

SUBIECTE 6-14

Tratarea apei

Generalități

În capitolele anterioare s-a arătat că impuritățile din apa de consum trebuie să nu depășească anumite limite de concentrații, indicate în normele de potabilitate.

Pe de altă parte, sursele de apă conțin impuritățile respective în concentrații ce depășesc de zeci de ori, uneori chiar de sute de ori, limitele potabile.

Sarcina de a îndepărta aceste impurități revine stației de tratare, care, prin combinații cu diverse construcții și instalații, realizează un lanț de procese, un flux tehnologic continuu, prin care, în final, apa trimisă la consumator se înscrie în normele de potabilitate.

În general, în stațiile de tratare se folosesc, într-o combinație sau alta, următoarele procese de tratare:

- **sitarea** – pentru reținerea corpurilor și materialelor plutitoare antrenate de apă;
- **presedimentarea** – prin simpla staționare relativă a apei se urmărește reținerea suspensiilor grosiere și a particulelor de nisip din apă;
- **coagularea și flocularea** – aglomerarea suspensiilor fine nedecantabile în flocoane, care să fie ușor sedimentabile;
- **decantarea** – reținerea mării majorității (90–95 %) a suspensiilor din apă, prin același procedeu de staționare relativă, dar după faza de coagulare–floculare;
- **filtrarea** – pentru finisarea limpezirii, pentru reținerea particulelor și flocoanelor fine și a microorganismelor;
- **dezinfecția** – distrugerea tuturor microorganismelor;
- **aerarea** – îmbogățirea apei cu oxigen, pentru stimularea reacțiilor de oxidare;
- **absorbția** – reținerea gustului și mirosului neplăcut al apei, prin contact cu materiale cu proprietăți de suprafață adsorbante;
- **precipitarea chimică** – eliminarea din apă a unor substanțe dizolvate, ca: fierul, manganul; reducerea durității apei;
- **schimbul ionic** – eliminarea din apă a unor elemente pentru prepararea unor ape pure, în special pentru scopuri industriale.

Mai pot interveni și alte procedee de tratare, ca: *flotare, degazare, transfer ionic, ultrafiltrare*, dar numai în cazuri speciale de surse de apă sau în cazurile unor exigențe sporite ale calității apei de alimentare.

Metodele menționate se aplică în stațiile de tratare cu suprafețe și volume relativ reduse, o parte din instalațiile și construcțiile realizate reproducând, în mod intensiv, procese ce au loc în natură.

Prin metodele intensive de tratare a apei, accentul se pune pe folosirea largă a reactivilor chimici și pe procedee mecanice cu randament ridicat. Timpul de retenție al apei, în aceste instalații, este scurt, în comparație cu evoluția naturală a fenomenelor similare.

Metodele de tratare menționate pot fi clasificate, din punct de vedere al naturii proceselor la care se apelează, în:

- * procedee fizice, care nu apelează la reactivi;
- * procedee chimice, care apelează la reactivi;
- * procedee biologice, care se bazează pe activitatea microorganismelor.

Din punct de vedere al naturii efectelor, metodele de tratare se pot clasifica în:

- ◆ procedee cu efect fizic;
- ◆ procedee cu efect chimic;
- ◆ procedee cu efect biologic.

Desigur că, aceste clasificări nu au un caracter absolut riguros, deoarece, de exemplu, efectul unui anume procedeu poate fi, în același timp, de natură fizică sau chimică. Ele se folosesc în scopul unor prezentări mai clare a acestor tehnologii, construcții și instalații de tratare a apelor de alimentare, atât de puțin cunoscute, dar de mare importanță pentru asigurarea unei ape potabile care să nu afecteze sănătatea.

În cele ce urmează, vor fi prezentate detalii privind principalele instalații sau construcții în care au loc diverse procese de tratare a apei, precum și efectul acestora asupra diferiților indicatori de calitate ai apei.

Tratarea apelor de suprafață

Apele de suprafață, referindu-se la râuri, ridică probleme de tratare, cum sunt:

- eliminarea materialului plutitor de dimensiuni mai mari sau mai mici (se folosește sitarea);
- eliminarea suspensiilor grosiere printr-o simplă staționare relativă (presedimentarea);

- eliminarea suspensiilor coloidale, fapt ce necesită coagularea (flocularea și decantarea);
- limpezirea finală, prin instalații de filtrare;
- dezinfecția apei limpezite, când este necesară obținerea apei potabile.

În cele ce urmează, se vor prezenta detalii privind instalațiile sau construcțiile care realizează procesele menționate mai sus, înglobate în cadrul unui flux tehnologic simplu și devenit, deja, clasic.

1. Sitarea

Această operație se realizează prin prevederea, la priza stației de tratare, a unor grătare, site sau microsite.

Diferențierea acestor instalații se face, în special, prin mărirea spațiilor sau ochiurilor prin care este lăsată apa să treacă. Astfel :

- ◆ sitare grosieră: grătare cu spații între bare de 30–100 mm;
- ◆ sitare medie: site cu spații de 10–25 mm;
- ◆ sitare fină: site cu spații de 3–10 mm;
- ◆ sitare foarte fină: microsite cu spații de 23–120 μ .

Pentru eliminarea materiilor sau corpurilor plutitoare de la suprafață sau din masa apei se folosesc grătare compuse din bare fixe, cu diferite sisteme de curățare – manuale, mecanice (cu raclor sau jet de apă).

