărcare superficială la debitul de dimensionare	m/h	$u_{sc} = \frac{Q_c}{A_o}$ $u_{sc} = 0,7 \dots 1,5$	$u_{sc} = \frac{Q_c}{A_o}$ $u_{sc} = 0,7 \dots 1,2$
4	Încărcare superficială la debitul de verificare	m/h	$u_{sv}^{max} = 2,7$	$u_{sv}^{max} = 2,2$
5	Viteza maximă de curgere a apei	mm/s	10	
6	Încărcarea superficială cu materii totale în suspensie	kg s.u./m ² ,zi	$I_{ss} = \frac{c_{na} \cdot (Q_c + Q_{AR,max})}{A_o}$ $I_{ss} = 90 \dots 140$	$I_{ss} = \frac{c_{na} \cdot (Q_c + Q_c)}{A_o}$ $I_{ss} = 90 \dots 140$
7	Încărcarea volumetrică superficială cu nămol	dm ³ /m ² ,h	$I_{VS} = I_{ss} \cdot I_{VN}$ $I_{ss} = 450 \dots 500$	
8	Timpul de decantare la debitul de dimensionare	h	$t_c = \frac{h_u}{u_{sc}}$ $t_c = 1,5 \dots 2,5$	$t_c = \frac{h_u}{u_{sc}}$ $t_c^{min} = 1,0$
9	Timpul de decantare la debitul de verificare	h	$t_v = \frac{h_u}{u_{sv}}$ $t_v = 3,5 \dots 4,0$	$t_v = \frac{h_u}{u_{sv}}$ $t_v^{min} = 2,0$
10	Coeficient de recirculare externă a nămolului activ	%	$r_e = \frac{c_{na}}{c_{nr} - c_{na}} \cdot 100$	

$Q_{uz,max,zi}$ –debitul zilnic maxim al apelor uzate, (m³/zi);
 $Q_{uz,max,or}$ – debitul orar maxim al apelor uzate, (m³/h);
 $Q_{AR,max}$ – debitul de recirculare al apelor epurate, (m³/zi);
 $Q_{nr,max}$ – debitul de nămol recirculat, (m³/zi);
DS – decantor secundar;

A_o – suprafața utilă de decantare, (m²);
 c_{na} – concentrația în materii solide a nămolului activat, (kg/m³);
 c_{nr} – concentrația în materii solide a nămolului de recirculare, (kg/m³);
 I_{VN} – indicele volumic al nămolului definit în tab.8.5, (cm³/g);
 h_u – înălțimea zonei utile de sedimentare, (m);
FB – filtre biologice; **BNA** – bazin cu nămol activat;

Tabelul 8.25 prezintă parametrii de dimensionare ai decantoarelor secundare.

Pentru asigurarea unei bune funcționări a decantoarelor, precum și pentru realizarea unei eficiențe ridicate în ceea ce privește sedimentarea materiilor în suspensie din apă, trebuie ca accesul și evacuarea apei să se facă cât mai uniform; pentru acces se recomandă prevederea de defletoare, orificii sau ecrane semiscufundate, orificiile fiind îndreptate către radier pentru asigurarea uniformității curgerii în bazin. La decantoarele orizontale radiale și la cele verticale, accesul apei trebuie să se facă la o distanță de 1,80 m față de radier, pentru o bună distribuție a liniilor de curent.

Determinarea numărului de defletoare se face pe baza debitului aferent unui deflector $q_{\text{def}} = 4 \dots 7 \text{ dm}^3/\text{s}$, deflector și a distanței dintre ele $a = 0,75 \dots 1,00 \text{ m}$ atât pe verticală cât și pe orizontală.

Evacuarea apei din decantor este reglată prin deversoare metalice, având partea superioară realizată sub forma unor dinți triunghiulari sau trapezoidali; aceste deversoare sunt mobile pe verticală, permițând astfel evacuarea controlată a apei decantate. Pentru a realiza o evacuare uniformă, trebuie ca deversarea să fie neînecată și perfect reglată pe verticală, astfel încât lama deversantă pentru fiecare dinte al deversorului să fie egală.

Evacuarea apei decantate se poate face și prin conducte submersate funcționând cu nivel liber, prevăzute cu fante (orificii). Sistemul are avantajul că elimină influența vântului, necesitatea peretelui (ecranului) semiscufundat și reduce substanțial abaterile de la orizontalitate ale sistemului de colectare. Conducta va fi dimensionată să funcționeze cu nivel liber.

Lungimea deversoarelor rezultă din adoptarea valorilor recomandate pentru debitul specific deversat; debitul nu va depăși $10 \text{ m}^3/\text{h}$, m în situația cea mai dezavantajoasă (la debitul de verificare). Când valoarea este depășită, se recomandă mărirea lungimii de deversare prin realizarea de rigole paralele sau, la decantoarele radiale și verticale, prin prevederea de rigole radiale suplimentare.

Se recomandă evacuarea continuă a nămolului activat din decantoarele secundare, dar dacă nu este posibil, intervalul de timp dintre două evacuări de nămol nu trebuie să fie mai mare de 4 h (cu măsuri adecvate la recircularea nămolului).

Determinarea pierderilor de sarcină prin decantor se va face atât pentru debitul de calcul cât și pentru cel de verificare, adoptându-se pentru profilul tehnologic valorile cele mai dezavantajoase.

Alegerea tipului de decantor, a numărului de compartimente și a dimensiunilor acestora se face pe baza unor calcule tehnico-economice comparative, a cantității și calității nămolului activat efluent din bazinele de aerare sau apei recirculate în schemele cu filtre biologice și a parametrilor de proiectare recomandați pentru fiecare caz în parte.

Decantoarele secundare sunt alcătuite în principal din:

- compartimente pentru decantarea propriu-zisă;
- sistemele de admisie și distribuție a apei epurate biologic;
- sistemele de colectare și evacuare a apei decantate;
- echipamentele mecanice necesare colectării și evacuării nămolului, precum și dispozitivele de închidere pe accesul și evacuarea apei în și din decantor, necesare izolării fiecărui compartiment în parte în caz de necesitate (revizii, reparații, avarii);
- conducte de evacuare a nămolului activat și de golire a decantorului ;
- pasarela de acces pe podul raclor ;

Înălțimea de siguranță a pereților decantorului deasupra nivelului maxim al apei va fi de minim 0,3 m.

8.3.3 Decantoare secundare orizontale radiale

Se recomandă a se adopta decantoare secundare orizontale radiale de tipul celui din fig. 8.13.a) pentru diametre (D) cuprinse între 15...25 m și de de tipul celui din fig. 8.13.b) pentru diametre (D) cuprinse între 30...50 m. Nu se recomandă a se prevedea decantoare secundare radiale cu diametre mai mici de 15 m și nici mai mari de 60 m.

Sunt bazine cu forma circulară în plan, în care apa este admisă central prin intermediul unei conducte prevăzută la deșurare cu o pâlnie (difuzor) a cărei muchie superioară este situată la $20 \div 30$ cm sub nivelul apei. Apa limpezită este evacuată printr-o rigolă perimetrală (fig. 10.4) sau prin conductă inelară submersată prevăzută cu orificii (fante).

Circulația apei se face orizontal și radial, de la centru spre periferie. Din conducta de acces, apa iese pe sub un cilindru central semiscufundat, cu muchia inferioară situată la o adâncime sub nivelul apei egală cu $2/3$ din înălțimea zonei de sedimentare h_u .

În alte variante, apa iese din cilindrul central prin intermediul unor orificii cu defletoare practicate în peretele acestuia sau printr-un grătar de uniformizare cu bare verticale.

Distribuția uniformă a apei de la centru spre periferie se poate realiza și prin intermediul altor dispozitive care prezintă avantaje hidraulice și tehnologice deosebite (de tipul “Lalelei Coandă”).

Cilindrul central, al cărui diametru este de 20÷35% din diametrul decantorului, sprijină pe radierul bazinului prin intermediul unor stâlpi. Disiparea energiei apei din conducta de admisie trebuie să asigure condițiile optime de floclare.

La partea superioară a cilindrului central se prevede o structură de rezistență capabilă să preia forțele generate de podul raclor, al cărui pivot este amplasat pe structura de rezistență respectivă.

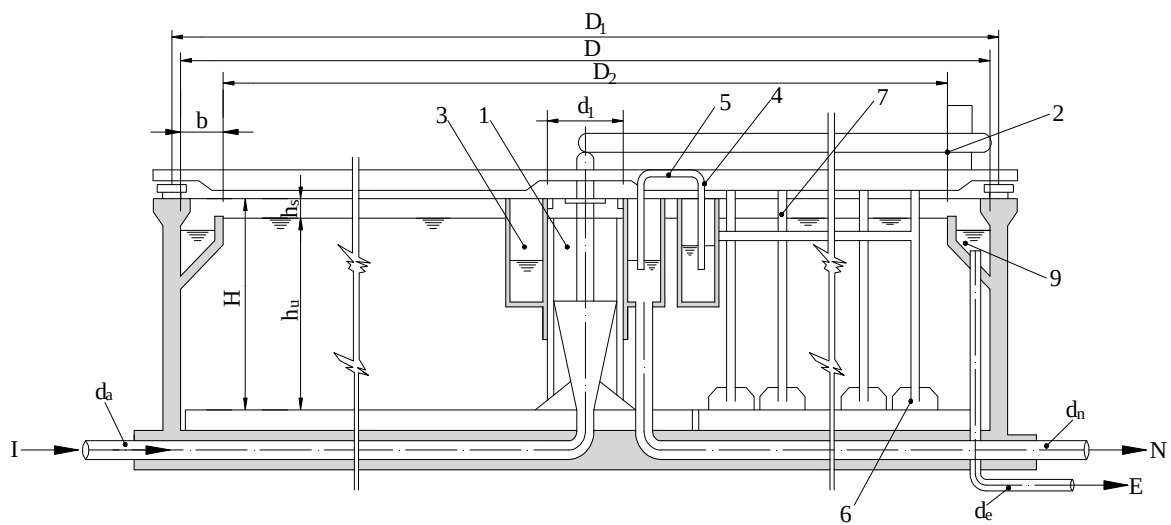
Podul raclor poate fi de două tipuri: radial sau diametral. El este alcătuit dintr-o grindă solidă ce sprijină pe structura de rezistență centrală prin intermediul unui pivot, iar extremitățile sprijină prin intermediul unor roți adecvate pe peretele exterior al bazinului. Calea de rulare poate fi realizată și din șină metalică, roțile fiind prevăzute în mod corespunzător acestui tip de rulare.

Colectarea și evacuarea nămolului reținut se face continuu în următoarele variante:

- a) colectarea nămolului se face într-o bașă centrală de unde este evacuat fie prin diferență de presiune hidrostatică, fie prin pompare (se aplică în cazul decantoarelor cu radier înclinat). În acest caz, solidar cu grinda podului raclor sunt prevăzuți montanți de care sunt prinse lame ce raclează nămolul sedimentat pe radierul decantoarului, conducându-l în bașa de evacuare; de aici, nămolul este evacuat prin diferență de presiune hidrostatică spre treapta de prelucrare (fig. 8.13 b.);
- b) prin sifonare (se aplică în cazul decantoarelor cu radier orizontal). În acest caz, nămolul sedimentat pe radierul decantorului este extras printr-un sistem de conducte într-un compartiment mobil solidar cu podul raclor, prin diferență de presiune hidrostatică, de unde, prin sifonare sau pompare este trimis într-un colector inelar și evacuat spre treapta de prelucrare (fig. 8.13 a.);

Soluțiile indicate pentru evacuarea nămolului din decantoare nu sunt limitative.

a. Decantoare radiale cu $D = 30... 50\text{m}$



b. Decantoare radiale cu $D = 15... 25\text{m}$

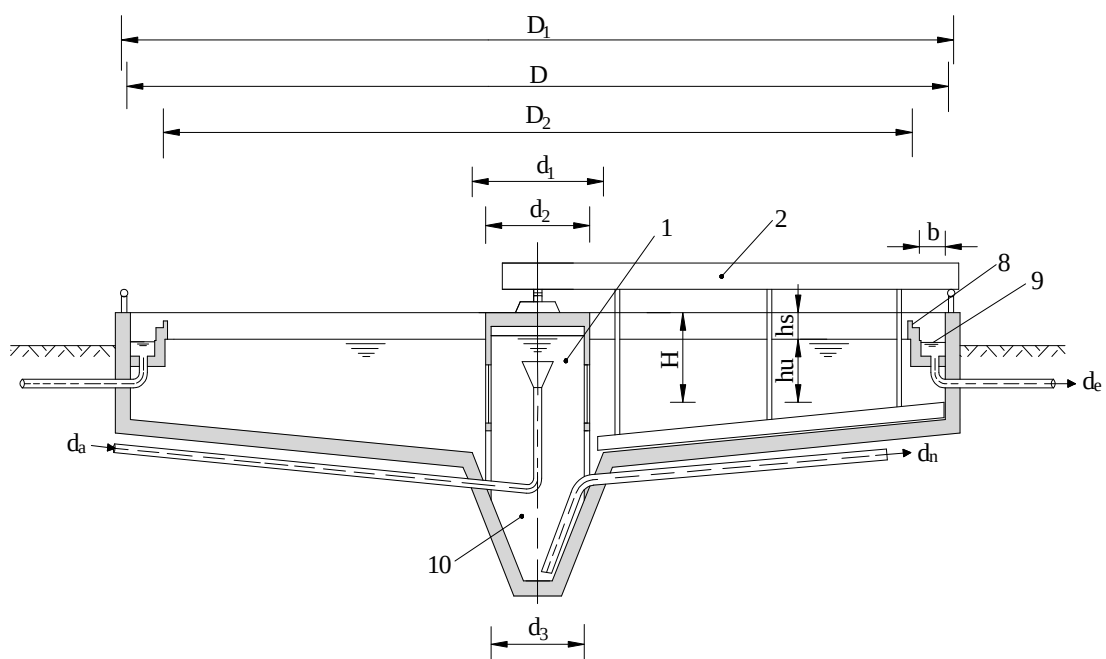


Figura 8.13. Secțiuni transversale prin decantorul secundar orizontal radial.

1-camara de admisie și distribuție apă; 2-pod raclor; 3-jgheab colector inelar fix; 4-jgheab colector mobil; 5-instalație de sifonare a nămolului; 6-guri de aspirație; 7-conducte verticale de aspirație; 8-deversor; 9-rigolă pentru colectarea apei decantate; 10-pâlnie pentru colectarea nămolului; d_a -conductă admisie influent; d_e - conductă evacuare efluent; d_n – conductă evacuare nămol.

Tabel 8.26. Dimensiuni caracteristice decantoarelor secundare radiale.

Nr. crt.	Q (l/s)	D (m)	D ₁ (m)	D ₂ (m)	A ₀ * (m ²)	d ₁ (m)	d ₂ (m)	d ₃ (m)	h _s (m)	h _u (m)	h _d (m)	H (m)	b (m)	V _u ** (m ³)	d _a (mm)	d _e (mm)	d _n (mm)
0	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	60 – 95	16	16,14	14,7	165	3,0	2,6	3,0	0,3	2,5	0,43	2,90	0,50	413	250–350	200–300	150–200
2	115 – 185	20	20,14	18,5	264	3,0	2,6	3,0	0,3	2,5	0,57	2,90	0,60	660	300–400	250–350	200–250
3	195 – 290	25	25,14	23,5	423	4,0	3,6	4,0	0,4	2,5	0,70	2,90	0,60	1.058	350–500	300–400	200–300
4	300 – 463	30	30,14	28,1	616	2,3	–	–	0,4	3,0	–	3,40	0,80	1.848	500–700	400–600	250–350
5	405 – 690	35	35,14	33,1	856	2,3	–	–	0,4	3,0	–	3,40	0,80	2.568	600–800	400–600	300–400
6	700 – 950	40	40,14	37,7	1.109	3,0	–	–	0,4	3,5	–	3,90	1,00	3.882	700–1.000	500–700	350–500
7	1.000 – 1.700	45	45,14	42,7	1.424	3,0	–	–	0,4	3,5	–	3,90	1,00	4.984	700–1.000	600–800	350–500
8	1.800 – 2.200	50	50,14	47,7	1.779	3,0	–	–	0,4	3,5	–	3,90	1,00	6.227	1.000–1.200	700–1.000	500–700

*A₀=0,785(D₂²–d₁²) – aria orizontală utilă a unui compartiment de decantare, (m²);

**V_u=A₀*h_u – volumul util de decantare, (m³);

Notă: Notățiile din tabelul 8.26 corespund celor din figura 8.13.

De podul raclor este prins, un braț metalic prevăzut cu o lamă racloare de suprafață care împinge nămolul plutitor, grăsimile și spuma de la suprafața apei spre periferie, către un cămin sau alt dispozitiv de colectare a acestora.

Rigola de colectare a apei decantate poate fi cu deversare pe o singură parte sau cu deversare pe două părți; poate fi așezată perimetral în afara sau în interiorul suprafeței de decantare, sau numai în interiorul acesteia la $0,50 \div 0,80$ m de perete.

În cazul rigolelor perimetrale, pe partea pe care se va face deversarea se vor prevedea deversoare metalice cu dinți triunghiulari, reglabile pe verticală. În fața acestor deversoare, la cca. $30 \div 50$ cm distanță se prevede un ecran semiscufundat, de formă circulară în plan, a cărui muchie inferioară este la minim $25 \div 30$ cm sub nivelul apei, în vederea evitării antrenării odată cu efluentul a spumei sau nămolului plutitor.

În cel de-al doilea caz, peretele rigolei dinspre centrul bazinului are coronamentul deasupra nivelului apei, el servind drept perete obstacol pentru spuma și grăsimile de la suprafața apei. Apa decantată trece pe sub rigolă și deversează peste peretele circular al rigolei dinspre peretele exterior al decantorului, prevăzut și el cu plăcuțe metalice cu dinți triunghiulari reglabili pe verticală. Acest tip de rigolă permite, ca subvariantă, posibilitatea ca deversarea să se facă pe ambele părți ale acesteia, caz în care, în fața peretelui rigolei situat spre centrul decantorului se va prevedea un ecran semiscufundat pentru evitarea antrenării spumei sau a nămolului plutitor în efluentul epurat.

Colectarea în rigolă a apei limpezite se face prin deversare neînecată, prin conductă submersată cu orificii (fante), care prezintă multiple avantaje (se elimină influența vântului precum și evacuarea odată cu apa decantată a grăsimilor și plutitorilor, se obține uniformitate în colectarea apei decantate dacă se asigură curgerea cu nivel liber prin conducta perforată).

În scopul evitării antrenării spumei sau a nămolului plutitor odată cu efluentul epurat, se recomandă ca debitul specific deversat ("încărcarea hidraulică specifică a deversorului") să nu depășească $10,0 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}$ (la Q_v) pentru rigolele cu evacuare pe o singură parte și $6,0 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}$ pentru rigolele cu evacuare pe două părți.

În cazul depășirii valorilor limită pentru debitul specific de deversare, există posibilitatea prevederii mai multor rigole în interiorul suprafeței decantorului, distanța dintre rigole și peretele decantorului trebuind să fie aproximativ aceiași cu adâncimea decantorului. Aceste rigole inelare

pot fi legate între ele prin rigole radiale care, permit la rândul lor reducerea debitului specific deversat.

Radierul decantorului poate fi prevăzut cu o pantă de $6 \div 8 \%$ spre centru, iar radierul pâlniei de nămol cu o pantă de minim $1,7 : 1$, în cazul decantoarelor radiale cu colectarea nămolului cu lame racloare, sau poate fi prevăzut cu radier cu pantă zero în cazul colectării nămolului cu poduri racloare cu sifonare.

Diametrul decantoarelor radiale este cuprins între 15 și 50 m (în cazuri justificate tehnico-economic, se pot adopta și diametre de 60 m), iar adâncimea utilă h_u între 2,2 și 4,6 m.

Viteza periferică a podului raclor variază între 10 și 60 mm/s, realizând $1 \div 3$ rotații complete pe oră.

Evacuarea nămolului se poate face continuu, prin conducte cu Dn 200 mm sau mai mari, cu condiția ca viteza nămolului să fie cel puțin 0,7 m/s .

8.3.3.1 Parametrii de dimensionare

- Debitele de dimensionare și verificare: cf. tab. 8.24;
- Volumul util necesar de decantare:

$$V_u = Q_c \cdot t_c \quad (\text{m}^3) \quad (8.122)$$

$$V_u = Q_v \cdot t_v \quad (\text{m}^3) \quad (8.123)$$

unde: Q_c, Q_v, t_c, t_v – definiți în tab. 8.24 § 8.3.2;

Se adoptă valoarea maximă dintre (8.122) și (8.123).

- Secțiunea orizontală necesară:

$$A_o = \frac{Q_c}{u_{sc}} \quad (\text{m}^2) \quad (8.124)$$

unde: Q_c, u_{sc} – definite în tab. 8.24 § 8.3.2;

- Adâncimea utilă a spațiului de decantare:

$$h_u = u_{sc} \cdot t_c \quad (\text{m}) \quad (8.125)$$

Cu aceste elemente se intră în tabelul 8.25 și se stabilesc dimensiunile geometrice: D, d_3 , A_o , h_u , b și V_u , precum și numărul de unități de decantare.; se verifică apoi dacă sunt respectate condițiile (8.126) și (8.127):

$$\text{– Pentru } D = 16 \dots 30 \text{ m: } 10 \leq \frac{D}{h_u} \leq 15 \quad (8.126)$$

$$\text{– Pentru } D = 30 \dots 50 \text{ m: } 15 \leq \frac{D}{h_u} \leq 20 \quad (8.127)$$

Debitul specific deversat pe conturul rigolei de colectare a apei limpezite trebuie să verifice relațiile (8.128) și (8.129), la debitul de verificare:

$$- \text{ Pentru rigole cu evacuare pe o parte: } q_d = \frac{Q_v}{n \cdot \pi \cdot D_r} \leq 10 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (8.128)$$

$$- \text{ Pentru rigole cu evacuare pe 2 părți: } q_d = \frac{Q_v}{n \cdot \pi \cdot D_r} \leq 6 \quad (\text{m}^3/\text{h}, \text{m}) \quad (8.129)$$

unde:

Q_v – definit în tabelul 8.25;

n – numărul de compartimente de decantare;

D_r – diametrul aferent peretelui deversor al rigolei, (m);

Dimensiunile rigolei de colectare a apei limpezite se stabilesc pentru debitul de verificare **Q_v** punând condiția ca în secțiunea cea mai solicitată viteza minimă să fie de 0,7 m/s .

În cazul decantoarelor radiale cu diametrul mai mare de 50 m, se vor lua măsuri specifice pentru combaterea tendinței de creștere a turbulenței din cauza vântului.

Adâncimea decantorului la perete (**H_p**) și la centru (**H_c**):

$$H_p = h_s + h_u \quad (\text{m}) \quad (8.130)$$

$$H_c = h_s + h_u + h_p + h_n \quad (\text{m}) \quad (8.131)$$

unde:

h_s – înălțimea de siguranță (0,3÷1,0) m;

h_u – adâncimea utilă a apei în spațiul de decantare, (m);

h_p – diferența de înălțime datorită pantei, (m) – dacă este cazul;

h_n – înălțimea pâlniei de nămol (2 ... 3 m) – dacă este cazul.

9. Proiectarea obiectelor tehnologice din treapta de tratare a nămolurilor

9.1 Clasificarea nămolurilor provenite din stațiile de epurare

Nămolurile se clasifică:

a) După treapta de epurare din care provin:

- Nămoluri primare (rezultate din treapta de epurare mecanică);
- Nămoluri secundare (rezultate din treapta de epurare biologică);
- Nămoluri stabilizate anaerob (rezultate din rezervoarele de fermentare a nămolurilor) sau aerob (rezultate din stabilizarea aerobă a nămolurilor);

b) După caracterul apelor uzate:

- Nămoluri provenite din epurarea apelor uzate menajere;
- Nămoluri provenite din epurarea apelor uzate industriale;

c) După compoziția chimică:

- Nămoluri minerale (conțin > 50% substanțe minerale);
- Nămoluri organice (conțin > 50% substanțe volatile);

d) După valorile rezistenței specifice la filtrare (r):

- Nămoluri greu filtrabile (nămoluri urbane brute și nămoluri fermentate):
 $r = 10^{12} \div 10^{13} \text{ (cm/g)}$
- Nămoluri cu filtrabilitate medie (nămoluri industriale):
 $r = 10^{10} \div 10^{12} \text{ (cm/g)}$
- Nămoluri ușor filtrabile (nămoluri urbane condiționate chimic, nămoluri minerale):
 $r \leq 10^{10} \text{ (cm/g)}$

e) După valoarea coeficientului de compresibilitate (s):

- Nămoluri cu $s = 0,6 - 0,9$: nămoluri urbane brute și fermentate, nămoluri industriale;
- Nămoluri cu $s > 1$: nămoluri industriale;
- Nămoluri incompresibile cu $s = 0$; rezistența specifică la filtrare este independentă de presiune;

9.2 Cantități specifice de nămol

Cantitățile de nămol ce rezultă din epurarea apelor uzate depind de calitatea apelor uzate și de tehnologia de epurare adoptată.

Cantitățile specifice de nămol reținute în stațiile de epurare sunt prezentate în tabelul 9.1.

Tabel 9.1. Cantități specifice de nămol reținute în stațiile de epurare.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Cantități specifice de nămol	
		Substanță uscată din nămol (g/om,zi)	Nămol umed (l/om,zi)
0	1	2	3
1	Nămol proaspăt din decantoarele primare orizontal-longitudinale	25	0,5
2	Nămol proaspăt din decantoarele primare orizontal-radiale	35 – 40	0,7 – 0,8
3	Nămol proaspăt din decantoarele primare verticale	30	0,6
4	Nămol biologic din decantoarele secundare amplasate după filtrele biologice	8	0,2
5	Nămol biologic din decantoarele secundare amplasate după filtrele biologice de mare încărcare cu epurare avansată	20	0,5
6	Nămol în exces din decantoarele secundare amplasate după bazinele de aerare	20 – 32	2,5 – 4
7	Nămol fermentat din decantoarele cu etaj	30	0,3 – 0,6
8	Nămol fermentat din fose septice	30 – 33	0,3 – 0,33

În tabelul 9.2 sunt prezentate valori caracteristice privind cantitățile de substanță uscată din nămolurile biologice și nămolul în exces pentru diferite scheme de epurare.

Tabel 9.2. Încărcări specifice cu substanță uscată.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Încărcarea specifică cu substanță uscată (kg s.u./ 10 ³ m ³ apă uzată)	
		Domeniul de variație	Valoare caracteristică
0	1	2	3
1	Nămol primar	110 – 170	150
2	Nămol în exces de la BNA	70 – 100	80
3	Nămol biologic de la filtrele biologice	60 – 100	70
4	Nămol în exces, în schemele cu aerare prelungită	80 – 120	100 ^{a)}
5	Nămol primar rezultat în urma precipitării chimice a fosforului	420 – 850	550 ^{b)}
6	Nămol rezultat din procedeele de epurare cu nitrificare – denitrificare	12 – 30	18 ^{c)}

- a) Valoarea este valabilă presupunând lipsa treptei primare de epurare;
- b) Se referă la însumarea cantității de nămol rezultată în urma precipitării chimice cu cea rezultată din sedimentarea normală;
- c) Încărcarea specifică cu substanță organică provenită din nitrificare are valori neglijabile;

9.3 Caracteristicile nămolurilor

9.3.1 Caracteristici fizice

9.3.1.1 Umiditatea

Umiditatea reprezintă conținutul de apă din nămol, exprimat procentual și care se determină cu relația:

$$w_n = \frac{G_a}{G_n} \cdot 100 \text{ (\%)} \quad (9.1)$$

unde:

G_a – greutatea apei din nămol, (kgf);

G_n – greutatea nămolului, (kgf);

9.3.1.2 Materiile solide

Materiile solide din nămol cuprind:

- materii solide minerale;
- materii organice volatile;

Greutatea specifică a materiilor solide din componența nămolului se determină cu relația:

$$\frac{G_s}{\gamma_s} = \frac{G_m}{\gamma_m} + \frac{G_o}{\gamma_o} \quad (9.2)$$

unde:

G_s – greutatea materiilor solide, (kgf);

G_m – greutatea materiilor solide de natură minerală, (kgf);

G_o – greutatea materiilor solide de natură organică, (kgf);

γ_s – greutatea specifică a materiilor solide, (kgf/m³);

γ_m – greutatea specifică a materiilor solide de natură minerală, (kgf/m³);

γ_o – greutatea specifică a materiilor solide de natură organică, (kgf/m³);

9.3.1.3 Greutatea specifică

Greutatea specifică a nămolului reprezintă greutatea unității de volum și are diferite valori, prezentate în tabelul 9.3.

Tabel 9.3. Greutăți specifice ale nămolurilor.

Nr. Crt.	Tipul de nămol	Greutatea specifică (kgf/ m ³)
0	1	2
1	Nămol primar	1.020
2	Nămol în exces de la bazinele de aerare	1.005
3	Nămol biologic rezultat de la filtre biologice	1.025
4	Nămol în exces de la bazinele de aerare în schema cu aerare prelungită	1.015
5	Nămol primar rezultat în urma precipitării chimice a fosforului	1.050
6	Nămol biologic din schemele de epurare cu nitrificare – denitrificare	1.005

9.3.1.4 Culoarea și mirosul

Culoarea și mirosul nămolurilor variază în funcție de proveniența lor:

- nămolul brut este cenușiu și prezintă un miros neplăcut;
- nămolul fermentat devine brun și cu aspect granular;
- nămolul provenit din epurarea mecano – chimică prezintă colorație în funcție de coagulantul utilizat.

9.3.1.5 Filtrabilitatea

Filtrabilitatea nămolului reprezintă proprietatea acestuia de a ceda apa prin filtrare și se exprimă prin 2 parametri: rezistența specifică la filtrare (r) și coeficientul de compresibilitate(s).

Rezistența specifică la filtrare – rezistența pe care o opune la filtrare o turtă de nămol depusă pe o suprafață filtrantă de 1 m² și care conține 1 kg s.u., supusă la o diferență de presiune de 0,5 bar. Legea generală a procesului de filtrare pe o suprafață S, a fost exprimată de Cârman:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\eta \cdot r \cdot C \cdot V} \quad (9.3)$$

unde:

r – rezistența specifică la filtrare, (m/kg);

t – timpul de filtrare, (s);

V – volumul de filtrat obținut după timpul de filtrare, t, (m³);

η – coeficientul dinamic de vâscozitate a filtrului, la temperatura probei, (g/cm,s);

C – concentrația în materii în suspensie a nămolului, (kg/m³);

S – suprafața filtrantă, (m²);

ΔP – diferența de presiune aplicată probei de nămol, (Pa).

Integrând relația (9.3) pentru ΔP = ct. și a = tg α, rezultă:

$$\frac{t}{V} = \frac{\eta \cdot r \cdot C}{2 \cdot \Delta P \cdot S^2} \cdot V = a \cdot V \quad (9.4)$$

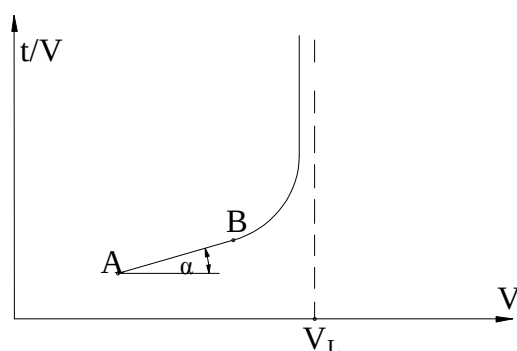


Figura 9.1. Graficul de variație a parametrului "a" funcție de volumul de filtrat.

Coeficientul de compresibilitate (s) se determină cu relația (9.5), care pune în evidență faptul că, odată cu creșterea presiunii se produce o micșorare a porilor turtei de nămol, care conduce la creșterea rezistenței specifice de filtrare.

$$r = r_0 \cdot P^s \quad (9.5)$$

unde:

r – definit anterior;

r₀ – rezistența specifică la filtrare a turtei de nămol pentru P = 1, (m/kg);

s – coeficient de compresibilitate;

P – presiunea aplicată probei de nămol, (Pa);

În funcție de valoarea coeficientului de compresibilitate, nămolurile se clasifică în:

- nămoluri cu coeficient de compresibilitate subunitar de 0,6 – 0,9, adică nămoluri orășenești, brute și fermentate, precum și unele nămoluri industriale;
- nămoluri cu coeficient de compresibilitate supraunitar, specifice unor nămoluri industriale;
- nămoluri incompresibile – sunt acelea pentru care: s = 0 și r = r₀, ceea ce înseamnă că rezistența specifică la filtrare este independentă de presiune.

9.3.1.6 Puterea calorică

Puterea calorică a nămolului variază în funcție de conținutul în substanță organică (substanțe volatile) din nămol și se poate determina orientativ cu relația:

$$PC_n = SV \cdot 44,4 \quad (\text{kJ/kg nămol}) \quad (9.6)$$

unde:

SV – conținutul în substanțe volatile al nămolului, (kg s.o./ kg nămol);

44,4 – puterea calorică pentru 1kg de substanță organică (kJ/kg s.o);

9.3.2 Caracteristici chimice

9.3.2.1 pH – ul

Se condiționează funcționarea optimă a diferitelor procese de asigurare a unui pH adecvat. Se impune monitorizarea permanentă a pH-ului, în special la procesele de fermentare a nămolului provenit din apele uzate urbane contaminate cu ape uzate industriale.

În cazul fermentării metanice, pH-ul trebuie să se încadreze în intervalul 7 – 7,5; procesul de fermentare este dereglat atunci când pH-ul crește peste 8,5.

9.3.2.2 Fermentabilitatea

Reprezintă parametrul care indică cantitatea și compoziția gazului, acizilor volatili precum și valoarea pH-ului, înregistrate în urma analizei fermentării unei probe de nămol proaspăt amestecat cu nămol bine fermentat.

Producția de biogaz rezultat (q_{bg}) în urma fermentării anaerobe a substanțelor organice:

- pentru hidrocarbonați: $q_{bg} = 0,79 \text{ Nm}^3 \text{ biogaz/ kg s.o. redusă (50\% CH}_4\text{; 50 \% CO}_2\text{)}$;
- pentru grăsimi: $q_{bg} = 1,25 \text{ Nm}^3 \text{ biogaz/ kg s.o. redusă (68\% CH}_4\text{; 32 \% CO}_2\text{)}$;
- pentru proteine: $q_{bg} = 0,7 \text{ Nm}^3 \text{ biogaz/ kg s.o. redusă (71\% CH}_4\text{; 29 \% CO}_2\text{)}$;

Acizii organici reprezintă un indicator important al fermentării; concentrațiile optime trebuie să se încadreze în intervalul 300 – 2.000 mg/l ca acid acetic; la valori mai mari (> 2000 mg/l) există riscul ca fermentarea metanică să înceteze devenind predominantă fermentarea acidă.

9.3.2.3 Metalele grele

Compușii chimici pe bază de Cu, As, Pb, Hg prezintă un grad ridicat de toxicitate și limitează utilizarea nămolului ca îngrășământ pentru diferite culturi agricole; nămolul provenit din epurarea apelor menajere are un conținut redus de metale grele.

Tabel 9.4. Valori caracteristice ale concentrațiilor de metale grele întâlnite în nămoluri.

Nr. Crt.	Metal	Concentrație medie (mg/ kg s.u din nămol)
0	1	2
1	Arsenic	10
2	Cadmiu	10
3	Crom	500
4	Cobalt	30
5	Cupru	800
6	Fier	17.000
7	Plumb	500
8	Mangan	260
9	Mercur	6
10	Molibden	4
11	Nichel	80
12	Seleniu	5
13	Staniu	14
14	Zinc	1.700

9.3.2.4 Nutrienții

Reprezintă factori importanți pentru valorificarea nămolurilor în scop agricol sau de condiționare a solului. Conținutul de azot, fosfor și potasiu (tabel 10.5) poate asigura condiții bune de dezvoltare a culturilor agricole, substituind uneori parțial îngrășămintele chimice.

9.3.3 Caracteristici biologice și bacteriologice

Nămolurile proaspete reținute în stațiile de epurare prezintă caracteristici biologice și bacteriologice similare cu cele ale apelor uzate supuse epurării. Aceste nămoluri pot conține microorganisme patogene.

Tabel 9.5. Compoziția chimică și biologică a nămolurilor.

Nr. crt.	Indicatorul de calitate	U.M.	Nămol primar brut	Nămol primar fermentat	Nămol activat brut
0	1	2	3	4	5
1	Materii solide totale (MST)	%	5 – 9	2 – 5	0,6 – 1,2
2	Materii solide volatile	% din MST	60 – 80	30 – 60	59 – 88
3	Grăsimi animale și vegetale: -solubile cu eter -extractibile în eter	% din MST	6 – 30 7 – 35	5 – 50 –	– 5 – 12
4	Proteine	% din MST	20 – 30	15 – 20	32 – 41
5	Azot	% din MST	1,5 – 4	1,6 – 3	2,4 – 5
6	Fosfor	% din MST	0,8 – 2,8	1,5 – 4	2,8 – 11
7	Potasiu	% din MST	0 – 1	0 – 3	0,5 – 0,7
8	Celuloză	% din MST	8 – 15	8 – 15	–
9	Fier	% din MST	2 – 4	3 – 8	–
10	Siliciu	% din MST	15 – 20	10 – 20	–
11	pH	Unități pH	5 – 8	6,5 – 7,5	6,5 – 8
12	Alcalinitate	mg CaCO ₃ /l	500 – 1.500	2.500 – 3.500	580 – 1.100
13	Acizi organici	mg/l	200 – 2.000	100 – 600	1.100 – 1.700
14	Capacitate energetică	kJ/kg MST	23.000 – 29.000	9.000 – 14.000	19.000 – 23.000

MST = cantitatea de materii solide obținute în urma etuvării unei probe de nămol la temperatura 105 °C.

9.3 Alegerea schemei de prelucrare a nămolurilor

Criteriile care se vor lua în considerație la alegerea schemei filierei de prelucrare a nămolurilor din stația de epurare sunt:

A. Criteriul: calitatea apelor uzate

A1. Criteriul compoziției chimice

Filierele tehnologice care prelucrează:

a) nămol mineral; conținut > 50% substanțe minerale (în S.U.);

b) nămol organic care conține > 50% substanțe organice (în S.U.).

A2. Criteriul treptei de epurare din care provine

După criteriul de epurare a stației de epurare din care provine, nămolurile se pot împărți:

- a) nămol primar rezultat din sedimentarea materiilor în suspensie în treapta de epurare mecanică;
- b) nămol secundar rezultat din sedimentarea materiilor în suspensie din nămolul activ format în bazinele de aerare sau din sedimentarea materiilor în suspensie din pelicula formată în filtrele biologice (sau biodiscuri) în decantorul secundar;
- c) nămolul fermentat rezultat din rezervoarele de fermentare;
- d) nămol stabilizat rezultat din procesele de stabilizare aerobă.

A3. Criteriul provenienței apei uzate

După criteriul tipului de apă uzată din care provin, nămolurile se pot împărți în:

- a) nămoluri rezultate din epurarea apelor uzate orășenești;
- b) nămoluri rezultate din epurarea apelor uzate industriale;
- c) nămoluri rezultate din epurarea apelor uzate de la unități agro-zoo-tehnice;
- d) nămol din treapta de epurare avansată.

