

Universitatea "Politehnica" Timișoara Facultatea de Hidrotehnică

ing.Bălan Adrian George

Optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil

Teza de doctorat

Conducător științific:
Prof.dr.ing. Jura Cornel

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

619.488
366 C.

1997

CUPRINS

<u>Cuprins</u>	1
<u>Introducere</u>	4
<u>Cap.1 Cadrul general al aplicării proceselor de limpezire a apei</u>	6
1.1 Obiectul de studiu.Necesitatea tratării apei	6
1.2. Prezentarea unor soluții în domeniul perfecționării tratării și limpezirii apei.	9
1.3. Stadiul actual al cercetării în problemele limpezirii apei.	12
1.4. Critica metodelor de limpezire.	17
1.5. Necesitatea și oportunitatea temei de studiu	19
<u>Cap.2 Analiza proceselor de decantare a apelor de suprafață</u>	21
2.1.Clasificarea decantoarelor, Procedee de tratare.	21
2.2. Teoria coagulării-floculării, potențial Zeta.	22
2.3. Îmbunătățirea procesului de decantare prin coagulare. Reactivi chimici.	31
2.3.1. Procesul de coagulare- floculare.	38
2.3.2. Obiectivele procesului de coagulare-floculare.	41
2.4.Prezentarea metodelor eficiente de decantare.	42
2.4.1. Procedeele de decantare statică.Critica acestui procedeu.	42
2.4.2 Contribuția decantoarelor suspensionale.	44
2.5. Realizări moderne în domeniul decantării apei	48
<u>Cap.3 Analiza proceselor de separare suspensională</u>	57
3.1. Teoria decantării suspensionale.	57
3.2. Teoria decantării lamelare.	69
3.3. Modele de calcul a separatoarelor suspensionale.	80
3.4. Concluzii și rezultate din cercetarea actualelor metode de limpezire a apei la decantoarele suspensionale.	85
3.5.Contribuții la studiul teoretic al decantoarelor suspensionale cu debit variabil.	86
3.5.1. Model matematic pentru decantoarele suspensionale.	86
3.5.2. Metodă matematică care realizează controlul formării și menținerii stratului suspensional în decantoarele suspensionale.	90
3.6. Necesitatea și oportunitatea studierii pe stații pilot (și modele) a proceselor de decantare suspensională.	93
<u>Cap.4 Progresul cercetării separării suspensionale pe modele experimentale</u>	94
4.1. Nivelul cercetării actuale pe modele experimentale.	94
4.2. Abordarea teoretică a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare.	97
4.2.1. Abordarea teoretică a separării suspensionale cu debit variabil	98
4.2.2. Abordarea teoretică a decantării lamelare la debite variabile.	100
4.2.3. Contribuții la abordarea teoretică a separării suspensionale cu debit variabil	108
4.3.Prezentarea și modul de calcul al separatoarelor suspensionale cu debit variabil echipate cu module lamelare.	110
4.4. Problemele modelării pe modele experimentale	114
4.4.1.Soluția propusă de autor pentru modelul experimental.	115

4.5. Condiții de verificare în tehnica experimentală a principiului de funcționare a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare.	116
Cap.5 <u>Studii experimentale efectuate pe stația pilot</u>	120
5.1. Prezentarea modelului experimental.	120
5.1.1. Sistemul de alimentare cu apă brută.	123
5.1.2. Circuitul de alimentare a decantorului cu debit continuu (de întreținere)	123
5.1.3. Circuitul de alimentare a decantorului cu debit variabil (pulsator)	123
5.1.4. Sistemul de lansare al apei brute.	124
5.1.5. Decantorul suspensional cu debit variabil (corpul propriu-zis)	125
5.1.6. Sistemul de evacuare al apei decantate.	125
5.1.7. Sistemul de evacuare și concentrare a nămolului.	126
5.1.8. Sistemul de dozare și introducerea a reactivilor chimici.	126
5.1.9. Caracteristicile principale ale prototipului pilot.	127
5.2. Dispozitive, scări de măsurare și reactivi chimici folosiți	128
5.2.1. Dispozitive și scări de măsurare folosite.	128
5.2.2. Reactivi chimici folosiți.	129
5.3. Experiențe efectuate în laborator.	130
5.4. Rezultatele experiențelor din laborator și interpretarea lor	137
5.5. Propunerea unei noi metode de stabilire a dozelor reactivilor chimici.	149
5.6. Experiențele efectuate pe prototipul pilot.	151
5.7. Rezultatele experiențelor efectuate pe prototipul-pilot și interpretarea lor.	157
Cap.6 <u>Recomandări privind calculul de dimensionare a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare.</u>	161
6.1. Studii necesare și utilizarea lor în calculul de dimensionare.	161
6.2. Determinarea principalelor dimensiuni constructive	161
6.2.1. Debitul de calcul.	161
6.2.2. Numărul de unități și forma în plan.	161
6.2.3. Suprafața de limpezire.	162
6.2.4. Înălțimea decantorului.	162
6.3. Calculul sistemului hidraulic.	162
6.3.1. Dimensionarea floculatorului.	162
6.3.2. Modulul lamelar inferior.	163
6.3.3. Modulul lamelar superior.	164
6.3.4. Spații și înălțimi tehnologice.	165
6.3.5. Timpi tehnologici.	166
6.3.6. Calculul sistemului de introducerea a apei brute în decantor.	166
6.3.7. Calculul sistemului de alimentare cu apă brută (circuitul de alimentare cu debit variabil și continuu)	166
6.3.8. Dimensionarea conductelor de lansare a apei brute.	168
6.3.9. Sistemul de colectare a apei decantate.	170
6.3.10. Concentratorul de nămol.	171
6.3.11. Sistemul de evacuare al nămolului.	171
6.4. Propunerea unei scheme tehnologice de limpezire.	172
6.5. Eficiența tehnico-economică a decantoarelor suspensionale cu debit variabil echipate cu module lamelare.	172