Grătarele rare sunt curățate manual, iar cele dese, mecanic. După forma lor în plan, grătarele pot fi plane, radiale, curbe etc.

Pentru reținerea impurităților de dimensiuni mai mici din masa apei (resturi de frunze, mâl, suspensii de dimensiuni mai mari) se folosesc sitele, care pot fi fixe.

Când sursa de apă o constituie un lac de acumulare, prezența în apă a unor cantități mici de plancton (microorganisme acvatic) impune folosirea instalațiilor de microsite, în care suportul filtrant este asigurat de o microsită cu ochiuri de 23–100 μ .

În instalațiile de microfiltre, debitele de curgere sunt mult mai mari decât la cele ce traversează stratul de nisip, în cazul filtrelor granulate. Se formează rapid, pe microsită, un strat fin de particule solide, care trebuie urgent eliminate. Astfel, la o microsită cu diametrul de 2,28 m și 1,52 m lățime, dacă se trece o apă de proastă calitate, sita necesită o spălare cu contracurent de apă, la fiecare 15 s, deci, practic, continuă. Alegerea dimensiunilor micrositei constituie o problemă majoră, dat fiind că, instalația va putea trata un anumit debit, în funcție de rapiditatea maximă de obturare a ochiurilor sitei cu particule solide,

aflăte în suspensie în apă. Această rapiditate de obturare se măsoară prin indicele de filtrabilitate.

La determinarea capacității de filtrare trebuie să se țină cont de șase factori:

- viteza de filtrare;
- pierderea de sarcină la trecerea prin mediul filtrant;
- porozitatea mediului;
- suprafața efectivă de filtrare;
- viteza tamburului;
- calitățile fluidului, în sensul cantității de suspensii care obturează ochiurile sitei.

2. Presedimentarea

Scopul presedimentării este acela de a reține din apă pietrișul, nisipul sau alte particule materiale, care se pot depune, ulterior, pe canale și conducte, pentru a proteja pompele și restul aparaturii de acțiunea abrazivă a acestora. De asemenea, presedimentarea este deosebit de utilă în perioadele de viitură, când sursa de apă este încărcată cu materii în suspensie, de concentrații care depășesc capacitatea de reținere a celorlalte instalații din stația de tratare.

Această fază se realizează în deznisipatoare și predecantoare.

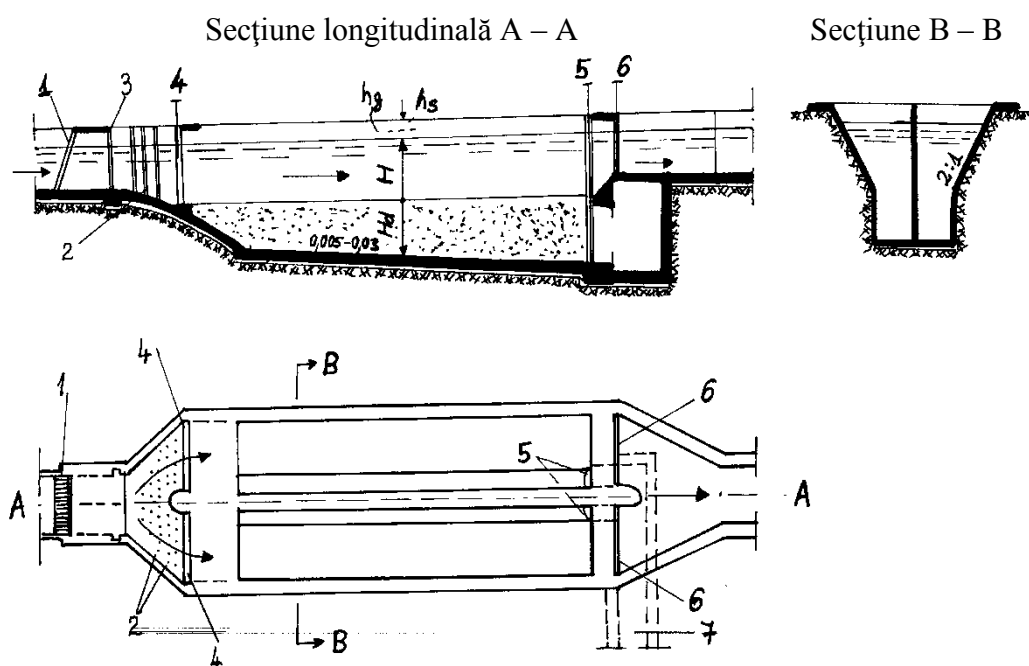
Atât deznisipatoarele, cât și predecantoarele au, în principiu, o alcătuire similară bazinelor decantoare propriu-zise. Diferențele de esență constau în viteza de circulație a apei prin aceste bazine și, implicit, a timpului de staționare a apei în instalație. Astfel, deznisipatoarele sunt destinate reținerii particulelor de nisip din apă, particule solide cu dimensiunea mai mare de 0,2 mm, având o viteză naturală de depunere în apă destul de mare. Aceasta permite ca timpul de staționare al apei în deznisipator să fie de ordinul a câtorva minute și cu viteze de trecere a apei de 0,1–0,5 m/s.

Deznisipatoarele pot fi orizontale (fig. 5.1) sau verticale (fig. 5.2), în funcție de direcția curentului de apă.

Nisipul depus în deznisipatoare poate fi eliminat manual (la instalații foarte mici), mecanic sau hidraulic.