În cadrul gospodăriei de nămol din stațiile de epurare pot exista:

- a) nămolul brut (neprelucrat) rezultat din obiectele stației;
- b) nămolul stabilizat (aerob sau anaerob);
- c) nămolul deshidratat (natural sau artificial);
- d) nămolul igienizat (prin pasteurizare, tratare chimică sau compostare);
- e) nămolul fixat (rezultat prin solidificare);
- f) materie inertă (cenușă) rezultată prin incinerare.

B. Criteriul: impact asupra mediului

Alegerea filierei tehnologice pentru prelucrarea nămolului va avea la bază:

- cantități minime de nămol (substanță uscată) ieșite din stația de epurare;
- respectarea condițiilor de mediu privind emisiile de gaze, mirosuri; acestea trebuie să se încadreze în normativele în vigoare (tabelul 9.6);
- utilizarea nămolurilor produse în stația de epurare în mediul exterior stației de epurare: utilizare în agricultură, valorificare industrială, depuse sau utilizate conform cu strategia Națională privind valorificarea acestora.

Tabel 9.6. Directiva Europeană – incinerarea.

Directiva Europeană din 28 Decembrie 2000				
Parametru (indicator)*		Media/ 1 zi	Media/ ½ oră	
			100%	97%
Pulberi totale	mg · m ⁻³	10	30	10
COT	mg · m ⁻³	10	20	10
HCl	mg · m ⁻³	10	60	10
SO ₂	mg · m ⁻³	50	200	50
NO și NO ₂ exprimat ca NO ₂	mg · m ⁻³	200	400	200
Stații existente < 6 T · h ⁻¹		400		
Dioxine și furani	mg · m ⁻³	0,1		
Pb + Cr + Cu + Mn	mg · m ⁻³			
(Sb + As + Pb + Cr + Cu + Mn + Ni + V + Sn + Se + Te)	mg · m ⁻³	0,5 (8h)		
Sb + As + Pb + Cr + Cu + Mn + Ni + V	mg · m ⁻³		1	
Ni + As	mg · m ⁻³			
Cd + Hg	mg · m ⁻³			
Hg	mg · m ⁻³	0,05	1	
CO	mg · m ⁻³			
90 % măsurători/ 24 ore	mg · m ⁻³			
1 h	mg · m ⁻³			
95% din măsurători	mg · m ⁻³	50	100	
Mediu/10 minute		150		150

* Temperatură normală și condiții de funcționare sub presiune cu un conținut de 11% O₂ la gaz uscat.

C. Criteriul tehnico – economic

Prin analize de opțiuni proiectantul va adopta filiera tehnologică de prelucrare a nămolurilor care asigură:

- costuri unitare (lei/t S.U.) și consumuri energetice (kWh/t S.U.) minime;
- efectele cele mai reduse asupra mediului; volume (costuri) minime de substanță, impact nesemnificativ;
- cele mai bune soluții de valorificare fără efecte adverse.

9.4.1 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare – egalizare și fermentare anaerobă într-o singură treaptă

Schema de tratarea a nămolului prezentată în figura 9.2 cuprinde:

- amestecul nămolului primar (N_p) cu cel în exces (N_e) într-un bazin de omogenizare – egalizare (BOE);
- concentrarea amestecului (îngroșarea) într-un concentrator de nămol (CN) ce realizează reducerea umidității amestecului de nămoluri;

- stabilizarea anaerobă a nămolului concentrat în rezervoare de fermentare a nămolului (RFN) reduce conținutul de substanțe organice până la 60 – 80 % din nămolul concentrat; fermentarea anaerobă se realizează într-o treaptă fără evacuare de supernatant fapt ce conduce la creșterea nămolului efluent; fermentarea anaerobă produce biogaz stocat în rezervorul de gaz (RG) pentru valorificarea ulterioară;
- după RFN nămolul este stocat într-un bazin tampon (BT) necesar asigurării funcționării procesului de deshidratare mecanică (DM) la un debit constant; BT poate lipsi dacă deshidratarea nămolului se face pe platforme de uscare;

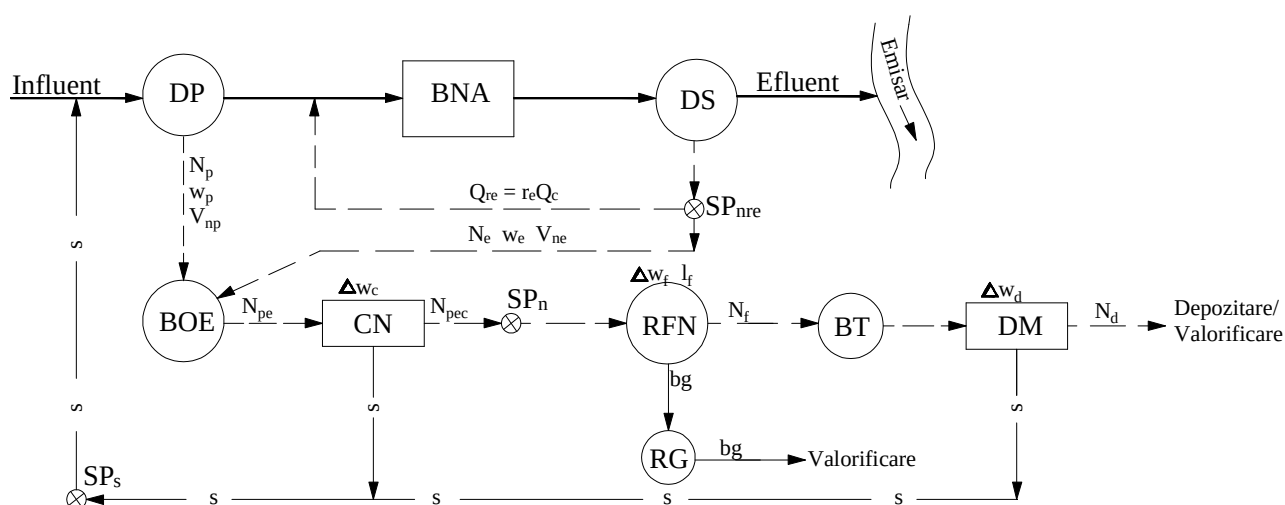


Figura 9.2. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat

DS - decantor secundar

DP - decantor primar

Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces

SP_n - stație pompare nămol

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

BOE – bazin de omogenizare/ egalizare nămol;

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

w_e - umiditatea nămolului în exces

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol prima

N_p - cantitatea de nămol primar

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

V_{ne} - volumul nămolului în exces

N_e - cantitatea de nămol în exces

N_{pe} - cantitatea de nămol primar și în exces

N_{pec} - cantitatea de nămol primar și în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_f - limita tehnică de fermentare

9.4.3 Schema de prelucrare a nămolurilor cu bazin de omogenizare egalizare și fermentare anaerobă în două trepte

Schema din figura 9.4 prezintă o schemă de prelucrare a nămolurilor cu 2 trepte de fermentare anaerobă:

- treapta primară (RFN 1) realizează reducerea substanțelor organice prin procedee de fermentație anaerobă fără eliminare de supernatant și cu producere de biogaz, cu o creștere a nămolului efluent;
- treapta secundară (RFN 2) realizează o concentrare a nămolului, reduce umiditatea și evacuează supernatantul;

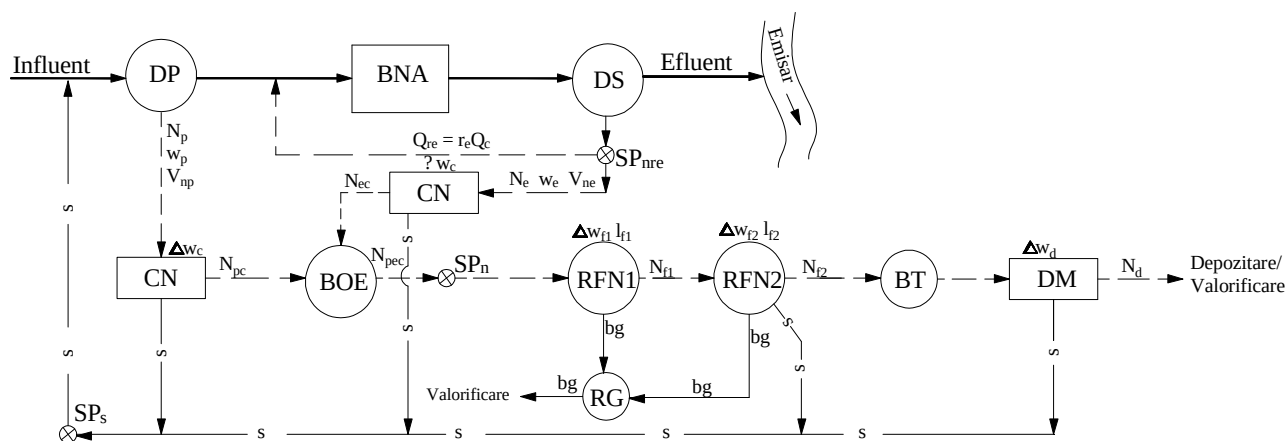


Figura 9.4. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat
DS - decantor secundar
DP - decantor primar
 Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces
SP_n - stație pompare nămol
RFN1 - rezervor de fermentare nămol (treapta 1)
RFN2 - rezervor de fermentare nămol (treapta 2)
BT - bazin tampon
DM - deshidratare mecanică
CN - concentrator de nămol
BOE - bazin de omogenizare/egalizare nămol;

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar
 w_e - umiditatea nămolului în exces
 Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare
 Δw_{f1} , Δw_{f2} - creșterea/reducerea de umiditate prin fermentare
 Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar
 N_p - cantitatea de nămol primar
 N_{f1} , N_{f2} - cantități de nămol fermentat
 N_d - cantitatea de nămol deshidratat
 V_{ne} - volumul nămolului în exces
 N_e - cantitatea de nămol în exces
 N_{pe} - cantitatea de nămol primar și în exces
 N_{pec} - cantitatea de nămol primar și în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz
bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant
SP_s - stație de pompare supernatant
 l_{f1} , l_{f2} - limite tehnice de fermentare

9.4.4 Schema de prelucrare a nămolurilor din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și fermentare anaerobă într-o singură treaptă

Schema din figura 9.5 se aplică în cazul stațiilor de epurare prevăzute doar cu treaptă mecanică. În acest caz treapta de prelucrare a nămolurilor cuprinde doar tratarea nămolului primar.

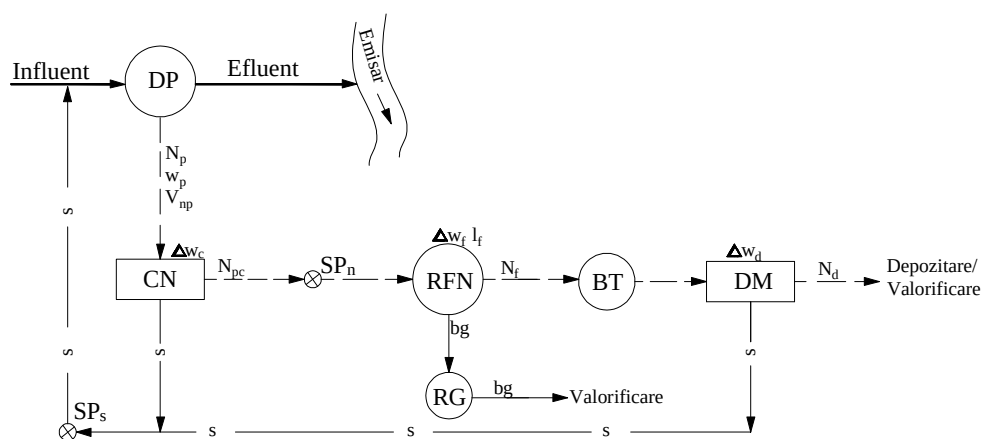


Figura 9.5. Schema de prelucrare a nămolului.

Linia apei

DP - decantor primar

Linia nămolului

SP_n - stație pompare nămol

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar

N_p - cantitatea de nămol primar

N_{pc} - cantitatea de nămol primar după concentrare

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_f - limita tehnică de fermentare

9.4.5 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stațiile de epurare cu treaptă mecanică și stabilizare aerobă

Schema de tratare a nămolurilor prezentată în figura 9.6 este similară cu cea prezentată în fig. 9.5 § 9.4.4 cu deosebirea că stabilizarea se face aerob fără eliminare de supernatant și cu necesitatea asigurării unei surse de aer necesar proceselor biologice.

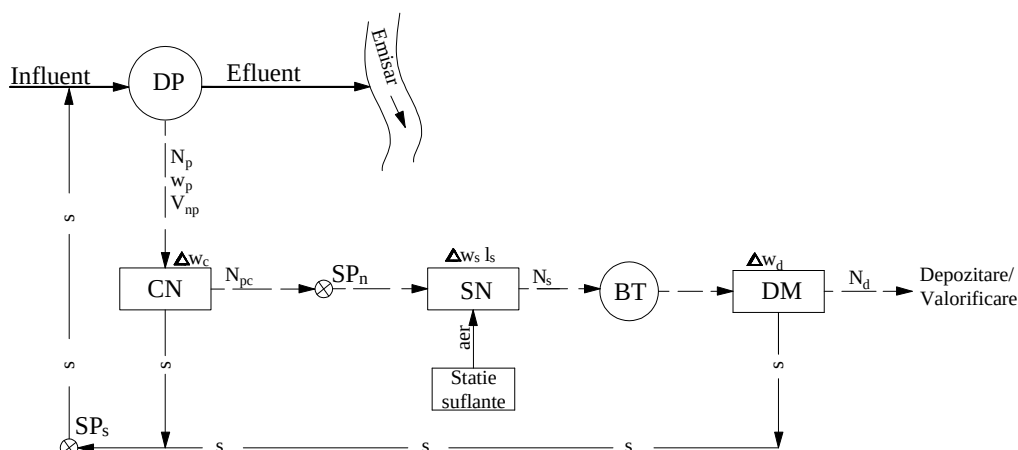


Figura 9.6. Schemă de prelucrare a nămolurilor.

Linia apei

DP - decantor primar

Linia nămolului

SP_n - stație pompare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

SN - stabilizator nămol

Umiditate nămol

w_p - umiditatea nămolului primar

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Δw_s - creșterea de umiditate prin stabilizare

Cantități nămol

V_{np} - volumul de nămol primar

N_p - cantitatea de nămol primar

N_{pc} - cantitatea de nămol primar după concentrare

N_s - cantitatea de nămol stabilizat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_s - limita tehnică de stabilizare

9.4.6 Schema de prelucrare a nămolurilor provenite din stații de epurare fără decantor primar

Schema prezentată în figura 9.7 se aplică atunci când concentrațiile în substanțe organice biodegradabile (CBO_5) sunt reduse iar prevederea decantorului primar în schema de epurare nu este justificată din punct de vedere tehnologic. Nămolul în exces provenit din treapta de epurare biologică va trebui stabilizat (aerob sau anaerob).

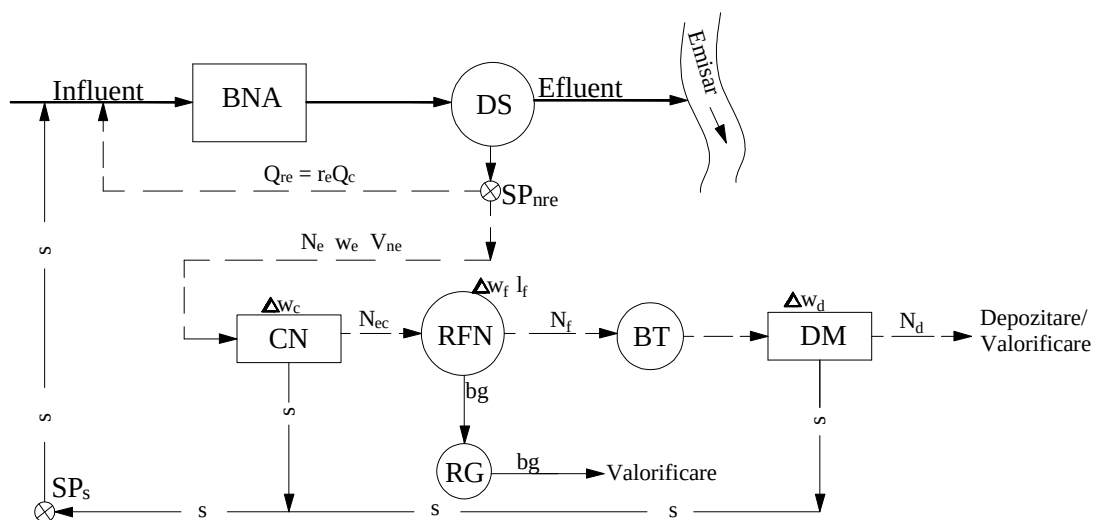


Figura 9.7. Schemă de prelucrare a nămolurilor.

Linia apei

BNA - bazin cu nămol activat

DS - decantor secundar

Q_{re} - debit de recirculare nămol

Linia nămolului

SP_{nre} - stație de pompare nămol de recirculare și în exces

RFN - rezervor de fermentare nămol

BT - bazin tampon

DM - deshidratare mecanică

CN - concentrator de nămol

Umiditate nămol

w_e - umiditatea nămolului în exces

Δw_c - reducerea de umiditate prin concentrare

Δw_f - creșterea de umiditate prin fermentare

Δw_d - reducerea de umiditate prin deshidratare

Cantități nămol

N_f - cantitatea de nămol fermentat

N_d - cantitatea de nămol deshidratat

V_{ne} - volumul nămolului în exces

N_e - cantitatea de nămol în exces

N_{ec} - cantitatea de nămol în exces după concentrare

Biogaz

RG - rezervor de gaz

bg - biogaz

Supernatant

s - supernatant

SP_s - stație de pompare supernatant

l_f - limita tehnică de fermentare

9.4.7 Bilanțul de substanță pe linia nămolului

Pentru fiecare obiect din filiera tehnologică de prelucrare a nămolului se va realiza bilanțul de substanță.

9.4.7.1 Bazinul de amestec și omogenizare

Are rolul să amestece și să omogenizeze diverse tipuri de nămoluri ce rezultă din procesele de epurare pentru a obține un amestec uniform. În aceste bazine se realizează o egalizare a debitelor de nămol în vederea asigurării unui debit constant pentru procesele de prelucrare din aval.

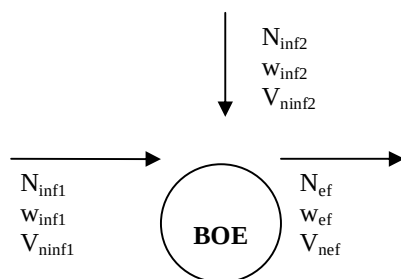


Figura 9.8. Schema unui bazin de omogenizare – egalizare (BOE).

Cantități nămol:

N_{inf1} , N_{inf2} – cantități de nămol influente
 N_{ef} – cantitatea de nămol efluent
 V_{ninf1} , V_{ninf2} – volume de nămol influente
 V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf1} , w_{inf2} – umidități nămol influent
 w_{ef} – umiditatea nămolului efluent

- 1) Cantitatea de nămol efluentă (exprimată în substanță uscată) constituie suma celor două cantități de nămol influente:

$$N_{ef} = N_{inf1} + N_{inf2} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.6)$$

unde:

N_{ef} – cantitatea de nămol efluentă, (kg s.u./zi);

N_{inf1} , N_{inf2} – cantitățile de nămol influente, (kg s.u./zi);

- 2) Volumele de nămol influente în bazinul de omogenizare – egalizare :

$$V_{ninf1} = \frac{N_{inf1}}{\gamma_{ninf1}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf1})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.7)$$

$$V_{ninf2} = \frac{N_{inf2}}{\gamma_{ninf2}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf2})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.8)$$

unde:

V_{ninf1}, V_{ninf2} – volumele zilnice de nămol influente, (m³/zi);

N_{inf1}, N_{inf2} – cantitățile de nămol influente, (kg s.u./zi);

w_{inf1}, w_{inf2} – umiditățile nămolurilor influente, (%);

$\gamma_{ninf1}, \gamma_{ninf2}$ – greutatea specifică ale nămolurilor influente, (kgf/ m³);

3) Umiditatea nămolului efluent:

$$w_{ef} = \frac{(V_{ninf1} \cdot w_{inf1} + V_{ninf2} \cdot w_{inf2})}{(V_{ninf1} + V_{ninf2})} \quad (\%) \quad (9.9)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf1}, w_{inf2} – umiditățile nămolurilor influente, (%);

V_{ninf1}, V_{ninf2} – volumele zilnice de nămol influente, (m³/zi);

4) Volumul nămolului efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (m^3/zi) \quad (9.10)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m³/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m³);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

Notă: Nămolurile influente în bazinul de omogenizare – egalizare poate fi: nămol primar, nămol în exces, nămol biologic.

9.4.7.2 Concentratoare de nămol

Se reduce umiditatea nămolului (volumele de nămol) prin procese fizice de sedimentare, flotație sau centrifugare, cu producere de supernatant. Reducerea volumelor de nămol este necesară în procesele de prelucrare din aval care se vor dimensiona la volume mai mici de nămol.

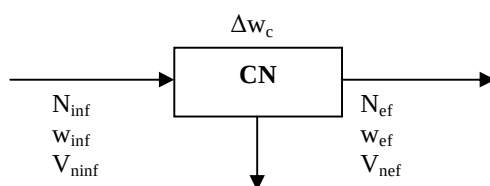


Figura 9.9. Schema unui concentrator de nămol (CN).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă

N_{ef} – cantitatea de nămol efluent

V_{ninf} – volumul de nămol influent

V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent

Δw_c – reducerea de umiditate prin concentrare

- 1) Cantitatea de nămol efluentă:

$$N_{inf} \cong N_{ef} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.11)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent, (kg s.u./zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

- 2) Volumul de nămol influent în concentrator:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.12)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

- 3) Umiditatea nămolului efluent:

$$w_{ef} = w_{inf} - \Delta w_c \quad (\%) \quad (9.13)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_c – reducerea de umiditate prin concentrare, (1 – 5%); reducerea de umiditate poate atinge valori de până la 10 % în cazul condiționării chimice a nămolurilor;

4) Volumul nămolului efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.14)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

5) Volumul de supernatant:

$$V_s = V_{ninf} - V_{nef} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.15)$$

unde: V_{ninf} , V_{nef} – definite anterior;

Notă: Nămolul influent la concentrare poate fi: nămol primar, nămol în exces, nămol primar în amestec cu cel în exces, nămol biologic, nămol primar în amestec cu cel biologic.

9.4.7.3 Fermentarea anaerobă a nămolului într-o singură treaptă

Fermentarea anaerobă (fermentarea) a nămolului într-o singură treaptă realizează reducerea (stabilizarea) substanței organice din nămol în absența oxigenului molecular (condiții anaerobe); de regulă aceasta se utilizează la stabilizarea nămolurilor concentrate ținându-se seama de faptul că în urma concentrării rezultă volume mult mai reduse, deci un necesar de capacitate de stabilizare mai redus.

În urma procesului de fermentare, o parte din substanța organică este transformată în substanță minerală, biogaz și apă. Procentul de substanță organică transformată constituie limita tehnică de fermentare (l_f) a procesului considerată la calculul cantității zilnice de nămol efluent (fermentat), exprimată în substanță uscată. Cum fermentarea anaerobă are loc fără evacuare de supernatant, în urma procesului rezultă o creștere a umidității (Δw_f).

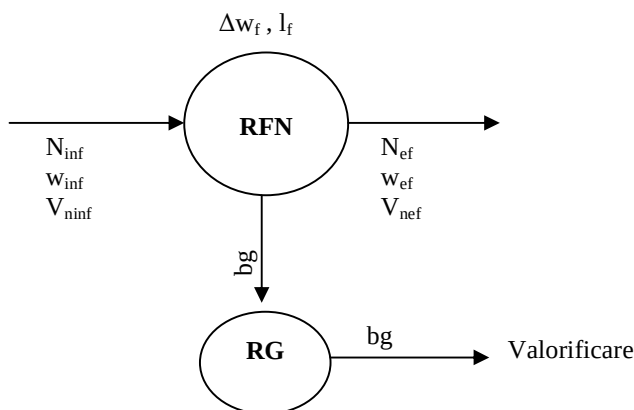


Figura 9.10. Schema unui rezervor de fermentare nămol (RFN) cu rezervor de gaz (RG).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă
 N_{ef} – cantitatea de nămol efluent
 V_{ninf} – volumul de nămol influent
 V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent
 w_{ef} – umiditatea nămolului efluent
 Δw_f – creșterea umidității prin fermentare
 l_f – limita tehnică de fermentare
 bg – biogaz

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} = N_m + N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.16)$$

unde:

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță minerală;

$N_o = \varepsilon \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță organică;

ε – procentul de substanță organică (volatilă) din nămolul influent (60 – 75 %);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.17)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

3) Cantitatea de nămol efluent:

$$N_{ef} = N_m + (1 - l_f) \cdot N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.18)$$

unde:

N_{ef} – cantitatea de nămol efluentă, (kg s.u./zi);

N_m, N_o – definiți anterior;

l_f – limita tehnică de fermentare, (40 – 55 %);

4) Umiditatea nămolului efluent

$$w_{ef} = w_{inf} + \Delta w_f \quad (\%) \quad (9.19)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_f – creșterea de umiditate prin fermentare, (1 – 2%);

5) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.20)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

Notă: Nămolul influent la fermentarea anaerobă poate fi: nămol primar, nămol primar concentrat, nămol în exces concentrat, nămol primar în amestec cu nămol în exces concentrat, nămol biologic concentrat, nămol primar în amestec cu nămol biologic concentrat.

9.4.7.4 Fermentarea anaerobă a nămolului în două trepte

Fermentarea anaerobă în două trepte realizează reducerea substanței organice în prima treaptă, fără eliminare de supernatant și cu producție de biogaz și o concentrare a nămolului în treapta a doua. Mecanismul reducerii substanței organice din treapta I de fermentare este identic cu cel prezentat la § 9.4.7.3; în treapta a II-a, fără amestec și recirculare internă a nămolului, are loc o concentrare gravitațională a nămolului fermentat în prima treaptă cu eliminare de supernatant și producere de biogaz.

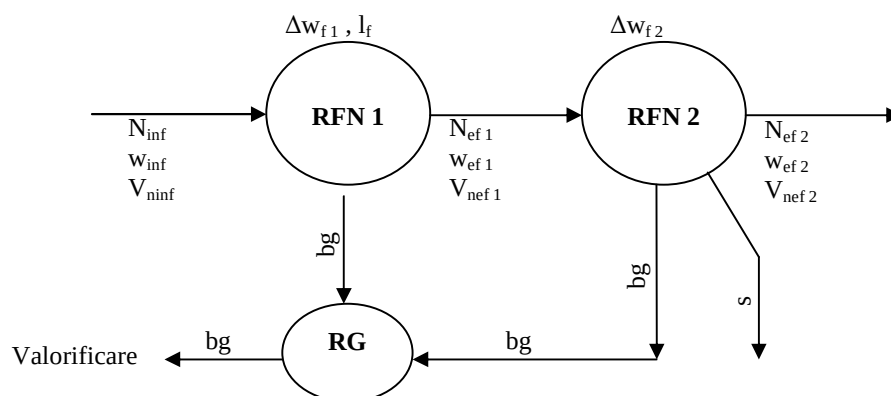


Figura 9.11. Schema unui rezervor de fermentare nămol (RFN) în 2 trepte cu rezervor de gaz (RG).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă

N_{ef1} , N_{ef2} – cantitatea de nămol efluentă din treapta 1/2

V_{ninf} – volumul de nămol influent

V_{nef1} , V_{nef2} – volumul de nămol efluent din treapta 1/2

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent

w_{ef1} , w_{ef2} – umiditatea nămolului efluent din treapta 1/2

Δw_{f1} , Δw_{f2} – creșterea/ reducerea umidității prin fermentare

l_f – limita tehnică de fermentare

bg – biogaz

s – supernatant

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} = N_m + N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.21)$$

unde:

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță minerală;

$N_o = \varepsilon \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță organică;

ε – procentul de substanță organică (volatilă) din nămolul influent (60 – 75 %);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.22)$$

unde:

V_{inf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{inf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

3) Cantitatea de nămol efluentă din prima treaptă de fermentare:

$$N_{ef1} = N_m + (1 - l_f) \cdot N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.23)$$

unde:

N_{ef1} – cantitatea de nămol efluentă din prima treaptă de fermentare, (kg s.u./zi);

N_m, N_o – definiți anterior;

l_f – limita tehnică de fermentare, (40 – 55 %);

4) Umiditatea nămolului efluent din prima treaptă de fermentare:

$$w_{ef1} = w_{inf} + \Delta w_{f1} \quad (\%) \quad (9.24)$$

unde:

w_{ef1} – umiditatea nămolului efluent din prima treaptă de fermentare, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_{f1} – creșterea de umiditate prin fermentare în treapta 1, (1 – 2%);

5) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef1} = \frac{N_{ef1}}{\gamma_{nef1}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef1})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.25)$$

unde:

V_{nef1} – volumul zilnic de nămol efluent din prima treaptă de fermentare, (m^3/zi);

N_{ef1} – cantitatea zilnică de nămol efluent din treapta I de fermentare, (kg s.u./zi);

γ_{nef1} – greutatea specifică a nămolului efluent din treapta 1 de fermentare, (kgf/m^3);

w_{ef1} – umiditatea nămolului efluent din treapta 1 de fermentare, (%);

6) Cantitatea de nămol influentă în treapta secundară de fermentare:

$$N_{ef2} \cong N_{ef1} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.26)$$

unde:

N_{ef1} – cantitatea de nămol efluentă din prima treaptă de fermentare, (kg s.u./zi);

N_{ef2} – cantitatea de nămol efluentă din treapta a doua de fermentare, (kg s.u./zi);

7) Umiditatea nămolului efluent din treapta a doua de fermentare:

$$w_{ef2} = w_{ef1} - \Delta w_{f2} \quad (\%) \quad (9.27)$$

unde:

w_{ef1} – umiditatea nămolului efluent din treapta 1 de fermentare, (%);

w_{ef2} – umiditatea nămolului efluent din a doua treaptă de fermentare, (%);

Δw_{f2} – reducerea umidității din treapta secundară de fermentare, (1 – 2%);

8) Volumul nămolului efluent din treapta a doua de fermentare

$$V_{nef2} = \frac{N_{ef2}}{\gamma_{nef2}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef2})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.28)$$

unde:

V_{nef2} – volumul zilnic de nămol efluent din treapta II de fermentare, (m^3/zi);

N_{ef2} – cantitatea zilnică de nămol efluent din treapta II de fermentare, (kg s.u./zi);

γ_{nef2} – greutatea specifică a nămolului efluent din treapta II de fermentare, (kgf/m^3);

w_{ef2} – umiditatea nămolului efluent din treapta secundară de fermentare, (%);

9) Volumul de supernatant:

$$V_s = V_{nef1} - V_{nef2} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.29)$$

unde: V_{nef1} , V_{nef2} – definite anterior;

Notă: Nămolul influent la fermentarea anaerobă poate fi: nămol primar, nămol primar concentrat, nămol în exces concentrat, nămol primar în amestec cu nămol în exces concentrat, nămol biologic concentrat, nămol primar în amestec cu cel biologic concentrat.

9.4.7.5 Stabilizatorul de nămol

Stabilizarea aerobă a nămolului realizează stabilizarea substanței organice volatile prin procese biologice similare procesului de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activat. Nămolul introdus în stabilizatorul de nămol este aerat în vederea accelerării proceselor metabolice ale bacteriilor aerobe; în vederea reducerii substanței organice. În aceste condiții, substanța organică (ϵ) este mineralizată într-un anumit procent, numit limită tehnică de stabilizare (l_s). Procesul are loc cu o reducere a umidității, astfel încât volumele de nămol efluente vor fi mai reduse.

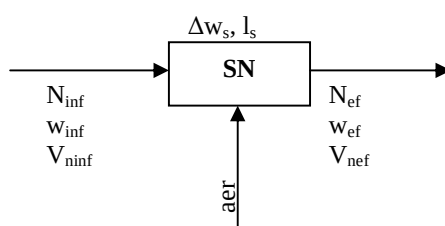


Figura 9.12. Schema unui stabilizator de nămol (SN).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă

N_{ef} – cantitatea de nămol efluent

V_{ninf} – volumul de nămol influent

V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent

Δw_s – reducerea de umiditate prin stabilizare

l_s – limita tehnică de stabilizare

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} = N_m + N_o \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.30)$$

unde:

$N_m = (1 - \epsilon) \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță minerală;

$N_o = \epsilon \cdot N_{inf}$ (kg s. u./zi) – cantitatea zilnică de substanță organică;

ϵ – procentul de substanță organică (volatilă) din nămolul influent (60 – 75 %);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.31)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/ m³);

3) Cantitatea de nămol efluent:

$$N_{ef} = N_m + (1 - l_s) \cdot N_o \quad (\text{kg s.u./zi}) \quad (9.32)$$

unde:

N_{ef} – cantitatea de nămol efluentă, (kg s.u./zi);

N_m, N_o – definiți anterior;

l_s – limita tehnică de stabilizare, (35 – 50%);

4) Umiditatea nămolului efluent

$$w_{ef} = w_{inf} - \Delta w_s \quad (\%) \quad (9.33)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_s – reducerea umidității prin stabilizare aerobă, (1 – 2%);

5) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.34)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m³/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m³);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

Notă: Nămolul influent la stabilizarea aerobă poate fi: nămol primar, nămol primar concentrat, nămol în exces concentrat, nămol primar în amestec cu nămol în exces concentrat, nămol biologic concentrat, nămol primar în amestec cu cel biologic concentrat.

9.4.7.6 Deshidratarea nămolului

Deshidratarea este procesul prin care nămolului i se reduce umiditatea prin procedee fizice de separare a fracțiunii solide de cea lichidă (supernatant); în aceste condiții, cantitatea de substanță uscată influentă va fi egală cu cea efluentă, reducerea de volum rezultă din separarea și eliminarea unei cantități importante de supernatant.

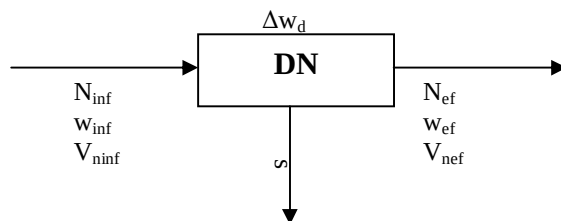


Figura 9.13. Schema deshidratare nămol (DN).

Cantități nămol:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă

N_{ef} – cantitatea de nămol efluent

V_{nef} – volumul de nămol efluent

Caracteristici nămol:

w_{inf} – umiditatea nămolului influent

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent

Δw_d – reducerea de umiditate prin deshidratare

1) Cantitatea de nămol influentă:

$$N_{inf} \cong N_{ef} \quad (\text{kg s. u./zi}) \quad (9.35)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent, (kg s.u./zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

2) Volumul de nămol influent:

$$V_{ninf} = \frac{N_{inf}}{\gamma_{ninf}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{inf})} \quad (\text{m}^3 / \text{zi}) \quad (9.36)$$

unde:

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent, (m^3/zi);

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă, (kg s.u./zi);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

γ_{ninf} – greutatea specifică a nămolului influent, (kgf/m^3);

3) Umiditatea nămolului efluent

$$w_{ef} = w_{inf} - \Delta w_d \quad (\%) \quad (9.37)$$

unde:

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

w_{inf} – umiditatea nămolului influent, (%);

Δw_d – reducerea de umiditate prin deshidratare, (%);

4) Volumul de nămol efluent:

$$V_{nef} = \frac{N_{ef}}{\gamma_{nef}} \cdot \frac{100}{(100 - w_{ef})} \quad (m^3/zi) \quad (9.38)$$

unde:

V_{nef} – volumul zilnic de nămol efluent, (m^3/zi);

N_{ef} – cantitatea zilnică de nămol efluent, (kg s.u./zi);

γ_{nef} – greutatea specifică a nămolului efluent, (kgf/m^3);

w_{ef} – umiditatea nămolului efluent, (%);

5) Volumul de supernatant:

$$V_s = V_{ninf} - V_{nef} \quad (m^3 / zi) \quad (9.39)$$

Notă: Nămolul influent la deshidratare poate fi: nămol fermentat anaerob, nămol stabilizat aerob fie în treapta biologică fie în stabilizatorul de nămol; orice alt tip de nămol stabilizat din punct de vedere biologic.

9.5 Prelucrarea preliminară a nămolurilor

9.5.1 Sitarea nămolurilor

Sitarea unui nămol este procesul prin care se rețin din acesta particule de dimensiuni mai mari și de diverse compoziții (plastic, lemn, metal, materiale textile, cauciuc, hârtie, particule discrete) care pot afecta procesele de prelucrare ulterioară.

În funcționarea proceselor de prelucrare a nămolurilor datorate conținutului acestora pot apare:

- blocarea și uzura rotoarelor pompelor care vehiculează nămol;
- blocarea șneclului centrifugelor, în cazul concentrării și/sau deshidratării;
- dificultăți în realizarea amestecului în RFN;
- blocarea sistemului de distribuție a nămolului, a rolor de ghidare a benzii, precum și uzura acestuia în cazul concentrării și/sau deshidratării cu filtre bandă;
- blocarea armăturilor și pieselor speciale montate pe conductele ce transportă nămol.

Se vor prevedea instalații de sitare curățite automat, cu dimensiunea deschiderilor cuprinsă între 3 și 6 mm. Instalații de sitare utilizate: sitele pășitoare, instalații montate pe conductele de transport a nămolului prevăzute cu sistem de presare a reținerilor.

9.5.2 Mărunțirea nămolurilor

Mărunțirea nămolurilor este un proces în care o cantitate mare de material fibros (vâscos) conținut de nămol este tăiat sau împărțit în particule mici astfel încât să se prevină colmatarea sau înfășurarea în jurul echipamentelor în mișcare. Procesele ce trebuie precedate de tocătoare și scopurile mărunțirii sunt prezentate în tabelul 9.7.

Tabel 9.7. Procese precedate de tocătoare.

Nr. crt.	Procesul	Scopul mărunțirii
0	1	2
1	Pompare	Previne colmatarea și uzura
2	Centrifugare	Previne colmatarea. Centrifuga poate reține multe materii solide de mari dimensiuni și poate să nu necesite mărunțirea nămolului.
3	Deshidratare cu presă cu bandă	Previne colmatarea sistemului de distribuție a nămolului, previne înfășurarea cilindrilor, reduce uzura benzilor și asigură o deshidratare mult mai uniformă.

9.5.3 Condiționarea chimică a nămolurilor

9.5.3.1 Reactivi minerali

Reactivii minerali sunt aplicabili la condiționarea nămolurilor pentru că produc flocularea nămolului. Există o varietate mare de electroliți cationici polivalenți care pot fi utilizați dar pe baza raportului cost – eficiență se aleg săruri de aluminiu sau fier: clorura ferică, clorosulfat feric, săruri de aluminiu.

Fe^{3+} este cel mai eficient și cel mai utilizat reactiv pentru stabilizarea chimică a nămolului organic; alegerea variantei de condiționare cu FeCl_3 sau cu FeSO_4Cl este strict financiară.