6.6. Recomandări privind exploatarea.	173
6.7. Criterii de eficiență comparată a indicatorilor de calitate.	175
Cap.7 <u>Concluzii</u>	178
7.1. Conținutul lucrării.	178
7.2. Contribuții personale la studiul separării suspensionale cu debit variabil.	179
7.3. Concluzii.	180
<u>Bibliografie</u>	182
<u>Anexe</u>	188
Anexa 1. Analiza fizico-chimică a apei brute.	188
Anexa 2. Fotografii realizate în timpul efectuării experimentelor la prototipul-pilot, în stația de tratare a apei Batiz.	189

Introducere

Apa este unul din elementele de bază ale Terrei fără de care viața nu poate exista. Ea este prezentă pe pământ, în subsolul lui precum și în atmosferă, totalizând un volum de $1454 \cdot 10^6 \text{ km}^3$. Din acest volum de apă 97 % o reprezintă apa sărată prezentă în mări și oceane, acoperind la rândul ei cca. 72 % din suprafața planetei, 2 % reprezintă apa înglobată în calotele polare și ghețari, iar apa dulce prezentă în apele curgătoare, lacuri, pânzele freatice subterane reprezintă doar 0,014 % din volumul total de apă de pe glob. În momentul de față se cunoaște că 0,035% din volumul de apă total de pe glob se recirculă anual, iar tocmai acest caracter ciclic asigură permanența apei și deci a vieții pe pământ. /53/, /84/

După cum se constată sursele de apă dulce reprezintă un volum foarte mic din totalul apelor pe glob, dar și din acest volum numai o parte (0,002 %) întrunește în momentul actual condiții tehnice și economice de valorificare pentru civilizația umană. Aceste date ne arată că apa atât de necesară existenței și dezvoltării civilizației umane este o resursă vitală limitată, care trebuie să fie una din cele mai importante preocupări ale omenirii atât în momentul actual cât și în viitor.

Istoria ne arată că cele mai multe comunități umane s-au așezat în apropierea unor cursuri de apă, iar primele sisteme centralizate de alimentare cu apă datează de peste 5.000 de ani, fostele civilizații umane vechi, fiind asociate cu o bună întrebuințare a apei, la alimentări cu apă, irigații, băi termale etc..

Cunoștințele noastre actuale despre apă încep cu tratatul lui Arhimede intitulat " Corpuri plutitoare " apărut cu 250 de ani înainte de era noastră, continuând cu lucrarea lui Leonardo da Vinci apărută în epoca Renașterii " Despre mișcarea și măsurarea apei" , iar din secolul XVII încep studiile aprofundate legate de mișcarea apei realizate de Galileo Galilei, Toricelli, Newton, Bernoulli, Euler, Chézy etc. /29/, /42/, /53/, /84/.