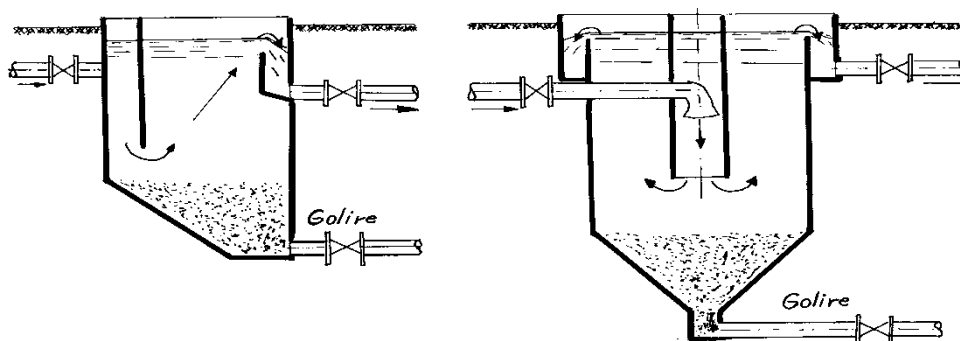
Folosirea deznisipatoarelor este recomandabilă pentru acele stații de tratare care au prizele situate direct pe cursurile de apă și la care procentul particulelor în suspensie, mai mari de 0,2 mm, este de cca.

20–30% din totalul suspensiilor din apă. Se ușurează, astfel, foarte mult funcționarea decantoarelor.



5.1. Deznisipator orizontal cu curățire manuală

1 – grătar; 2 – bare de liniștire; 3 – nișe pentru reparații în caz de avarie;
4 – stăvilă de intrare; 5 – vane de golire; 6 – stăvilă de ieșire; 7 – galerie de golire; H_d — înălțimea medie a stratului de sedimentare, înainte de curățare, [m].



5.2. Deznisipatoare verticale cu compartiment de intrare

Regimul torențial sau cu viituri frecvente al cursurilor de apă, se caracterizează, printre altele, și prin concentrații foarte ridicate ale suspensiilor în apă, de ordinul zecilor de grame la litru, foarte aproape de noroi. Din această apă trebuie, totuși, obținută apă potabilă. Admisia unei astfel de ape în stația de tratare ar colmata (înfunda) bazinele și conductele în câteva ore. Refacerea capacității de tratare ar dura câteva

zile. Iată de ce, în aceste cazuri, se preferă realizarea unor predecantoare.

Rolul lor poate fi multiplu:

- * reducerea încărcării în suspensii a apei brute la cca. 1–3 g/l, care poate fi reținută fără probleme în decantoarele propriu-zise;
- * bazin de rezervă, cu presedimentarea și stocarea apei, pentru cazurile de avarii la priză sau poluării accidentale grave, pe cursul de apă.

În aceste condiții, predecantoarele se dimensionează pentru un timp de staționare a apei de cca 1–5 zile.

Folosite frecvent la începuturile realizării sistemelor centralizate de alimentare cu apă potabilă, deznisipatoarele și predecantoarele au fost uitate un timp.

Folosirea frecventă a cursurilor de apă în regim neamenajat, ca surse de alimentare cu apă, pe de o parte, iar pe de altă parte, necesitatea măririi gradului de siguranță în funcționarea stațiilor de tratare, impune totuși revenirea la aceste instalații, în unele cazuri.

3. Coagulare – floclare

Apele de suprafață conțin o mare cantitate de substanțe coloidale. Aceste substanțe au greutate specifică foarte apropiată de cea a apei și, în mod practic, ele rămân în suspensie timp îndelungat.

Pentru a sesiza acest fapt, în tabelul 5.3 se indică proprietățile de sedimentare ale suspensiilor coloidale, în comparație cu cele ale altor particule din apă.

Această stabilitate a particulelor coloidale este dată de faptul că, într-o soluție apoasă, în jurul acestora, se formează pelicule cu sarcini electrice de același sens, care fac ca particulele să se respingă reciproc.

Iată de ce, în practica tratării apei, în vederea accelerării procesului de decantare se folosesc anumiți reactivi care, prin dizolvarea lor în apă, produc ioni de semn contrar particulelor coloidale. Neutralizarea parțială a acestor sarcini conduce la aglomerarea coloizilor în flocoane – agregate mai mari și mai grele. În acest mod, se reduce considerabil timpul lor de depunere.

Prin acest proces de coagulare-floclare are loc o reducere considerabilă a turbidității, precum și a culorii apei. De asemenea, în fazele de aglomerare și depunere a flocoanelor are loc și o antrenare parțială a substanțelor organice și a bacteriilor conținute de apa brută.

4. Gospodăria de reactivi

Rolul gospodăriei de reactivi într-o stație de tratare este acela de a asigura stocarea, dizolvarea, prepararea soluțiilor de reactivi, dozarea și introducerea reactivilor în apa de tratat.

Spațiul destinat stocării reactivilor trebuie să asigure depozitarea unei cantități necesare pentru aproximativ 15 zile.

Dizolvarea, prepararea și dozarea se fac în bazine având protecția anticorosivă corespunzătoare.

Pentru scurtarea procesului de dizolvare se poate folosi apă puțin încălzită sau barbotarea cu aer sub presiune.

Sistemele de pompare și transport ale soluțiilor de la un bazin la altul trebuie să asigure evitarea înfundării, pentru menținerea continuității și constanței procesului de tratare.

Se recomandă două tipuri de bazine de preparare a soluțiilor:

- * bazine cu soluție concentrată (10–12%) de coagulant;
- * bazine cu soluție diluată (3–5%), din care se face dozarea.