Injectarea soluției de var după condiționarea cu electrolit ($\text{pH} > 10$) va îmbunătăți capacitatea de filtrare prin:

- reducerea cantității de supernatant;
- îmbunătățirea filtrării prin precipitarea sărurilor de calciu (organice sau minerale);
- injectarea unei încărcări minerale (mărirea permeabilității turtei de nămol);

Injectarea de săruri de aluminiu și de var este necesară în cazul condiționării nămolului de natură organică; în cazul unui nămol hidrofili injectarea de var este suficientă pentru îmbunătățirea capacității de filtrare.

Cantitatea de reactivi minerali utilizați depinde de natura nămolului ce trebuie condiționat și de gradul de eficiență impus. Tabelul următor prezintă orientativ cantitățile de reactivi.

Tabel 9.8. Cantități de reactivi utilizați la deshidratarea cu filtre – presă.

Nr. crt.	Tip de nămol	FeCl_3 (%)*	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (%)*
0	1	2	3
1	Nămol primar	2 – 3	10 – 15
2	Amestec de nămol primar + în exces	4 – 6	18 – 25
3	Nămol provenit din bazinele de aerare prelungită	6 – 8	30 – 35
4	Nămol condiționat cu hidroxizi de Al	–	30 – 50
5	Nămol condiționat cu hidroxizi de Fe	–	25 – 40
6	Nămol provenit din epurarea convențională	–	15 – 25

*procent exprimat din materiile totale solide din nămol.

Se recomandă realizarea testelor de laborator pentru determinarea tipului și dozelor optime de reactivi.

Dacă nămolul conține material mineral dens sau fibre, acesta va necesita cantități mici de reactivi. Un procent mare de materie organică în nămol va avea efectul opus. Adăugarea de reactivi va mări cantitatea de materie ce trebuie filtrată deoarece o cantitate mare de reactivi chimici vor rămâne în formă solidă în nămolul deshidratat ca rezultat al precipitării cu săruri metalice. Acest lucru trebuie luat în considerație la dimensionarea unităților de deshidratare:

- 60 – 90 % din masa de FeCl_3 injectată va rămâne în turta de nămol;
- 80 – 90 % din masa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ injectată va apărea în formă solidă;

Stabilirea dozelor de reactivi minerali

Scopul reactivilor minerali este de a atinge un amestec optim nămol/reactiv. Adăugând apă pentru diluție (pentru soluția concentrată de FeCl_3) și utilizarea a 50 – 80 g/l lapte de var va realiza o difuzie mai ușoară a reactivilor în masa de nămol.

Nămolul este flocculat în bazine succesive de amestec (mai întâi sarea metalică și apoi laptele de var). Timpul de reacție este de 5 – 10 minute suficient pentru dezvoltarea flocoanelor. Gradientul hidraulic recomandat este de 1.500 – 3.000 W/m^3 .

O perioadă suplimentară se obține cu o putere disipată de creștere a flocoanelor este benefică procesului dar un amestec prea puternic al nămolului condiționat îi poate micșora capacitatea de filtrare.

Pentru evitarea destabilizării nămolului flocculat (distrugerea flocoanelor) se va evita folosirea pompelor centrifugale; în cazul nămolurilor abrazive se vor utiliza pompe cu piston.

Unitatea de condiționare a nămolurilor poate fi complet automatizată.

9.5.3.2 Polielectroliți sintetici

Stabilirea tipului și cantităților

Reactivii eficienți pentru condiționarea nămolurilor sunt polielectroliții sintetici (cu catenă lungă) ce formează flocoane voluminoase (de ordinul milimetrilor). Polielectroliții:

- realizează floccularea prin formarea de legături între particule datorită structurii de catenă lungă; floccularea este completată de coagulare în cazul polimerilor cationici;
- micșorază semnificativ rezistența specifică a nămolului, supernatantul fiind eliminat rapid; nămolul flocculat va avea un coeficient de compresibilitate mare.

Pentru alegerea tipului de polielectrolit adecvat sunt necesare teste de flocculare, drenaj și presare; acestea constau în:

- evaluarea rezistenței la rupere a floconului (centrifugare);
- evaluarea performanței de drenaj a nămolului flocculat;
- evaluarea compresiunii flocoanelor;
- aprecierea dacă floconul poate ”aluneca” din zona de presare;
- evaluarea adeziunii presării flocoanelor prin filtrele – bandă; luând acestea în considerație, se alege polimerul eficient și din considerente economice.

Polielectroliții cationici sunt eficienți în cazuri particulare, când se tratează nămolul cu un conținut de materie organică ridicat. Pentru unele aplicații (deshidratarea cu filtre presă), polielectrolitul poate fi utilizat combinat cu o sare metalică: sare ferică pentru coagularea preliminară, urmată de polielectrolit pentru a produce mai puține flocoane hidrofile.

Polielectroliții ce au o masă molară medie sunt adecvați pentru utilizare în cazul filtrelor bandă; cei care au o masă molară mare generează flocoane mari, dense recomandați unei deshidratări prin centrifugare.

Tabel 9.9. Consumul mediu de polielectroliți în cazul filtrelor bandă/ centrifugare.

Nr. crt.	Tip de nămol	Polielectrolit cationic (kg s.o /t substanțe solide)	
		Filtru – bandă	Centrifugă
0	1	2	3
1	Nămol primar	2 – 3	4 – 5
2	Nămol primar + nămol în exces	3 – 5	6 – 9
3	Nămol primar + nămol în exces fermentat	4 – 5	6 – 9
4	Nămol provenit de la bazinele de aerare prelungită	4 – 6	7 – 11

Polielectroliții anionici sunt utilizați pentru condiționarea nămolurilor cu un conținut de materii minerale predominant (nămol hidrofob); cantitățile de polimer utilizate în aceste cazuri sunt reduse : 0,3 – 2 kg /t substanțe solide.

Când nămolul organic este amestecat cu cel mineral, ionicitatea polielectrolitului poate varia în funcție de raportul substanță organică/ substanță minerală.

Stabilirea dozelor de polielectroliți

Polielectroliții utilizați în trepta de tratare a nămolurilor sunt furnizați ca pudră sau emulsie stabilă.

Polelectroliti – pudră sunt preparați la concentrații maxime de 2 – 4 g/l; această soluție trebuie lăsată să se matureze 1 h, apoi poate fi utilizată; soluțiile de polielectrolit preparate din pudră rămân eficiente 2 – 3 zile.

Polielectroliti – emulsie se prepară în 2 etape:

- agitarea puternică a soluției pentru diluarea concentratului , 6 – 10 ml de emulsie/ l de apă;
- soluția este lăsată să se matureze 20 de minute, fiind ușor agitată.

În general emulsiile conțin materie activă de 40 – 50 % pentru o densitate apropiată de 1.

Soluția adăugată (2 – 5 g polimer/l) este diluată sau nu înainte de a fi injectată în nămol: depinde de vâscozitățile nămolului și soluției de polielectrolit; flocularea are loc aproape instantaneu:

- într-o centrifugă, polielectrolitul este injectat direct în conducta de nămol, fără utilizarea unui floculator fiind generată suficientă energie pentru amestec;
- într-un filtru – bandă polielectrolitul este injectat într-un bazin de amestec amplasat în amonte de zona de drenare a supernatantului; flocularea are loc în mai puțin de 1 minut;
- metodele de injectare devin complexe la filtrele presă;

9.6 Concentrarea nămolurilor

Procesul de concentrare a nămolurilor constă în reducerea umidității acestora în vederea prelucrării ulterioare. Se aplică nămolurilor care rezultă în urma epurării apelor uzate.

Funcție de proprietățile nămolului ce urmează a fi concentrat se pot aplica scheme cu sau fără condiționare chimică sau termică a acestuia.

Cele mai utilizate procedee de concentrare a nămolurilor provenite dintr-o stație de epurare sunt:

- concentrarea gravitațională;
- concentrarea mecanică ce poate fi realizată prin instalații:
 - filtru cu vacuum;
 - filtru presă;
 - filtru bandă;
 - centrifugă;

- instalație de concentrare cu șnec.

9.6.1 Concentrarea gravitațională a nămolurilor

Este procesul de reducere a umidității nămolului prin fenomenul de separare prin decantare a fazelor lichidă și solidă din componența acestuia. Se realizează bazine de sedimentare de unde se evacuează supernatant și nămol concentrat.

Concentratoarele gravitaționale de nămol sunt construcții concepute sub forma unor bazine circulare (fig. 9.14) folosite pentru prelucrarea următoarelor tipuri de nămoluri:

- primar condiționat sau nu cu var;
- biologic de la filtrele percolatoare;
- fermentat anaerob.

Eficiența de reducere a umidității nămolului variază funcție de caracteristicile acestuia și de prezența/absența condiționării chimice. Acest parametru este evidențiat în tabelul 9.10.

Tabel 9.10. Eficiența de reducere a umidității nămolurilor.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Umiditatea nămolului influent la concentrare (%)	Umiditatea nămolului concentrat (%)	Reducerea de umiditate la concentrare (%)
0	1	2	3	4
1.Nămol:				
1.1	primar	94 – 98	90 – 95	3
1.2	biologic rezultat de la filtrele percolatoare	96 – 99	94 – 97	2
1.3	biologic rezultat de la filtrele cu discuri	96,5 – 99	95 – 98	1 – 1,5
1.4	în exces de la bazinele de aerare	99,5 – 98,5	97 – 98	1,5
1.5	în exces din procedee de epurare biologică ce utilizează oxigen pur	99,5 – 98,5	97 – 98	1,5
1.6	în exces din procedeele de epurare biologică cu aerare prelungită	99,8 – 99	97 – 98	1,8 – 2
1.7	primar fermentat, provenit din treapta primară de fermentare	92	88	4
2.Amestec de nămoluri:				
2.1	primar + biologic rezultat de la filtrele percolatoare	94 – 98	91 – 95	3
2.2	primar + biologic rezultat de la filtrele biologice cu discuri	94 – 98	92 – 95	2 – 3
2.3	primar + în exces de la BNA	98,5 – 99,5 96 – 97,5	94 – 96 93 – 96	3,5 – 4,5 1,5 – 3
2.4	Amestec fermentat	96	92	4
3.Nămol condiționat chimic:				
3.1	primar cu săruri de Fe	98	96	2

3.2	primar + var (doze mici)	95	93	2
3.3	primar + var (doze mari)	92,5	88	4,5
Nr. crt.	Tipul de nămol	Umiditatea nămolului influent la concentrare (%)	Umiditatea nămolului concentrat (%)	Reducerea de umiditate la concentrare (%)
0	1	2	3	4
3.4	primar + în exces cu săruri de Fe	98,5	97	1,5
3.5	primar + în exces cu săruri de Al	99,6 – 99,8	93,5 – 95,5	4,3 – 6,1
3.6	primar cu săruri de Fe + biologic de la filtrele percolatoare	99,4 – 99,6	91,5 – 93,5	6,1 – 7,9
3.7	primar cu săruri de Fe+ în exces	98,2	96,4	1,8
3.8	Amestec fermentat de nămol primar + nămol în exces condiționat cu Fe	96	94	2
4.Nămol rezultat din epurarea terțiară:				
4.1	cu var în doze mari	95,5 – 97	85 – 88	9 – 10,5
4.2	cu var în doze mici	95,5 – 97	88 – 90	7 – 7,5
4.3	cu săruri de Fe	98,5 – 99,5	96 – 97	2,5

La proiectarea concentratoarelor de nămol se va ține seama de criteriile:

- numărul minim de unități n = 2;
- încărcarea cu substanță uscată nu va depăși limita maxim admisă.

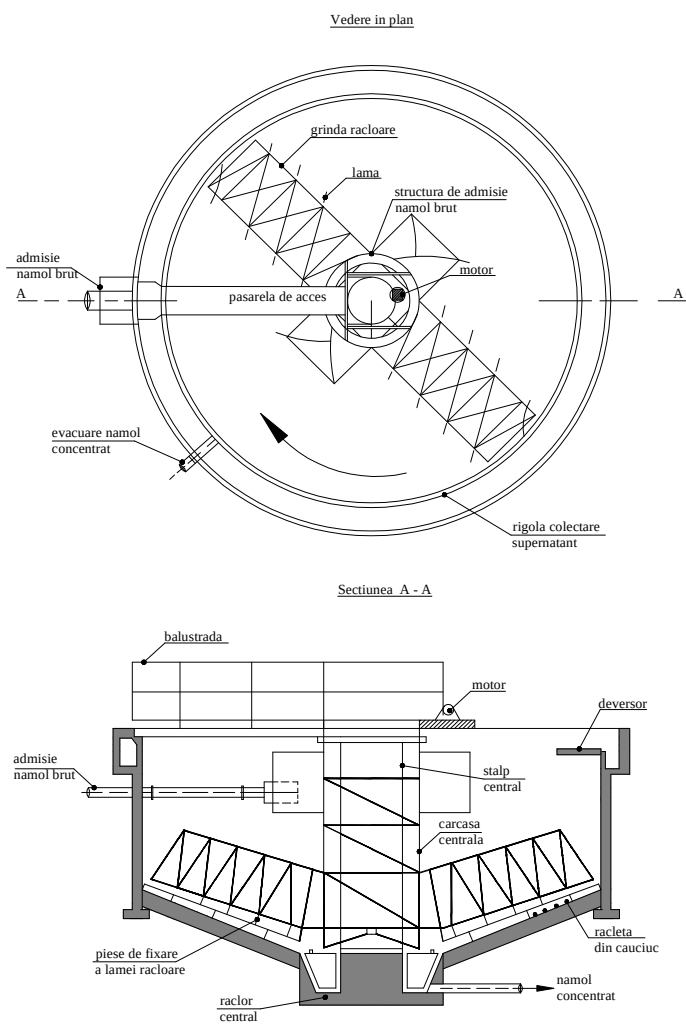


Figura 9.14. Concentrator gravitațional de nămol.

9.6.1.1 Parametrii de proiectare ai concentratoarelor gravitaționale de nămol

- 1) Debitul de calcul al concentratorului gravitațional de nămol:

$$Q_c = V_{ninf} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.40)$$

unde: V_{ninf} – definit de relația (9.12);

- 2) Încărcarea superficială cu substanță uscată:

$$I_{su} = \frac{N_{inf}}{A_o^{CN}} \quad (\text{kg s.u.}/\text{m}^2, \text{zi}) \quad (9.41)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea de nămol influentă în concentrator, (kg s.u./zi);

A_o^{CN} – aria orizontală utilă a concentratorului gravitațional, (m²);

Valorile recomandate la dimensionare pentru acest parametru, depind de tipul nămolului și sunt indicate în tabelul 9.11.

Tabel 9.11. Valori recomandate pentru I_{SU} .

Nr. crt.	Tipul de nămol	Încărcarea superficială cu substanță uscată (kg s.u/ m ² ,zi)
0	1	2
1.Nămol:		
1.1	primar	100 – 150
1.2	biologic rezultat de la filtrele percolatoare	40 – 50
1.3	biologic rezultat de la filtrele cu discuri	35 – 50
1.4	în exces de la bazinele de aerare și DS	20 – 40
1.5	în exces din procedee de epurare biologică cu aerare prelungită	25 – 40
1.6	primar fermentat	120
2.Amestec de nămoluri		
2.1	primar + biologic rezultat de la filtrele percolatoare	60 – 100
2.2	primar + biologic rezultat de la filtrele biologice cu discuri	50 – 90
2.3	primar + în exces de la BNA	25 – 70 40 – 80
2.4	Amestec fermentat	70
3.Nămol condiționat chimic		
3.1	primar cu săruri de Fe	30
3.2	primar + var (doze mici)	100
3.3	primar + var (doze mari)	120
3.4	primar + în exces cu săruri de Fe	30
3.5	primar + în exces cu săruri de Al	60 – 80
3.6	primar cu săruri de Fe + biologic de la filtrele percolatoare	70 – 100
3.7	primar cu săruri de Fe+ în exces	30
3.7	amestec fermentat de nămol primar + nămol în exces condiționat cu săruri de Fe	70
Nr. crt.	Tipul de nămol	Încărcarea superficială cu substanță uscată (kg s.u/ m ² ,zi)
0	1	2
4.Nămol rezultat din epurarea terțiară		
4.1	cu var în doze mari	120 – 300
4.2	cu var în doze mici	50 – 150
4.3	cu săruri de Fe	8 – 50

3) Încărcarea hidraulică superficială cu nămol:

$$I_h = \frac{V_{ninf}}{A_o^{CN}} (m^3 \text{ nămol}/m^2, zi) \quad (9.42)$$

unde:

V_{ninf} – definit de relația (9.12);

A_o^{CN} – aria orizontală utilă a concentratorului gravitațional, (m²);

Tabel 9.12. Valori maxim recomandate pentru I_h .

Nr. crt.	Tipul nămolului	Încărcarea hidraulică cu nămol (m ³ nămol/ m ² ,zi)
0	1	2
1	Nămol primar	15,5 – 31
2	Nămol în exces	4 – 8
3	Amestec de nămol primar cu nămol în exces	6 – 12

Valori mai mari ale acestui parametru pot conduce la evacuarea unui supernatant cu conținut ridicat de materii solide; valorile mici conduc la realizarea condițiilor septice, mirosuri neplăcute, precum și apariția nămolului plutitor.

- 4) Timpul de concentrare al nămolului (t_c) este definit ca durata de staționare a nămolului în concentratorul gravitațional și este parametrul care permite determinarea volumului necesar al acestuia:

$$t_c = \frac{V_{CN}}{V_{ninf}} (h) \quad (9.43)$$

unde:

V_{CN} – volumul concentratorului de nămol, (m³);

V_{ninf} – definit de relația (9.12);

Din relația (9.43) se poate determina volumul necesar al concentratorului, pentru valori :
 $t_c = 8 \dots 24$ h.

9.6.2 Concentrarea nămolurilor prin procedeul de flotație cu aer dizolvat

Flotația cu aer dizolvat separă faza solidă de cea lichidă prin mișcarea ascensională a microbulelor de aer introduse în nămolul influent sau în supernatantul recirculat într-un recipient de presurizare. În schemele din figurile 9.15 și 9.16 se prezintă elementele componente pentru cazul presurizării integrale a debitului de nămol sau presurizarea parțială a supernatantului.

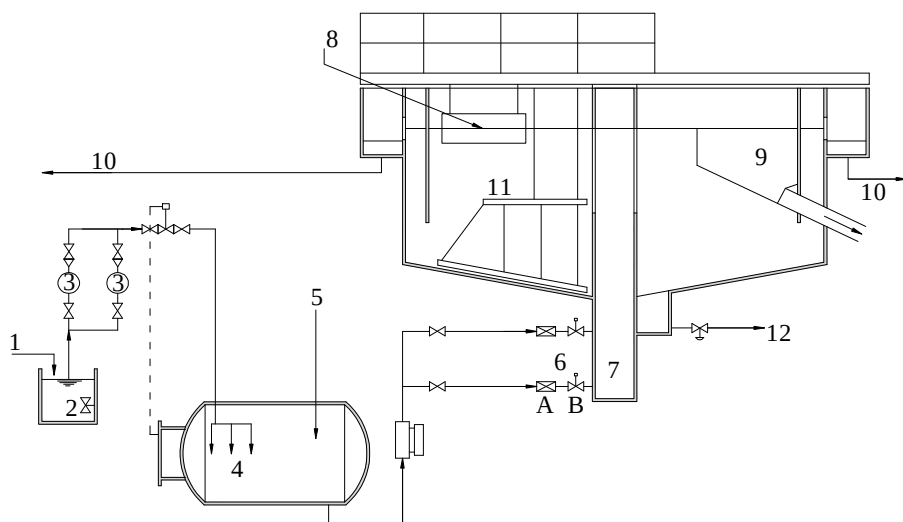


Figura 9.15. Schema procedeu flotație cu presurizare totală.

1-Nămol influent	7-Cameră de expansiune
2-Bazin amestec, compensare	8-Colector de suprafață
3-Stație de pompare	9-Canal colector nămol
4-Recipient saturare (4-5 bar)	10-Supernatant
5-Alimentare aer comprimat	11-Raclor
6-Sistem dublu de reducere presiune	12-evacuare nămol sedimentat
A,B-sistem de reducere presiune și creare bule 50 - 100μm	

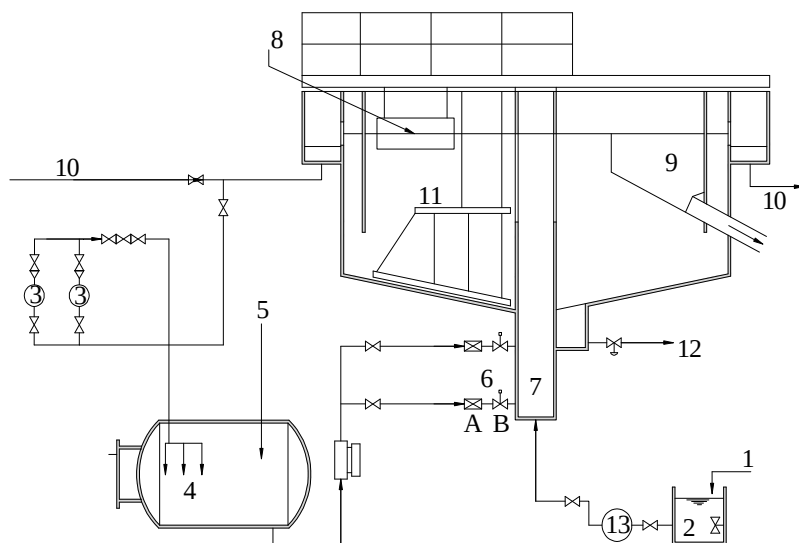


Figura 9.16. Schema flotație cu presurizare supernatant.

1-Nămol influent	7-Cameră de expansiune
2-Bazin amestec, compensare	8-Colector de suprafață
3-Stație de pompare	9-Canal colector nămol
4-Recipient saturare (4-5 bar)	10-Supernatant
5-Alimentare aer comprimat	11-Raclor
6-Sistem dublu de reducere presiune	12-evacuare nămol sedimentat
A,B-sistem de reducere presiune și creare bule 50 - 100 μ m	13-stație pompare nămol influent

9.6.2.1 Proiectarea sistemelor de flotație cu aer dizolvat

Parametrii de proiectare depind de:

- procesul din care provine nămolul: nămol în exces din treapta biologică, nămol din bazine cu nămol activ cu aerare prelungită, nămol mixat (în exces cu nămol primar);
- utilizarea reactivilor chimici: coagulanți și polimeri.

Se prevăd următoarele:

a) FAD cu presurizare totală:

- fără reactivi chimici;
- nămol din BNA cu aerare prelungită;

Încărcări: 4 – 6 kg SS/m², h.

Eficiența:

IVN < 150

w = 94,5 – 95,5 %

IVN = 150 – 250

w = 95,5 – 96 %

$$\text{IVN} > 250$$

$$w = 96 - 96,5 \%$$

Pentru nămol biologic (inclusiv nămol din decantoare primare):

Încărcări: 3,5 – 4,5 kg SS/m², h.

Eficiența:

$$\text{IVN} < 100$$

$$w = 95,5 - 96 \%$$

$$\text{IVN} = 100 - 200$$

$$w = 96 - 96,5 \%$$

$$\text{IVN} = 200 - 300$$

$$w = 96,5 - 97 \%$$

$$\text{IVN} > 300$$

$$w < 97 \%$$

Încărcarea hidraulică: $i_H \leq 2 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ m}^2$.

Cantitățile de aer utilizate: 1 – 2 % din suspensii solide.

Energia specifică consumată 60 – 120 kWh/ t SS.

b) FAD cu presurizare parțială a supernatantului

Se aplică pentru nămoluri diluate, ușor filtrabile.

În practică se utilizează polimer 2 – 4 kg/t SS.

Procentele de recirculare: 20 – 30 %.

Avantajele sunt date de obținerea unui supernatant puțin încărcat (80 – 100 mg/l).

Eficiența concentrării prin FAD: 96 – 97 % umiditate.

Adoptarea soluției concentrării nămolului prin FAD va fi luată în considerație:

- pentru instalații destinate localităților cu $N > 100\,000$ LE;
- pe baza studiilor pe instalații pilot “in situ” care să proceseze nămolurile produse real în stația de epurare nominalizată;

În lipsa studiilor pe stații pilot soluția FAD se va adopta pe baza unei tehnologii de firmă cu experiență în domeniu.

9.6.3 Centrifugarea nămolurilor

Centrifugarea este un procedeu care se utilizează la îngroșarea și la deshidratarea nămolurilor provenite din epurarea fizico – chimică și biologică a apelor uzate.

Centrifugarea este procedeul prin care se accelerează separarea solid – lichid prin aplicarea forțelor centrifuge.

Utilajele de centrifugare se pot grupa în trei categorii, după cum urmează:

- centrifuge cu rotor unic, care produc o bună deshidratare și supernatant limpede, dar nu sunt adecvate pentru materii solide fine;
- centrifuge cu rotor cilindric, care produc supernatant limpede;
- centrifuge cu rotor cilindro – conic, care produc și turte bine deshidratate și supernatant limpede;

După destinația lor, centrifugele se clasifică în:

- a) filtrante – cu tambur perforat, folosite la epurarea materiilor în suspensie;
- b) centrifuge decantoare – cu tambur neperforat, folosite la separarea materiilor în suspensie care se filtrează greu;
- c) centrifuge de separare – cu tambur neperforat, folosite pentru emulsii.

Din punct de vedere al procesului tehnologic, centrifugele pot fi cu funcționare continuă sau periodică.

Formula de calcul a centrifugei arată că viteza de clarificare a fracțiunii lichide variază cu suprafața lichidului și nivelul forței centrifugale:

$$\Sigma = \frac{\pi b \omega^2}{2g} (3r_2^2 + r_1^2) \quad (9.44)$$

unde:

Σ – factorul de capacitate al centrifugei Sigma, în m^2 (suprafața teoretică a bazinului de sedimentare gravitațional echivalent cu caracteristicile de sedimentare ale centrifugelor);

b – lungimea tamburului cilindric, (m);

ω – viteza de rotație, (rot/min/secundă);

r_2 – raza peretelui interior al tamburului, (m);

r_1 – raza suprafeței lichidului reținut, (m);

g – constanta gravitațională, (m/s^2);

Utilajele de centrifugare utilizate, lucrează în intervalul de 1.000 – 6.000 ori forța gravitațională.

Performanțele centrifugelor depind de utilaje și de variabilele de proces, dintre care se menționează: debitul influent, natura solidelor, concentrația în solide a influentului, adjuvanți de coagulare și temperatura.

Cele mai utilizate în domeniul deshidratării nămolurilor sunt centrifugele care au o cuvă cilindro – conică cu un transportor intern cu șnec. Nămolul intră în centrifugă prin cuva cilindrică printr-un transportor. Forța centrifugă compactează nămolul către pereții cuvei, iar transportorul intern, care se rotește mai încet decât cuva, conduce nămolul compact de-a lungul cuvei, către secțiunea conică fiind apoi evacuat.

În cazul nămolurilor cu particule fine este necesară tratarea cu polimer pentru o recuperare bună a solidelor. Centrifugele moderne sunt caracterizate prin forțe centrifugale mai mari decât $3.000 \times g$; raportul între lungimea și diametrul centrifugei este de 2,5 – 3,5.

Constructiv, centrifuga este alcătuită dintr-un cilindru lung, pozițional orizontal, în interiorul căruia se află montat concentric, un șnec care se rotește cu o viteză diferită de cea a cilindrului. Alimentarea cu nămol a instalației se realizează în mod continuu prin interiorul șnecului care are prevăzute orificii ce comunică cu zona interioară a cilindrului (figura 9.17). Datorită forțelor centrifuge generate de rotirea șnecului se produce o separare accelerată a celor două faze – solidă și lichidă – partea solidă fiind proiectată spre exterior iar supernatantul acumulându-se în centru.

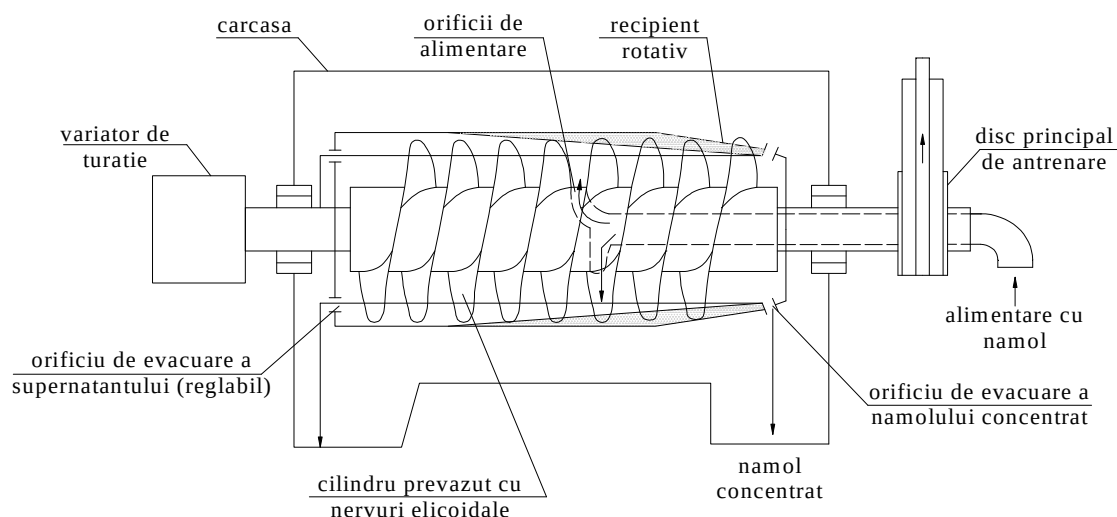


Figura 9.17. Centrifugă utilizată pentru concentrarea nămolurilor.

9.6.3.1 Date de bază pentru proiectare

Elementul fundamental este factorul capacității: Σ (Sigma)

$$\Sigma = \frac{2k\pi\omega^2 L_c}{g} \left(\frac{3}{4}R^2 + \frac{1}{4}r^2 \right) \quad (9.45)$$

unde:

Σ – factorul capacității, (m^2);

R – raza bazinului, (m);

r – raza inelului, (m);

ω – viteza de rotație, (rot/min/secundă);

k – factor de extrapolare;

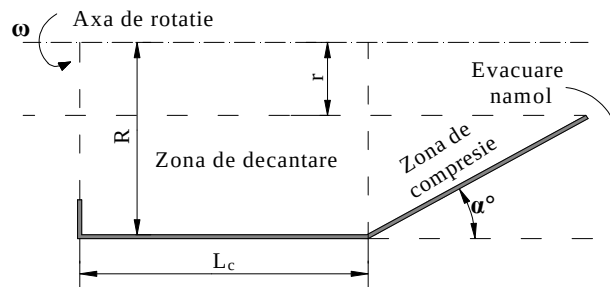


Figura 9.18. Determinarea factorului capacității “ Σ ”.

Cantitatea de solide îndepărtate prin centrifugare $\equiv$ “recuperarea de solide”.

$$RS = \frac{S_s(S_i - S_c)}{S_i(S_s - S_c)} \quad (9.46)$$

unde:

RS – recuperarea solidelor (%);

S_s – solide în nămolul evacuat (% în greutate);

S_i – solide în influent (% în greutate);

S_c – solide în supernatant (% în greutate).

Alegerea tipului de centrifugă se realizează pe baza tipului de nămol referitor la proveniență și cerințele deshidratării.

Se vor lua în considerație parametrii:

- viteza cuvei determinată de forța G; recomandabil 1500 – 3000 x g; se va lua în considerație alegerea unei viteze optime stabilite pe baza corelației între umiditatea turtei (%) și recuperarea solidelor (%);
- stabilirea tipului și dozelor de polimer optim pentru caracteristicile nămolului;
- valoarea optimă a adâncimii bazinului; un bazin mai adânc produce o turtă mai umedă; adâncimea optimă a bazinului este adâncimea minimă la care stratul de lichid în mișcare nu interferă cu stratul solid care este împins de către șnec către punctul de evacuare; dacă adâncimea bazinului este prea mică solidele care au sedimentat pot reintra în stare de suspensie;
- viteza optimă a transportorului (adică viteza diferențială între cuvă și șnecul transportorului) este cea mai mică viteză diferențială la care solidele decantate sunt îndepărtate din cuvă la fel de repede după cum au fost acumulate; o viteză mică a transportorului menține solidele sub influența forței centrifugale pentru o perioadă mai lungă și provoacă un minim efect de “amestec” al stratului de lichid în mișcare.

Performanțele centrifugării nămolurilor din stația de epurare sunt date în tabelul următor:

Tabel 9.13 Performanțe centrifugare nămol.

Nr. crt.	Tip de nămol	Cantități de polimer (kg /t s.u.)	Conținut în substanțe solide (%)
0	1	2	3
1	Nămol din procedeul cu aerare prelungită și eliminare fosfor	9 – 11	9 – 22
2	Nămol din procedeul de aerare prelungită cu nămol în exces	10 – 12	19 – 20
3	Nămol din procedeul cu aerare prelungită și fermentare	9 – 11	20 – 22
4	Nămol primar	6 – 7	29 – 34
5	Nămol primar și nămol provenit din epurarea avansată	7 – 8	28 – 32
6	Ameștec proaspăt de nămoluri (P/bio = 50/50)*	8 – 9	25 – 27
7	Ameștec proaspăt de nămoluri (P/bio = 65/35)	7 – 9	26 – 29
8	Ameștec fermentat de nămoluri (P/bio = 50/50)	8 – 9	25 – 28
9	Nămol primar fermentat	4 – 6	32 – 36

* P/bio = raportul nămol primar/ nămol biologic.

9.7 Stabilizarea nămolurilor din stațiile de epurare urbane/ rurale

Procesul de stabilizare a nămolului se poate realiza prin metodele: stabilizare anaerobă (fermentare), stabilizare aerobă și stabilizare alcalină.

- **Stabilizarea anaerobă (fermentarea)** este metoda cu cele mai numeroase aplicații în stațiile de epurare a apelor uzate. Produce:

- nămol stabil la costuri moderne;
- biogaz care poate fi folosit pentru încălzirea nămolului influent și a nămolului de recirculare la temperatura de proces;

- **Stabilizare aerobă** se întâlnește în stațiile de epurare mici și medii; necesită cantități mari de energie (pentru transferul oxigenului) și costuri mai reduse pentru investiție. Stabilizarea aerobă este mai puțin complexă din punct de vedere funcțional și uneori nu are procese separate. Se realizează în bazine dedicate, ca stabilizatoare de nămol, în bazine de aerare (nitrificare cu stabilizare).

- **Stabilizare alcalină** aplicabilă pentru amplasamente locale și având ca dezavantaj faptul că masa produsului se mărește prin adăugarea de material alcalin.

9.7.1 Stabilizarea (fermentarea) anaerobă

Obiectivul fermentării anaerobe este reducerea agenților patogeni, a cantității de biomasă prin distrugerea parțială a materiilor volatile și producerea de biogaz.

Fermentarea anaerobă se desfășoară pe bază de reacții chimice și biochimice complexe.

În schema din figura 9.19 se indică procesele fermentării anaerobe.

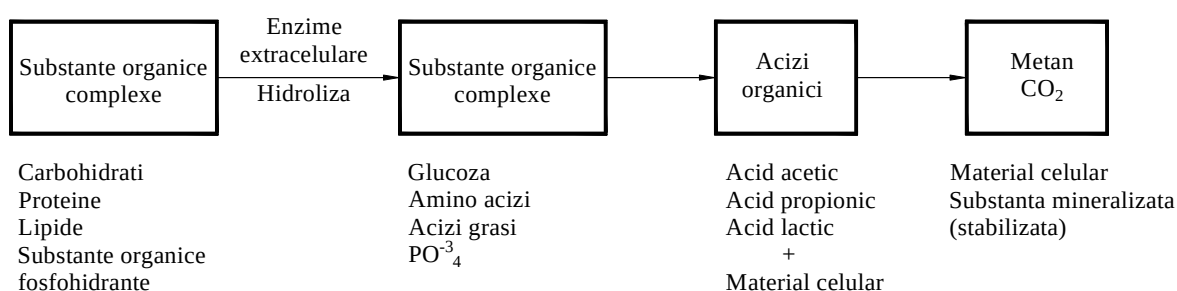


Figura 9.19. Schema proceselor în fermentarea anaerobă.

Eficiența stabilizării prin fermentare anaerobă este determinată prin cantitatea de materii volatile (organice) reduse în proces. Deoarece fermentarea anaerobă este realizată biologic și

depinde de dezvoltarea microorganismelor reducerea materiilor volatile se realizează în proporție de 40 – 50% (limita tehnică de fermentare). Eficiența scade în prezența substanțelor greu biodegradabile. Procente ridicate de descompunere a materiilor solide se obțin atunci când nămolul cuprinde materii ușor degradabile: carbohidranți simpli, carbohidranți compuși (celuloza), proteine și lipide.

9.7.1.1 Factorii ce influențează fermentarea anaerobă

9.7.1.1.1 Materiile solide și timpul de retenție hidraulic

Fermentarea anaerobă se bazează pe prevederea unui timp de retenție hidraulic care să permită stabilizarea materiilor volatile (organice).

Fiecare etapă de fermentare în parte: hidroliza, formarea de acizi și formarea de gaz metan are un timp de retenție a materiilor solide; procesul apare dacă bacteriile nu se pot dezvolta în condiții optime.

9.7.1.1.2 Temperatura

Temperatura influențează gradul de fermentare, viteza reacției de hidroliză și formarea biogazului. Temperatura determină timpul minim de retenție al materiilor solide necesar obținerii unei distrugerii suficiente a materiilor volatile.

Din punct de vedere al temperaturii sistemele de fermentare anaerobă pot fi:

- sisteme criofile: $t^{\circ}\text{C} = 15 - 20^{\circ}\text{C}$; necesită volume mari, timp de retenție crescut și nu utilizează încălzirea nămolului;
- sisteme mezofile: $t^{\circ}\text{C} = 30 - 37^{\circ}\text{C}$; cele mai numeroare aplicații;
- sisteme termofile: $t^{\circ}\text{C} = 50 - 57^{\circ}\text{C}$; asigură procente mari de neutralizare a agenților patogeni; costuri de operare ridicate.

Elementul tehnic cel mai important este menținerea unei temperaturi constante de funcționare datorită bacteriilor implicate în proces și sensibilității la variațiile de temperatură. Variația de temperatură, cu creșterea acesteia peste $1^{\circ}\text{C}/\text{zi}$ poate duce la eșuarea procesului. La proiectare se impune o creștere a temperaturii $< 0,5^{\circ}\text{C}/\text{zi}$ față de optim.

9.7.1.1.3 pH – ul

Bacteriile anaerobe, în special cele metanogene, sunt sensibile la pH.

Producția optimă de gaz metan are loc la un nivel al pH-ului cuprins între 6,8 și 7,2.

Reducerea pH-ului în timpul proceselor fermentării inhibă formarea de biogaz putând conduce în final la eșuarea proceselor de fermentare. Procesele de amestec, încălzire și modurile de alimentare – evacuare a nămolului pot minimiza perturbările procesului de fermentare.

9.7.1.1.4 Substanțe toxice

Substanțele de tip: amoniac, metale grele și sulfuri în concentrații mari pot crea condiții instabile în interiorul rezervoarelor de fermentare. Tabelul 9.14 prezintă concentrațiile unor substanțe toxice și inhibitoare.