Realizarea unor instalații centralizate de alimentare cu apă și canalizare nu este numai un indicator al industrializării, civilizației și confortului ci și o măsură principală de realizarea unei bune sănătăți a comunităților umane, statistica arătând o strânsă și directă legătură între realizarea lucrărilor de alimentare cu apă și canalizare și starea sănătății populației din așezămintele umane. Se cunoaște că o serie de boli cu mortalitate ridicată ca : febra tifoidă, dizenteria, holera și altele, toate denumite boli hidrice, au repercursiuni negative asupra sănătății oamenilor. De aceea există o preocupare majoră pentru realizarea instalațiilor de alimentare cu apă și canalizare și o bună tratare a apei, scopul final fiind asigurarea condițiilor de igienă și sănătate a așezămintelor umane la un standard cât mai ridicat. / 80/.

Având în vedere că apa datorită resurselor sale limitate devine o avuție națională, trebuie gospodărită rațional și intensiv, pentru asigurarea apei necesare tuturor folosințelor existente și de perspectivă, ținând cont deasemenea că apa este un important factor de mediu. /53/.

Alimentarea cu apă a centrelor umane trebuie să rezolve concomitent problema calității și cantității apei livrate, iar în scopul gospodăririi raționale a acestei resurse, această activitate trebuie să fie cât mai eficientă. Această mărire a eficienței se poate realiza prin optimizarea fluxului tehnologic din stațiile de tratare a apelor, obținând parametrii cât mai ridicați ai apei tratate comparativ cu cei ai apei brute, atât în privința calității cât și în privința cantității de apă tratată, aceștia trebuind corelați cu indicatori

tehnico-economici, care țin seama de efortul investițional și cheltuielile în exploatare. Mărirea eficienței limpezirii este o parte importantă în mărirea eficienței stației de tratare în ansamblu, fiind o problemă care trebuie studiată în cele două componente ale sale, decantarea apei și filtrarea apei.

Având ca scop al studiului și cercetării cele de mai sus, autorul prezentei teze de doctorat, a proiectat și realizat un prototip pilot pentru decantarea apei la care s-au făcut experimentări, obținându-se date și concluzii privind optimizarea funcționării separatoarelor suspensionale cu debit variabil, realizându-se și verificarea contribuțiilor teoretice privitoare la funcționarea și optimizarea acestor tipuri de decantoare.

Studiul și cercetarea efectuată se înscriu în tendința actuală de introducere de procedee și tehnologii noi, performante în domeniul alimentării cu apă.

Cercetările au fost efectuate în cadrul stației de tratare a apei Batiz, stație de tratare care face parte dintr-un sistem regional de alimentare cu apă, întreținut și exploatat de R.A.G.C.L. Deva. Prototipul pilot s-a experimentat într-o stație de tratare existentă, având avantajul de a avea simultan: apă brută, reactivi, racord de energie electrică și laborator pentru efectuarea analizelor. Prototipul pilot a fost realizat cu sifon hidraulic ca o modalitate de realizare a pulsațiilor, iar ca parametri geometrici a fost respectată înălțimea unui decantor la scară naturală, aceasta corelat cu folosirea aceleiași ape brute, cu aceleași caracteristici fizico-chimice din natură, a condus la studierea fenomenului de separare suspensională cu debit variabil, nedistorsionat așa cum se petrece în decantoarele din stațiile de tratare.

Mulțumesc pe această cale tuturor celor care au ajutat și sprijinit: studiile, cercetările și experimentele realizate de autor pentru întocmirea prezentei teze de doctorat.

În mod deosebit mulțumesc domnilor profesori din cadrul Facultății de Hidrotehnică Timișoara, profesor doctor inginer Jura Cornel care a fost conducător științific al lucrării, domnului profesor doctor inginer Mirel Ioan, pentru competența și înaltul nivel științific cu care mi-au îndrumat studiile și cercetările, pentru înțelegerea, sprijinul și recomandările făcute de la înscrierea la doctorat și până la elaborarea tezei de doctorat, precum și domnului profesor doctor inginer Crețu Gheorghe.

Tot în mod deosebit mulțumesc domnului doctor inginer Teodorescu Mihai de la "PROED" S.A. București pentru sprijinul acordat la studierea și realizarea prototipului pilot, pentru încurajările, sugestiile și îndrumarea dată pe tot timpul elaborării tezei de doctorat.

Mulțumesc pentru încrederea și sprijinul acordat la studierea și realizarea prototipului pilot domnului profesor doctor inginer Marin Sandu precum și Catedrei de Alimentări cu Apă și Canalizări din cadrul Facultății de Hidrotehnică București.

Mulțumesc pentru încrederea, înțelegerea și sprijinul dat de domnul profesor doctor inginer Caraba Ioan, Catedra de Construcții Metalice, Facultatea de Construcții Timișoara și domnului profesor dr. matematician Makşai Ștefan, Facultatea de Inginerie Hunedoara, pentru realizarea prezentei teze de doctorat.