Astfel, se asigură o elasticitate mai mare a exploatării instalației și posibilitatea menținerii dozei recomandate de laborator.

Pentru dozare și introducerea soluției de coagulant, se recomandă folosirea pompelor dozatoare.

Pe lângă îmbunătățirile constructive și funcționale ale gospodăriei de reactivi, respectiv, respectiv, utilizarea polielectroliților moderni, merită să fie cunoscută și răspândită *metoda de tratare cu silicat de sodiu*, ca adjuvant al coagulării.

Solul de bioxid de siliciu este o soluție coloidală, având particule încărcate cu sarcini electrice negative și ajută procesul de coagulare în perioadele de timp cu temperatură scăzută, în cazul valorilor mici ale pH-ului, la concentrații mici de anioni sau în prezența unor impurități reduse. În afară de coagularea de bună calitate și rapidă, procesul conduce și la economie de reactivi.

Solul de silice se obține prin activarea soluției de silicat de sodiu (fig. 5.5), fie cu sulfat de aluminiu (fig. 5.6), procedeu mult aplicat, fie cu clor sau cu acizi, pentru a se produce acid silicic coloidal.

Prin hidroliză, acidul silicic coloidal se descompune în bioxid de siliciu și hidroxid de siliciu. Efectul de coagulare este bun, îndeosebi la apele cu suspensii, dar care nu au culoare.

Viteza de sedimentare a fulgilor dezvoltăți crește de la 0,3–0,6 m/s la 1,5–2,0 mm/s, eficiența crește la decantare și filtrare, iar durata ciclului de filtrare crește, de asemenea, de la 8–12 ore, la 16–24 ore.

DECANTAREA APEI

Decantarea apei este un proces de separare a particulelor solide din suspensie, prin acțiunea forțelor de gravitație, astfel că amestecul lichid - solid este separat în lichidul limpezit, pe de o parte, și suspensiile concentrate, pe de altă parte.

Se mai utilizează și termeni ca *sedimentarea apei* sau *limpezirea apei*.

Aceste procese se realizează în instalații speciale, numite *decantoare*.

În decursul timpului s-au elaborat numeroase tipuri de decantoare. Indiferent de tipul decantorului, acesta trebuie să asigure:

- introducerea și distribuția apei brute, amestecată în prealabil cu reactivii de coagulare;
- spații de decantare, în care apa are o viteză de circulație foarte redusă, asigurându-se o staționare relativă de 1-2,5 ore; aici are loc depunerea suspensiilor;
- colectarea apei limpezite;
- spațiul pentru suspensiile depuse, precum și pentru concentrarea lor. În spațiul de decantare se rezervă un anumit volum, în zona sa inferioară, pentru acumularea și concentrarea suspensiilor depuse. Forma, mărimea și chiar dispunerea acestui spațiu sunt foarte variabile și depind de tipul decantorului;
- sistemul de curățare și evacuare a nămolului din decantor este în funcție de tipul decantorului. Se pot folosi procedee manuale, hidraulice sau mecanice.

A existat o evoluție în timp a practicii decantării apei.

Decantoarele clasice pleacă de la principiul reținerii prin cădere gravitațională a tuturor particulelor, supuse, în prealabil, procesului de coagulare-floculare.

În funcție de sensul de circulație a apei în decantor, decantoarele clasice pot fi:

- orizontale - longitudinale (fig. 5.7);
- orizontale - radiale (fig. 5.8);
- verticale (fig. 5.9).

În drumul său, datorită vitezelor foarte mici de circulație a apei, de ordinul a 3 – 15 mm/s, aproximativ 98% din suspensii se depun,

urmând ca, prin intermediul dispozitivelor de colectare și evacuare a nămolului, să fie îndepărtate din instalație.