Tabel 9.14. Concentrațiile unor substanțe toxice și inhibitoare.

Nr. crt.	Substanțe	U.M.	Concentrații medii inhibitoare	Concentrații puternic inhibitoare
1	Na ⁺	mg/l	3.500 – 5.500	8.000
2	K ⁺		2.500 – 4.500	12.000
3	Ca ⁺⁺		2.500 – 4.500	8.000
4	Mg ⁺⁺		1.000 – 1.500	3.000
5	Azot amoniacal (dependent de pH)		1.500 – 3.000	3.000
6	Sulfuri		200	200
7	Cupru (Cu)		-	0,5 50 – 70 (total)
8	Crom VI (Cr)		-	3.0 (solubil) 200 – 250 (total)
9	Crom III		-	180 – 420 (total)
10	Nichel (Ni)		-	2.0 (solubil) 30 (total)
11	Zinc (Zn)		-	1.0 (solubil)

9.7.1.1.5 Aplicarea fermentării anaerobe

Fermentarea anaerobă este utilă și aplicabilă pentru concentrația substanțelor volatile mai mare sau egală cu 40 – 50% și nu sunt prezente substanțele inhibitoare.

Adoptarea soluției de fermentare anaerobe va avea la bază:

- studii hidrochimice privind compoziția nămolurilor și efectele stabilizării acestuia asupra mediului; se vor lua în considerație elementele costurilor implicate și consumurile energetice pentru integrarea cantităților de nămol rezultate în mediu;

- studii privind estimarea producției de biogaz în condițiile amprente de calitate a apei uzate, calitățile nămolurilor; metoda fermentării anaerobe se va adopta în toate situațiile în care producția de biogaz și echivalentul acesteia în energie va acoperi minim 90% din consumurile energetice ale procesului: amestec, încălzire nămol, recirculare, pierderi termice în rezervorul de fermentare al nămolului;

9.7.1.1.6 Soluții pentru procesele de fermentare

Configurațiile proceselor de fermentare anaerobă folosite actualmente: fermentarea de mare încărcare și fermentarea în două etape. Fermentarea anaerobă poate funcționa la două regimuri ale temperaturii: mezofilă ($30 - 37^{\circ}\text{C}$) și termofilă ($50 - 57^{\circ}\text{C}$).

1) Fermentarea anaerobă de mare încărcare, într-o singură treaptă

Rezervoarele de fermentare de mare încărcare sunt caracterizate prin amestecul și încălzirea nămolului, debit de alimentare uniform și concentrarea nămolului înainte de a fi fermentat (figura 9.20).

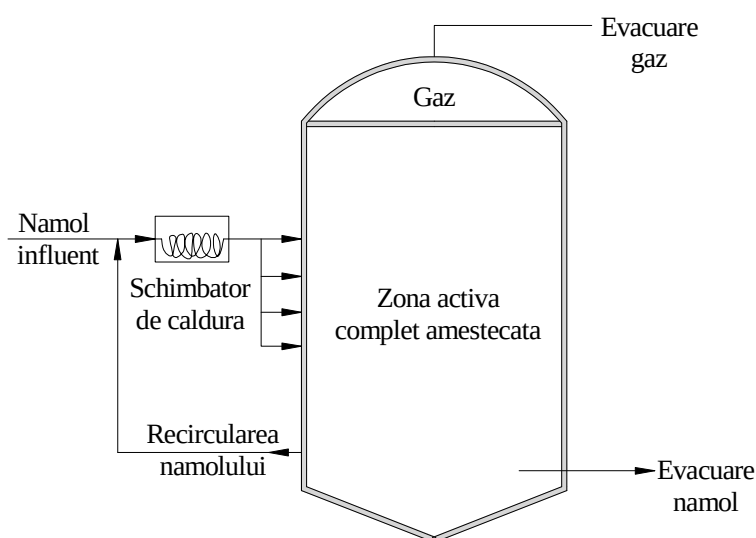


Figura 9.20. Fermentarea anaerobă de mare încărcare într-o singură treaptă.

2) Fermentarea anaerobă de mare încărcare în două trepte

Procesul cuprinde două etape fundamentale:

- faza I: hidroliza substanței organice; timpul de retenție hidraulic: 2 zile; $t^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C}$;
- faza II: producția de biogaz; timpul de retenție hidraulic: 10 zile; $t^{\circ}\text{C} = 37^{\circ}\text{C}$;

Figura 9.21 prezintă schema procesului fermentării în două etape.

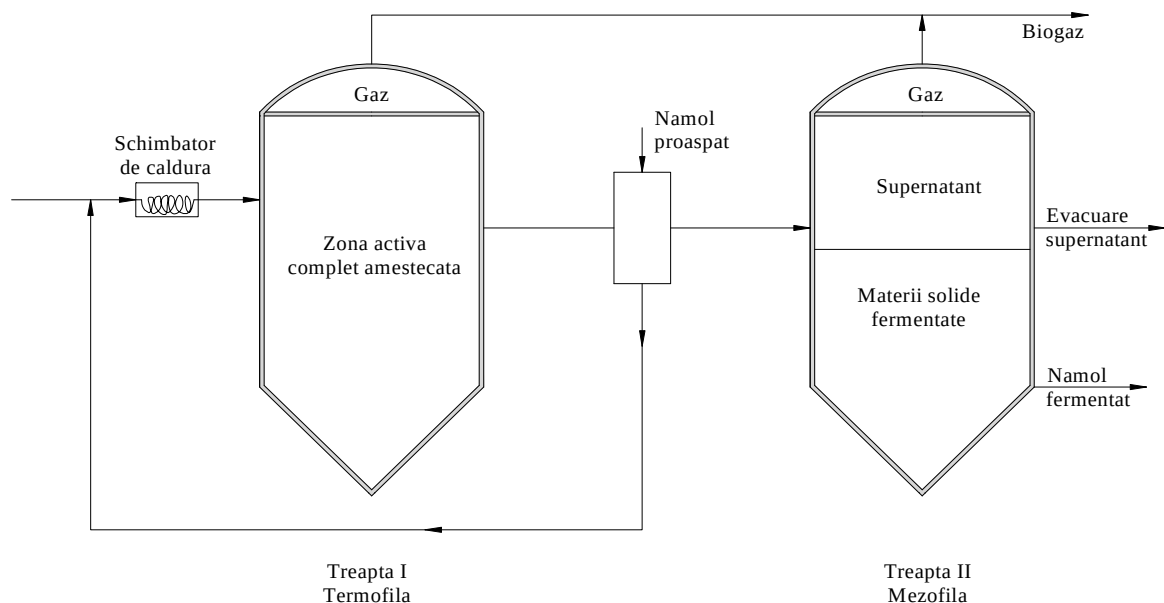


Figura 9.21. Fermentarea anaerobă în două etape.

Avantajele fermentării în două faze (termofilă – mezofilă):

- preluare în condiții mai bune a variațiilor de încărcare organică;
- pe ansamblul procesului de fermentare reducerea volumelor construite cu $\cong 30\%$;
- nămolul procesat în faza termofilă va fi procesat în condiții mai bune în faza mezofilă (vâscozitate mai redusă, fluiditate mai mare);
- calitatea nămolului fermentat mai bună: se distrug bacteriile patogene;

În tabelul următor se indică parametrii generali pentru dimensionarea proceselor de fermentare anaerobă conform datelor din literatura de specialitate.

Tabel 9.15. Parametrii de dimensionare ai proceselor de fermentare anaerobă.

Nr. crt.	Parametrii	U.M.	Tipul procesului de fermentare			
			Mezofilă într-o singură treaptă	În două trepte		Termofilă într-o singură treaptă
			Etapa I	Etapa I: Termofilă	Etapa aIIa: Mezofilă	Etapa I
0	1	2	3	4	5	6
1	Timpul de retenție hidraulic	zile	16 – 25	1,5 – 3	8 – 12	8 – 12
2	Încărcarea organică	kg/m ³ , zi	1,5 – 2,5*	10 – 30*	2 – 4*	2,5 – 5*

*doar pentru perioade cu încărcări de vârf.

9.7.1.2 Dimensionarea tehnologică a rezervoarelor de fermentare a nămolului

Dimensionarea tehnologică constă din:

- a) determinarea volumului, a cantității, umidității și caracteristicile nămolului;
- b) determinarea volumului rezervorului de fermentare a nămolului;
- c) condiționări tehnice privind: alegerea pompelor; alegerea schimbătorilor de căldură; determinarea diametrelor conductelor de nămol, a conductelor de agent termic, de gaz; determinarea volumului de gaz de fermentare, de agent termic, de supernatant; izolația termică a RFN dispusă pe peretele exterior al cuvei trebuie corect aleasă, în special din punct de vedere a calității și bine executată în scopul păstrării acesteia în stare uscată.

Etapele de dimensionare prezentate mai sus, pot fi detaliate astfel:

- a) Determinarea volumului, a cantității, umidității și caracteristicile nămolului se face pe baza bilanțului de substanțe pe linia nămolului (cf. § 9.4.7.3 și § 9.4.7.4);
- b) Volumul rezervorului de fermentare a nămolului se determină pe baza următorilor parametri tehnologici de dimensionare:
 - Încărcarea organică a rezervorului:

$$I_{oRFN} = \frac{N_o}{V_{RFN}} = 1,5 \dots 3 \text{ (kg s. o./m}^3 \text{ RFN, zi)} \quad (9.47)$$

- Cantitatea de nămol fermentat:

$$N_f = (1 - l_f) \cdot N_o + N_m \text{ (kg s. u./zi)} \quad (9.48)$$

unde:

I_{oRFN} – încărcarea organică a rezervorului de fermentare a nămolului, (kg s.o./m³ RFN, zi);

$l_f = 40 - 55\%$ - limita tehnică de fermentare;

N_f – cantitatea zilnică de nămol fermentat, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

$N_o = (\varepsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță organică conținută în nămolul influent în rezervorul de fermentare, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

ε - coeficient de reducere, (%);

$N_m = (1 - \varepsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță minerală conținută în nămolul influent în rezervorul de fermentare, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent în rezervorul de fermentare, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

- Timpul de fermentare:
 - $T_f = 90 \dots 150$ zile – pentru fermentarea crioofilă;
 - $T_f = 20$ zile – pentru fermentarea mezofilă;
 - $T_f = 10$ zile – pentru fermentarea termofilă;
- Volumul rezervorului de fermentare:

$$V_{RFN} = T_f \cdot V_{ninf} \quad (m^3/zi) \quad (9.49)$$

unde:

T_f – definit anterior;

V_{ninf} – volumul de nămol influent calculat la bilanțul de substanțe pe linia nămolului (cf. § 9.4.7.3 și § 9.4.7.4), (m^3/zi);

c.1) Pompele pentru recircularea nămolului se aleg astfel încât întregul volum de fermentare să fie recirculat în 5 ... 8 h.

- Debitul de recirculare:

$$Q_R = \frac{V_{RFN}}{5 \dots 8} \quad (m^3/h) \quad (9.50)$$

- Înălțimea de pompare:

$$H = H_g + \sum h_r \quad (m) \quad (9.51)$$

unde:

H_g – înălțimea geodezică de pompare;

$\sum h_r$ – suma pierderilor de sarcină locale și distribuite.

c.2) Schimbătoarele de căldură trebuie să asigure căldura necesară încălzirii nămolului proaspăt, căldura necesară acoperirii pierderilor prin cupolă, pereți și radier:

$$C_T = C_1 + C_2 \quad (kcal/zi) \quad (9.52)$$

$$C_1 = V_{ninf} \cdot C_n \cdot (\theta - \theta_1) \quad (kcal/zi) \quad (9.53)$$

unde:

C_1 – căldura necesară încălzirii nămolului proaspăt, (kcal/zi);

C_2 – căldura necesară acoperirii pierderilor prin cupolă, pereți și radier, (kcal/zi);

V_{ninf} – volumul zilnic de nămol influent în rezervorul de fermentare, (m³/zi);

$C_n = 1000 \text{ kcal/m}^3, \text{grad}$ – căldura specifică (cantitatea de căldură necesară creșterii temperaturii cu 1°C);

θ – temperatura nămolului din interiorul rezervorului (mezofil, termofil), (°C);

$\theta_1 = \theta_{iarnă}$ – temperatura nămolului proaspăt introdus în rezervor, (°C);

$$C_2 = C_{2 \text{ cupolă}} + C_{2 \text{ pereți}} + C_{2 \text{ radier}} \quad (9.54)$$

$$C_2 = K \cdot A \cdot (\theta - \theta_2) \quad (9.55)$$

unde:

K – coeficient de transfer al căldurii (natura materialului), (kcal/°C · m² · zi);

$C_{2 \text{ cupolă}}$ – căldura necesară acoperirii pierderilor prin cupolă, (kcal/zi);

$C_{2 \text{ pereți}}$ – căldura necesară acoperirii pierderilor prin pereți, (kcal/zi);

$C_{2 \text{ radier}}$ – căldura necesară acoperirii pierderilor prin radier, (kcal/zi);

A – suprafața cupolei, pereților și radierului, (m²);

θ – temperatura nămolului din interiorul rezervorului (mezofil, termofil), (°C);

θ_2 – temperatura nămolului proaspăt introdus în rezervor, (°C);

c.3) Dimensionarea conductelor va asigura:

- viteza nămolului în conducte trebuie să fie minim 1,2 m/s iar diametrul nominal trebuie să fie minim 200 mm;
- viteza minimă a apei trebuie să fie de 0,7 m/s, iar diametrul nominal să fie de 100 mm;
- viteza biogazului rezultat în urma fermentării trebuie să fie cuprinsă între 5 – 15 m/s;

c.4) Volumul teoretic zilnic de biogaz se determină considerând o producție specifică q_{bg} în dm³ biogaz/kg s.o.red.

$$Q_G = \frac{q_{bg} \cdot N_{o \text{ red}}}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.56)$$

$$Q_{G \text{ ef}} = (0,8 \dots 0,85) \cdot Q_G \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.57)$$

unde:

Q_G – volumul teoretic zilnic de biogaz, (m^3/zi);

$Q_{G\text{ ef}}$ – volumul efectiv zilnic de biogaz, (m^3/zi);

q_{bg} – se va estima pe baza unor calități de nămol similare și prin studii “in situ”;

$q_{bg}^{\text{orientativ}} = 300 - 600 \text{ dm}^3\text{biogaz/kg s. o. red}$

Când nu se cunoaște graficul de consum al biogazului, volumul rezervorului se consideră egal cu producția de biogaz în 8 ore:

$$V_{RG} = \frac{Q_{G\text{ ef}}}{3} \quad (m^3) \quad (9.58)$$

9.7.1.2.1 Colectarea și stocarea biogazului

Biogazul produs prin fermentarea anaerobă a nămolului este colectat pentru a fi valorificat sau eliminat prin ardere.

Biogazul rezultat în urma fermentării anaerobe conține aproximativ 65 – 70% CH_4 , 25 – 30% CO_2 și cantități mici de N_2 , H_2 , H_2S , vapori de apă și alte gaze. Biogazul de fermentare are o greutate specifică de aproximativ 0,86 din greutatea specifică a aerului. Biogazul de fermentare conține $\cong$ 65% metan și puterea calorică a gazului de fermentare este de 21.000 – 22.400 kJ/ m^3 .

Producția de biogaz realizată este dependentă de cantitatea de substanțe volatile mineralizate și condițiile asigurate fermentării și este exprimată ca volumul de biogaz pe unitatea de masă a materiilor volatile distruse. Acest indice specific al producției de biogaz este diferit pentru fiecare substanță organică din rezervorul de fermentare. Tabelul 9.16 indică producția de gaz a câtorva materii organice. Un rezervor de fermentare anaerob obișnuit alimentat cu nămol primar și nămol activ în exces poate produce aproximativ 0,5 – 0,8 m^3 biogaz/kg de substanțe volatile reduse.

Tabel 9.16. Producția specifică de gaz a diferitelor materii organice.

Material	Producția specifică de gaz pe unitatea de masă redusă	
	m^3/kg	Conținut de metan (%)
0	1	2
Grăsimi	1,2 – 1,6	62 – 72
Spumă	0,9 – 1,0	70 – 75
Fibre	0,8	45 – 50
Proteine	0,7	73

Biogazul rezultat la fermentare are o putere calorică cuprinsă între 20 – 25 MJ/m³. O valoare medie de 22,5 MJ/m³ este de folosit pentru proiectare.

Colectarea biogazului și sistemul de distribuție trebuie menținut la o presiune pozitivă pentru a evita explozia în cazul în care gazul se amestecă cu aerul atmosferic. Amestecul de aer cu biogaz de fermentare conține metan în proporție mai mică de 5% care poate fi exploziv. Din acest motiv toate echipamentele mecanice și constructive trebuie să fie etanșe, iar echipamentele electrice trebuie să fie protejate împotriva exploziei.

Sunt folosite două tipuri de rezervoare de depozitare a gazului: rezervoare cu capac ce flotează pe gazul înmagazinat și rezervoare sub presiune.

Rezervoarele cu capac flotant sunt rezervoare cu presiune constantă și volum variabil.

Rezervoarele sub presiune, au de obicei formă sferică și mențin o presiune cu valori medii cuprinse între 140 – 350 kN/m².

9.7.1.2.2 Necesarul de reactivi chimici

Sistemele de alimentare cu reactivi chimici devin necesare datorită schimbărilor calitative și cantitative ale influentului. Schimbările de alcalinitate, pH, sulfuri sau a concentrației metalelor grele face necesară adăugarea de reactivi chimici în proces. Sunt necesare prevederi pentru stocarea, prepararea și dozarea reactivilor chimici: bicarbonat de sodiu, clorură ferică, sulfat feric, var.

9.7.1.2.3 Construcția rezervoarelor de fermentare

Elementele fundamentale în alegerea configurației construcției sunt:

- raport aria laterală RF la volum RF minim; construcțiile care realizează acest raport minim sunt: sfere, forme ovoidale;
- realizarea unei forme care să favorizeze amestecul nămolului și evitarea depunerilor în partea inferioară;
- realizarea cuvei RF din beton armat precomprimat pe ambele direcții pentru închiderea fisurilor și protecția armăturilor la efectul coroziv al bazinului;
- realizarea izolației termice care să asigure pierderi reduse (max. 20% din energia necesară procesului);
- construcție metalică (pentru $V_{RF} < 1000 \text{ m}^3$) executate din vivole preuzinate de oțel aliat izolate termic;

În figura 9.22 se prezintă schema unui rezervor de fermentare de formă ovoidală.

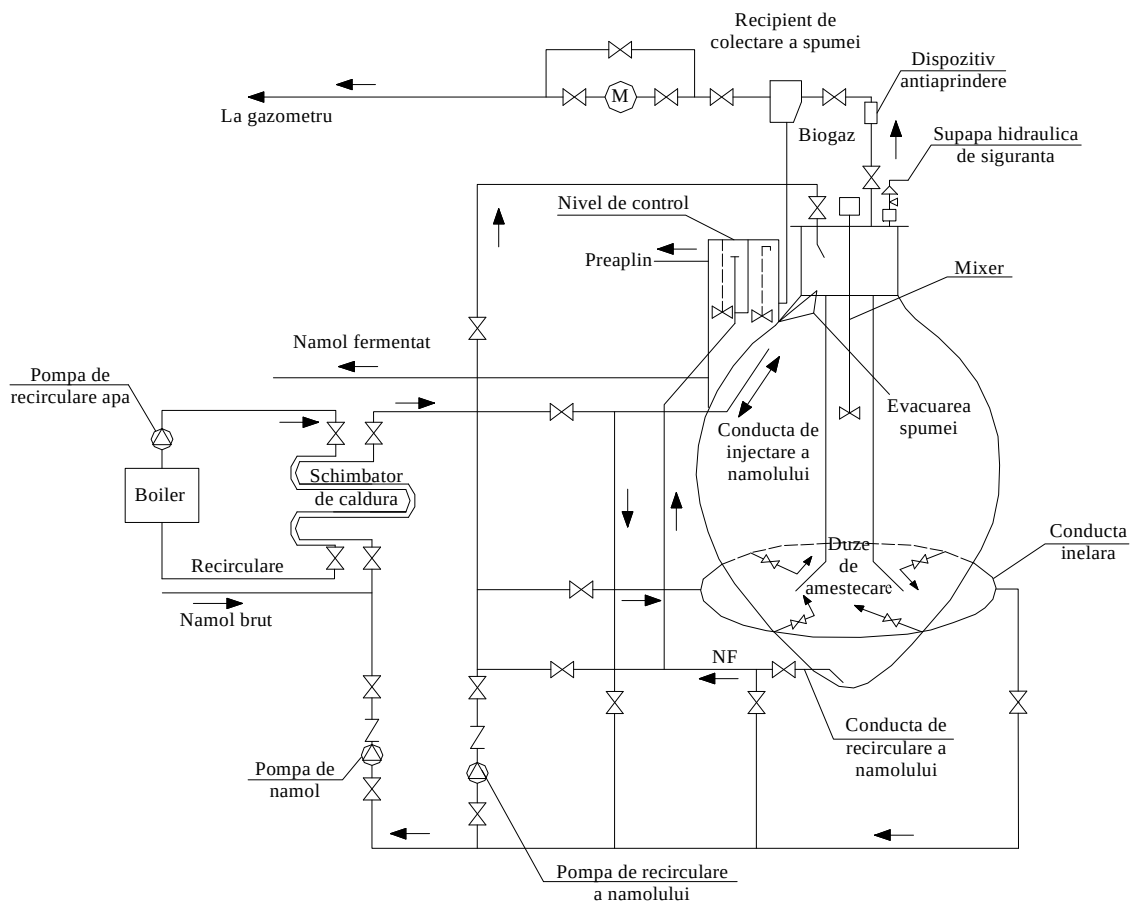


Figura 9.22. Rezervor de fermentare anaerob de formă ovoidală.

9.7.1.2.4 Alte elemente tehnologice ale rezervoarelor de fermentare anaerobe

Proiectele pentru rezervoarele de fermentare anaerobe a nămolului pentru stații de epurare peste 100.000 L.E. vor lua în considerație adoptarea unor soluții tehnologice de firmă pentru:

- soluția cu RF în două faze: termofilă – mezofilă;
- soluția recirculării biogazului pentru asigurarea unui amestec eficient al volumului rezervorului;
- soluția construcției RF cuplate cu rezervor de stocare biogaz la partea superioară;

Analize opționale vor avea la bază:

- costuri de investiție: lei/kg s.u. redusă;
- volume minime de nămol evacuate din stația de epurare: kg s.u./LE an;

- consumuri energetice minime pentru ansamblul procesării nămolurilor în stația de epurare: kWh/kg s.u.an;

9.7.2 Stabilizarea aerobă

Stabilizarea aerobă reprezintă tehnologia de oxidare a substanțelor organice biodegradabile și reducerea organismelor patogene prin procese biologice, aerobe. Procesul de stabilizare aerobă este un proces de epurare biologică cu peliculă în suspensie.

Obiectivele proceselor de stabilizare aerobă:

- producerea de nămol stabil prin oxidarea substanțelor organice biodegradabile;
- reducerea masei și a volumului;
- reducerea organismelor patogene și condiționarea pentru prelucrarea ulterioară.

Procesul de stabilizare aerobă implică costuri mari pentru energie asociate cu energia necesară pentru transferul oxigenului.

Dezavantaje: eficiența redusă a proceselor în timpul perioadelor reci, incapacitatea de a produce un produs secundar folositor – biogaz.

În timpul proceselor de stabilizare, țesutul celular este oxidat aerob în dioxid de carbon, apă și amoniac sau nitrați. Deoarece procesele de oxidare aerobă sunt exoterme, în timpul reacțiilor are loc o eliberare de căldură. Deși procesele de stabilizare teoretic ar trebui realizate în totalitate, de fapt doar 75 – 80% din țesutul celular este oxidat. Ce rămâne, în proporție de 20 – 25%, este compus din componente inerte și componente organice ce nu sunt biodegradabile.

Procesul de stabilizare aerob, implică două etape: oxidarea directă a materiei biodegradabile și oxidarea materialului celular. Aceste procese sunt descrise de ecuațiile de mai jos:



Reacția din cea de a doua ecuație este un proces de respirație endogenă și este reacția predominantă ce are loc în sistemul de stabilizare aerob.

Datorită necesității menținerii procesului în faza de respirație endogenă, nămolul activ în exces se stabilizează. Includerea nămolurilor primare în proces poate influența reacția totală, deoarece ele conțin puțin material celular. Majoritatea materialului organic din nămolul primar constituie o sursă de hrană externă pentru biomasa activă conținută în nămolul biologic. Este

necesar un timp de retenție mare pentru a se acomoda metabolismul și dezvoltarea celulară ce trebuie să se petreacă înainte de atingerea condițiilor de respirație endogenă.

9.7.2.1 Dimensionarea tehnologică

Determinarea volumului, calității, umidității și caracteristicilor nămolului se face pe baza bilanțului de substanțe pe linia nămolului (§ 9.4.7.5).

Reducerea substanțelor volatile (organice) variază între 35 – 50% (procent numit limita tehnică de stabilizare) din cantitatea materiilor solide în suspensie ce sunt obținute în timpul procesului de stabilizare aerobă.

Temperatura de funcționare a sistemului de stabilizare aerobă este un parametru critic din cadrul procesului. Un dezavantaj frecvent al procesului aerob este variația în eficiența procesului rezultată din schimbările temperaturii de funcționare. Schimbările temperaturii de funcționare sunt apropiate de temperatura mediului ambiant, deoarece majoritatea sistemelor de stabilizare aerobă folosesc rezervoare deschise.

Reacțiile biologice ce au loc în timpul procesului de stabilizare aerobă necesită oxigen pentru respirația materialului celular din biomasa activă iar în cazul amestecului cu nămol primar, oxigenul necesar transformării materialul organic în material celular. În plus, funcționarea corespunzătoare a sistemului necesită un amestec adecvat al conținutului pentru a asigura un contact corespunzător al oxigenului, materialul celular și materialul organic ce constituie sursa de hrană

Volumul necesar sistemului de stabilizare aerobă este guvernat de timpul de retenție necesar pentru reducerea dorită a substanțelor volatile (organice). Timpul de retenție necesar pentru a reduce 35 – 50% din substanțele volatile (organice), variază între 10 și 12 zile la o temperatură de funcționare de aproximativ 20°C. Timpul de retenție total necesar este dependent de temperatură și de biodegradabilitatea nămolului: crește la 15 – 16 zile când temperatura scade sub 20°C.

Volumul stabilizatorului de nămol se determină pe baza următorilor parametrii tehnologici de dimensionare:

- Încărcarea organică a bazinului:

$$I_{oSN} = \frac{N_o}{V_{SN}} = 1,5 \dots 3 \text{ (kg s. o./m}^3 \text{ SN, zi)} \quad (9.61)$$

- Cantitatea de nămol stabilizat:

$$N_s = (l - l_s) \cdot N_o + N_m \quad (\text{kg/zi}) \quad (9.62)$$

unde:

I_{oSN} – încărcarea organică a stabilizatorului de nămol, (kg s.o./m³ SN, zi);

$l_s = 35 - 50\%$ - limita tehnică de stabilizare;

N_s – cantitatea zilnică de nămol stabilizat, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

$N_o = (\epsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță organică conținută în nămolul influent în stabilizatorul de nămol, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

ϵ - coeficient de reducere, (%);

$N_m = (1 - \epsilon) \cdot N_{inf}$ – cantitatea zilnică de substanță minerală conținută în nămolul influent în stabilizatorul de nămol, exprimată în substanță uscată, (kg/zi);

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent în stabilizatorul de nămol, exprimată în substanță uscată, (kg s.u./zi);

- Timpul de stabilizare:

$$T_s = \frac{V_{SN}}{V_{ninf}} = 6 \dots 16 \quad (\text{zile}) \quad (9.63)$$

- Volumul stabilizatorului de nămol:

$$V_{SN} = T_s \cdot V_{ninf} \quad (\text{m}^3/\text{zi}) \quad (9.64)$$

unde:

V_{ninf} – volumul de nămol influent în stabilizatorul de nămol calculat în bilanțul de substanțe pe linia nămolului (§9.4.7.5), (m³/zi);

- Cantitatea de oxigen necesară procesului de stabilizare aerobă din formula:

$$O_n = i_{on} \cdot N_o \quad (\text{kg O}_2/\text{zi}) \quad (9.65)$$

$$i_{on} = (0,15 \dots 0,3) \quad (\text{kg O}_2/\text{kg s. o.}) \quad (9.66)$$

unde:

N_o – definit anterior;

i_{on} – consumul de oxigen în faza endogenă, în (kg O₂/kg s.o.).

- Capacitatea de oxigen necesară:

$$\overline{CO_{nec}} = 2 \cdot O_n \quad (\text{kg O}_2/\text{zi}) \quad (9.67)$$

$$Q_{Naer}^{nec} = \frac{\overline{CO_{nec}} \cdot 10^3}{24 \cdot c'_o \cdot H_i} \quad (\text{N m}^3\text{aer/h}) \quad (9.68)$$

unde:

c'_o - capacitatea specifică de oxigenaere, (g O₂/N m³ aer, m adâncime insuflare);

Q_{Naer}^{nec} - debitul de aer necesar în condiții standard, (N m³ aer/h);

Suflantele necesare procesului se aleg în funcție de debitul necesar de aer în condiții normale și înălțimea de insuflare, ținându-se cont de pierderile de sarcină:

$$H_t = H_i + \sum h_{ri} \text{ (m)} \quad (9.69)$$

unde:

H_i – adâncimea de insuflare, (m);

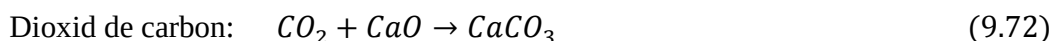
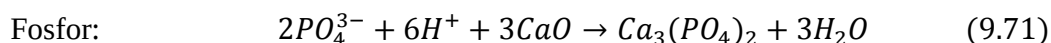
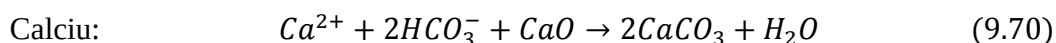
$\sum h_{ri}$ – suma pierderilor de sarcină liniare și locale , (m);

9.7.2.2 Stabilizarea cu var

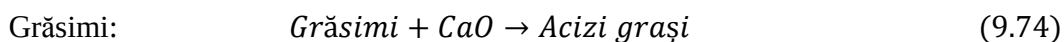
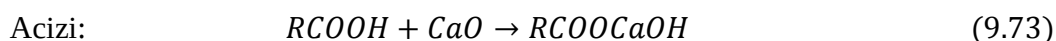
Stabilizarea cu var se asigură prin menținerea unui pH la un nivel ridicat pentru o perioadă suficientă de timp pentru inactivarea populației de microorganisme a nămolului. Procesul poate face ca virușii, bacteriile și alte microorganisme să devină inactive.

Procesul de stabilizare cu var implică o gamă largă de reacții chimice ce transformă compoziția chimică a nămolului. Următoarele ecuații indică tipurile de reacții care au loc:

- Reacțiile cu constituenții anorganici includ:



- Reacțiile cu constituenții organici includ:



Adăugarea de var crește pH-ul nămolului. Dacă este adăugat prea puțin var, pH-ul scade și reacțiile nu au loc. Este necesar var în exces.

Activitatea biologică produce compuși ca dioxidul de carbon și acizi organici care reacționează cu varul. Dacă activitatea biologică din nămolul ce urmează a fi stabilizat nu este înhibată suficient, vor fi produse aceste componente, reducând pH-ul și rezultând o stabilizare inadecvată.

Adăugarea varului la nămol, în reacțiile inițiale cu apa se formează varul hidratat. Această reacție este exotermă și eliberează aproximativ 15.300 cal/g.mol. Reacția dintre varul stins și dioxidul de carbon este, de asemenea, exotermă, eliberând aproximativ 43.300 cal/g.mol.

Aceste reacții pot avea ca rezultat o creștere substanțială a temperaturii, în special la turtele de nămol cu un amestec scăzut al conținutului; aceste temperaturi pot fi suficiente pentru a contribui la reducerea agenților patogeni din timpul stabilizării cu var; se impune efectuarea de teste “in situ” pentru stabilirea dozelor de var.

9.8 Deshidratarea nămolurilor

Deshidratarea este procedeul prin care nămolul își reduce umiditatea și corespunzător volumul astfel încât să poată fi manipulat cu ușurință și valorificat sau reintrodus în mediu.

În practică se utilizează două tipuri de procedee de deshidratare:

- naturale;
- mecanice.

9.8.1 Deshidratarea naturală

Materiile solide conținute în nămol sunt separate de faza lichidă (supernatant) prin procedee fizice: filtrarea (drenarea) și evaporația. Deshidratarea naturală se realizează, de regulă pe platforme (paturi) de uscare.

Constructiv platformele de uscare se clasifică în:

- platforme de uscare convenționale, cu pat de nisip;
- platforme de uscare cu radier pavat;
- platforme de uscare cu radier din materiale artificiale;
- platforme de uscare cu vacuumare;
- platforme de uscare cu energie solară;

Parametrii de dimensionare ai platformelor de uscare:

- Încărcarea cu substanță uscată a platformelor de uscare (I_{SU}), reprezintă cantitatea de materii solide din nămol care încarcă o suprafață de 1 m² de platformă, în timp de un an conform relației:

$$I_{SU} = \frac{N_{inf} \cdot 365}{A_o^{PU}} \quad (\text{kg s. u./m}^2, \text{an}) \quad (9.75)$$

unde:

N_{inf} – cantitatea zilnică de nămol influent deshidratat, exprimat în substanță uscată, (kg s.u./zi);

A_o^{PU} – aria orizontală a platformelor de uscare, (m^2).

Valorile sunt date în funcție de tipul nămolului ce trebuie deshidratat în tabelul 9.17.

Tabel 9.17. Valori ale I_{SU} .

Nr. crt.	Tip de nămol	Suprafața (m^2/LE)	Încărcarea anulă cu substanță uscată (kg s.u./ m^2 ,an)
0	1	2	3
1	Nămol primar fermentat	0,1	120 – 150
2	Nămol fermentat din nămol primar cu nămol biologic de la filtrele percolatoare	0,12 – 0,16	90 – 120
3	Nămol fermentat din nămol primar cu nămol în exces	0,16 – 0,23	60 – 100
4	Nămol fermentat din nămol primar cu nămol rezultat în urma precipitării chimice	0,19 – 0,23	100 – 160

9.8.2 Deshidratarea mecanică

La deshidratarea mecanică se folosesc utilaje proiectate pentru a separa partea solidă de partea lichidă a nămolului. Procesele fizice prin deshidratarea mecanică sunt: filtrarea, stoarcerea, acțiunea capilară, separarea prin centrifugare și compactarea. Utilajele folosite sunt: centrifugele, filtrele cu bandă, filtrele presă, filtrele cu vacuum, filtru presă cu șneac (șurub).

9.8.2.1 Deshidratarea prin centrifugare

O prezentare mai detaliată a centrifugelor a fost făcută la § 9.6.3.

În centrifuge, forțele aplicate pot fi de la 500 până la 3.000 de ori forța gravitațională. Rezultatele separării prin forțele centrifuge conduc la migrarea materiilor solide în suspensie prin lichid spre sau în afara axei de rotație a centrifugei, migrare ce depinde de diferența de densitate dintre faza lichidă și cea solidă.

Eficiențele de îndepărtare a materiilor solide pentru diferite tipuri de nămol la centrifugele folosite în procesul de deshidratare sunt prezentate în tabelul 9.18.

Tabel 9.18. Eficiența de îndepărtare a materiilor solide.

Tip de nămol	Materii solide din turta de nămol (%)	Eficiența de îndepărtare a materiilor solide (%)	
		Fără reactivi chimici	Cu reactivi chimici
0	1	2	3
NETRATAT			
Primar	25 – 35	75 – 90	85 – 90
Primar și biologic rezultat de la filtrele percolatoare	20 – 25	60 – 80	85 – 90
Primar și activ	12 – 20	55 – 65	75 – 90
NĂMOL ÎN EXCES			
Rezultat de la filtrele de precolatoare	10 – 20	60 – 80	80 – 90
Rezultat din procese biologice cu nămol active ce utilizează aer	5 – 15	60 – 80	70 – 90
FERMENTAT PE CALE ANAEROBĂ			
Primar	25 – 35	65 – 80	80 – 90
Primar și biologic rezultat de la filtrele percolatoare	18 – 25	60 – 75	80 – 90
Primar și activ	15 – 20	50 – 65	80 – 90
STABILIZAT PE CALE AEROBĂ			
În exces	8 – 10	60 – 75	80 – 90

9.8.2.2 Deshidratarea cu filtre bandă

Nămolul este deshidratat în etape urmărind trei faze de funcționare: condiționarea chimică, drenarea gravitațională până la atingerea unei consistențe determinate și compactarea în zona de presare. Figura 9.23 prezintă schema unui filtru cu bandă.

Condiționarea chimică cu polimeri organici este des utilizată, pentru deshidratarea gravitațională și deshidratarea sub presiune de către filtrele cu bandă. Polimerul este adăugat într-un bazin separat, localizat în amonte de presă sau este injectat direct în conducta de alimentare. Amestecarea corespunzătoare a nămolului influent cu polimerul este esențială în funcționarea filtrelor cu bandă.

Exercitarea forțelor de presiune și comprimare se realizează între două benzi filtrante.

Variabila care influențează eficiența filtrelor cu bandă: caracteristici nămol, metoda și tipul condiționării chimice, presiunea aplicată, configurația utilajelor, sistemele de drenare gravitaționale și viteza benzilor.

Eficiențele presării cu filtre cu bandă indică variații semnificative în capacitatea de deshidratare a diferitelor tipuri de nămoluri, presarea, în mod normal, este capabilă să producă deshidratarea turtelor la un conținut al materiilor solide de 18 – 25% pentru amestecul de nămol primar cu cel biologic. În tabelul 9.19 sunt indicate performanțele unui filtru cu bandă.