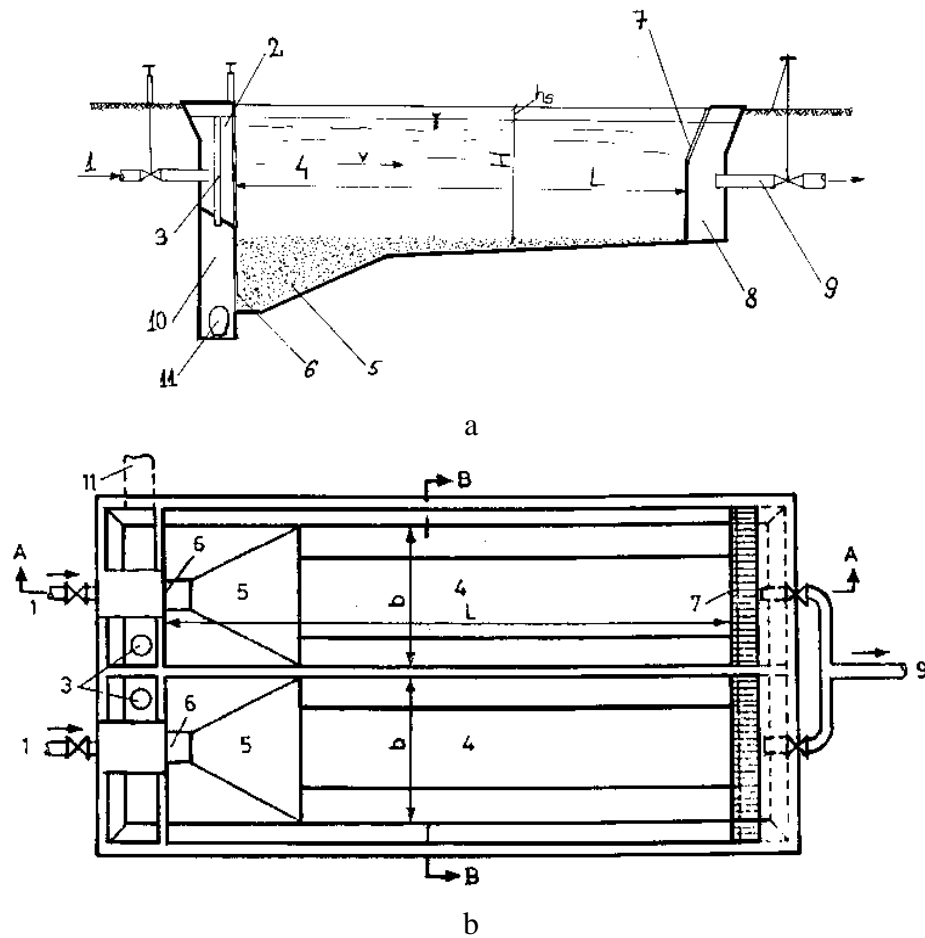


Figura 5.7. Decantor orizontal

a – secțiune longitudinală A-A; b – plan

- 1 – intrarea apei; 2 – cameră distribuție; 3 – preaplin; 4 – cameră decantare;
 5 – groapă pentru nămol; 6 – vană de perete pentru golire; 7 – grătar;
 8 – cameră de colectare a apei decantate; 9 – ieșire apă decantată;
 10 – galerie pentru evacuare; 11 – canal de golire.

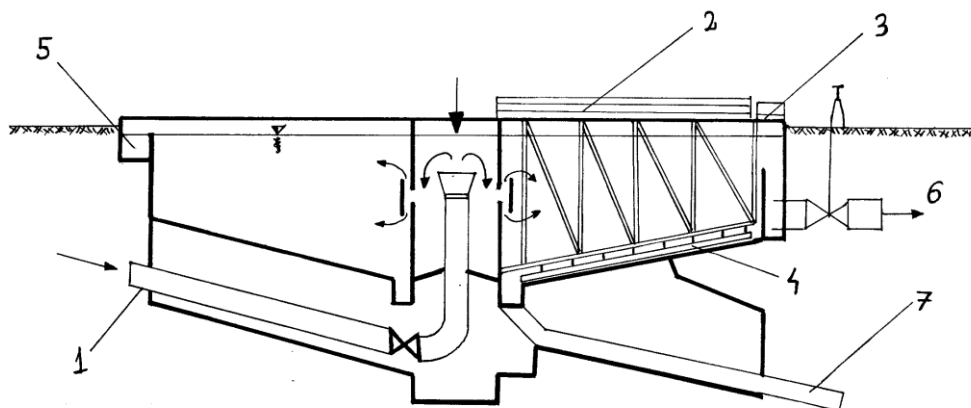


Figura 5.8. Decantor radial – secțiune verticală

- 1 – intrarea apei; 2 – pod curățitor; 3 – spațiu pentru reacție; 4 – lame răzuitoare; 5 – jgheab de colectare a apei decantate; 6 – ieșirea apei decantate; 7 – canal de golire.

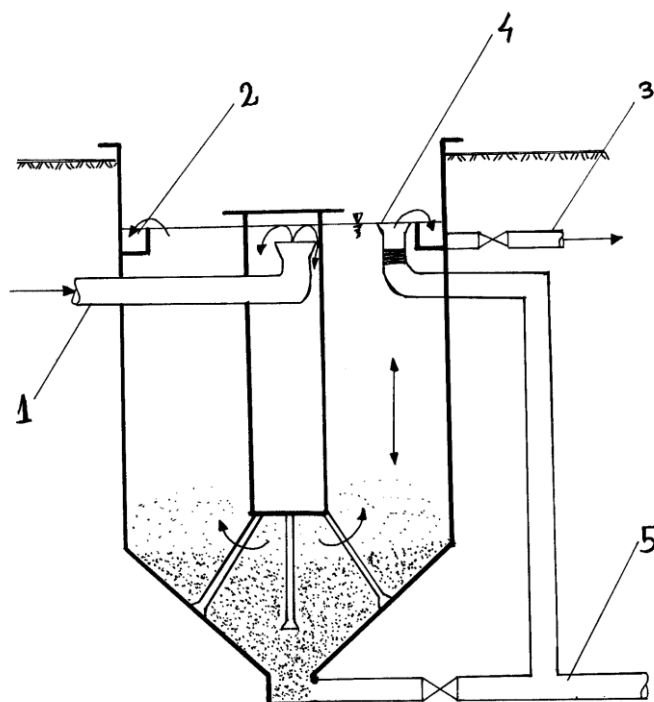


Figura 5.9. Decantor vertical

1 – intrarea apei; 2 – jgheab pentru colectarea apei decantate;
3 – ieșirea apei decantate; 4 – preaplin; 5 – golire.

În timp, s-a încercat mărirea randamentului acestor instalații, prin diferite amenajări: *decantoare etajate*, *decantoare lamelare* etc. Totuși, datorită vitezelor mici și a debitelor din ce în ce mai mari de tratat, decantoarele clasice au căpătat dimensiuni din ce în ce mai mari; de exemplu, decantoarele radiale au atins diametre de 60 m, iar decantoarele longitudinale lungimi de 100 m (și chiar mai mult). Astfel de instalații sunt costisitoare și greu de exploatat. Aceasta a impus un nou tip de decantoare, așa numitele *decantoare suspensionale*. În afara principiului decantării gravitaționale, în aceste decantoare se mai aplică și principiul filtrării suspensiei printr-un strat de suspensii reținute anterior, aflat într-un echilibru dinamic, în curentul ascendent de apă.

În afara unei eficiențe tehnologice foarte ridicate s-a creat posibilitatea folosirii unei viteze mai mari de circulație a apei, deci, reducerea suprafețelor sau a volumelor construite.

După modul de funcționare, decantoarele suspensionale pot fi:

- statice (fig. 5.10);
- cu recirculare a stratului suspensional (fig. 5.11 și 5.12);
- pulsatoare (fig. 5.13);
- superpulsatoare.

FILTRAREA APEI

Filtrarea este un procedeu de separare a solidelor de lichide, prin care materiile în suspensie sunt separate de lichid prin trecerea amestecului printr-un material poros (filtrant), care reține materiile solide și lasă să treacă lichidul, denumit și filtrat.

În domeniul tratării și epurării apelor, filtrarea are ca scop, separarea materiilor solide din apă, în vederea limpezirii apelor, pentru folosirea lor, precum și pentru deshidratarea nămolurilor rezultate din instalațiile de tratare sau epurare.

Apa naturală sau apa uzată, datorită impurităților conținute sub formă de particule de natură minerală sau organică, dizolvate sau în stare de suspensie, poate fi considerată ca un sistem dispersat de concentrație mică și de concentrație mai mare, în cazul nămolurilor.

Separarea celor două faze, inițial amestecate, necesită o acțiune care se poate exercita în cazul unei suspensii, fie asupra particulelor solide aflate în stare de suspensie, fie asupra lichidului.

Astfel, pentru limpezire, este posibilă imobilizarea relativă a lichidului și deplasarea particulelor sub acțiunea unui câmp gravitațional, cazul decantării clasice, în care se rețin 80÷95% din substanțele de suspensie din apă, sau imobilizarea particulelor solide, prin reținerea pe un suport și obligarea lichidului de a traversa suportul sub influența unei diferențe de presiune.

În cazul filtrării clasice se acționează asupra lichidului, supunându-l la un gradient de presiune care-l obligă să treacă prin materialul poros. Această forță poate acționa pe o parte sau alta a mediului filtrant, aplicând fie o presiune asupra lichidului de filtrat, fie o depresiune (vacuum) asupra filtrantului.

Există mai multe feluri de filtrare, care depind de mărimea și concentrația particulelor solide, de natura și caracteristicile mediului filtrant și ale modului de funcționare.

Filtrarea prin straturi granulare, cu grosimea de ordinul metrilor, se utilizează la debite mari, cu puține suspensii, spălarea făcându-se, în general, în contracurent.

Filtrarea prin site sau microsite se utilizează la separarea particulelor grosiere, în cantități mici și care se îndepărtează, de obicei, la spălare.

Filtrarea prin membrane se utilizează, în cazul unei cantități reduse de suspensii, pentru obținerea unei ape foarte limpezi, materialul filtrant fiind foarte subțire, de ordinul centimetrilor.

Filtrarea cu turte se aplică, în principal, în cazul concentrațiilor mari de suspensii ale nămolurilor rezultate din separarea prin alte procedee, în care se folosește un strat suport, din pânză sau alte materiale, pe care se formează turta.

Filtrul nu are numai rolul de sită pentru reținerea materiilor solide în suspensie, ale căror dimensiuni sunt mai mari decât ale spațiilor sau porilor materialului filtrant; el trebuie astfel conceput încât să rețină și alte particule și substanțe, ca de exemplu particule de argilă coloidală, substanțe colorante sau bacterii care au dimensiuni mult mai mici decât ale porilor, iar eliminarea lor comportă procese complexe.

De exemplu, la filtrele lente, din materiale granulare, stratul biologic gros, care se formează la suprafață, are o porozitate foarte fină, iar la filtrele rapide, care funcționează după coagulare și decantare, acesta reține materiile coloidale și bacteriile care sunt absorbite de către flocoanele gelatinoase și eliminate o dată cu ele.

De asemenea, în cazul filtrării prin membrane se pot reține particule submicronice, asigurându-se în același timp și posibilitatea reținerii substanțelor dizolvate.

În domeniul tratării apelor de alimentare, în general, filtrarea este utilizată în trei moduri principale:

- ca treaptă unică de tratare;
- ca treaptă preliminară pentru a reduce încărcătura treptei următoare (reținerea materiilor grosiere);
- ca treaptă finală, pentru finisarea indicatorilor calitativi ai apei; în această categorie intră și tratările speciale ca: filtrarea prin cărbune activ granulat pentru eliminarea gustului și mirosului, filtrarea prin filtre cu schimbători de ioni sau prin membrane pentru demineralizare etc.

În continuare, se vor prezenta elemente de ordin practic, privind proiectarea filtrelor de nisip. Se va insista, în special, pe filtrarea lentă și filtrarea rapidă, cele care au aplicabilitate în tratarea apelor de alimentare.