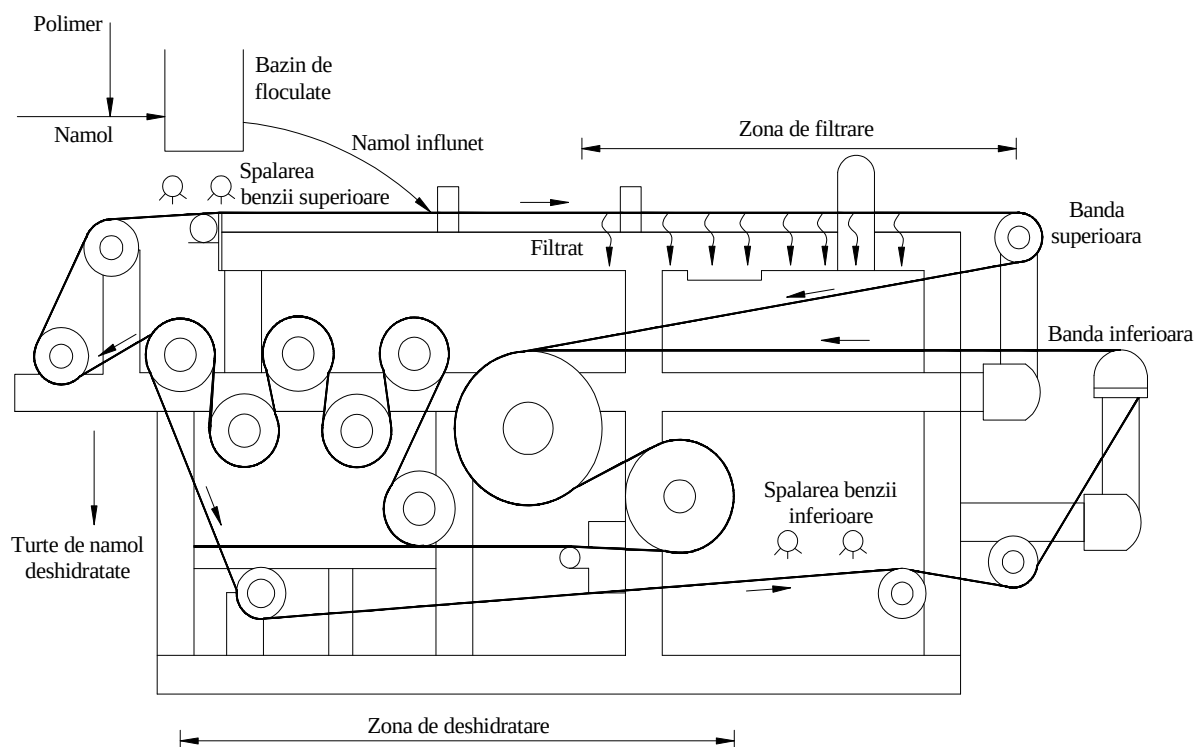


Figura 9.23. Filtru bandă.

Tabel 9.19. Încărcări, eficiențe filtre bandă.

Tip de nămol	Materii solide (%)	Încărcarea pe m de lățime de bandă (%)		Doze polimer la materii solide din nămol (g/kg)	Materii solide (%)	
		dm ³ /s,m	kg/h,m		Uzual	Domeniul de variație
0	1	2	3	4	5	6
Primar brut	3 – 7	1,8 – 3,2	360 – 550	1 – 4	28	26 – 32
Activat în exces	1 – 4	0,7 – 2,5	45 – 180	3 – 10	15	12 – 20
Primar + Activ în exces (50 : 50)	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	2 – 8	23	20 – 28
Primar + în exces (40:60)	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	2 – 10	20	18 – 25
Primar + nămol de la filtrele precolatoare	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	2 – 8	25	23 – 30
Fermentat anaerob						
Primar	3 – 7	1,3 – 3,2	360 – 550	2 – 5	28	24 – 30
Activat în exces	3 – 4	0,7 – 2,5	45 – 135	4 – 10	15	12 – 20
Primar + Activ în exces	3 – 6	1,3 – 3,2	180 – 320	3 – 8	22	20 – 25

Tip de nămol	Materii solide (%)	Încărcarea pe m de lăţime de bandă (%)		Doze polimer la materii solide din nămol (g/kg)	Materii solide (%)	
		dm ³ /s,m	kg/h,m		Uzual	Domeniul de variaţie
Fermentat aerob						
Primar + Activ în exces, neconcentrat	1 – 2	0,7 – 3,2	135 – 225	2 – 8	16	12 – 20
Primar + Activ în exces, concentrat	4 – 8	0,7 – 3,2	135 -225	2 – 8	18	12 – 25
Nămol active în exces cu însuflare de oxigen	1 – 3	0,7 – 2,5	90 – 180	4 – 10	18	15 – 23

Evaluarea corectă a eficienţei filtrului cu bandă la un tip de nămol se efectuează pe o unitate pilot. Datele din testele pilot, includ încărcarea hidraulică şi încărcarea cu materii solide, tipul polimerului şi dozele, procentul de materii solide şi reţinerea materiilor solide.

Dozarea polimerului şi regimul de alimentare al maşinii trebuie să fie optimizate cu maşina. Testele rezistenţei specifice şi a timpului de sucţiune capilară pot fi folosite pentru a compara caracteristicile filtrării a diferitelor tipuri de nămol şi pentru a determina optimul necesar în coagulare.

Evalueare performanţelor filtrelor cu bandă se realizează luând în considerare cantitatea şi calitatea filtratului şi a apei de filtrare şi efectele lor asupra sistemului de epurare a apelor uzate.

9.8.2.3 Deshidratarea cu filtre presă

Sistemul de filtre presă produce turte care sunt mult mai bine deshidratate până la 65% umiditate. Filtrele presă se pot adapta la caracteristicile variabile ale materiilor solide, au o fiabilitate bună, necesar de energie comparabil cu alte tipuri de sisteme.

Dezavantajele filtrelor presă sunt costurile de investiţie ridicate, aderenţa turtelor pe filtru, necesitatea îndepărtării manual şi costuri relativ ridicate de funcţionare şi întreţinere.

Filtrele presă sunt eficiente din punct de vedere al costurilor când turtelile trebuie incinerate. Conţinutul ridicat de substanţe uscate al turtelor rezultate de la filtrele presă sunt combustibile la incinerare şi se reduce necesarul de combustibil.

Filtrul presă conţine un număr de panouri fixate pe un cadru ce asigură aliniamentul; aceste sunt presate între capătul fix şi cel mobil (fig.9.24) .Un dispozitiv presează şi menţine închise panourile, în timp ce influentul este pompat în interiorul preseii printr-un orificiu de admisie la o presiune cuprinsă între 7 bar şi 15 bari.

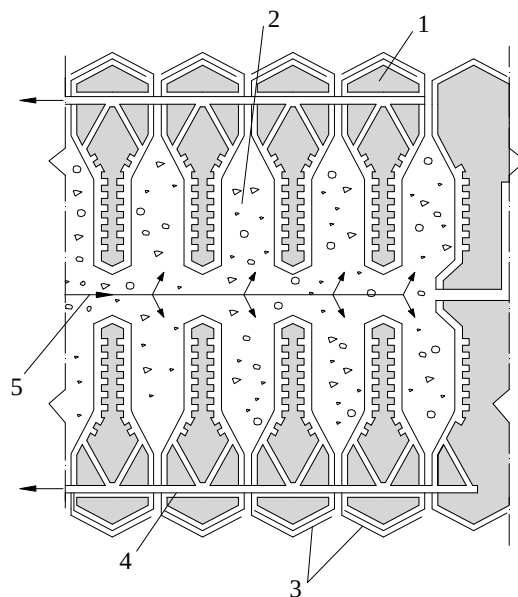


Figura 9.24. Schema filtrului presă.

1 – plăci încastrate; 2 – cameră de filtru; 3 – filtru de pânză;
4 – conducte interne de evacuare nămol; 5 – orificii.

Etapele filtrării

Filtrul presă lucrează utilizând mai multe tipuri de procedee de presare. Fiecare procedeu cuprinde etapele:

- 1) **Închiderea preseii:** atunci când filtrul este gol, capătul mobil acționat de un cilindru, fixează plăcile una peste alta; presiunea de închidere este ajustată automat pe durata perioadei de presare pentru asigurarea încastrării plăcilor;
- 2) **Admisia nămolului:** este o etapă scurtă (max 10 minute); o pompă dozatoare umple camerele de filtrare cu nămol; timpul de admisie selectat depinde de filtrabilitatea nămolului (dacă acesta este ușor filtrabil timpul de admisie va fi mai scurt);
- 3) **Filtrarea :** o dată ce au fost umplute camerele cu nămol, debitul de nămol influent (ce continuă să alimenteze filtrul) impune o creștere a presiunii datorată formării unui strat de nămol pe plăcile filtrului; presiunea maximă de filtrare este atinsă într-o perioadă de 30 – 45 minute; procesul de filtrare poate dura între 1 – 5 ore depinde de înălțimea camerei și de filtrabilitatea nămolului; Când este oprită pompa, aerul comprimat este utilizat pentru drenarea supernatantului ; Etapa de filtrare este oprită de un cronometru (programat pentru perioada de presiune maximă) și atunci când filtratul îndeplinește o încărcare pe suprafața de filtrare după cum urmează:

- Condiționat cu polimer: $5 - 10 \text{ l/m}^2, \text{h}$;

- Condiționat cu reactivi mineraali: 10 – 20 l/m²,h;
- 4) **Deschiderea ramei:** capătul mobil este retras astfel ca prima cameră de filtrare să se deschidă; turta de nămol alunecă sub greutate proprie; un sistem mecanizat va trage fiecare turtă individual; pentru un filtru cu 100 de camere, perioada de descărcare a turtelor de nămol va fi între 15 – 45 minute; această etapă trebuie supravegheată deoarece, datorită condiționării chimice a nămolurilor, turtele de nămol pot fi lipicioase și greu de îndepărtat de pe plăcile filtrului;
- 5) **Etapă de curățare:** curățarea plăcilor filtrului; această spălare se face la fiecare 10 – 15 cicluri de filtrare în cazul nămolurilor condiționate cu polimeri și la fiecare 30 – 40 de cicluri în cazul condiționării cu reactivi minerali; instalațiile de spălare pot funcționa nesupravegheate în cazul unităților de deshidratare de capacitate mare; perioada de spălare este de 2 – 3 ore; în cazul utilizării unei cantități mari de var pentru condiționare, plăcile filtrului trebuie curățate la fiecare 500 de cicluri cu soluție HCl 5 – 7 %.

Consumul energetic al unui filtru – presă este redus: 25 – 35 kWh/t s.u.

În tabelul următor se indică eficiența filtrelor presă.

Tabel 9.20. Eficiența filtrelor presă.

Nr. crt.	Tipul de nămol	Concentrația (% s.u.)	Raportul FeCl ₃ /s.u. (%)	Polimer (kg /t s.u)	Conținutul de s.u (%)	Durata ciclului ¹⁾ (h)
0	1	2	3	4	5	6
1	Nămol de la stabilizare aerobă	4 – 5	2 – 5	5 – 7	25 – 29	3 – 4
2	Nămol proaspăt de la SE cu raportul np/nb = 70/30	4,5 – 6	2 – 3	3 – 4	33 – 36	2 – 3
3	Nămol proaspăt de la SE cu raportul np/nb = 50/50	4 – 5	3 – 4	5 – 6	30 – 34	2,5 – 3,5
4	Nămol fermentat de la SE cu raportul np/nb = 50/50	3 – 4	4 – 5	3 – 4	30 – 34	3 – 4

- 1) Pentru o turtă de 30 mm grosime;

np – nămol primar;

nb – nămol biologic;

Dimensionarea filtrelor presă

Date de bază:

- cantitatea de suspensii solide (nămol și reactivi de condiționare): $M = \text{kg s.u./zi}$;
- ciclul de funcționare (T) necesar pentru a decide numărul de cicluri K care să pot fi utilizate zilnic;
- substanțe uscate medii în conținutul turtei; S_F (% s.u.).

Capacitatea totală a camerelor de filtrare:

$$V_T = \frac{M}{K \cdot S_F \cdot \rho_d} \quad (\text{dm}^3) \quad (9.76)$$

unde:

M , S_F , K – definite anterior;

ρ_d – densitatea turtei, (kg/dm^3);

Schema tehnologică pentru deshidratarea cu filtre presă se prezintă în figura 9.25.

Tehnologia deshidratării nămolului din stația de epurare cu filtre presă se va adopta:

- în condițiile impuse pentru umiditatea nămolului livrat de stația de epurare la $w = 65 - 70\%$;
- cantități de nămol care să permită obținerea unor indicatori economici/energetici favorabili; $25 - 35 \text{ kWh/t ss}$.

În operarea filtrelor presă se impune asigurarea spălării la 10 – 15 cicluri în cazul condiționării cu polimer, 30 – 40 cicluri în cazul condiționării cu substanțe minerale. Durata unei spălări 3 – 4 h.

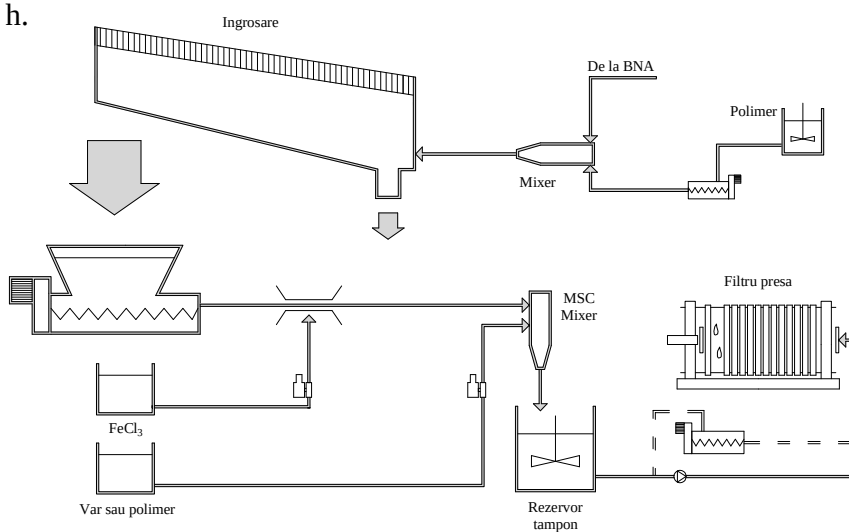


Figura 9.25. Tehnologia deshidratării cu filtre presă.

9.9 Tehnologii de prelucrare avansată a nămolurilor

9.9.1 Compostarea nămolurilor

Compostarea este o metoda biochimică de stabilizare a nămolurilor din apele uzate pentru a putea fi folosite ca produse de îmbunătățire a calității solurilor. Este un proces autoterm (50 – 70 °C), ce reduce agenții patogeni și produce material similar cu pământul natural. Un produs bine stabilizat prin compostare poate fi depozitat și are un miros aproape insesizabil. Compostarea este recomandată pentru utilizarea finală a produsului. Se poate folosi în agricultură, pentru controlul eroziunii solului, pentru îmbunătățirea proprietăților pământului și pentru recultivarea pământului și aceste obiective sunt atinse doar după ce se realizează reducerea agenților patogeni, maturarea și uscarea materialului compostat. Aproximativ 20–30 % din materiile volatile sunt transformate în dioxid de carbon și apă.

Procesul de compostare se poate desfășura în medii aerate sau în medii neaerate. Compostarea aerobă accelerează descompunerea materialului având ca rezultat creșterea temperaturii necesare distrugerii agenților patogeni și reduce cantitatea de gaze mirositoare ce rezultă în timpul procesului.

Pot fi compostate nămoluri brute, fermentate sau stabilizate pe cale chimică. Nămolurile stabilizate prin fermentarea aerobă sau anaerobă înainte de a fi compostate, pot duce la reducerea suprafeței de compostare cu 40%.

Factorii care stabilesc alegerea procesului de compostare sunt:

- producția zilnică de nămol;
- suprafața necesară desfășurării procesului;
- proprietățile nămolului, tipul proceselor și echipamentelor de prelucrare a nămolului utilizate în amonte;

9.9.1.1 Etapele procesului

Etapele procesului de compostare:

- 1) Amestecul nămolului cu materialul de umplutură;
- 2) Descompunerea, aerarea amestecului prin mijloace mecanice, prin insuflare de aer sau ambele;
- 3) Maturarea și depozitarea care permite desfășurarea fenomenului de stabilizare a nămolului și răcirea compostului;

4) Post-procesarea (sitarea pentru îndepărtarea materialului nebiodegradabil și mărunțirea acestuia);

5) Valorificarea.

O parte din produsul final este recirculat pentru o condiționare mai bună a amestecului format din nămol și material de umplutură.

9.9.1.2 Desfășurarea procesului

Procesul de compostare implică distrugerea complexă a substanțelor organice cu formarea de acid humic și compost.

Microorganismele implicate în procesul de compostare sunt bacteriile, actinomicetes și ciupercile. Bacteriile sunt responsabile pentru distrugerea unei părți semnificative de material organic. Inițial, la temperaturi mezofile ($< 40^{\circ}\text{C}$), ele metabolizează carbohidrații, zaharurile și proteinele. La temperaturi termofile (mai mari de 40°C), bacteriile descompun proteinele, lipidele, și fracțiunile de semiceluloză. Acestea sunt responsabile pentru energia produsă pentru încălzire.

Ciupercile sunt prezente atât la temperatură mezofilă cât și la temperatură termofilă. Activitatea lor este asemănătoare cu cea a actinomicetes. Ambele se găsesc pe părțile exterioare ale grămezilor compostate. În figura 9.26 se prezintă tipurile de bacterii și temperaturile corespunzătoare de acțiune.

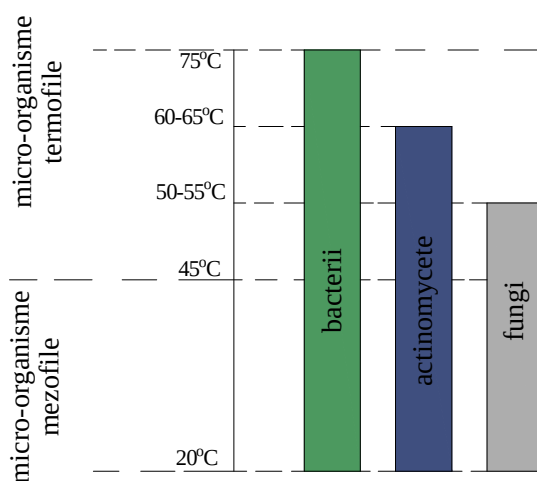


Figura 9.26. Microorganisme active în procesul de compostare.

Procesul de compostare cuprinde 3 etape de asociate cu temperatura: activitate la temperatură mezofilă, la temperatură termofilă și la temperatură scăzută (de răcire). În activitatea mezofilă, temperatura crește de la temperatura mediului ambiant până la 40°C, cu apariția de ciuperci și bacterii. În perioada termofilă temperatura crește până la 70°C, iar microorganismele existente sunt înlocuite cu bacterii termofile, actinomycete și ciuperci termofile. La temperatura termofilă are loc reducere semnificativă a substanțelor organice. Etapa de răcire este caracterizată prin reducerea activității microorganismelor și înlocuirea organismelor termofile cu cele mezofile. În această etapă are loc evaporarea apei din materialul compostat, stabilizarea pH-ului și formarea acizilor humici.

9.9.1.3 Balanța energetică

Căldura este generată de transformarea carbonului organic în dioxid de carbon și vapori de apă. Combustibilul provine din partea de substanțe volatile degradată rapid.

Căldura este disipată în timpul aerării și mixării materialului de compostat. Temperatura procesului nu va crește dacă pierderile de căldură depășesc temperatura generată de proces. Dacă raportul dintre cantitatea de apă evaporată și cantitatea de substanțe volatile reduse este mai mic de 8 – 10, trebuie să fie disponibilă suficientă energie pentru încălzire și evaporare. Dacă raportul depășește 10, amestecul va rămâne rece și umed. Această generalizare se bazează pe căldura de evaporare și nu se ia în considerare efectul mediului ambiant asupra evaporării și a suprafeței de răcire.

9.9.1.4 Raportul carbon/azot

Microorganismele folosesc carbon și azot în proporții fixate de către compoziția biomasei microbiene. Raportul ideal de carbon la azot variază între 25:1 și 35:1. Dacă raportul carbon/azot este mai mic de 25:1, excesul de azot va fi transformat în amoniac, având ca rezultat pierderea de nutrient și emisia de miros amoniacal. Dacă raportul depășește 35:1, materialul organic se va degrada din ce în ce mai încet și va rămâne activ în etapa de tratare.

Materialul de umplutură echilibrează conținutul de materii solide al amestecului, asigură o sursă suplimentară de carbon pentru a ajusta raportul carbon/azot și balanța energetică, și asigură integritatea structurală pentru a menține porozitatea amestecului. Materialul de umplutură poate fi constituit din resturi vegetale din agricultură (tulpini de floarea soarelui,

coceni de porumb, paie), deșeuri menajere orășenești, deșeuri animale, materiale rezultate de la prelucrarea lemnului.

Procesul cu grămadă statică aerată și unele procese ce au loc în bazine special amenajate necesită amestecuri cu o porozitate mare, pentru a putea fi aerate de către suflante la presiune mică.

Datorită materialului de umplutură, volumul produsului compostat este egal sau mai mare decât volumul turtelor deshidratate. Pentru un volum dat de materii solide, volumul de material ce trebuie compostat crește odată cu descreșterea procentuală a materiilor solide datorită volumului mai mare de amestec.

9.9.1.5 Controlul temperaturii și aerarea

Aerarea scade temperatura și vaporii de apă și aprovizionează cu oxigen microorganismele. În timp ce debitul de aer insuflat este crescut într-un sistem de aerare forțat, temperatura ce se acumulează scade și debitul de vaporii de apă evacuați crește. Amestecare rapidă eliberează căldură și vaporii de apă, și sporește de asemenea aerarea prin îmbunătățirea porozității. Fără o aerare suficientă, temperatura ce se acumulează poate depăși 70°C, ceea ce este în detrimentul activității microbiene. Temperatura optimă pentru degradarea substanțelor volatile variază între 40 – 50°C. Temperatura de 40 – 50°C este optimă pentru îndepărtarea vaporilor de apă, deoarece debitul ridicat de aer insuflat este necesar pentru a menține temperaturi scăzute pentru un proces cu activitate ridicată. Pentru a asigura reducerea agenților patogeni, temperatura trebuie să fie mai mare de 55°C pentru un timp specificat (2 săptămâni), funcție de tipul procesului de compostare.

9.9.1.6 Reducerea agenților patogeni

Organismele patogene ce se găsesc în apele uzate se împart în cinci grupe: bacteriile, virușii, protozoa cistic, viermii parazitari și ciuperci. Primele patru grupe sunt adesea denumite organisme patogene primare, deoarece ele pot îmbolnăvi persoanele sănătoase și pot genera diferite boli. Ultimul grup, ciupercile, sunt organisme patogene secundare deoarece ele doar infectează persoanele și pot crea probleme de respirație sau boli ale sistemului imunitar.

Temperatura ridicată este una dintre metodele de distrugere a agenților patogeni. Temperatura din interiorul grămezii de compostat poate să nu fie uniformă datorită variațiilor pierderilor de căldură, caracteristicilor de mixare și a debitului de aer. Compostarea în cazul în

care temperatura atinge pe cea termofilă, trebuie să elimine practic toate organismele patogene virale, bacteriene și parazitare. Unele ciuperci (*Aspergillus fumigatus*) sunt termo-tolerante și supraviețuiesc procesului de compostare.

9.9.1.7 Maturarea

Termenul de maturare se referă la transformarea componentelor rapid biodegradabile, a materialului organic și a materialului de umplutură în substanțe similare cu cele ale solului. Materialul compostat ce a fost insuficient maturat va genera miros în timpul depozitării și după umezire. Va împiedica germinarea prin generarea de acizi organici.

Termenul de stabilizare în compostare se referă la raportul de degradare microbiană a componentelor biodegradabile din amestec.

9.9.1.8 Uscarea

Vaporii de apă sunt îndepărtați în timpul compostării având loc o creștere a conținutului de materii solide din amestec de 40% – 55%. Uscarea este critică în procesele care includ sitarea deoarece sitele nu funcționează bine când materialul compostat are un conținut de materii solide mai mic de 50 – 55%. Uscarea are loc prin prevederea unei aerări suficiente și a unei agitări care să îndepărteze vaporii de apă.

Postj – procesarea este adesea utilizată pentru a realiza materialul compostat comercial. Dimensiunile particulelor din produsul final variază între 6 și 25 mm.

9.9.1.9 Elemente de proiectare a sistemelor de compostare

Următorii factori trebuie avuți în vedere:

- volumul total de material;
- greutatea totală a materiilor în stare umedă;
- conținutul de materii solide;
- conținutul de materii volatile din nămol;
- conținutul de materii volatile din materialul pentru compostat;
- umiditatea;
- cantitatea de material de umplutură necesară amestecului;

Procentul de materii solide din materialul pentru compostat trebuie să fie de aproximativ 40% pentru o compostare eficientă.

Tabelul 9.21 prezintă regulile de proiectare pentru procesele de compostare aerobă.

Tabel 9.21. Parametrii de proiectare pentru procesele de compostare aerobă.

Nr. crt.	Parametri	Observații
0	1	2
1	Tipul de nămol	Se compozează atât nămolurile neprelucrate cât și nămolurile fermentate; nămolurile neprelucrate emană gaze mirositoare; nămolul neprelucrat are o putere energetică mai mare, se degradează mult mai ușor și necesită mai mult oxigen.
2	Materialul de umplutură	Caracteristicile materialului de umplutură au efecte semnificative asupra procesului și asupra calității produsului rezultat.
3	Raportul carbon/azot	Raportul carbon/azot trebuie să varieze în intervalul 20:1 - 35:1. La raport scăzut are loc producerea de amoniac. Sursa de carbon trebuie verificată dacă este rapid biodegradabilă.
4	Substanțe volatile	Substanțele volatile ale amestecului pentru compostat trebuie să fie mai mare de 30% din conținutul total de materii solide. Nămolul deshidratat necesită de obicei adăugarea de material de umplutură pentru reglarea conținutului de materii solide.
5	Necesarul de aer	Aerul ce conține cel puțin 50% oxigen rămas trebuie să fie difuzat în materialului compostat pentru obținerea unor rezultate optime, în special în cazul sistemelor mecanice.
6	Umiditatea	Umiditatea amestecului nu trebuie să fie mai mare de 60% pentru grămezile statice sau cele amestecate și mai mică de 65% pentru compostarea în bazine închise.
7	Controlul pH-ului	pH-ul trebuie să varieze între 6 și 9. Pentru o descompunere aerobă optimă pH-ul trebuie să aibe valori cuprinse între 7 și 7,5.
8	Temperatura	Temperatura trebuie să ia valori cuprinse între 50 și 55°C pentru primele zile și 55 - 60°C pe restul perioadei de compostare. Dacă temperatura crește peste 65°C pentru o perioadă mai mare de timp, activitatea biologică va fi redusă.
9	Controlul agenților patogeni	Dacă procesul se desfășoară corespunzător, pot fi distruși toți agenții patogeni. Pentru aceasta trebuie menținută o temperatură cuprinsă între 60 și 70°C pentru o perioadă de 24 h.
10	Amestecarea	Materialul de compostat trebuie amestecat după un program stabilit în prealabil. Frecvența de amestecare va depinde de tipul compostării.
11	Metalele grele	Trebuie monitorizat conținutul de metale grele atât din nămolul de compostat cât și din materialul compostat pentru a se aprecia modul final de aplicare a compostului.
12	Problema amplasamentului	Factorii ce trebuie analizați pentru alegerea amplasamentului includ disponibilitatea zonei, condițiile climatice, disponibilitatea zonelor de tranzitare.

Soluțiile pentru compostarea nămolului există sunt: așezarea sub formă de grămezi statice aerate (fig. 9.27), așezarea în brazde (întoarse și aerate) și compostarea mecanică.

Compostarea prin dispunerea sub formă de grămezi aerate statice se realizează prin așezarea amestecului format din nămol și material de umplutură sub formă de grămezi de 2 – 2,5 m pe grătare alcătuite din conducte perforate. Un strat de material compostat și sitat cu rol de izolare, este adăugat peste movila cu material pentru compostare. Amestecul este compostat pentru o perioadă de 21 – 28 zile, după care urmează maturarea timp de 30 zile.

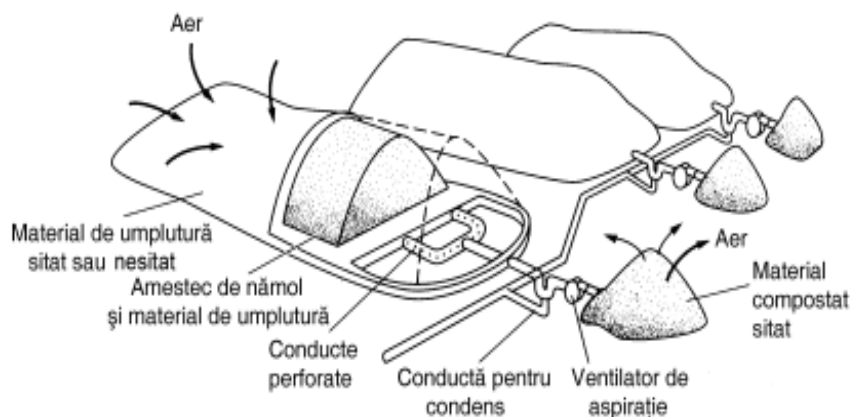


Figura 9.27. Dispunerea materialului pentru compostare sub formă de grămezi statice.

Cea de-a doua metodă de compostare o constituie dispunerea materialului sub formă de brazde de 1–2 m înălțime și o lățime la bază de 2–4,5 m. Brazdele sunt răsturnate și amestecate periodic în timpul procesului de compostare în vederea aerării mecanice. Se poate folosi aerarea mecanică. Perioada de compostare este de 21 – 28 zile, iar în această perioadă brazda cu materialul de compostare este răsturnată de cel puțin 5 ori ca temperatura menținută la 55°C. În timpul compostării condițiile aerobe sunt greu de menținut. Activitatea microbiană poate fi aerobă, anaerobă sau combinată, depinzând de cât de des sunt răsturnate și amestecate grămezile. Răsturnările sunt însoțite de emanarea de mirosuri neplăcute datorită condițiilor anaerobe. Uneori această compostare se face în spații acoperite sau chiar închise.

Compostarea mecanică în containere închise este însoțită de sisteme mecanice de control a mirosului, a temperaturii și a concentrației de oxigen. Aceste sisteme sunt eficiente, controlează mai bine mirosurile ce se degajă în timpul procesului de compostare, iar echipamentele necesită un spațiu mult mai redus.

În figura 9.28. se indică un exemplu de termocompostare cu biocontainere pentru 12.000 L.E:

- nămol deshidratat din BNA cu aerare prelungită (2.500 t/an);
- conținut SV (substanțe volatile): 14 %;
- volum maxim de nămol: 250 m³/lună;
- biocontainere: 30 m³, 12 unități;
- co-produse: resturi lemnoase, frunze, deșeuri verzi;
- control mirosuri: biofiltru.

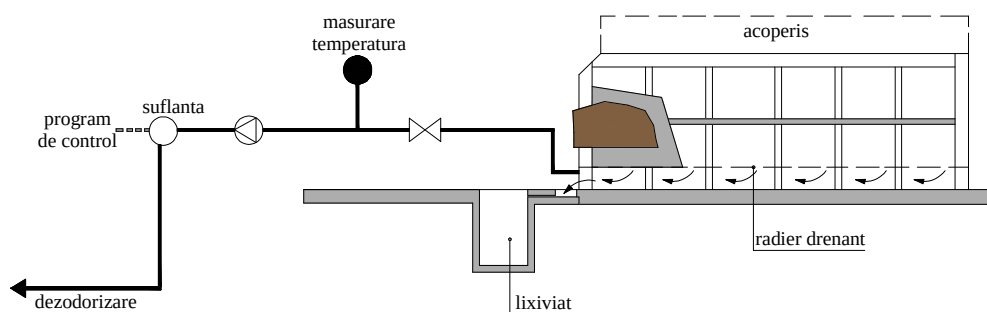


Figura 9.28. Schema compostare cu biocontainere.

9.9.2 Uscarea nămolurilor

Uscarea nămolului se realizează prin evaporarea apei și reducerea umidității la un conținut de substanță uscată superior la 35 – 40 %. Prin uscarea nămolului se reduc costurile de transport și depozitare prin obținerea unor volume de nămol reduse și distrugerea agenților patogeni și extinderea ariei de utilizare.

Turtele uscate de nămol pot fi utilizate ca material fertilizator sau pentru îmbunătățirea calității solului, pentru depozitarea prin împrăștierea pe pământ sau pentru incinerare.

Tehnologia uscării realizează eliminarea prin evaporare a apei interstițiale prezentă în nămoluri.

Uscarea poate fi:

- parțială: 10-30% umiditate;
- totală: conținut de apă 5-10%.

Uscarea este aplicată nămolurilor deshidratate; deshidratarea fiind un proces mai puțin costisitor comparativ cu uscarea.

Eliminarea apei interstițiale a unui nămol, într-o etuvă la $t^{\circ}\text{C} = \text{const.}$ prezintă două faze (fig. 9.29):

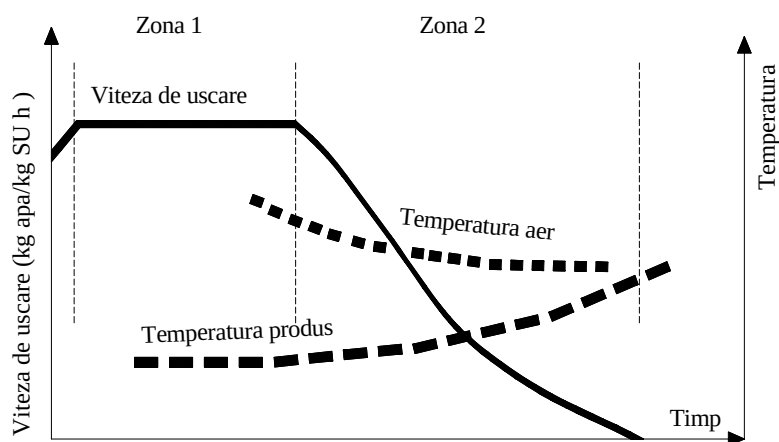


Figura 9.29. Fazele uscării nămolului.

Conform diagramei se pune în evidență:

- faza de uscare rapidă la viteză constantă (zona 1) în timpul căreia presiunea parțială a lichidului care se evaporă la suprafața materialului este egală cu presiunea vaporilor la temperatura considerată; se produce o migrare a apei la suprafață și se evacuează toată apa capilară;
- faza de uscare lentă (zona 2) care corespunde unei variații a presiunii vaporilor în profunzime provocată de gradientul de temperatură de la suprafață spre adâncime.

În materialele higroscopice unde umiditatea este dată esențial de forțele de adsorbție sau osmotice, uscarea este caracterizată de zona 2. Nămolurile din SE predeshidratate se încadrează în această categorie.

Uscarea poate fi:

- directă; nămolul se află în contact cu gazul de combustie;
- indirectă; aportul caloric se realizează prin suprafațe de schimb încălzite de vapori.

Uscătoarele sunt dimensionate în funcție de cantitatea de apă de evaporat.

Schema tehnologică a unei instalații de uscare se prezintă în figura 9.30.

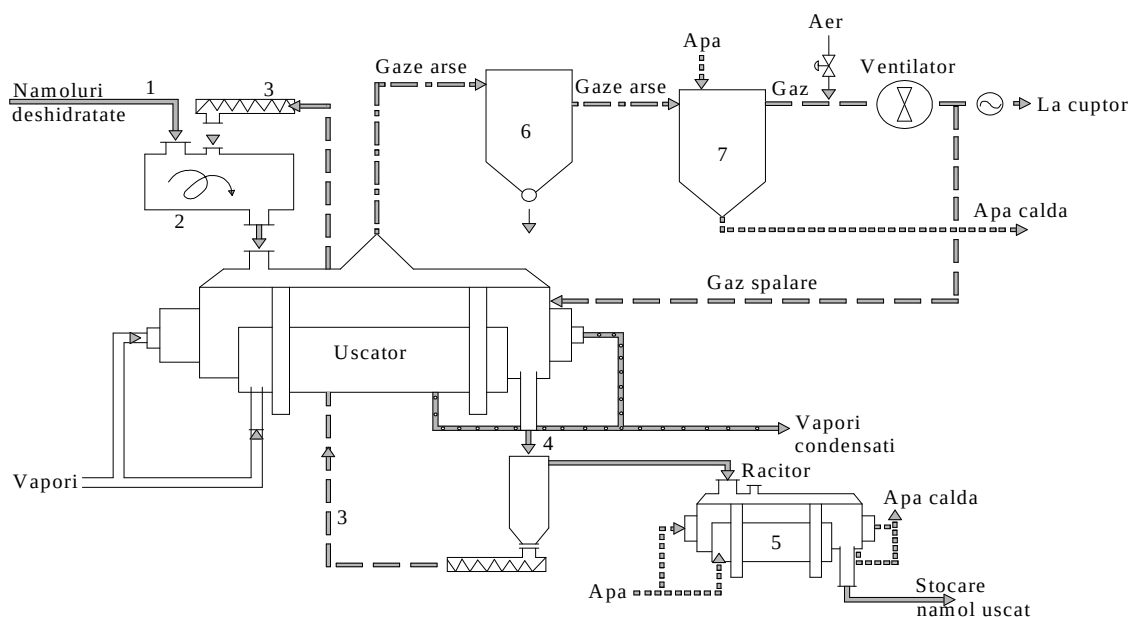


Figura 9.30. Schema instalație de uscare a nămolurilor.

- 1 – Nămol deshidratat influent; 2 – Sistem de amestec (șurub elicoidal);
 3 – Nămol uscat recirculat pentru eliminare aderență; amestecul: 40-50% umiditate;
 4 – Nămol uscat la 80-100 °C; 5 – Sistem de răcire cu apă;
 6 – Ciclon de separare particule; 7 – Turn de condensare.

Consumul de vapori: 1,3-1,5 kg/kg apă evaporat; 800-900 kcal/kg apă evaporat luând în considerație și pierderile; rata de evaporare/ m² de suprafață globală încălzită: 12-15 kg apă/m² h.

9.9.2.1 Uscătoare rotative tubulare

În figura 9.31 se prezintă schema tehnologică a uscării nămolului cu un uscător rotativ co-curent.

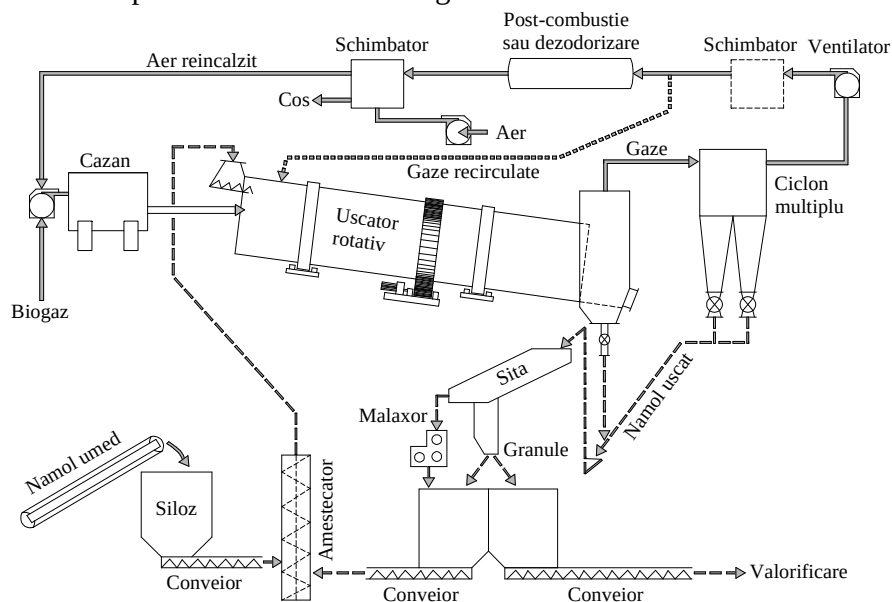


Figura 9.31. Schema tehnologică a uscării nămolului cu un cuptor rotativ co-curent.

Aceste tipuri de uscătoare sunt cele mai utilizate în tehnica uscării nămolurilor din SE.

Uscătoarele rotative sunt formate din:

- cilindri rotativi (1– 2,5 m diametru $L = 10$ m) echipați cu sisteme care să asigure curgerea lentă a nămolului în timpul uscării;
- alimentare cu gaze la 120 – 200 °C având praful eliminat în cicloane.

Randamentul acestor utilaje asigură evaporarea a 4–5 t de apă pe oră la tamburi de 2–2,5 m diametru.

9.9.2.2 Bilanțul termic

O instalație care consumă sau produce energie este reprezentată de un bilanț de căldură guvernat de legile termodinamicii; bilanțul exprimă relațiile între entalpiile influente și cele efluente. Bilanțul poate fi utilizat pentru calculul consumului de energie sau de emisii induse de către sistem precum și bilanțul de substanțe solide și volatile.

Entalpiile se definesc astfel:

- entalpii influente:
 - reacții exoterme bazate pe oxidarea produșilor procesați (combustia materiilor organice din nămol);
 - energiile recirculate din proces (în cazul incinerării, entalpia aerului încălzit);
 - energia obținută prin arderea combustibilului (cantitatea de combustibil/ $h \times$ valoarea calorică a combustibilului);
- entalpii efluente:
 - reacții endoterme date de sistem: energia latentă eliminată prin evaporarea apei conținute în nămol;
 - entalpie de la produșii reacției de descompunere a materiei influente în sistem; în cazul nămolurilor se referă la energiile obținute prin supraîncălzirea apei evaporate și a produșilor rezultați din combustia incompletă a nămolului;
 - entalpie de la produșii reacției de ardere a combustibililor utilizați în proces;
 - pierderile de energie ale sistemului; se utilizează ecuații clasice de transfer de căldură; pentru a simplifica lucrurile, aceste pierderi de energie (căldură) sunt acceptate la o valoare de 3% din suma entalpiilor efluente.

Bilanțul se realizează printr-o serie de iterații admitând:

- temperatura efluentă minimă a sistemului;
- cantitatea de oxigen liber din gazele evacuate de sistem (aer în exces).

Se aplică în cazul proceselor de incinerare sau piroliză când temperatura minimă admisă este 850°C și când concentrația de oxigen liber este de 6% în gazele uscate (echivalentul a 3 – 3,5 % în gazele umede).

Compoziția medie a SO a nămolurilor urbane este dată în tabelul următor.

Tabel 9.22. Compoziția nămolurilor urbane în substanțe organice.

Tip nămol	C%	H%	O%	N%
N. proaspete	56-62	7,9-8,7	26,5-29	3,5-6,8
N. fermentate	53-59	7,2-8,5	28-31	3-7

Puterea calorică specifică a nămolurilor: 4.500 – 6.000 kcal/kg SV.

Bilanțul termic reprezintă suma:

- termenilor pozitivi – cantitatea de căldură degajată de produsele combustibile și aportul produselor de ardere;
- termenilor negativi reprezentând cantitatea de căldură absorbită de produsele de combustie, evaporarea apei, cenuși și cuptor.

Formula generală:

$$(P + F) + \gamma(PV_B + FV_F) \cdot C_A \cdot T_P = \quad (9.77)$$

$$= (PV_G + FV_C) \cdot C_F \cdot T_C + (\gamma - 1) \cdot (PV_B + FV_B) \cdot C_A \cdot T_C + \frac{1 - S}{S} \Delta H_{H_2O} + 0,05 \cdot (P + F)$$

unde:

P – PCS – puterea calorică specifică a nămolurilor;

F – aportul caloric în combustibil;

γ – coeficient de exces de aer (ardere stoichiometrică $\gamma = 1$);

V_B – capacitatea de combustie a nămolurilor;

V_F – capacitatea de combustie a combustibilului;

C_A – căldură specifică aer;

T_P – temperatura aerului de combustie;

V_G – puterea fumigenă a nămolurilor;

V_C – puterea fumigenă a combustibilului;

C_F – căldura specifică a gazelor arse;

T_C – temperatura gazelor arse la ieșirea din reactor;

S – gradul de uscare al nămolului;

ΔH_{H_2O} – diferența entalpiei apei între 20 °C și T_C .

Simplificat bilanțul energetic se poate sintetiza astfel:

- Căldura influentă:

$$CI = (M_{SV} \times PCS) + [(EXA + V_{BV}) \times 0,242 \times T_P] \quad (9.78)$$

- Căldura efluentă:

$$CE = [0,301 \times T_C \times (M_{MS} + V_{BV} + M_{H_2O} + EXA)] + (M_{H_2O} \times 586) \quad (9.79)$$

- Pierderile termice:

$$PT = 10^{[5+(C_N/k)^{1/2}]} \quad (9.80)$$

Dacă:

$$CI < CE + PT - \text{necesar aport de combustibil exterior} \quad (9.81)$$

Dacă:

$$CI > CE + PT - \text{sistem autotermic} \quad (9.82)$$

unde:

M_{SV} – masa substanței volatile de incinerat kg SV/h;

PCS – puterea calorică specifică a SV (kcal/kg SV);

V_{BV} – capacitatea de combustie a SV în kg aer/h cf. expresiei:

$$V_{BV} = M_{SV} \times \frac{PCS}{1000} \times 1,405 \quad (9.83)$$

EXA – masa de aer în exces (kg aer/h)

$$EXA = \frac{(VGU + 1,244 M_{H_2O}) \cdot T_{O_2}}{(0,209 - T_{O_2})} \times 1,287 \quad (9.84)$$

T_{O_2} – conținutul de oxigen în gazele umede (ex. 7%; $T_{O_2} = 0,07$)

VGU – volum gaze umede în N m³/h;

$$VGU = V_{GV} \times 0,76 \quad (9.85)$$

V_{GV} – puterea fumigenă a SV în kg gaze arse/h;

M_{MS} – masa SU de incinerat (kg SU/h);

M_{H_2O} – masa de apă de evaporat (kg/h);

C_N – sarcina nominală a cuptorului (kg/h);

k – coeficient (35 – patfluidizat, 26 – piroliză, 29 – cuptoare etajate de piroliză)

Se precizează în manualele de specialitate:

- Pentru diferite tipuri de unități de incinerare limita domeniului de evaporare se află între valorile 5.000 – 7.500 kJ/kg apă (1.200 – 1.800 kcal/kg).
- Legislația europeană impune pentru gazele arse temperaturi de 700 – 900 °C și un conținut minim de oxigen care să asigure oxidarea totală a materiilor organice.

Aceste exigențe degradează bilanțul termic al unui cuptor și analizele se extind asupra:

- deshidratării prealabile a nămolurilor;
- recuperării căldurii din gazele arse indiferent de încărcarea cu praf.

Elemente componente ale unei tehnologii de uscare/incinerare (fig. 9.32)

a) Sistem alimentare cu nămol:

- bazin de stocare, compensare pentru reglarea debitelor influente;
- dotare opțională sistem de mărunțire, omogenizare.

Se utilizează: benzi rulante, conveyere cu șurub melcat, pompe de nămol.

b) Uscător/incinerator;

c) Sistem de ventilație:

- pentru gazul/aerul de uscare;
- pentru gazul/aerul de combustie;
- aer de fluidizare, de răcire;
- funcționare subpresiune/depresiune

d) Ansamblul de desprăfuire:

- sistemul ciclon pentru gazele parțial răcite
- sistemul umed cu pulverizare, venturi;
- sistemul electrostatic.

e) Evacuare cenuși:

- sistemul uscat în containere închise;
- sistemul hidraulic prin pomparea suspensiei la concentrații sub 200-300 g/dm³;
- sistemul umidificat în containere deschise.

În figura 9.32 este prezentată schema tehnologiei de incinerare a nămolului.

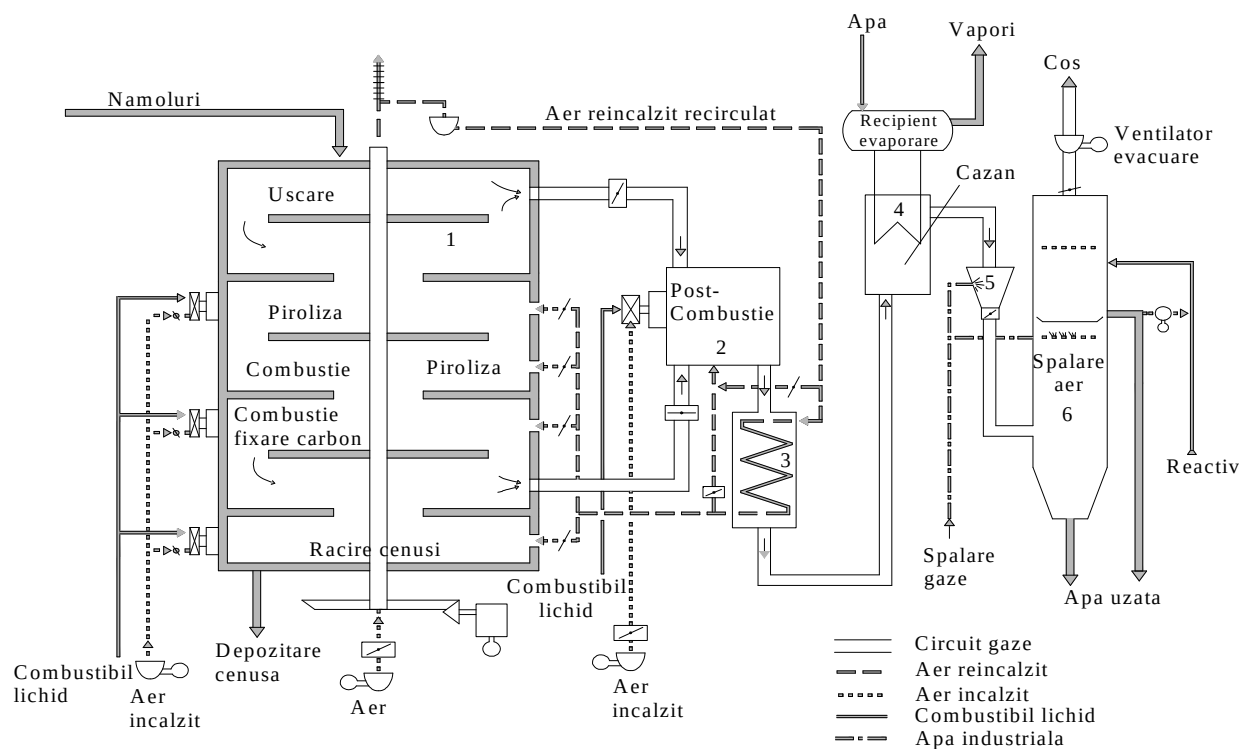


Figura 9.32. Schema tehnologiei de incinerare nămol.

1 – Cuptor etajat; 2 – Cameră postcombustie 750-900 °C; 3 – Schimbător termic gaze/aer;
 4 – Cazan de recuperare-furnizează vapori la 15 bar și asigură reducerea temperaturii gazelor la sub 300 °C;
 5, 6 – Ansamblu de spălare gaze.

9.9.2.3 Alegerea soluției de uscare/ incinerare a nămolurilor din stațiile de epurare

9.9.2.3.1 Elemente generale

Pentru fiecare stație de epurare sau grupuri de stații de epurare din cadrul unui Operator Regional se va elabora o strategie pe termen mediu și lung privind procesarea și valorificarea nămolurilor rezultate din stație.

Strategia de procesare și valorificare a nămolurilor va fi dezvoltată pe baza următoarelor criterii specifice:

- fiabilitate economică: costuri de investiție, energie încorporată;
- criterii tehnice: adoptarea celor mai bune soluții;
- criterii ecologice: influențe minime asupra mediului.

Strategia managementului nămolului va lua în considerație:

- Capacitatea de implementare; baza strategiei va fi dată de condițiile și resursele locale cu posibilitatea de adaptare la condițiile potențiale; se vor include utilizarea infrastructurii și resurselor existente pentru adoptarea uneia sau mai multor procese: utilizarea în agricultură direct sau prin producție de compost și/sau alte combinații cu agenții economici: fabrici de ciment, combinate petrochimice, centrale termoelectrice;
- Fiabilitatea; se obține din combinarea unor opțiuni multiple: unele vor fi dezvoltate pe termen mediu, altele vor fi implementate pe termen lung; este necesară crearea condițiilor pentru reorientarea viitoare, pe baza tendințelor tehnologice și modificării (completării) exigențelor de mediu;
- Impactul asupra mediului; nămolurile din SE vor fi considerate produse ale SEAU folosite ca materie primă în noi procese/produse;
- Riscul asupra sănătății umane; este necesară conformarea la normele și standardele naționale și europene pentru toată perioada de existență a proiectului;
- Costurile sociale: costurile de investiție și cele operaționale nu vor putea duce la creșterea semnificativă a tarifelor utilizatorilor sistemului de canalizare.

9.9.2.3.2 Mărima SEAU

a) Pentru SE care deserveșc $N < 10.000$ LE alegerea soluției de neutralizare a nămolurilor va lua în considerație utilizarea în agricultură direct sau prin biocompostare; se vor utiliza suprafețele, zonele apropiate amplasamentului astfel încât costurile de transport nu vor trebui să depășească 10% din costurile totale

b) Pentru SE care deserveșc 200.000 LE

Se vor asigura nămoluri produse cu minim 35% SU.

Opțiunile care vor fi luate în considerație sunt:

- utilizarea depozitelor ecologice regionale din zona amplasamentului SE;
- dezvoltarea/implementarea progresivă (de la 25% la 100%) a unei tehnologii de uscare care să asigure 70-75% SU; se va avea în vedere capacitatea de preluare a depozitelor ecologice;
- implementarea într-o perioadă de 20-25 ani a unui sistem de incinerare combinat cu procesul de uscare și cu asigurarea unei producții de materiale de construcții cu utilizarea materialului inert produs prin incinerare.

c) Pentru SE care deserveșc 50.000-150.000 LE

Soluția adoptată va avea la bază configurația situației locale:

- existența unor condiții favorabile pentru utilizarea în agricultură și/sau producția de biocompost;
- condiționări impuse de preluarea la depozitele de deșeuri ecologice;
- situații favorizante: combinarea cu centrale termo-electrice, fabrici de prelucrare materiale lemnoase; acestea pot conduce la costuri de investiție și operaționale competitive.

În tabelul 9.23 se prezintă în sinteză elementele care stau la baza alegerii scenariilor de valorificare a nămolurilor.

Tabel 9.23. Scenarii de valorificare a nămolurilor provenite de la SE

Nr. crt.	Scenariu	Aspecte operaționale	Costuri	Avantaje	Dezavantaje/Restricții	Costuri medii (€/tonă SU)
1.	Agricultură/sivicultură direct sau biocompost	– transport – împrăștiere nămol – verificarea calității nămolului – verificarea calității solului – tehnologia de împrăștiere nămol – depozitare temporară	– transport – împrăștiere nămol – testare nămol-sol – investiții privind tehnologia de împrăștiere	– Investiții reduse – Depozitarea unor volume mari de nămol – Conduce la creșterea valorii terenurilor – Refacerea terenurilor degradate – Reducerea utilizării îngrășămintelor chimice – Soluție pe termen mediu	– Disponibilitatea terenului – Siguranța redusă – Restricții date de compoziția solurilor (nutrienți, metale) – Monitorizarea continuă a calității solurilor, nămolurilor și produselor obținute – Dependența sezonieră și climatică – Efecte pe termen lung asupra solului și apelor subterane – Dependența de tipul culturilor	≈ 100,0
2.	Depozitarea nămolului de epurare la depozite ecologice	– transportul la unul sau mai multe depozite de deșeuri	– deshidratare $\geq 35\%$ SU – costuri operare instalație deshidratare – transport – depozitare	– Costuri de investiție scăzute – Depozitarea unor volume mari de nămol – Costuri relativ scăzute de operare – Posibilitatea utilizării imediate	– Directive viitoare de depozitare a deșeurilor – Dependența de capacitatea de depozitare – Reevaluare anuală – Reduce durata de operare a depozitului	≈ 25,0
3.	Uscare/incinerare	– utilaje complexe și sisteme de evitare risc poluare atmosferică – energie suplimentară	– cost instalație deshidratare/uscare – cost instalație de incinerare	– Soluție pe termen lung – Siguranța în proces – Reducerea cantităților de nămol – Recuperare energie – Reutilizarea cenușii – Se pot elimina procesele de fermentare – Recomandat managementul integrat cu deșeuri urbane	– Costuri de investiție mari – Emisii în atmosferă: necesare tehnologii performante – Necesitate evaluare regională – Eficiența energetică depinde de calitatea nămolului	70-100,0

9.9.2.3.3 Folosirea nămolurilor în agricultură

Limitările aplicării procesului se datorează, uneori, compoziției neadecvate a nămolului (existența metalelor grele), a dificultăților de a găsi un teren potrivit la o distanță nu prea mare de sursă.

Dacă azotul din azotat este aplicat în cantități mai mari decât poate fi absorbit de plante, azotul în exces poate contamina apele subterane și/sau de suprafață.

Căile de pătrundere a azotului în sol sunt diverse. Procesele care afectează formele de azot din sol sunt mineralizarea, nitrificarea, denitrificarea, fixarea, adsorbția, volatilizarea, schimbul de ioni, convecția, dispersia și preluarea de către plante.

Mineralizarea (conversia azotului organic la amoniac) se produce la viteze variabile în funcție de condițiile de climă și sol și de natura materiei organice, iar nitrificarea (oxidarea amoniacului la azotat) se produce relativ repede în solurile acide când temperaturile sunt favorabile. Pe de altă parte denitrificarea (transformarea azotului din azotat în azot gazos) are loc în lipsa oxigenului și când există sursă de carbon favorabilă desfășurării activității biologice.

Microorganisme utilizează o parte din azotul din sol pentru a sintetiza noi celule. Ionii de amoniu pot fi fixați de materia organică și de argilele cu silicați fiind protejate de atacul biologic. Volatilizarea amoniacului poate fi importantă la solurile cu pH ridicat.

Norme tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură

Aceste norme stabilesc condițiile de valorificare a potențialului agrochimic al nămolurilor provenite din epurarea apelor uzate, prevenirea și micșorarea efectelor nocive asupra solurilor, apelor, vegetației, animalelor, astfel încât să se asigure utilizarea corectă a acestora.

Concentrația de metale grele în solurile pe care se aplică nămoluri, concentrațiile de metale grele din nămoluri și cantitățile maxime anuale ale acestor metale grele care pot fi introduse în solurile cu destinație agricolă sunt prezentate în tabelele 9.24, 9.25 și 9.26.

Utilizarea nămolurilor atunci când concentrația unuia sau mai multor metale grele din sol depășește valorile maxime stabilite în tabelul 9.24 este interzisă.

Pe terenurile agricole se pot împrăști numai nămolurile al căror conținut în elemente poluante nu depășeșc valorile maxime prezentate în tabelul 9.25.

Cantitățile maxime admisibile de metale grele care pot fi aplicate pe sol pe unitatea de suprafață (ha) și an sunt prezentate în tabelul 9.26.

Respectarea reglementărilor menționate mai sus intră în atribuțiile autorităților competente la nivel teritorial, după cum urmează:

- autoritatea teritorială de mediu;
- autoritatea teritorială agricolă.

În atribuțiile acestora este întocmirea, anual, a unui raport de sinteză privind utilizarea nămolurilor în agricultură, cantitățile utilizate, pe tipuri și caracteristici ale nămolurilor, tipurile de sol și evoluția caracteristicilor acestora, dificultățile apărute, etc.

Tabel 9.24. Valorile maxime admisibile al concentrațiilor de metale grele în solurile pe care se aplică nămoluri (mg/kg SU într-o probă reprezentativă de sol cu un pH mai mare de 6,5)

Indicatorul	Valoarea maximă (C.M.A.) (mg/kg s.u)
Calciu	3
Cupru	100
Nichel	50
Plumb	50
Zinc	300
Mercur	1
Crom	100

Tabel 9.25. Concentrațiile maxime admisibile de metale grele din nămolurile utilizate pentru fertilizare în agricultură (mg/kg SU).

Indicatorul	Valoarea maximă (mg/kg s.u)
Cadmiu	10
Cupru	500
Nichel	100
Plumb	300
Zinc	2.000
Mercur	5
Crom	500
Cobalt	50
Arsen	10
AOX (suma compușilor halogenați)	500
HAP (hidrocarburi aromatice policiclice) – suma următoarelor substanțe: antracen, benzopiren, benzoantracen, benzofluorantren, benzoperilen, benzopiren, fluorantren, indeno (1,2,3) piren, naftalină, fenantren, piren	5
PCB (bifenoli policlorurați) – suma compușilor cu numerele 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 conform Ordinului M.A.P.P.M. nr. 756/1997, pentru aprobarea Regulamentului privind evaluarea poluării mediului, publicat în Monitorul Oficial al României, P. I-a, nr. 303 bis din 6 Noiembrie 1997	0,8

Tabel 9.26. Valorile maxime pentru cantitățile anuale de metale grele care pot fi introduse în terenurile agricole pe baza unei medii de 10 ani (kg/ha, an)

Indicatorul	Valoarea maximă (kg/ha,an)
Cadmiu	0,15
Cupru	12
Nichel	3
Plumb	15
Zinc	30
Mercur	0,1
Crom	12

Legislația Uniunii Europene în domeniul utilizării agricole a nămolurilor poate fi sintetizată după cum urmează:

- Directiva nr. 91/271/EEC privind epurarea apelor uzate orășenești stabilește că „nămolul provenit din epurarea apelor uzate se va reutiliza ori de câte ori acest lucru este adecvat” și „traseele către locul de stocare a nămolului se vor reduce la maximum pentru a reduce efectele negative asupra solului”.
- Directiva 86/278/EEC pentru protecția mediului și în special a solurilor, în cazul utilizării agricole a nămolurilor. Aceasta stă la baza controlului calității nămolurilor și solurilor și limitează aceste utilizări la situațiile când se pot asigura avantaje economice pentru culturi.
- Directiva 91/676/EEC privind prevenirea poluării solurilor și apelor subterane cu azotați – stabilește controlul asupra răspândirii nămolurilor în zone cu tendințe de eutrofizare sau poluare cu azotați prin indicarea unor zone maxime de azot.
- Directiva cadru pentru reziduuri solide – stabilește prioritatea acțiunilor întreprinse cu privire la reziduurile solide:
 - evitarea și minimizarea generării de reziduuri;
 - reciclarea reziduurilor;
 - incinerarea reziduurilor (cu recuperarea de căldură);
 - stocarea reziduurilor pe sol.

Legislația U.E. privind reziduurile nu clasifică nămolul „reziduu periculos”.

Directiva stocării reziduurilor pe sol stabilește limitele maxime ale conținutului de materie organică ce se poate stoca pe soluri.

Conform Directivei 86/278/EEC și al Ordinului nr. 49/2004 al Ministerului Mediului și Gospodăririi Apelor, la utilizarea nămolurilor în agricultură se vor urmări:

- nu se admite împrăștierea nămolului când pH-ul solului este sub valoarea 5; limitele pentru metale în soluri depind de pH-ul solului;
- nămolul se utilizează numai pentru a satisface cerințele de nutrienți (N și P) ale culturilor;
- nu se recomandă utilizarea nămolurilor pe câmp când există risc de poluare a apelor subterane;
- pentru diversele metode de aplicare a nămolului sunt necesare metode adecvate de prelucrare a acestuia;
- se precizează restricțiile în privința recoltării culturilor fertilizate cu nămol;
- se specifică interdicții de utilizare a nămolului la anumite culturi.

Limitele concentrațiilor pentru anumite substanțe chimice care se pot acumula în sol, în funcție de valoarea pH a solului sunt prezentate în tabelul 9.27.

Tabel 9.27. Limitele concentrațiilor pentru anumite substanțe chimice care se pot acumula în sol conform Directivei 86/278/EEC.

	Valori limită în nămol (mg/kg SU)		Valori limită în sol (86/278/EEC)	
	Directiva 86/278/EEC	Limite europene noi propuse	Sol (mg/kg)	Indice de aplicare (kg/ha.an)
Cd	20 – 40	10	1 – 3	0,15
Cu	1000 – 1750	1000	50 – 140	12
Hg	16 – 25	10	1 – 1,5	0,1
Ni	300 – 400	300	30 – 75	3
Pb	750 – 1200	750	50 – 300	15
Zn	2500 – 4000	2500	150 – 300	30

Prin utilizarea nutrienților din nămol principalul beneficiu este reducerea sau eliminarea consumului de îngrășăminte chimice.

Nămolul prelucrat, transportat la amplasamentul destinat, trebuie încorporat în sol (arătură) imediat pentru a reduce la maximum efectele mirosurilor.

Factorul limitativ al utilizării agricole a nămolului este aportul de azot. În ipoteza unui conținut mediu de azot de 2,5% și aplicând nămol în cantități de azot de până la 250 kg/ha, conform Directivei Europene a azotaților (91/676/EEC) rezultă un indice de aplicare a nămolului de 10 t S.U./ha.

Aplicarea anuală a acestui volum va conduce la o acumulare excesivă de azot și fosfor în sol; în consecință se prevede ca aplicarea de nămol să se facă o dată la patru ani. Pe această bază se poate calcula volumul de nămol posibil de absorbit prin valorificarea pe terenuri agricole.

EXECUTAREA, EXPLOATAREA SI MONITORIZAREA SISTEMELOR DE CANALIZARE

1. Prevederi legislative

În România, proiectarea, execuția și exploatarea construcțiilor și instalațiilor aferente unui sistem de canalizare, este reglementată de următoarele prevederi legislative mai importante:

- Legea apelor nr. 107/1996, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 244/8 octombrie 1996;
- Legea protecției mediului, nr. 137/1995, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 304/30 decembrie 1995;
- NP 032/99 - Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea I: Treapta mecanică;
- NP 088-03 - Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a II-a: Treapta biologică;
- 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);
- 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;
- 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;
- NTPA 011/2002 - Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești - aprobate prin H.G. nr. 188/28.02.2002.
- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții - pentru toate lucrările aferente sistemului de canalizare vor fi respectate prevederile acestei legi;
- Legea nr. 98/94 - Lege privind stabilirea și sancționarea contravențiilor la Normele legale de igienă și sănătate publică. Nerespectarea prevederilor specifice menționate în reglementările de mai sus, conduc la sancțiuni conform legii 98/94, cu completările din HG nr. 108/99.
- Pentru dimensionarea elementelor componente care alcătuiesc sistemul de canalizare (rețea, stație de epurare, etc.) se vor aplica prevederile specifice din standardele și normativele în vigoare la data elaborării proiectului (v. anexa IV.20 a prezentei documentații) și din literatura tehnică de specialitate.

2. Materiale utilizate în realizarea lucrărilor de canalizare

Pentru fundamentarea alegerii materialelor utilizate, proiectantul sistemului de canalizare trebuie să prezinte o analiză tehnico-economică privind utilizarea a cel puțin două tipuri de materiale. Analiza tehnico-economică trebuie să se refere la următoarele aspecte: durabilitate, cheltuieli de investiție, cheltuieli de exploatare, siguranță în exploatare și numărul estimat de avarii în timp, durata de reparare a avariilor.

Materialele utilizate în realizarea construcțiilor și instalațiilor unui sistem de canalizare vor trebui să îndeplinească anumite criterii generale, valabile, evident, funcție de rolul și importanța construcției sau instalației, de domeniul de utilizare, de caracterul temporar sau permanent al lucrării, etc.

Deoarece utilizarea materialelor este legată în general de prezența apei uzate, ele trebuie să îndeplinească următoarele criterii:

- să fie rezistente la acțiunea corozivă și hidratantă a apei;
- să asigure o foarte bună etanșeitate a elementelor executate pentru evitarea exfiltrațiilor și/sau a infiltrațiilor;
- să aibă rezistențele mecanice cerute de domeniul de utilizare;

- să aibă rugozitate mică în scopul limitării pierderilor de sarcină distribuite;
- să aibă o fiabilitate cât mai mare, care să depășească, de regulă, duratele de serviciu normate (v. Legea nr. 15/24 martie 1994 privind amortizarea capitalului imobilizat în active corporale și necorporale, în care se indică aceste durate);
- să fie rezistente la acțiunea diferiților factori externi funcție de domeniul lor de utilizare, (temperatura apei și a aerului, sarcini mecanice interioare și exterioare, acțiunea agresivă a pământului, curenți electrici vagabonzi, etc.) și să nu se deformeze permanent sub acțiunea acestora;
- să nu se dizolve în contact cu apa uzată sau nămolul și să nu fie dăunătoare pentru microorganismele care realizează epurarea;
- să nu prezinte pericol de orice natură pentru persoanele cu care vin în contact, care le manevrează și utilizează;
- să aibă un cost redus;
- să nu necesite cheltuieli de investiție și exploatare mari;
- să fie ușor de pus în operă, depozitate și manevrate;
- să permită montare și demontare ușoară (cazul conductelor, pieselor speciale, armăturilor, etc.);
- să permită realizarea unor îmbinări etanșe (cazul conductelor, de exemplu);
- să reziste alternanțelor de umiditate, de temperatură și de îngheț-dezgheț, dacă lucrează în medii și domenii în care pot avea loc astfel de alternanțe;
- să corespundă cerințelor beneficiarilor și caietelor de sarcini întocmite de către proiectanți și rețetelor de preparare indicate de proiectant și realizate de constructor (pentru betoane, mortare, tencuieli, etc.);
- să aibă un volum, greutate și dimensiuni care să permită transportul lor pe drumurile publice;
- să-și păstreze calitățile, caracteristicile și proprietățile în cazul depozitării corespunzătoare pe durata de garanție a fabricantului;
- echipamentele prevăzute a fi achiziționate să fie fiabile, cu randament energetic ridicat și cu o durată de serviciu normată mai mare de 10-15 ani;
- să se aleagă materiale pentru care se cunoaște tehnologia de realizare practică și pentru care există mijloace normale de punere în operă;
- să fie disponibile persoane calificate pentru execuție și exploatare;
- materialele să fie atestate de către organele abilitate și de către inspectoratele sanitare teritoriale;
- după epuizarea capacității de lucru, să permită fie o reutilizare ușoară, fie o distrugere simplă și depozitare în condiții acceptabile pentru mediul înconjurător.

Gama de materiale necesare pentru realizarea sistemelor de canalizare este foarte diversificată, funcție de domeniile în care sunt utilizate. Astfel, diversele materiale de construcții și instalații pot fi utilizate pentru:

- transportul lichidelor (ape uzate, nămoluri cu diferite umidități, soluții de reactivi, etc.) în conducte sub presiune sau în canale cu nivel liber;
- instalații de pompare (conducte de aspirație, de refulare, piese speciale, armături, ș.a.);
- realizarea construcțiilor din cărămidă, beton simplu, beton armat, beton precomprimat, etc.;
- etanșări.

Dintre materialele utilizate curent în realizarea sistemelor de canalizare se evidențiază următoarele:

- nisip, pietriș, ciment, apă și aditivi pentru prepararea mortarelor și betoanelor;
- bare din oțel neted (OB 37) sau profilat la cald (PC 52, PC 60) pentru realizarea construcțiilor din beton armat, precomprimat, conducte și canale, etc.;
- cauciuc, carton asfaltat, folii din material plastic, rășini epoxidice, ș.a. pentru etanșări și protecții;
- oțel, fontă, polietilenă, polipropilenă, poliester armat cu fibră de sticlă (PAFS), tuburi din beton armat centrifugat (tuburi PREMO), PVC, oțel inoxidabil, ș.a., pentru conducte, canale, cămine de vizitare prefabricate, cuve pentru instalații mici de pompare și instalații compacte de epurare, etc.

Având în vedere lipsa datelor de exploatare privind comportamentul în timp al materialelor plastice utilizate la realizarea sistemelor de canalizare, se impune prezentarea de garanții privind calitatea acestor materiale plastice. Astfel, furnizorul de conducte, canale, cămine de vizitare

prefabricate, cuve, etc., executate din materiale plastice va trebui să prezinte certificate de încercări emise de laboratoare acreditate.

De asemenea, ținând cont de experiențele negative referitoare la utilizarea tuburilor din beton armat precomprimat (tolerante diferite de la producător la producător, calitate slabă, neîndeplinirea condițiilor de rezistență la acțiunea chimică a apelor uzate transportate), se impune încercarea la presiune a tuturor tuburilor, tub cu tub, pe standul fabricii producătoare și în prezenta beneficiarului. Se evită în acest mod apariția cheltuielilor suplimentare care pot apărea pentru înlocuirea acelor tuburi care nu rezistă la proba de presiune efectuată pe santier.

3. Proiectul tehnologic

3.1. Se recomandă ca lucrările de construcții a tuturor obiectelor din componenta sistemelor de canalizare să se desfășoare pe baza unui **proiect tehnologic** în vederea asigurării executării lor, în conformitate cu proiectul lucrărilor, în condiții de siguranță și calitate.

3.2. Proiectul tehnologic are ca obiect întocmirea unei documentații tehnico-economice și tehnologice de executare a sistemelor de canalizare prin care se rezolvă, în principal, următoarele probleme:

- analizarea procesului tehnologic și stabilirea de variante de mecanizare;
- selectarea variantei de executare a sistemelor canalizare pe baza indicatorilor tehnico-economici și indicarea variantelor de rezervă;
- alegerea/proiectarea dispozitivelor auxiliare folosite;
- elaborarea planurilor tehnologice de mecanizare a lucrărilor și a fișelor tehnologice pe activități simple și pe procese complexe;
- programarea executării mecanizate a lucrărilor de construcții sub aspectul necesarului de resurse și a eșalonării tehnologice a acestora, precum și optimizarea programului în vederea încadrării în indicatorii tehnico-economici a lucrărilor;
- elaborarea prevederilor referitoare la siguranța lucrărilor, protecția muncii și a mediului.

3.3. În cadrul proiectului tehnologic se vor avea în vedere toate lucrările de construcții-montaj care constituie continutul proiectelor în faza detalii de executare (**DDE**) pe obiectele componente ale sistemelor de canalizare.

3.4. Proiectul tehnologic va ține cont și de alte aspecte prevăzute în celelalte faze de proiectare anterioare fazei **DDE**: studiu geotehnic, proiect tehnic și caiete de sarcini pentru executarea lucrărilor.

3.5. Proiectul tehnologic se întocmește de către constructor în funcție de dotarea tehnică a acestuia și forța de muncă necesară. Se au în vedere următoarele aspecte: facilitatea executării lucrării, încadrarea în costurile programate; respectarea termenului de executare programat, respectarea normelor AQ impuse. Personalul tehnic de specialitate, care participă la elaborarea proiectului tehnologic, trebuie să fie atestat în acest sens de către asociațiile profesionale de profil.

3.6. Continutul cadru al unui proiect tehnologic cuprinde piese scrise și piese desenate.

3.6.1. Piese scrise din cadrul proiectului tehnologic conțin:

- analiza (descrierea) procesului tehnologic, stabilirea listei de activități și a caracteristicilor acestora;
- stabilirea variantei tehnologice aplicate;
- selectarea pe baza criteriilor tehnico-economice a echipamentelor tehnologice în condiții de eficiență și siguranță a lucrărilor;
- liste cu necesarul de resurse (echipamente tehnologice, personal, materiale, componente de construcții și resurse energetice);
- caietul de sarcini tehnologic, și fișele tehnologice de ansamblu și cele analitice;
- planul de control al calității lucrărilor și elementele justificative aferente;
- norme de securitate, protecție și sănătate în muncă;
- norme PSI;

- prevederi referitoare la protecția mediului înconjurător și evacuarea deșeurilor rezultate în activitățile de construcții și reabilitări ;
- alte măsuri considerate necesare pentru condiții speciale de desfășurare a lucrărilor.

3.6.2. Piese de desenate din cadrul proiectului tehnologic conțin:

- planul de amplasament și al organizării de șantier;
- secțiunile principale și detaliile de executare pentru structuri (profilele transversale și longitudinale) preluate din documentația tehnică de executare;
- planurile tehnologice de executare a lucrărilor;
- diagramele (graficele) de folosire a resurselor (diagramele cu bare pentru necesarul de echipamente tehnologice, histograma de personal, histograma pentru materiale și resurse energetice);
- diagramele (graficele) de programare a lucrărilor (diagrame cu bare orizontale de programare a executării, analiza de rețea prin metoda drumului critic);

3.6.3. Caietul de sarcini, tehnologic, trebuie să cuprindă:

- ordinea de executare, probele, testele și verificările lucrării;
- standardele, normativele și alte prescripții care trebuie respectate la materiale, echipamente tehnologice, confecții, executare, montaj, probe, teste și verificări.

4. Executarea lucrărilor rețelei de canalizare

4.1. Considerații generale privind organizarea executării lucrărilor de canalizare

Organizarea executării lucrărilor de canalizare cuprinde complexul de măsuri prin care se asigură realizarea acestora în conformitate cu proiectele respective, în limita valorilor și termenelor planificate.

Principalele obiective urmărite de antreprenor pentru o organizare rațională a executării lucrărilor sunt:

- realizarea lucrărilor la termenele stabilite prin graficul de execuție;
- îmbunătățirea calității lucrărilor executate;
- nedepășirea costului de execuție a lucrărilor față de prevederile din devizul ofertă;
- reducerea termenului de execuție;
- ridicarea productivității muncii și a gradului de folosire a utilajelor;
- adoptarea unor tehnologii de execuție caracterizate printr-un procent maxim de mecanizare.

4.2. Trasarea lucrărilor pe teren și pregătirea traseului

4.2.1. Trasarea canalului se execută ținând seama de:

- prevederile documentației tehnice (proiectul de execuție);
- nivelmentul reperelor permanente, efectuat cu precizia stabilită prin proiect;
- prevederea de-a lungul traseului a unor repere provizorii, pentru execuție, legate de reperele definitive;
- materializarea axelor de trasare și a unghiurilor, fixate și legate de obiecte permanente, existente pe teren (clădiri, construcții etc.) sau de stâlpii montați pe traseu în acest scop;
- intersecțiile traseului canalului cu traseele construcțiilor și rețelelor subterane existente, ce vor fi marcate la suprafața terenului, prin semne speciale.

4.2.2. Desfacerea pavajelor

Pavajele se desfac pe o lățime suficientă pentru desfășurarea lucrărilor în conformitate cu prevederile proiectului. Materialele rezultate din desfacerea pavajelor se depozitează pe trotuare sau pe o parte a tranșeei, pe cealaltă parte păstrându-se loc pentru pământul din săpătură.

4.2.3. Executarea săpăturilor

Lucrările de săpătură a tranșeei și a gropilor de fundații se execută în conformitate cu prevederile proiectului. Lucrările se atacă întotdeauna din aval spre amonte. Metodele de executare a săpăturilor

sunt determinate de volumul lucrărilor, de caracteristicile solului, precum și de adâncimea și forma tranșeelor. Tranșeele pentru montarea canalelor se execută cu pereți verticali sau în taluz, în funcție de natura solului și de spațiul disponibil pentru executarea săpăturii.

Pământul rezultat din săpătură se depozitează pe o singură parte lăsându-se o banchetă de siguranță de 50 cm. Săpătura se adâncește în mod potrivit în dreptul îmbinărilor dintre tuburi pentru a permite executarea etanșeității îmbinării și a se evita rezemarea tubului numai pe mufe.

Pe toată durata execuției se va analiza ce cantitate de pământ se poate depozita lateral tranșeei, astfel încât pe toată lungimea străzii pe care se execută săpături să se asigure o fâșie suficientă accesului și circulației autovehiculelor Salvării și Pompierilor.