1. Filtrarea lentă

Elementele componente ale unui filtru lent (fig. 5.22) sunt:

- un rezervor de apă, a cărui principală funcție este de a menține o sarcină constantă de apă deasupra materialului filtrant, asigurând, astfel, presiunea necesară pătrunderii apei în filtru;
- un strat filtrant (aproape întotdeauna din nisip), în și pe care sunt reținute impuritățile din apă;
- un sistem de drenaj situat la bază, care are dublul rol de a susține mediul filtrant și de a permite trecerea apei (drenarea) la ieșirea apei tratate prin partea de jos a stratului filtrant, cu pierderi de sarcină minime;
- un sistem de vane de comandă, pentru reglarea vitezei de curgere a apei, astfel încât nivelul în cuva filtrelor să nu scadă, în timpul funcționării, mai jos de un nivel minim stabilit și pentru a permite reglarea nivelului apei și a încărcării cu nisip a filtrului, la repunerea în funcțiune, după curățare.

Primele trei elemente enumerate mai sus sunt reunite în același bazin filtrant, de multe ori fără acoperiș, iar vanele de comandă sunt, în general, dispuse în structurile adiacente. Bazinul este, în mod obișnuit, de secțiune rectangulară și adânc de 2,50÷4,00 m, fiind îngropat parțial sau total.

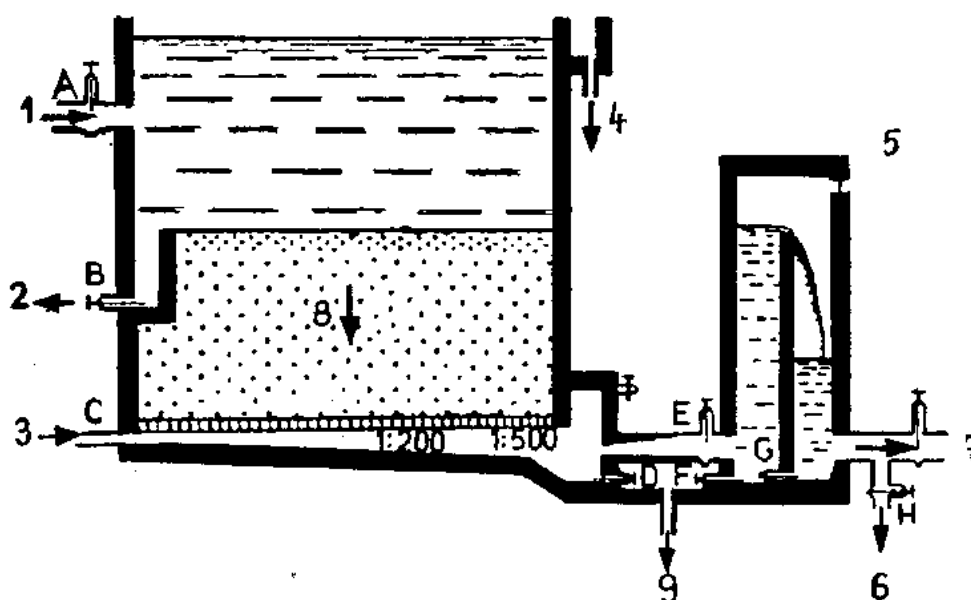


Figura 5.22. Schema unui filtru lent

- 1 – apă brută; 2 – evacuare apă supernatant; 3 – apă filtrată pentru încărcare;
- 4 – spre canalizare; 5 – aerisire; 6 – apă filtrată din prim filtrat;
- 7 – apă filtrată spre rezervor; 8 – nisip; 9 – spre canalizare.

Pentru economie de spațiu (în particular, în instalații mari), pereții sunt verticali sau aproape verticali, putând fi executați din piatră, cărămidă sau beton.

În cazuri izolate, unde spațiul nu este restrâns și unde este esențial a se realiza economii la construcție, pereții pot fi executați în pantă, cu acoperire din diferite materiale.

Deasupra sistemului de drenaj se găsește un strat de nisip, pe o înălțime de 0,60÷1,20 m și un strat de apă brută de 1,00÷1,50 m înălțime.

La fundul bazinului se găsește sistemul de drenaj, care poate fi executat dintr-un planșeu fals din beton poros sau din drenuri poroase, acoperite de un strat suport de pietriș, care împiedică antrenarea în dren a particulelor fine din stratul de nisip.

Ca elemente speciale, care trebuie menționate, sunt ***deversorul de ieșire și vana destinată reglării vitezei de curgere.***

Din considerente care vor fi expuse în detaliu, este cu totul neindicat ca în timpul funcționării filtrului, nivelul apei, în bazinul de filtrare, să scadă sub suprafața materialului filtrant. Pentru a evita orice risc în această privință, se prevede un *deversor* în sistemul de conducte de ieșire. Acesta asigură, pe de o parte, înălțimea minimă de apă în bazin și aerează, într-o oarecare măsură, apa din efluent, astfel ca să absoarbă oxigenul, iar pe de altă parte, poate elibera din apa tratată celelalte gaze dizolvate, conținute în apă, care ar putea imprima gust și miros neplăcut. Mai mult, funcționarea filtrului poate să fie independentă de fluctuațiile nivelului din rezervorul de apă limpezită.

Considerând un eșantion de apă brută care traversează un filtru lent și examinând diversele procese la care este supus, în mod succesiv, se observă următoarele: eșantionul pătrunde în stratul de apă de 1,00÷1,50 m înălțime, de deasupra stratului filtrant, unde poate rămâne între 3 și 12 h, în funcție de viteza de filtrare. Cele mai grele particule de materii în suspensie încep să sedimenteze și unele din particulele mai ușoare să se aglomereze. Ziua, sub influența luminii solare, se dezvoltă alge care cresc și absorb bioxidul de carbon, nitrații, fosfații, ca și pe ceilalți nutrienți pe care îi conține apa, transformându-i în pereți celulari și în oxigen. Pe măsură ce se formează, oxigenul se dizolvă în apă și reacționează chimic cu impuritățile organice, facilitând, astfel, asimilarea acestor impurități de către alge.