Pentru circulația pietonilor peste tranșee se prevăd la distanțe de 30 ... 50 m podețe (pasarele) de acces dotate cu balustrade de protecție.

Depozitarea pământului rezultat din săpătură în lungul tranșeei va avea în vedere și asigurarea scurgerii apelor din precipitații astfel încât să se evite inundarea săpăturilor sau terenurilor învecinate.

4.2.4. Sprijinirea tranșeelor

Executarea săpăturilor tranșeelor cu pereți verticali se face cu sprijinirea pereților. Pentru adâncimi de săpătură mai mari de 5,0 m, sprijinirea traseului se va face pe baza unui proiect de sprijiniri.

Sprijinirea malurilor se face cu ajutorul dulapilor și bilelor din lemn de brad sau al sprijinitor metalice, în așa fel încât să se obțină o siguranță suficientă pentru lucrările de montaj și o ușoară executare a lucrărilor în interiorul tranșeei.

4.2.5. Epuizmente

Problema epuizării apei subterane din săpătură poate constitui un factor determinant în alegerea metodei de execuție a lucrărilor de canalizare și a adoptării materialelor adecvate pentru asigurarea realizării unor lucrări corespunzătoare.

Factorii principali care determină metodele și mijloacele de epuizare a apelor din săpături sunt:

- mărirea debitelor infiltrate;
- nivelul maxim al pânzei freatice față de fundul săpăturii.

Metodele folosite pentru epuizarea apelor din săpături se stabilesc și în funcție de consistența și permeabilitatea terenurilor în care s-a executat săpătura.

În cazul în care apare pericolul de antrenare a materialelor fine se folosește metoda puțurilor forate filtrante sau a incintelor epuizate prin baterii de filtre aciculare.

Puțurile filtrante se realizează, de obicei, prin introducerea unor coloane de foraj cu adâncimea de 7-20 m și Φ 300-600 mm, în interiorul cărora se amplasează o a doua coloană de Φ 100-150 mm. Înainte de a începe săpătura la tranșee, se execută, pe laturile ei, puțuri forate la o anumită distanță unul de altul, de obicei 3-7 m și așezate în plan în poziție de șah. La adâncimi mai mici decât 6-7 m ale nivelului hidrodinamic maxim, extragerea apei se poate face cu pompe cu ax orizontal, printr-un sorb, iar în cazul adâncimilor peste 6-7 m extragerea apei se face cu pompe submersibile.

Instalația de filtre aciculare se compune în principal din:

- două pompe speciale autoamorsante care asigură pomparea concomitentă a apei și a aerului din porii pământului;
- colectorul metalic la care se racordează filtrele aciculare prin intermediul unor manșoane flexibile de cauciuc;
- filtrele aciculare propriu-zise sunt realizate din țevi metalice verticale de câte 1 m lungime și circa 50 mm diametru, asamblate cu filet pentru a forma țevi cu lungimea de înfigere necesară.

4.2.6. Pozarea tuburilor și executarea colectoarelor

Metodele de montare a tuburilor prefabricate se aleg în funcție de dimensiunile și de greutatea lor. Înainte de introducerea tuburilor în tranșee se face o verificare și eventual se corectează fundul săpăturii. Coborârea tuburilor în tranșee se face manual pentru tuburile cu greutate redusă, iar atunci când greutatea lor este mai mare se folosesc trepiede cu macara diferențială sau macarale mobile, pe pneuri sau șenile.

După coborârea tuburilor în tranșee se realizează îmbinarea lor unul după altul și etanșarea corespunzătoare. Tuburile se montează pe pat de nisip pregătit conform prevederilor caietului de sarcini.

La pozarea tuburilor, pentru diferite adâncimi, se vor respecta indicațiile proiectantului (pe baza calculului static efectuate) și ale producătorului materialului.

4.2.7. Executarea umpluturilor

Umplerea tranșeei se face cu pământul rezultat din săpătură, după un control de nivelment și verificarea calității execuției lucrării. Pe tuburi se așează numai pământ afânat, eventual cernut, eliminându-se bolovanii mari sau resturi din beton sau din alte materiale dure. Pământul afânat se așează în straturi care se compactează separat cu o deosebită îngrijire.

Umpluturile se execută manual, în straturi de 10-15 cm pe primii 0,30 m deasupra tubului. Fiecare strat se compactează separat cu maiul de mână sau cu maiul "broască". Restul umpluturii se face în straturi de câte 20-30 cm grosime, de asemenea, bine compactate, până la suprafața terenului, urmărindu-se realizarea unui grad de compactare Proctor de minimum 97%, în conformitate cu prevederile STAS 2914.

Se interzice îngroparea lemnului provenit din cofraje, sprijiniri, etc. în umplutură.

5. Executarea lucrărilor stației de epurare

5.1. Lucrări de organizare

Aceste lucrări sunt premergătoare execuției și au drept scop asigurarea condițiilor pentru realizarea eficientă și de calitate a lucrărilor. Elementele principale ale organizării sunt:

- amenajarea terenului;
- identificarea instalațiilor subterane existente;
- marcarea, delimitarea suprafeței ce va fi ocupată de șantier;
- asigurarea căilor de acces pentru utilajele și mijloacele necesare transportului;
- verificarea materialelor și echipamentelor de lucru;
- asigurarea cu dotări de protecția muncii și de prevenire a incendiilor;
- asigurarea cu rețelele de utilități necesare (apă, electricitate, etc.).

5.2. Amenajarea terenului pentru stația de epurare

Înainte de introducerea utilajelor la frontul de lucru, este necesară o recunoaștere a terenului, în ceea ce privește:

- categoria terenului în care se va săpa;
- identificarea rețelelor subterane de apă, gaze, petrol, electricitate, telefoane, etc.;
- dimensiunile săpăturii de executat (adâncime, gabarit lateral de depozitare a pământului din săpătură);
- traseul de acces al utilajelor și mijloacelor de transport;
- condiții de scurgere a apelor de ploaie;
- doborârea arborilor și defrișarea arbuștilor;
- existența rețelelor aeriene de electricitate în ampriza săpăturii.

5.3. Trasarea poziției stației de epurare

Materializarea poziției stației, se realizează prin operațiuni de trasare, care trebuie să fixeze poziția viitoarei stații și a racordurilor de intrare ape uzate menajere și de ieșire ape epurate, gaze, electricitate, apă potabilă, etc.).

5.4. Execuția lucrărilor de construcții pentru stația de epurare

Executarea săpăturilor

Săpăturile pentru fundații trebuie să aibă în vedere următoarele:

- menținerea echilibrului natural al terenului în jurul gropii de fundație după începerea săpăturilor;
- în terenurile sensibile, la umezire, săpătura se va opri cu 20-30 cm mai sus decât cota finală, în cazul când turnarea betonului nu se face imediat.

Necesitatea sprijinirilor săpăturilor este în funcție de:

- adâncimea săpăturii;
- natura, omogenitatea, stratificația, coeziunea terenului, prezența apei subterane, etc.

În aceeași incintă, în faza inițială, se atacă lucrările fundate la adâncimea cea mai mare, pentru a nu afecta ulterior terenul de fundare al viitoarelor lucrări învecinate.

Săpăturile cu lungimi mari vor avea fundul săpăturii înclinat spre unul sau mai multe puncte, pentru asigurarea colectării și evacuării apelor pluviale sau de infiltrație.

Lucrările de epuismențe nu trebuie să producă afuieri sub construcțiile învecinate din zonă.

Pentru evitarea adâncirii ulterioare a gropii, care ar conduce la modificarea cotelor de fundare, se recomandă turnarea imediată a unui strat de beton de egalizare la nivelul inferior al săpăturii.

Săpături deasupra nivelului apelor subterane

Săpături cu pereți verticali nesprijiniți se pot executa până la adâncimi de:

- 0,75 m în cazul terenurilor necoezive sau/și slab coezive;
- 1,50 m în cazul terenurilor cu coeziune medie;
- 2,00 m în cazul terenurilor cu coeziune mare aflate deasupra nivelului apelor subterane

Săpături cu pereți verticali sprijiniți, se utilizează în următoarele cazuri:

- adâncimea săpăturii depășește valorile limită de la săpături cu pereți verticali nesprijiniți;
- nu este suficient spațiu lateral pentru realizarea săpăturii în taluz;
- când în urma unui calcul economic săpătura sprijinită este mai avantajoasă decât cea taluzată.

Alegerea și dimensionarea sistemului de sprijinire se face pe baza datelor din studiile geotehnice și hidrogeologice.

Săpături cu pereți în taluz, se pot executa în orice teren, cu respectarea următoarelor condiții:

- pământul are o umiditate naturală între 12-18%;
- săpătura nu stă deschisă mult timp;
- nivelul maxim al apei subterane este sub cota de fundare;
- panta taluzului săpăturii să nu depășească valorile maxime de mai jos:

Tabel 1

Natura terenului	Adâncimea săpăturii (h)	
	până la 3m	peste 3m
	$\text{tg } \alpha = h/b$	
Nisip pietros	1:1,25	1:1,50
Nisip argilos	1:0,67	1:1
Argilă nisipoasă	1:0,67	1:0,75
Loess	1:0,50	1:0,67
	1:0,50	1:0,75

unde,

b - este proiecția pe orizontală a taluzului săpăturii;

h - este adâncimea săpăturii;

α - unghiul pe care îl face taluzul săpăturii cu orizontala.

Săpături sub nivelul apelor subterane

În cazul săpăturilor adânci, care se execută sub nivelul apei subterane, îndepărtarea apei se poate face prin:

- epuismențe directe, prin colectarea apei de infiltrație într-o bașă și evacuarea prin pompare a acesteia în exteriorul gropii de fundație;
- epuismențe indirecte, prin utilizarea filtrelor aciculare sau a puțurilor forate dispuse perimetral, la distanțele rezultate din calcule.

Sprijinirea pereților săpăturii se poate face cu: palplanșe metalice, ecrane impermeabile din pereți mulați din beton, turnați în teren.

În cazul sprijinirii cu palplanșe, se vor lua următoarele măsuri:

- ghidarea acestora în tot timpul înfîngerii în teren;
- lungimea palplanșei va fi egală cu adâncimea gropii plus fișa acesteia.

Înfingerea palplanșelor se va face prin vibrație, în pământuri necoezive și batere, în pământuri coezive, sau prin combinarea celor două metode.

Epuismente directe

Pe măsură ce cota săpăturii coboară sub nivelul apei subterane, excavațiile se protejează prin intermediul unor rețele de șanțuri de drenaj, care captează apa și o dirijează spre puțurile (bașele) de colectare de unde este evacuată prin pompare. În bașa de aspirație a pompei, în jurul sorbului, se amenajează un filtru invers cu rolul de a limita influența aspirației asupra stabilității straturilor de pământ, micșorând viteza de mișcare a apei subterane spre bașă sub valoarea vitezei limită de neantrenare a particulelor fine care alcătuiesc aceste straturi. Șanțurile se adâncesc pe măsura avansării săpăturii, ele având adâncimea între 0,4-0,8 m în funcție de caracteristicile pământului. Puțurile colectoare (bașele) vor avea adâncimea de cel puțin 1,0 m sub cota fundului săpăturii.

Epuismente indirecte

Se execută cu ajutorul puțurilor filtrante, sau al filtrelor aciculare. Acestea se așează în afara conturului excavației, pe unul sau mai multe rânduri. Ele pot coborî temporar, pe durata execuției, nivelul apei subterane cu 4-5 m. Dacă nivelul apelor subterane necesar a fi coborât este mai mare de 4-5 m, filtrele se așează etajat și decalat în plan pe două sau mai multe fronturi.

Puțurile de epuismenț se realizează în foraje cu diametrul de 200-600 mm, în care se lansează o coloană filtrantă metalică sau din plastic cu diametrul de 150-200 mm, prevăzută cu fante. Coloana filtrantă se dispune în adâncime pe toată grosimea stratului acvifer al cărui nivel trebuie coborât pentru executare "la uscat" a construcției. Între coloana de lucru și coloana cu fante, se introduce material filtrant granular (după regula filtrului invers) cu nisip spre exterior și pietriș mărgăritar la contactul cu coloana șlițuită.

Filtrele aciculare sunt puțuri cu diametrul mic (Φ 7,5-10,0 cm) care se înfig de obicei cu jet de apă. Filtrele se racordează la stații de pompare cu vacuum. În condiții normale se pot realiza depresionări de 4-5 m, la o treaptă de filtrare, distanța între filtre fiind de 1-5 m.

Umpluturi

Umpluturile se vor executa, de regulă, cu pământ rezultat din lucrările de săpătură. Se pot utiliza, pentru umpluturi, de asemenea, zguri, reziduuri din exploatare miniere etc., cu condiția prealabilă de a fi studiată posibilitatea de compactare și acțiunea chimică asupra elementelor de construcție în contact cu umplutura.

Cofraje și susțineri

Cofrajele și susținerile trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- asigure obținerea formei și a dimensiunilor elementelor din beton, etc., respectându-se înscrierea în abaterile admisibile precizate în anexa III.1 din Codul de practică pentru executarea lucrărilor de beton, beton armat și beton precomprimat NE 012-99;
- să fie etanșe, pentru a nu permite pierderea laptelui de ciment;
- să fie stabile și rezistente la solicitările date de betonul proaspăt și de echipamentele de vibrație a betonului;
- să asigure ordinea de montare și demontare (decofrare) stabilită, fără a degrada elementele din beton deja întărit;
- să permită, la decofrare, o preluare a încărcării de către elementele de construcție care s-au betonat.

Cofrajele se pot confecționa din: lemn, produse pe bază din lemn, metal sau materiale plastice produse pe bază de polimeri.

Pentru a reduce aderența între beton și cofraje, acestea se ung cu agenți de decofrare, pe fețele care vin în contact cu betonul. Agenții de decofrare, trebuie să nu păteze betonul, să se aplice ușor și să nu afecteze calitatea betonului turnat pe zona de contact.

Montarea cofrajelor, cuprinde următoarele operațiuni:

- trasarea poziției cofrajelor pe baza planurilor din proiect;
- verificarea poziției corecte a carcaselor de armătură în interiorul cofrajului;
- asamblarea și susținerea provizorie;
- verificarea și corectarea poziției finale a panourilor;

- poziționarea și fixarea pieselor de trecere în cofraj;
- încheierea, legarea și sprijinirea definitivă.

Armături

Oțelurile trebuie să aibă ca referință condițiile tehnice prevăzute în STAS 438/1, 2, 3; Se utilizează următoarele tipuri de armături din bare individuale sau plase sudate:

- OB37 - armături de rezistență sau constructive;
- STNB - armături de rezistență sau constructive;
- PC52 - armături de rezistență;
- PC60 - armături de rezistență.

Pentru oțeluri din import este obligatorie existența certificatului de calitate, în care se va menționa tipul de oțel echivalent. Se recomandă a se ține seamă de prevederile STAS 438/1, 2, 3.

Armăturile ce se fasonează, trebuie să fie curate și drepte, fără urme de coroziune, în care scop se vor îndepărta eventualele impurități și rugina de pe suprafața barelor, cu ajutorul periei de sârmă. Barele tăiate și fasonate vor fi etichetate și depozitate, astfel încât să nu fie confundate între ele la montaj și să li se asigure păstrarea formei, până în momentul montării.

La montarea armăturilor se vor adopta măsuri pentru asigurarea bunei desfășurări a turnării și compactării betonului prin:

- crearea la intervale de max. 3,0 m, a unor spații libere, între armăturile de la partea superioară, care să permită pătrunderea liberă a betonului în cofraje;
- crearea spațiilor necesare pătrunderii vibratorului printre bare, prin montarea parțială a armăturii sau prin solicitarea reexaminării dispozițiilor de armare în caz că acestea nu permit vibrarea.

Armăturile vor fi montate în poziția prevăzută în proiect, luându-se măsuri care să asigure menținerea acestora în timpul turnării betonului (distanțieri, agrafe, capre, etc.).

La încrucișări, barele de armătură sunt legate între ele prin legături cu sârmă neagră sau prin puncte de sudură. La legarea cu sârmă, se vor utiliza două fire de sârmă de 1 ... 1,5 mm diametru.

Pentru asigurarea protecției armăturii, contra coroziunii și buna conlucrare cu betonul, este necesar să se realizeze, pentru elementele de beton armat, un strat de acoperire cu beton. Grosimea acestuia se alege având ca referință prevederile STAS 10107, respectiv Codul NE 012-99, anexa II.3.

Betoane

Agregatele naturale trebuie să aibă ca referință condițiile tehnice din STAS 1667, iar pentru cele concasate, se au ca referință prevederile din STAS 667. Apa utilizată la betoane are ca referință condițiile tehnice din STAS 790. Tipurile uzuale de aditivi și condițiile de utilizare, sunt indicate în anexa V.3, iar verificarea caracteristicilor se fac conform anexei I.4 din NE 012-99.

Betonul se prepară în stațiile de betoane, care funcționează pe baza certificatului de atestare, eliberat la înființare, de către Comisia tehnică de atestare.

La turnarea betonului trebuie respectate următoarele reguli generale:

- cofrajele și betonul vechi venit în contact cu betonul proaspăt se vor stropi cu apă cu 2-3 ore înainte de turnare, respectându-se prevederile din caietul de sarcini;
- din mijlocul de transport, betonul se descarcă în pompe pentru beton, benzi transportoare sau direct în lucrare;
- betonul trebuie pus în lucru în max. 15 min de la aducerea lui;
- dacă betonul nu se încadrează în limitele de lucrabilitate admise și prevăzute în caietul de sarcini, se refuză la turnare;
- înălțimea de cădere liberă a betonului nu trebuie să fie mai mare de 3 m;
- betonarea elementelor cofrate, cu înălțimi mai mari de 3 m, se va face prin ferestre intermediare, cu etapizarea turnării pe verticală;
- betonul trebuie răspândit uniform în lungul și latul elementului, funcție de forma acestuia;
- se vor respecta prescripțiile normativului C 16 privind betonarea pe timp friguros.

Durata maximă admisă a întreruperilor între două betonări succesive, nu trebuie să depășească timpul de începere a prizei (nu mai mult de 2 ore de la prepararea betonului).

6. Măsuri pentru asigurarea calității lucrărilor

Asigurarea cerințelor de calitate, privind atât materialele utilizate, cât și sistemul de asigurare a calității lucrărilor executate se va face cu respectarea prevederilor Legii nr. 10/1995, privind calitatea în construcții.

Pe parcursul desfășurării lucrărilor de execuție se verifică:

- cotele de nivel și poziția săpăturilor, fundațiilor, gurilor, părților de construcție, montării echipamentelor și instalațiilor, toleranțele admise, dacă sunt cele indicate în proiecte;
- respectarea prevederilor din caietul de sarcini;
- dacă echipamentele și materialele folosite la execuția stațiilor de epurare au suferit degradări în timpul transportului și se caută modalitatea de remediere;

Proba de etanșeitate la bazinele din beton armat se va face înainte de realizarea hidroizolațiilor la interiorul și exteriorul bazinelor.

Probele de etanșeitate pentru conducte și bazine se vor realiza în conformitate cu Normativul C 56, după:

- verificarea amănunțită a interiorului bazinelor, pentru a se constata corectitudinea execuției, a dimensiunilor interioare, lipsa corpurilor străine, a murdăriilor;
- la bazinele prefabricate, o deosebită atenție se va acorda modului în care sunt executate îmbinările;
- înainte de punerea în funcțiune, toate conductele și bazinele trebuie curățate de resturile rămase de la execuție.

Pentru asigurarea calității lucrărilor se mai urmăresc următoarele:

- corespondența caracteristicilor terenului de fundație stabilite pe teren la deschiderea săpăturii, cu cele din studiul geologic;
- poziția corectă a armăturilor, numărul, diametrul și forma din proiect a barelor, dimensiunile geometrice ale cofrajelor și poziția gurilor sau a pieselor de trecere prin pereți, cu toleranțele indicate;
- calitatea betonului pus în operă, turnarea acestuia fără întrerupere între rosturile de turnare prevăzute în proiect, vibrarea și tratarea ulterioară a betoanelor pentru asigurarea etanșeității și a rezistenței;
- poziția corectă a conductelor față de elementele de construcție din beton.

7. Recepția lucrărilor

Recepția reprezintă acțiunea prin care beneficiarul acceptă și preia lucrarea de la antreprenor în conformitate cu documentația de execuție, certificându-se că executantul și-a îndeplinit obligațiile contractuale cu respectarea prevederilor proiectului. În urma recepției lucrării, aceasta trebuie să poată fi dată în exploatare.

În vederea realizării **recepției la terminarea lucrărilor**, executantul va comunica investitorului data terminării lucrărilor prevăzute în contract, printr-un document confirmat de dirigintele de șantier. Comisiile de recepție vor fi numite de investitor și vor fi alcătuite din cel puțin 5 membri. Obligatoriu va fi prezent un reprezentant al investitorului și un reprezentant al administrației publice locale, restul membrilor comisiei vor fi specialiști în domeniu.

Începerea **recepției la terminarea lucrărilor** va fi organizată de investitor în maximum 15 zile de la comunicarea terminării lucrărilor de către executant.

În vederea recepției instalațiilor este obligatorie existența următoarelor acte legale:

- procese verbale de lucrări ascunse;
- procese verbale de probe tehnologice;
- certificate de calitate ale materialelor;
- dispoziții derogatorii de la proiect date de proiectant pe parcursul execuției lucrărilor;
- procese verbale întocmite la fazele determinante ale execuției, preliminare recepției.

Comisia examinează:

- executarea lucrărilor conform documentației de execuție a proiectului și a reglementărilor specifice, cu respectarea exigențelor esențiale de calitate;

- respectarea prevederilor din autorizația de construcție, din avize și din alte condiții de execuție;
- terminarea tuturor lucrărilor conform contractului;
- refacerea lucrărilor publice/particulare afectate și readucerea mediului ambiant la condițiile anterioare începerii lucrărilor de execuție;
- funcționarea sistemului.

Recepția bazinelor de stocare, de tranzitare, decantare, aerare, etc., este precedată de controlul riguros al acestora, care va cuprinde în mod obligatoriu următoarele elemente:

- respectarea dimensiunilor și cotelor prevăzute în documentația de execuție;
- respectarea prescripțiilor de montaj și funcționare corectă a echipamentelor;
- asigurarea etanșeității;
- funcționarea tehnologică;
- respectarea măsurilor de protecția și securitatea muncii.

Recepția finală se face la maxim 15 zile după expirarea perioadei de garanție prevăzută în contract și se organizează de executant.

Comisia de recepție examinează:

- procesele verbale de recepție la terminarea lucrărilor;
- finalizarea lucrărilor cerute la terminarea lucrărilor;
- referatul investitorului privind comportarea instalațiilor în perioada de garanție;
- analiza fiabilității stației, rezultată dintr-un studiu de specialitate.

La terminarea recepției finale, comisia de recepție finală va consemna observațiile într-un proces verbal.

Funcționarea în bune condiții a stațiilor de epurare, din care fac parte conductele, bazinele, echipamentele, necesită luarea următoarelor măsuri obligatorii:

- existența regulamentului de exploatare și întreținere, conform legislației în vigoare (legea nr. 326/01, O.G. nr. 32/02);
- verificarea gradului de instruire a personalului de exploatare și însușirea de către acesta a prevederilor regulamentului de exploatare;
- asigurarea unui sistem corespunzător de informare și transmitere a datelor privind funcționarea stației de epurare.

8. EXPLOATAREA LUCRĂRILOR DE CANALIZARE

8.1. Elaborarea Regulamentului de Exploatare si Întreținere

Exploatarea rețelei de canalizare și a stației de epurare cuprinde totalitatea operațiunilor și activităților efectuate de către personalul angajat în vederea funcționării corecte a sistemului de canalizare în scopul obținerii în final a unui efluent epurat care să respecte indicatorii de calitate impuși de normele în vigoare.

Ținând seama de mărimea sistemului (ca debit), componența sa (construcții, instalații, obiecte tehnologice), gradul de automatizare a proceselor și dotarea cu aparatură automată de măsură și control a unor indicatori de calitate ai apei uzate, pentru exploatarea și întreținerea corespunzătoare a ansamblului stație de epurare - rețea de canalizare la nivelul parametrilor de funcționare prevăzuți în proiect este necesară elaborarea unui **Regulament de exploatare și întreținere** care să conțină principalele reguli, prevederi și proceduri necesare funcționării corecte a acestuia.

Regulamentele de exploatare și întreținere vor fi elaborate prin grija beneficiarului (primărie, regie de gospodărie comunală, societate privată, etc.) de operatorii de servicii conform legislației în vigoare, fie de către personalul propriu sau de o societate de proiectare de specialitate, avându-se în vedere indicațiile din proiect, instrucțiunile de exploatare, avizele și recomandările organelor abilitate (companiile de gospodărirea apelor, inspectoratele sanitare și cele de protecția mediului), precum și alte prescripții legale existente din domeniu.

Regulamentul de exploatare și întreținere va trebui să cuprindă în mod detaliat descrierea construcțiilor și instalațiilor sistemului de canalizare, releveele acestora, schema funcțională, modul în care sunt organizate activitățile de exploatare și întreținere, responsabilitățile pentru fiecare formație de lucru și loc de muncă, măsurile igienico - sanitare și de protecția muncii, de pază și de

prevenire a incendiilor, sistemul informațional adoptat, evidențele ce trebuie ținute de către personalul de exploatare, modul de conlucrare cu alte societăți colaboratoare, cu beneficiarul, etc. După definitivare, **Regulamentul de exploatare și întreținere** va fi aprobat de către Consiliul de administrație al unității care exploatează sistemul de canalizare și de către autoritățile locale (primărie, consiliul local, consiliul județean, etc.).

Regulamentul va fi completat și reaprobat de fiecare dată când în sistemul de canalizare se produc modificări constructive și funcționale, reabilitări ale unor obiecte tehnologice, schimbarea unor utilaje și/sau echipamente sau alte operațiuni care ar putea afecta procesele tehnologice. Din cinci în cinci ani, regulamentul va fi în orice caz reactualizat pentru a se ține seama de experiența acumulată în decursul perioadei de exploatare anterioară.

Prevederile regulamentului trebuie aplicate integral și în mod permanent de către personalul de exploatare și întreținere, acesta fiind examinat periodic, la intervale de cel mult un an sau ori de câte ori se constată o insuficientă cunoaștere a regulamentului, situație care ar putea conduce la o exploatare sau o întreținere necorespunzătoare a construcțiilor și instalațiilor sistemului de canalizare.

8.2. Conținutul cadru al regulamentului de exploatare și întreținere

Regulamentul de exploatare și întreținere se va întocmi având în vedere următoarele documentații principale:

- proiectul construcțiilor și instalațiilor sistemului de canalizare precum și toate documentațiile și actele modificatoare;
- releveele construcțiilor după terminarea lucrărilor de execuție, care țin seama de toate modificările efectuate pe parcursul execuției;
- planurile de situație, schemele funcționale, dispozițiile generale ale construcțiilor și instalațiilor;
- instrucțiunile de exploatare ale construcțiilor și instalațiilor elaborate de către proiectant;
- fișele tehnice ale utilajelor și echipamentelor montate în sistem;
- avizele organelor abilitate privind realizarea și exploatarea lucrărilor de investiție;
- documentația referitoare la recepția de la terminarea lucrărilor și de la recepția definitivă;
- cartea tehnică a construcțiilor;
- schema administrativă a personalului de exploatare.

8.3. Indicatori de performanță pentru stațiile de epurare a apelor uzate

Tabel 2. Valori limită de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești evacuate în receptori naturali

Nr. crt	Indicator de calitate	U.M.	Limite maxime admisibile	Metoda de analiză de referință ⁶⁾
A. Indicatori fizici				
1	Temperatura¹⁾	°C	35⁰C	
B. Indicatori chimici				
2	Concentrația ionilor de hidrogen (pH)	unit. PH	6,5-8,5	SR ISO 10523-97
	Pentru Fluviul Dunărea		6,5-9,0	
3	Materii în suspensie (MS)²⁾	mg/dm3	35,0 (60,0)	STAS 6953-81
4	Consum biochimic de oxigen la 5 zile (CBO₅)³⁾	mg/dm3	20,0 (25)	STAS 6560-82 SR ISO 5815-98

5	Consum chimic de oxigen - metoda cu dicromat de potasiu (CCO_{Cr}) ³⁾	mg/dm ³	70,0 (125)	SR ISO 6060-96
6	Azot amoniacal (NH_4^+) ⁴⁾	mg/dm ³	2,0 (3,0)	STAS 8683-70
7	Azot total (N) ⁴⁾	mg/dm ³	10,0 (15,0)	STAS 7312-83
8	Azotați (NH_3) ⁴⁾	mg/dm ³	25,0 (37,0)	STAS 8900/1 SR ISO 7890-98
9	Azotiți (NO_2) ⁴⁾	mg/dm ³	1,0 (2,0)	STAS 8900/2-71 SR ISO 6777-96 Pentru apă de mare: STAS 12754-89
10	Sulfuri și hidrogen sulfurat (H_2S)	mg/dm ³	0,5	STAS 7510-97
11	Sulfiiți	mg/dm ³	1,0	STAS 7661-89
12	Fenoli antrenabili cu vapori de apă ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)	mg/dm ³	0,05	STAS 7167-92
13	Substanțe extractibile cu eter de petrol	mg/dm ³	20,	STAS 7587-96
14	Produse petroliere ⁵⁾	mg/dm ³	5,0	STAS 7277-95
15	Fosfor total (P) ⁴⁾	mg/dm ³	1,0 (2,0)	SR EN 1189-99
16	Mangan total (Mn)	mg/dm ³	1,0	STAS 8662-96
17	Magneziu (Mg^{2+})	mg/dm ³	100,0	STAS 6674-77
18	Cobalt (Co^{2+})	mg/dm ³	1,0	STAS 8288-69
19	Cianuri totale (CN^-)	mg/dm ³	0,1	SR ISO 6703/1-98 STAS 7685-79
20	Clor rezidual liber (Cl_2)	mg/dm ³	0,2	STAS 6364-78
21	Cloruri (Cl^-)	mg/dm ³	500,0	STAS 8663-70
22	Reziduu filtrat la 105 ⁰ C	mg/dm ³	2000,0	STAS 9187-84

¹⁾ Prin primirea apelor uzate temperatura receptorului natural nu va depăși 35⁰C.

²⁾ A se vedea tabelul nr. 1 prevăzut la pct. nr. VI. la hotărâre - NTPA 011 și art. 7 alin. (2) din anexa la pct. nr. VI. - Plan de acțiune privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești.

³⁾ Valorile de 20 mg O₂/l pentru CBO₅ și 70 mg O₂/l pentru CCO(Cr) se aplică în cazul stațiilor de epurare existente sau în curs de realizare. Pentru stațiile de epurare noi, extinderi sau re tehnologizări, preconizate să fie proiectate după intrarea în vigoare a prezentei hotărâri, se vor aplica valorile mai mari, respectiv 25 mg O₂/l și 125 mg O₂/l pentru CCO_{Cr}.

⁴⁾ Valori ce trebuie respectate pentru descărcări în zone sensibile, conform tabelului nr. 2 din pct. nr. VI. la hotărâre - NTPA011.

⁵⁾ Suprafața receptorului în care se evacuează produse petroliere să nu prezinte irizații.

⁶⁾ Metoda de analiză va avea ca referință standardul în vigoare.

Tabel 3.

Concentrația minimă de oxigen dizolvat admisă (normată) în apa emisarului, funcție de categoria de calitate a acestuia

Categoria emisarului	Concentrația minimă de oxigen dizolvat admisă (normată)
I	7 mg O ₂ /l
II	6 mg O ₂ /l
III	5 mg O ₂ /l
IV	4 mg O ₂ /l
V	< 4 mg O ₂ /l

9. Măsurile de protecția muncii și a sănătății populației

9.1. Măsurile de protecția și securitatea muncii la executarea, exploatarea și întreținerea sistemului de canalizare

Activitățile impuse de executarea, exploatarea și întreținerea sistemului de canalizare prezintă pericole importante datorită multiplelor cauze care pot provoca îmbolnăvirea sau accidentarea celor care lucrează în acest mediu, de aceea este necesar a se lua măsuri speciale de instruire și prevenire.

Accidente și îmbolnăvirile pot fi cauzate în principal de:

- prăbusirea peretilor transeelor sau excavatiilor realizate pentru montajul conductelor sau pentru fundatii;
- căderea tuburilor sau a altor echipamente în timpul manipulării acestora;
- intoxicații sau asfixieri cu gazele toxice emise (CO, CO₂, gaz metan, H₂S etc.);
- îmbolnăviri sau infecții la contactul cu mediul infectat (apa uzată);
- explozii datorate gazelor inflamabile;
- electrocutări datorită cablurilor electrice neizolate corespunzător din rețeaua electrică a stației;
- căderi în cămine sau în bazinul de aspirație al stației de pompare a apelor uzate menajere, etc.

Pentru a preveni evenimentele de genul celor enumerate mai sus, este necesar ca tot personalul care lucrează în rețeaua de canalizare să fie instruit în prealabil prin ținerea unui curs special teoretic și practic.

Toți lucrătorii care lucrează la exploatarea și întreținerea rețelei de canalizare trebuie să facă un examen medical riguros și să fie vaccinați împotriva principalelor boli hidrice (febră tifoidă, dizenterie, etc.). De asemenea, zilnic vor trebui controlați astfel încât celor care au răni sau zgârieturi oricât de mici să li se interzică contactul cu rețeaua de canalizare. Toți lucrătorii sunt obligați să poarte echipament de protecție corespunzător (cizme, salopete și mănuși), iar la sediul sectorului să aibă la dispoziție un vestiar cu două compartimente, pentru haine curate și haine de lucru, precum și dușuri, săpun, prosop etc.

Echipele de control și de lucru pentru rețeaua de canalizare trebuie să fie dotate în afară de echipamentul de protecție obișnuit cu lămpi de miner tip Davis, măști de gaze și centuri de siguranță, detectoare de gaze toxice (oxid de carbon, amoniac, hidrogen sulfurat) sau inflamabile (metan).

Înainte de intrarea în cămine sau în canal este necesar să se deschidă 3 capace în amonte și în aval pentru a se realiza o aerisire de 2-3 ore, precum și a se verifica prezența gazelor cu ajutorul lămpii de miner. Dacă lămpile se sting, se recurge la ventilarea artificială iar intrarea în cămin se face numai cu măști de gaze și centuri de siguranță, lucrătorul fiind legat cu frânghie ținută de un alt lucrător situat la suprafață.

De asemenea, când muncitorii se află în cămine sau parcurg trasee ale unor canale amplasate pe partea carosabilă, trebuie luate măsuri cu privire la circulația din zonă prin semnalizarea punctului de lucru cu marcaje rutiere corespunzătoare atât pentru zi cât și pentru noapte.

În unele cazuri există pericol de a se produce explozii datorită gazelor ce se degajă din apele uzate, sau ca rezultat al unor procese de fermentare care se pot produce în rețelele de canalizare. În aceste

situații, nu este permis accesul în cămine decât cu lămpi de tip minier și este interzisă categoric aprinderea chibriturilor sau fumatul.

O atenție deosebită trebuie acordată pericolului de electrocutare prin prezența cablurilor electrice îngropate în vecinătatea rețelelor de canalizare, precum și a instalațiilor de iluminat în zone cu umiditate mare care trebuie prevăzute cu lămpi electrice funcționând la tensiuni nepericuloase de 12-24 V.

9.2. Măsuri de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de pompare

Pentru exploatarea stațiilor de pompare se vor respecta prevederile legislației în vigoare privind regulile igienico-sanitare și de protecție a muncii, astfel (legea nr. 90/1996 a protecției muncii și Normele metodologice de aplicare precum și "Norme specifice de securitatea muncii pentru evacuarea apelor uzate de la populație și din procesele tehnologice", publicate în 2001 de Ministerul Muncii și Protecției Sociale):

- se vor folosi salopete de protecție a personalului în timpul lucrului;
- se va păstra curățenia în clădirea stației de pompare;
- se va asigura întreținerea și folosirea corespunzătoare a instalațiilor de ventilație;
- folosirea instalației de iluminat la tensiuni reduse (12-24 V), verificarea izolațiilor, a legăturilor la pământ precum și a măsurilor speciale de prevenire a accidentelor prin electrocutare la stațiile de pompare subterane unde frecvent se poate produce inundarea camerei pompelor;
- folosirea servomotoarelor sau a mecanismelor de multiplicare a forței sau cuplului la acționarea vanelor în cazul automatizării funcționării stației de pompare;
- la stațiile de pompare având piese în mișcare (rotori, cuplaje etc.), trebuie prevăzute cutii de protecție pentru a apăra personalul de exploatare în cazul unui accident produs la apariția unei defecțiuni mecanice.
- pentru prevenirea leziunilor fizice, este necesar ca la efectuarea reparațiilor, piesele grele care se manipulează manual să fie ridicate cu ajutorul mușchilor de la picioare astfel încât să se evite fracturile și leziunile coloanei vertebrale;
- pentru evitarea eforturilor fizice este rațional a se păstra în bune condiții de funcționare instalațiile mecanice de ridicat.

9.3. Măsuri de protecția și securitatea muncii pentru stațiile de epurare

În exploatarea și întreținerea construcțiilor și instalațiilor din stația de epurare se vor respecta și aplica toate regulile de protecția muncii cuprinse în materialele cu caracter normativ ca și în actele care conțin prevederi ce au contingență cu specificul lucrărilor și activităților care se desfășoară într-o stație de epurare.

În cadrul regulamentului de exploatare și întreținere se va insista în mod deosebit asupra regulilor și măsurilor privind:

- accesul în diferite cămine și camere de inspecție a armăturilor sau aparaturii, în canale deschise, bazinele de aspirație a pompelor sau în bazinele obiectelor tehnologice etc., a personalului de exploatare din punct de vedere al coborârii, circulației în spațiile respective, manevrării capacelor și dispozitivelor respective, etc.;
- circulația în lungul bazinelor deschise, pe platforma de manevră a robineților de introducere a reactivilor în bazine, etc.;
- folosirea echipamentului de protecție și de lucru;
- efectuarea unor operațiuni la lumină artificială, în medii cu un grad ridicat de umiditate;
- marcarea cu panouri și plăcuțe avertizoare a locurilor periculoase (întă tensiune, pericol de cădere, acumulări de gaze inflamabile, etc.);
- manevrarea panourilor de aerare, a electropompelor, vanelor, electrosuflantelor, mixerelor, etc.;
- activitatea pe șantier ce se desfășoară cu ocazia remedierii avariilor (sprijinirea malurilor, coborârea în tranșee, folosirea utilajelor de intervenție ca motopompe, pickammere, electropompe, compresoare, macarale, aparate de sudură, etc.);
- activitatea pe timp friguros care comportă măsuri deosebite privind echipele de lucru (în cazul instalațiilor în aer liber), circulația spre obiectele tehnologice și pe pasarelele aferente unde accesul

poate deveni periculos prin alunecare pe gheață, utilizarea sculelor și dispozitivelor pentru îndepărtarea gheții, ș.a.m.d.

- asigurarea ventilării corespunzătoare a camerelor și a bazinelor înainte de accesul personalului de exploatare pentru prevenirea asfixierilor din lipsă de oxigen sau inhalării unor gaze letale;
- folosirea echipamentului electric antiexploziv;
- controlul periodic al atmosferei din spațiile închise pentru a determina prezența gazelor toxice și inflamabile;
- interdicțiile privind utilizarea surselor de aprindere în apropierea instalațiilor, construcțiilor, canalelor și căminelor de vizitare unde s-ar putea produce și acumula gaze inflamabile;
- circulația în jurul electropompelor, electrosuflantelor, a tablourilor electrice și a mixerelor din bazinul de epurare fizico-chimică și din stabilizatorul de nămol, nefiind admis ca în spațiile dintre agregate, dintre acestea și pereți, etc. să se depoziteze materiale, scule, piese ș.a. care să stingherească operațiunile de manevrare și control, de demontare-montare, revizii, etc.;
- protejarea golurilor din planșee și pasarele cu parapete de protecție în cazul în care acestea nu au capace;
- pasarelele de acces la diferitele părți ale instalațiilor să fie confecționate din tablă striată sau din panouri cu împletitură metalică și bordaj din cornier, în scopul reducerii pericolului de alunecare;
- ungerea pieselor în mișcare să se facă numai după oprirea agregatelor respective;
- manipularea agregatelor să se facă numai cu mijloace de ridicare adecvate, nefiind admisă folosirea de mijloace de ridicare improvizate;
- asigurarea, în spațiile în care este necesar acest lucru, a microclimatului și a ventilației.

La elaborarea Regulamentului de exploatare a stației de epurare se va preciza modul în care se face instructajul personalului de specialitate, înprospătarea periodică a cunoștințelor acestuia, afișarea la locurile de muncă a principalelor reguli de protecția muncii, acordarea primului ajutor în caz de accidentare, etc.

9.4. Protecția sanitară

Regulamentul de exploatare și întreținere a rețelelor de canalizare și stațiilor de epurare va cuprinde și prevederi referitoare la aspectele igienico-sanitare, prevederi stabilite în mod obligatoriu în colaborare cu organele locale ale inspecției sanitare de stat.

Privitor la personalul de exploatare, conducerea administrativă va preciza felul controlului medical, periodicitatea acestuia, modul de utilizare a personalului găsit cu anumite contraindicații medicale, temporare sau permanente, minimum de noțiuni igienico-sanitare care trebuie cunoscute de anumite categorii de muncitori, etc.

Privitor la protecția sanitară a stațiilor de epurare se va stabili, (cu respectarea prevederilor cuprinse de legislația în vigoare), modul în care se reglementează, îndeosebi următoarele:

- delimitarea și marcarea zonei de protecție (în cazul stațiilor de epurare izolate);
- modul de utilizare a terenului care constituie zona de protecție;
- executarea de săpături, depozitarea de materiale, realizarea de conducte, puțuri sau alte categorii de construcții în interiorul zonei de protecție.

Societatea care exploatează și întreține sistemul de canalizare este obligată să acorde îngrijirea necesară personalului de exploatare, în care scop:

- a) va angaja personalul de exploatare numai după un examen clinic, radiologic și de laborator făcut fiecărei persoane;
- b) va asigura echipamentul necesar de lucru pentru personal (cizme, mănuși de cauciuc, ochelari de protecție, măști de gaze, centură de salvare cu frânghie, etc.) conform normativelor în vigoare;
- c) va face instructajul periodic de protecție sanitară (igienă) conform normelor în vigoare;
- d) în stația de epurare va exista o trusă farmaceutică de prim ajutor, eventual un aparat de respirat oxigen cu accesoriile necesare pentru munca de salvare;
- e) se vor asigura muncitorilor condiții decente în care să se spele, să se încălzească și să servească masa (o încăpere încălzită și vestiar cu dușuri cu apă rece și apă caldă);

- f) medicul societății care exploatează și întreține sistemul de canalizare este obligat să urmărească periodic (lunar) starea de sănătate a personalului de exploatare;
- g) personalul stației de epurare se va supune vaccinării T.A.B. la intervalele prevăzute de instrucțiunile Ministerului Sănătății.
- Funcție de mărimea și importanța stației de epurare, beneficiarul va lua măsurile de protecția și securitatea muncii, precum și de protecție sanitară care se impun pentru cazul respectiv.

9.5. Măsuri de protecție contra incendiului

În general, în sistemele de canalizare (rețea, stație de epurare, gură de vărsare în emisar) pericolul de incendiu poate apare în locurile și în situațiile în care se pot produce gaze de fermentare sau degajări de vapori în canale datorate prezenței unor substanțe inflamabile (eter, diclorețan, benzină, etc.) în apa uzată provenită de la unele industrii sau societăți comerciale care nu respectă la evacuarea în rețeaua de canalizare NTPA 002-2002.

Incendiul poate apare și în locurile unde există substanțe inflamabile (laboratoare de analiză a apei și nămolului, magazii, depozit de carburanți, centrală termică, sobe care utilizează drept carburant gazele naturale, etc.).

În toate aceste locuri se vor lua măsurile cerute de Normele de pază și prevenire contra incendiilor, funcție de natura pericolului respectiv. De asemenea, se vor respecta prevederile Ordinului MI nr. 88/2001 și nr. 778/1998.

Dintre măsurile suplimentare care trebuie luate, se menționează mai jos câteva, specifice construcțiilor și instalațiilor din sistemul de canalizare:

- asigurarea ventilației corespunzătoare a camerelor și a bazinelor înainte de accesul personalului de exploatare pentru prevenirea asfixierilor din lipsă de oxigen, inhalării unor gaze letale sau aprinderii unor vapori inflamabili;
- folosirea echipamentului electric antiexploziv;
- controlul periodic al atmosferei din spațiile închise pentru a determina prezența gazelor toxice și inflamabile;
- interdicțiile privind utilizarea surselor de aprindere în apropierea instalațiilor, rezervoarelor de fermentare a nămolului, construcțiilor, canalelor și căminelor de vizitare unde s-ar putea produce și acumula gaze inflamabile;
- marcarea cu panouri și plăcuțe avertizoare a locurilor periculoase (întă tensiune, pericol de cădere, acumulări de gaze inflamabile, etc.);

Dintre măsurile strict necesare se mai menționează prevederea de hidranți de incendiu exterior în locurile și la distanțele recomandate de Normele de pază și securitate contra incendiilor, iar în clădiri, magazii, depozite, a hidranților interiori necesari, a stingătoarelor de incendiu și chiar a unor rețele de sprinclore, dacă este cazul.

CONSTRUIREA CURBELOR IDF (Intensitate – Durata – Frecventa)

1. Consideratii generale

1.1. Precipitatiea punctuală este precipitatiea înregistrată la stație. Probabilitatea de depășire $P\%$ a precipitatiei maxime sau a intensității acesteia la stație este reprezentată sub formă de frecvență (1:T) sau sub forma perioadei medii de repetare T .

$$P = \frac{1}{T} \text{ sau } T = \frac{1}{P}$$

1.2. Pentru prelucrarea statistică a precipitațiilor se constituie seria parțială a valorilor extreme ale precipitațiilor de durată D prin unul din următoarele procedee:

- a) Selecționând precipitațiile maxime anuale de durată D , ceea ce conduce la un număr de valori ale sirului statistic egal cu numărul de ani cu observații.
- b) Selecționând precipitațiile maxime de durată D , care depășesc un anumit prag (Peaks Over Threshold - POT); în acest fel în anumiți ani vor fi selecționate 2 sau chiar mai multe precipitații excepționale, în timp ce în alți ani nu va fi selecționată nici o valoare. Pragul de la care se iau în considerare precipitațiile maxime este o mărime aleasă arbitrar, însă este preferabil ca numărul de valori rezultate să fie egal cu numărul de ani pentru care se dispune de măsurători. Seria de date parțială obținută în cadrul metodei POT trebuie să fie constituită din elemente independente, ceea ce înseamnă că vârfurile selecționate trebuie să fie separate de o perioadă fără precipitații. Mărimea ei variază după diversi autori între 1 h și 1-6 zile; ca un compromis se poate considera suficientă o durată fără precipitații de 1 zi.

1.3. După prelucrarea statistică a precipitațiilor maxime pentru diverse durate D , rezultatele obținute sunt reprezentate pe un grafic având pe abscisă timpul, iar pe ordonată intensitatea. Prin unirea tuturor punctelor aferente aceleiași probabilități de depășire (frecvențe) rezultă curbele IDF, fiecare curbă corespunzând unei anumite frecvențe sau perioade medii de repetare.

1.4. Curbele IDF permit calculul intensității medii a ploii corespunzătoare unei frecvențe date pentru o gamă de valori ale duratei precipitațiilor. Ele sunt utilizate în cazul unor suprafețe de bazin mai mici de 10 km^2 pentru dimensionarea rețelelor urbane de canalizare sau a bazinelor de retenție temporară a precipitațiilor în exces care nu pot fi evacuate de rețea pe durata ploii.

1.5. În cazul în care se utilizează precipitațiile maxime pentru diverse durate D , pentru calculul curbelor IDF sunt necesare înregistrări continue ale precipitațiilor pe o perioadă de cel puțin 30 de ani. Pentru cazul unor stații cu mai puțin de 20 de ani de înregistrări se va recurge la utilizarea metodei POT, astfel încât sirul precipitațiilor maxime de durată D să continue cel puțin 30 de valori. La stațiile cu date lipsă pe anumite perioade, dar dispunând de date pe o durată totală cuprinsă între 20-30 de ani, datele lipsă până la 30 de ani se completează prin corelații cu stațiile vecine sau din zone similare sau se poate apela de asemenea la metoda POT. Metoda POT poate fi utilizată și în cazul în care numărul de ani cu date din înregistrări depășește pragul de 30 de ani.

1.6. Principala problemă care apare în cazul metodei POT la selecționarea unui număr de precipitații diferit de numărul de ani este legată de faptul că intervalul mediu de eșantionare are o

durată oarecare, mai mică sau mai mare de un an, după cum se selecționează mai multe precipitații decât numărul de ani sau mai puține decât acesta. Ca urmare, probabilitățile teoretice, care corespund unei precipitații maxime pe alt interval decât anul, trebuie convertite în probabilități anuale de depășire. Dacă se notează cu $P_1\%$ probabilitatea anuală de depășire, respectiv cu $P_d\%$ probabilitatea de depășire care corespunde precipitației calculate pentru mărimea d a intervalului mediu de calcul, relația de trecere este:

$$P_d = \frac{n}{m} P_1$$

unde m este numărul de precipitații luate în calcul, iar n este numărul de ani.

O altă relație de calcul a probabilității $P_d\%$, care se poate aplica atât pentru cazul în care $m < n$, cât și pentru $m > n$ este următoarea:

$$P_{d=n/m} = 1 - (1 - P_1)^{n/m}$$

Aceste probleme de calcul suplimentar pot fi eliminate în principiu dacă numărul de precipitații selecționate este egal cu numărul de ani ai perioadei de calcul.

1.7. Pentru analiza statistică seria de date parțială trebuie să fie omogenă și staționară. Se recomandă utilizarea următoarelor teste de semnificație:

- independența datelor (testul Wald-Wolfowitz)
- omogenitate (testul Mann-Whitney, testul Wilcoxon)
- staționaritate (testul Mann-Kendall, recomandat de WMO).

1.8. Dacă setul de date este neomogen sau prezintă trend este necesară împărțirea lui în submultimi omogene sau utilizarea pentru setul de date recente a metodei POT, cu mai multe vârfuri în anumiți ani în așa fel încât să se dispună de minim 30 de valori.

1.9. Pentru calculul repartiției empirice se recomandă utilizarea formulei Weibull:

$$P_i^e = \frac{i}{n+1}$$

unde n este numărul de ani (intervale) ale perioadei de calcul.

1.10. Ca repartiții teoretice se pot folosi utiliza:

- a) Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV – General Extreme Values) de tip I (Gumbel) pentru seria parțială precipitațiilor maxime anuale de durată D
- b) Distribuția Pareto Generalizată (GPD – General Pareto Distribution) pentru seria parțială a precipitațiilor maxime de durată D peste un anumit prag.

1.11. Pentru estimarea parametrilor repartițiilor teoretice se utilizează în general metoda momentelor, metoda momentelor ponderate sau metoda verosimilității maxime.

2. Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitațiile maxime anuale de durată D

Fie $h_{i,j,k}$ precipitația cumulată, exprimată în mm coloană de apă, la momentul i din cadrul ploii j din anul k .

Se notează prin D_l durata ploii de calcul, considerată multiplu al pasului de timp Δt cu care se înregistrează precipitațiile; ca atare, $D_l = l \cdot \Delta t$, unde l este număr natural.

- 1) Înălțimea stratului precipitat în cadrul ploii j din anul k pe durata D_l a ploii de calcul în intervalul cuprins între momentele $(i-l) \cdot \Delta t$ și $i \cdot \Delta t$ se obține utilizând relația:

$$\Delta h_{i,j,k,l} = h_{i,j,k} - h_{i-l,j,k} \quad \text{unde } i-l \geq 0$$

- 2) Înălțimea maximă a stratului precipitat pe durata D_l în cadrul ploii j din anul k rezultă căutând maximul valorilor astfel calculate:

$$\Delta h_{j,k,l}^{max} = \max_i \{ \Delta h_{i,j,k,l} \}$$

- 3) În continuare, baleind multimea ploilor j din anul k , se calculează înălțimea maximă anuală a stratului precipitat în intervalul $D_l = l \cdot \Delta t$:

$$\Delta h_{k,l}^{max} = \max_j \{ \Delta h_{j,k,l}^{max} \} = \max_j \max_i \{ \Delta h_{i,j,k,l} \}$$

- 4) Valorile astfel obținute ale precipitațiilor maxime de durată D_l sunt transformate în intensități prin împărțire la durata ploii, egală cu timpul de concentrare t_c :

$$I_{k,l} = \frac{\Delta h_{k,l}^{max}}{D_l} = \frac{\Delta h_{k,l}^{max}}{t_c}$$

Intensitatea se exprimă de regulă în mm/minut sau l/s ha.

- 5) Pentru fiecare durată D_l sirul rezultat este prelucrat statistic, determinând intensitatea precipitațiilor cu diverse probabilități de depășire (care se exprimă însă sub formă de frecvențe sau de perioade medii de repetare).
- 6) În final, valorile corespunzând aceleiași frecvențe (perioade medii de repetare) se unesc printr-o curbă, rezultând o familie de curbe Intensitate – Durată – Frecvență (IDF) corespunzătoare frecvențelor $1:T$ (sau perioadelor medii de repetare T) luate în considerare.

3. Algoritm pentru construirea curbelor IDF utilizând precipitațiile de durată D peste un anumit prag

Notatiile $h_{i,j,k}$ (precipitația cumulată la momentul i din cadrul ploii j din anul k) și D_l (durata ploii de calcul) își păstrează semnificația din paragraful precedent. De asemenea, primul și ultimii 2 pași sunt identici ca în algoritmul care utilizează maximele anuale ale ploii de durată D_l . Pentru ușurință, se expune însă întregul algoritm.

- 1) Înălțimea stratului precipitat în cadrul ploii j din anul k pe durata D_1 a ploii de calcul în intervalul cuprins între momentele $(i-l) \cdot \Delta t$ și $i \cdot \Delta t$ se obține utilizând relația:

$$\Delta h_{i,j,k,l} = h_{i,j,k} - h_{i-l,j,k} \quad \text{unde } i-l \geq 0$$

- 2) Calculul de la pasul 1 se repetă pentru toate ploile j din anul k , parcurgând treptat totii anii de calcul
- 3) Multimea valorilor astfel obținută este concatenată, după care se ordonează în ordine descrescătoare
- 4) Din multimea rezultată după ordonare se păstrează primele n valori, unde n este numărul anilor de calcul.
- 5) Se verifică independența valorilor reținute, ceea ce înseamnă că două valori ale ploii de durată D_1 nu pot să aparțină aceluiași episod pluvial, ele trebuind să fie separate de un interval cu precipitație nulă. Dacă se constată că două valori ale ploii nu sunt independente, se exclude valoarea cea mai mică dintre ele, locul ei fiind luat de prima valoare din sirul rămas după prelucrările de la pasul 4, respectiv 5 (dacă au mai survenit situații similare pe parcursul procesului de la acest pas).
- 6) Valorile astfel obținute ale precipitațiilor maxime de durată D_1 peste un anumit prag sunt transformate în intensități prin împărțire la durata ploii, egală cu timpul de concentrare t_c :

$$I_{k,l} = \frac{\Delta h_{k,l}^{ord\ desc}}{D_1} = \frac{\Delta h_{k,l}^{ord\ desc}}{t_c}$$

unde: $\Delta h_{k,l}^{ord\ desc}$ reprezintă valoarea cu rangul k din sirul ordonat descrescător al precipitațiilor de durată D_1 superioare unui prag (rezultat din condiția de a reține n valori independente ale ploii de calcul). Se observă că în acest caz, indicele $k = \overline{1, n}$ nu mai reprezintă anul curent, ci valoarea curentă a precipitației peste prag.

- 7) Pentru fiecare durată D_1 sirul rezultat este prelucrat statistic, determinând intensitatea precipitațiilor cu diverse probabilități de depășire (care se exprimă însă sub formă de frecvențe sau de perioade medii de repetare).
- 8) În final, valorile corespunzând aceleiași frecvențe (perioade medii de repetare) se unesc printr-o curbă, rezultând o familie de curbe Intensitate – Durată – Frecvență (IDF) corespunzătoare frecvențelor (perioadelor medii de repetare) luate în considerare.

4. Determinarea precipitațiilor în puncte fără măsurători

În cazul bazinelor mici (sub 10 km²) care nu dispun de măsurători se va apela la o analiză regională utilizând datele de la stațiile vecine, situate la o distanță de maxim 25-30 km. Se poate utiliza unul din următoarele procedee:

- a) ponderarea cu inversul pătratului distanței față de stațiile cele mai apropiate
- b) analiza variabilității regionale a parametrilor statistici

4.1. Ponderarea cu inversul pătratului distanței față de stațiile cele mai apropiate

4.2.1. Într-o fază inițială se determină parametrii statistici ai repartiției alese la toate cele N stații vecine amplasamentului care nu dispune de măsurători.

4.2.2. În continuare, fiecare parametru statistic în locația fără măsurători este estimat ca o medie a valorilor aceluiasi parametru la stațiile din zonă ponderate cu inversul pătratului distanței față de aceste stații:

$$\hat{\theta}_{wd} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{d_{i0}^2} \hat{\theta}_i / \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_{i0}^2} \right)^{-1}$$

unde: $\hat{\theta}_i$ este valoarea estimată la stația i pentru parametrul θ_i ,

$\hat{\theta}_{wd}$ - media ponderată cu distanța a valorilor aceluiasi parametru

d_{i0} - distanța de la stația i la amplasament (identificat prin 0)

4.2.3. Într-o abordare mai avansată, se va ține seama și de numărul n_i de valori înregistrate la fiecare stație, parametrul estimat $\hat{\theta}_{wn}$ fiind:

$$\hat{\theta}_{wn} = \sum_{i=1}^N n_i \hat{\theta}_i / \left(\sum_{i=1}^N n_i \right)^{-1}$$

O relație de ponderare atât cu distanța, cât și cu numărul de valori înregistrate la fiecare stație are următoarea expresie:

$$\hat{\theta}_w = \alpha \hat{\theta}_{wd} + (1 - \alpha) \hat{\theta}_{wn}$$

unde $0 \leq \alpha \leq 1$ este un factor de ponderare al celor doi estimatori: $\hat{\theta}_{wd}$ și $\hat{\theta}_{wn}$. Dacă $\alpha = 1$, la estimarea parametrului necunoscut contează doar distanța față de amplasament, iar dacă $\alpha = 0$ este importantă doar lungimea sirului de date de la stații. Pentru valori intermediare ale lui α , utilizând redundanța celor doi estimatori se obține o estimare mai bună a parametrului căutat.

Valoarea parametrului de ponderare α rezultă în urma calculului pentru diferite valori ale lui α a parametrului $\hat{\theta}_w$ la stațiile la care valoarea acestui parametru este cunoscută, utilizând doar valorile de la celelalte stații și apoi comparând valorile rezultate ale parametrului căutat cu valorile cunoscute ale aceluiasi parametru. Această analiză servește ca bază pentru alegerea optimă a parametrului de ponderare α .

4.2. Analiza variabilității regionale a parametrilor statistici

4.2.1. Această metodă se aplică în condițiile în care corelația spațială între valorile maxime anuale ale precipitațiilor poate fi neglijată. Pentru verificarea acestei ipoteze, se calculează coeficienții de corelație a maximelor anuale de la stațiile din zona limitrofă. Dacă corelația coeficienților cu distanța între stații este slabă, atunci se poate concluziona că nu există corelație spațială între maximele anuale ale precipitațiilor. În cazul metodei POT, este necesar ca gradul de asociere să descrească cu mărimea pragului.

4.2.2. O altă condiție pentru aplicarea metodei este ca parametrii statistici să fie relativ egali în cadrul regiunii analizate.

4.2.3. Fie θ_i valoarea unuia dintre parametrii statistici ai repartiției analizate pentru stația $i = \overline{1, N}$. Egalitatea parametrilor θ_i poate fi analizată calculând statistica:

$$X^2 = \sum_{i=1}^N (\hat{\theta}_i - \hat{\theta}_w)^2 / \sigma^2(\hat{\theta}_i)$$

unde $\hat{\theta}_i$ este valoarea estimată pentru parametrul θ_i , iar $\hat{\theta}_w$ este media ponderată a valorilor aceluiași parametru cu numărul de valori n_i măsurate la stația i :

$$\hat{\theta}_w = \sum_{i=1}^N n_i \hat{\theta}_i / \sum_{i=1}^N n_i$$

Valoarea statisticii X^2 se calculează pentru diverse durate, inferioare timpului de concentrare al ploii pe bazinul studiat.

În condițiile în care nu există dependentă spațială între valorile maxime ale precipitațiilor sau această dependentă este redusă, pentru ipoteza nulă $\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_N$ statistica X^2 are o distribuție χ^2 cu $N-1$ grade de libertate,.

4.2.3. Egalitatea parametrilor poate fi verificată de asemenea construind corelații ale parametrilor $\hat{\theta}_i$ de la cele N stații cu precipitația medie multianuală. Panta dreptei de regresie pentru fiecare durată a ploii trebuie să fie foarte aproape de zero (sub valoarea corespunzătoare unui prag de semnificație de 5% pentru testul Student).

4.2.4. Dacă dependența spațială între valorile maxime este redusă, iar parametrii repartiției nu au variație spațială, atunci seriile de timp ale precipitațiilor de la toate stațiile din zona analizată pot fi concatenate și analizate ca și cum ar fi un singur sir. După prelucrarea statistică a acestui sir se obțin valorile precipitațiilor sau intensităților cu probabilitățile de depășire (frecvențele) dorite.

5. Repartiții statistice utilizate.

5.1. Distribuția Gumbel (EVI)

5.1.1. Repartiția Gumbel sau Extreme Value de tip I (EVI) este larg utilizată pentru analiza precipitațiilor maxime anuale și are densitatea de repartiție:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]; \quad -\infty < x < \infty$$

respectiv funcția de repartiție complementară (probabilitatea de depășire):

$$F^c(x) = 1 - F(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]; \quad -\infty < x < \infty$$

5.1.2. Parametrii α și u pot fi exprimați funcție de abaterea medie pătratică s_n și de valoarea medie $\bar{x}$ a sirului de precipitații maxime de durată D folosind relațiile:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} s_n}{\pi}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 \alpha$$

unde: media $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$,

iar abaterea medie pătratică de selecție $s_n = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$

Se observă că parametrul α este pozitiv. Parametrul u reprezintă modul distribuției (valoarea variabilei pentru care densitatea de repartiție este maximă).

5.1.3. Funcția de repartiție complementară este inversabilă, adică permite determinarea cuantilei x_T corespunzătoare probabilității de depășire $P\%$ (frecvenței $1/T$, respectiv perioadei medii de repetare T):

$$x_T = u - \alpha \ln \left(-\ln \left(1 - F^c(x) \right) \right) = u - \alpha \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

După determinarea parametrilor α și u pe baza mediei și abaterii medii pătratice a sirului de valori selecționat, cu relația anterioară se poate determina direct valoarea precipitației sau intensității acesteia corespunzătoare frecvenței $1/T$.

5.1.4. În mod uzual, în practică calculul este simplificat prin definirea variabilei reduse:

$$y = \frac{x - u}{\alpha}$$

Înlocuind variabila redusă în expresia probabilității de depășire rezultă:

$$F^c(x) = 1 - F(x) = 1 - \exp[-\exp(-y)]$$

Rezolvând ecuația în raport cu y se obține:

$$y = -\ln \left(-\ln \left(F(x) \right) \right) = -\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

Relația astfel obținută se înlocuiește în expresia variabilei reduse y , rezultând cuantilele corespunzătoare perioadei de repetare T :

$$x_T = u + \alpha \cdot y_T$$

5.1.5. Procedura de calcul este următoarea:

- Se calculează parametrii statistici $\bar{x}$ și s_n (valoarea medie și abaterea medie pătratică de selecție a sirului statistic al precipitațiilor maxime sau intensităților corespunzătoare)
- Se determină apoi parametrii α și u ai repartiției Gumbel
- Se calculează valoarea variabilei reduse y_T funcție de T
- Cu aceste elemente se calculează valoarea cuantilei x_T care corespunde perioadei medii de repetare T .

5.2. Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV)

5.2.1. Distribuția Gumbel poate să fie utilizată cu rezultate bune pentru perioade de repetare relativ mici (până la 10 ani). În schimb, ea subestimează cuantilele corespunzătoare unor perioade de repetare mari. În acest caz, alternativa o constituie utilizarea distribuției extremelor (GEV – generalized extreme value) care descrie mai bine distribuția în zona valorilor mari datorită unui parametru suplimentar. Pentru estimarea corectă a parametrului de formă sunt necesare seturi mari de date. Este posibilă și utilizarea datelor de la mai multe stații din zonă, în condițiile ipotezei că parametrul de formă este constant sau foarte puțin variabil în cadrul zonei.

5.2.2. Distribuția Generalizată a Extremelor (GEV) are următoarea expresie a funcției de repartiție:

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - u}{\alpha} \right)^{1/k} \right]$$

unde k , u și α sunt parametri care trebuie determinați.

5.2.3. Distribuția GEV combină 3 distribuții extreme într-o singură distribuție.

Pentru valoarea $k = 0$ se obține repartiția Gumbel sau Extreme Value de tip I (EVI). Pentru $k < 0$ se obține repartiția EVII (Fréchet), iar pentru $k > 0$ rezultă distribuția EVIII (Weibull).

5.2.4. Deoarece funcția $F(x)$ este inversabilă, cuantila x_T reprezentând valoarea variabilei corespunzătoare perioadei medii de repetare T se obține cu relația:

$$x_T = u + \frac{\alpha}{k} \{ 1 - [-\ln (1 - T^{-1})] \}$$

unde $T = \frac{1}{1-F}$ este perioada medie de repetare.

5.2.5. Pentru determinarea parametrilor distribuției GEV pentru valorile maxime anuale se recomandă metoda L-momentelor. Pentru început se calculează momentele ponderate cu probabilitatea:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n \frac{i-1}{n-1} x_i$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=3}^n \frac{(i-1)(i-2)}{(n-1)(n-2)} x_i$$

unde x_i reprezintă valorile maxime anuale ordonare descrescătoare.

L-momentele selecției se obțin cu relațiile:

$$l_1 = b_0$$

$$l_2 = 2 b_1 - b_0$$

$$l_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0$$

Valoarea estimată $\hat{k}$ a parametrului de formă se obține din relația:

$$\hat{k} = 7.8590 c + 2.9554 c^2$$

$$\text{unde: } c = \frac{2}{3+l_3/l_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3}$$

Valorile estimate pentru a și u sunt:

$$\hat{a} = \frac{l_2 \hat{k}}{(1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k})}$$

$$\hat{u} = l_1 - \hat{a} \frac{1 - \Gamma(1 + \hat{k})}{\hat{k}}$$

unde $\Gamma(.)$ este funcția Gama.

5.3 Distribuția Pareto Generalizată (GPD)

5.3.1. Distribuția Pareto Generalizată (GPD) are următoarea expresie a funcției de repartiție:

$$F(x) = 1 - \left(1 - a \frac{x-c}{b}\right)^{1/a} \quad \text{pentru } a \neq 0$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x-c}{b}\right) \quad \text{pentru } a = 0$$

unde c este limita inferioară a repartiției, b este parametrul de scară, iar a este parametrul de formă.

5.3.2. Densitatea de repartiție este:

$$f(x) = \frac{1}{b} \left(1 - a \frac{x-c}{b}\right)^{\frac{1}{a}-1} \quad \text{pentru } a \neq 0$$

$$f(x) = \frac{1}{b} \exp\left(-\frac{x-c}{b}\right) \quad \text{pentru } a = 0$$

5.3.3. Deoarece funcția $F(x)$ este inversabilă, cuantila x_T reprezentând valoarea variabilei corespunzătoare perioadei medii de repetare T se obține cu relația:

$$x_T = c + \frac{b}{a} (1 - T^{-a}) \quad \text{pentru } a \neq 0, \text{ respectiv}$$

$$x_T = c + b \ln T \quad \text{pentru } a = 0, \text{ respectiv}$$

unde T este perioada medie de repetare. În continuare, pentru calculul cuantilei x_T sunt necesari parametrii a , b și c .

5.3.4. Parametrii a , b și c se pot calcula prin metoda momentelor, egalând momentele teoretice cu cele empirice:

$$\begin{aligned}c + \frac{b}{1+a} &= \bar{x} \\ \frac{b^2}{(1+a)^2(1+2a)} &= s^2 \\ \frac{2(1-a)(1+2a)^{0.5}}{(1+3a)} &= G\end{aligned}$$

unde: media $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ este momentul de ordinul 1

dispersia $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ este momentul de ordinul 2

asimetria $G = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)}$ este momentul de ordinul 3.

Pentru început se obține parametrul a rezolvând ultima ecuație. Ceilalți 2 parametri pot fi apoi calculați funcție de a cu relațiile:

$$\begin{aligned}b &= s(1+a)(1+2a)^{0.5} \\ c &= \bar{x} - \frac{b}{1+a}\end{aligned}$$

5.3.5. Parametrii a , b și c se pot calcula de asemenea prin metoda momentelor ponderate, cu expresiile:

$$\begin{aligned}a &= \frac{W_0 - 8W_1 - 9W_2}{-W_0 + 4W_1 - 3W_2} \\ b &= \frac{(W_0 - 2W_1)(W_0 - 3W_2)(-4W_1 + 6W_2)}{-W_0 + 4W_1 - 3W_2^2} \\ c &= \frac{2W_0W_1 - 6W_0W_2 + 6W_1W_2}{-W_0 + 4W_1 - 3W_2}\end{aligned}$$

unde: W_r este momentul ponderat de ordinul r ($r = 0, 1, 2, \dots$) și are expresia:

$$W_r = \frac{1}{r+1} \left(c + \frac{b}{a} \right) - \frac{b}{a} \cdot \frac{1}{a+r+1}$$

5.3.6. În sfârșit, parametrii a , b și c se pot calcula prin metoda verosimilității maxime rezolvând sistemul:

$$\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - c)/b}{1 - a(x_i - c)/b} = \frac{n}{1 - a}$$

$$\sum_{i=1}^n \ln [1 - a(x_i - c)/b] = -n \cdot a$$

$$c = x_1$$

5.3.7. Pentru o asimetrie redusă se obțin rezultate mai bune cu metoda momentelor și metoda momentelor ponderate, în timp ce pentru valori mari ale asimetriei se recomandă metoda verosimilității maxime.

Bibliografie

Ben-Zvi, A., 2009. Rainfall intensity–duration–frequency relationships derived from large partial duration series. *Journal of Hydrology* 367, 104–114.

De Michele, C., Salvadori, G., 2005. Some hydrological applications of small sample estimators of generalized Pareto and extreme value distributions. *Journal of Hydrology* 301, 37–53.

Durrans, S.R., Kirby S. T., 2004. Regionalization of extreme precipitation estimates for the Alabama rainfall atlas. *Journal of Hydrology* 295, 101–107

Hosking, J. R. M. & Wallis, J. R., 1987. Parameter and quantile estimation for the Generalized Pareto Distribution. *Technometrics* 29(3), 339–349.

Koutsoyiannis, D., Demosthenes, K., Manetas, A., 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity–duration–frequency relationships. *Journal of Hydrology* 303, 215–230.

Koutsoyiannis, D., 2004. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records. *Hydrological Science Journal* 49, 591–610.

Maidment, D.R., 1993. Handbook of Hydrology. McGraw-Hill, New York, NY.

Overeem, A., Buishand, A., Holleman, I., 2008. Rainfall depth-duration-frequency curves and their uncertainties. *Journal of Hydrology* 348, 124–134.

Singh, V.P. & Guo H., 1995. Parameter estimation for 3-parameter Generalized Pareto Distribution by the principle of maximum entropy (POME). *Hydrological Sciences - Journal des Sciences Hydrologiques* 40 (2), 165–181.

BIBLIOGRAFIE

1. NTPA 001/28 februarie 2002, modificat și completat în 2005 – Normativ privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptori naturali.
2. NTPA 002/28 februarie 2002, modificat și completat în 2005 – Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare.
3. NTPA 011/28 februarie 2002, modificat și completat în 2005 – Normativ privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești.
4. NTPA 013/2002 – Normativ privind normele de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață utilizate pentru potabilizare.
5. NP 032/ 1999 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea I: Treapta mecanică.
6. NP 088/ 2003 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a II – a: Treapta biologică.
7. NP 089/ 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).
8. NP 107/ 2004 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a IV – a: Treapta de epurare avansată a apelor uzate.
9. NP 118/ 2006 – Normativ pentru proiectarea construcțiilor și instalațiilor de epurare a apelor uzate orășenești. Partea a V – a: Prelucrarea nămolurilor.
10. H.G. 188/2002 modificată și completată prin H.G. 352/ 2005 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate.
11. Legea 10/1995 a calității în construcții.
12. Legea Apelor 107/1996 modificată prin Legea 310/2004.
13. Legea Protecției Mediului 137/1996 modificată și completată cu Legea 265/2005.
14. Legea 458/2002 modificată și completată prin Legea 311/2004, privind calitatea apei potabile.
15. O.U.G. 152/ 2005 privind prevenirea și controlul integrat al poluării.

16. O.M. 1146/2002 pentru aprobarea Normativului privind obiectivele de referință pentru clasificarea calității apelor de suprafață.
17. Directiva 86/278/EEC pentru protecția mediului și în special a solurilor, în cazul utilizării agricole a nămolurilor.
18. Directiva 91/271/EEC privind epurarea apelor uzate orășenești.
19. Directiva 91/676/EEC privind prevenirea poluării solurilor și apelor subterane cu azotați.
20. SR 1343 – 1/2006: Alimentări cu apă. Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localități rurale și urbane.
21. SR 1846 – 1/2006: Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 1: Determinarea debitelor de ape uzate de canalizare.
22. SR 1846 – 2/2007: Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 2: Determinarea debitelor de ape meteorice.
23. SR ISO 6060/1996: Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea consumului chimiz de oxigen.
24. SR EN ISO 6878/2005: Calitatea apei. Determinarea conținutului de fosfor. Metoda spectrometrică cu molibdat de amoniu.
25. SR EN 124/1996: Dispozitive de acoperire și de 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 8591/1997: Rețele edilitare subterane. Condiții de amplasare.
27. 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.
28. SR EN 25663/2000: Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de azot Kjeldahl. Metoda după mineralizare cu seleniu.
29. SR EN 1899-2/2003: Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBO_n). Partea 2: Metoda pentru probe nediluate.
30. SR EN 1917/ 2005: Cămine de vizitare și cămine de racord din beton simplu, beton slab armat și beton armat.
31. SR EN 752/2008: Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor.
32. STAS 9470/1973: Hidrotehnică. Ploi maxime. Intensități, durate, frecvențe.

33. STAS 6054/1977: Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României.
34. STAS 6953/1981: Ape de suprafață și ape uzate. Determinarea conținutului de materii în suspensie, a pierderii de calcinare și a reziduului la calcinare.
35. STAS 6701/1982: Canalizări. Guri de scurgere cu sifon și depozit.
36. STAS 2448/1982: Canalizări. Cămine de vizitare. Prescripții de proiectare.
37. STAS 427 /1983: Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clase de importanță.
38. STAS 4162 – 1/1989: Canalizări. Decantoare primare. Prescripții de proiectare.
39. STAS 4162 – 2/1989: Canalizări. Decantoare secundare. Prescripții de proiectare.
40. STAS 10101 – 20 /1990: Acțiuni în construcții. Încărcări date de vânt.
41. STAS 10101 – 20 /1992: Acțiuni în construcții. Încărcări date de zăpadă.
42. STAS 12264/1991: Canalizări. Separatoare de uleiuri și grăsimi la stații de epurare orășenești. Prescripții generale de proiectare.
43. Blitz, E. – Canalizări, Editura Didactică și Pedagogică, București 1979.
44. Dumitrescu, D., Pop, R.A., ș.a. – Manualul inginerului hidrotehnician, vol. I și II, Editura Tehnică, București, 1980.
45. Negulescu, M. – Canalizări, Editura Didactică și Pedagogică, București 1988.
46. Negulescu, M. – Epurarea apelor uzate orășenești, Editura Tehnică București, 1988.
47. Ianuli, V. – Stații de epurare ape uzate. Exemplu de calcul. Partea I., Editura ICB, București, 1983.
48. Dègremont – Memento Technique de L'Eau, Volume 2, 9^{me} Edition, France, 1989.
49. Pallasch, O. – Lehr und Handbuch der Abwassertechnik. Berlin, München, 1990.
50. ATV–A 131–Arbeitsblatt ATV-A 131. Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. April 1999.
51. Racovițeanu, R. – Epurarea apelor uzate, Matrix ROM, București 2001.
52. Tchobanoglous, G.– Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. Second Edition. Metcalf & Eddy Inc., McGraw Hill Book Co., New York, Edițiile III (1993) și IV (2002).

53. Metcalf & Eddy – Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. 4th Edition (2002), McGraw Hill.
54. M.A.P.A.M. – Ordinul nr. 49 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură, București 2004.
55. Negulescu, C.A.L. – Prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate orășenești, industriale și din zootehnie, AgroTehnica 2006.
56. Degremont – Water Treatment Handbook, Volume 1 & 2, 7th Edition, France, 2007.
57. Blitz E. – Proiectarea canalizărilor, Editura tehnică, București, 1980.
58. Anton, L., Balint, D., ș.a. – Mecanica fluidelor, mașini hidraulice și acționări. Aplicații de calcul. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004.
59. Giurconiu, M. – Canalizări, vol. I și II, Editura IPT, 1983.
60. Luca, O., Luca, A., B. – Hidraulica construcțiilor, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2002.
61. Mateescu, Th. – Calculul instalațiilor sanitare-apă-canal-gaze, Editura Gheorghe Asachi Iași, 1996
62. Mirel, I., Fabry, G., Meter, A., ș.a. – Utilizarea sistemelor vacuumate de canalizare pentru colectarea apelor uzate menajere, provenite de pe vatra colectivităților rurale, Revista ROM AQUA, nr. 4, București, 2010.
63. Perju, S. – Stații de pompare în sisteme de alimentare cu apă și canalizări, Editura CONPRESS, București, 2009.