La suprafața nisipului se formează, cu timpul, un film subțire de material vâscos, în mare parte de origine organică, cunoscut sub numele

de membrană biologică ori "*schmutzdecke*" sau membrană filtrantă, pe care apa trebuie să o traverseze pentru a ajunge la mediul filtrant propriu-zis. Acest film este compus din alge filamentoase și numeroase alte forme de organisme vii: plancton, diatomee, protozoare, rotiferi și bacterii. El este extrem de activ, diversele organisme care îl compun digerând și dezagregând materiile organice conținute în apa supusă filtrării. Algele moarte din apa de deasupra stratului filtrant și bacteriile din apa brută sunt, și unele și altele, consumate în interiorul acestei pelicule, procesul conducând la formarea sărurilor minerale simple. Culoarea este parțial eliminată și o porțiune considerabilă din particulele inerte în suspensie sunt cernute mecanic.

După ce a străbătut această membrană filtrantă, apa pătrunde în stratul filtrant și trece prin interstițiile granulelor de nisip, proces care, în mod normal, durează câteva ore.

Stratul de nisip posedă o proprietate și mai importantă, și anume aceea de a fi absorbant. Fenomenul de absorbție se datorează forțelor electrice, de legătură chimică și de atracție în masă, interacționând de o manieră care nu este încă total elucidată. Acest fenomen se produce pe toată suprafața unde apa intră în contact cu granula de nisip.

Pentru a aprecia amploarea acestei acțiuni trebuie să se reprezinte interiorul stratului de nisip, ca o serie de suprafețe granuloase – prin care apa trebuie să treacă. Suprafața totală pe care o reprezintă este extrem de ridicată: la 1 m³ nisip pentru filtrare se ajunge la o suprafață de 15 000 m² (1,50 ha).

Între granule se găsesc pori sau spații deschise în proporție de aproximativ 40% din volumul total al patului. Apa care trece pe suprafața fiecărei granule își micșorează viteza de fiecare dată când pătrunde într-unul din acești pori, formându-se, deci, milioane de bazine minuscule de sedimentare, în care particulele cele mai mici se depun pe granula de nisip cea mai apropiată, înainte ca apa să-și continue înaintarea spre fundul patului filtrant.

Astfel, în timpul trecerii apei de-a lungul patului, fiecare particulă inertă, bacteriană sau virală, este pusă în contact cu suprafețele granulelor de nisip pe care se fixează sub influența forțelor de atracție de masă sau a forțelor de atracție electrică.

Suprafețele se acoperă cu un strat vâscos de compoziție asemănătoare membranei filtrante, dar fără particulele cele mai mari și fără alge, care nu au putut pătrunde în masa filtrantă. Acest strat întreține o masă în care mișună microorganisme, bacterii, bacteriofagi, rotiferi,

protozoare, care se hrănesc cu impurități absorbite. El se formează, pe granule, pătrunzând în masa filtrantă până la aproximativ 40 cm, în profunzime, forme de viață variate, predominând la diferite adâncimi, cu o activitate maximă în apropierea suprafeței patului filtrant, unde hrana lor este abundentă.

Această hrană este constituită, în principal, din particule de origine organică transportate de către apă. Stratul vâscos le reține până când ele sunt descompuse, consumate și transformate în material celular, care la rândul său, este asimilat de către alte organisme și transformat în materii anorganice: apă, CO₂, nitrați, fosfați și alte săruri, care sunt antrenate spre fund de către apă. Pe măsură ce adâncimea crește, cantitatea de nutrient organic se micșorează și rivalitatea între diverse organisme se intensifică. Alte bacterii predomină, cele care utilizează oxigenul conținut în apă și extrag nutrienții care, altfel, ar traversa filtrul fără a fi alterate, fiind în stare dizolvată. Rezultă că apa care pătrunsese în stratul filtrant cu o întreagă varietate de solide, coloizi și microorganisme în suspensie și săruri complete în soluții, se găsește – în cursul trecerii sale de-a lungul a 40-60 cm de mediu filtrant – debarasată de aproape toate aceste materii și nu conține, la ieșire, decât câteva săruri anorganice simple (și relativ inofensive) în soluție. Astfel, au fost eliminate, practic, nu numai toate organismele vătămătoare, dar și nutrienții dizolvați, care ar fi putut favoriza creșterea ulterioară a bacteriilor. Apa astfel tratată poate fi săracă în O₂ dizolvat și cu o cantitate mică de CO₂, iar aerarea sa ulterioară, prin trecerea peste deversor, remediază considerabil acest defect.

În analizele efectuate pentru a studia filtrele în funcțiune, nu rareori s-a constatat că ele reduc numărul total de bacterii de la 10³ până la 10⁴ ori, iar *Escherichia coli* de la 10² până la 10³ ori. Când se alimentează un filtru cu o apă brută de cantitate medie, se observă în mod curent absența totală de *Escherichia coli* într-un eșantion de 100 ml apă livrată consumatorilor, fapt ce corespunde, deci, normelor de calitate, în vigoare, pentru apa de băut.