Mulțumesc pentru sprijinul și sugestiile făcute, domnului director tehnic Ardelean Nicolae și întregii conduceri a R.A.G.C.L. Deva, domnului inginer Ghergan Florian - șef producție și domnului Florian Aurel - șef secție apă-canal, pentru realizarea și experimentarea prototipului pilot, cât și întregului personal de la stația de tratare a apei Batiz.

Mulțumesc, nu în ultimul rând, familiei, care m-a ajutat și susținut în timpul studiilor și cercetărilor pentru realizarea prezentei teze de doctorat.

CAPITOLUL 1 Cadrul general al aplicării proceselor de limpezire a apei.

1.1. Obiectul de studiu. Necesitatea tratării apei.

Asigurarea apei potabile și industriale este una din condițiile obligatorii pentru dezvoltarea unei comunități umane, în actuala etapă de civilizație. Aceasta este condiționată de respectarea unor condiții de calitate, cantitate și presiune la consumator.

Pentru a respecta standardele în vigoare pentru apa livrată, apa brută preluată din diferite surse, trebuie tratată, transportată și distribuită.

Apa cu caracteristicile ei fizico-chimice și indicatorii biologici și bacteriologici, împreună cu totalitatea proceselor și procedeele de captare, tratare, transport și distribuție la consumatori este obiectul de studiu al alimentărilor cu apă.

Pentru a putea studia oricare din procesele componente, a fluxului tehnologic de la captarea apei brute până la livrarea apei potabile, cu anumiți parametri, trebuie amintite principalele caracteristici și indicatori ai apei existente în natură.

Apa existentă în natură se poate găsi sub trei forme: gazoasă, lichidă și solidă. Între cele trei stări sunt diferențe de legături moleculare; pentru a trece de la o formă la alta, adică de a schimba legăturile moleculare, trebuie să se aibe în vedere schimbarea a trei parametri: volum, temperatură și presiune. Complexitatea fizico - chimică a apei îi conferă numeroase proprietăți deosebite, dar și anomalii cum ar fi densitatea maximă o atinge la $+ 4 \text{ }^\circ\text{C}$ ($+ 3,98 \text{ }^\circ\text{C}$) și mărirea volumului cu 1/11 odată cu înghețarea, acestea rezultând dintr-o cunoaștere insuficientă a proprietăților și fenomenelor fizico-chimice a apei./57/.

Proprietățile apei pure sunt folosite ca date de calcul în tehnică, dar trebuie menționat că apa pură nu există în natură. Cele mai importante proprietăți ale apei sunt : vâscozitatea, densitatea, compresibilitatea, temperatura de fierbere și îngheț, iar particularitățile fizico-chimice ale apei sunt:

- tensiune superficială pronunțată
- una din cele mai mari călduri specifice
- căldură latentă de topire importantă
- conductibilitate termică mare
- constantă dielectrică ridicată
- capacitate mare de dizolvare
- capacitate mare de disociere a sărurilor (hidroliză)
- capacitate mare de oxidare
- adeziunea
- adsorbția
- degajarea gazelor și cavitația

Așa cum se găsește în natură, mai ales în stare lichidă, conține numeroase substanțe minerale și organice care sunt prezente în apă sub formă dizolvată, coloidală sau sub formă de suspensii. Proporțiile în care se găsesc diferitele substanțe în apă, precum și cantitățile lor în apă sunt foarte diferite, activitatea omului contribuind din ce în ce mai mult la schimbarea acestor proporții în sens negativ.

Datorită acestui lucru apele de suprafață care sunt cele mai folosite pentru alimentarea cu apă a localităților sunt împărțite în trei categorii, I, II și III (STAS

4706/88). Dintre acestea numai apele de categoria I, ape de foarte bună calitate pot fi folosite pentru alimentarea cu apă potabilă a localităților.

Datorită poluării accentuate din ultimele decenii ale apelor de suprafață s-a ridicat și standardul de calitate pentru apa potabilă livrată populației, astfel încât STAS 1342-61 conținea limite pentru 31 de indicatori ai apei potabile, ajungând să aibe în anul 1991, circa 70 de indicatori și se preconizează în continuare mărirea exigențelor datorită creșterii poluării apelor de la surse, /42/.

Principalele grupe de indicatori ai apei potabile după STAS 1342 - 91 sunt indicatori : organoleptici, fizici, chimici, bacteriologici, radioactivi și biologici. În cadrul tratării apei trebuie menționat că toți indicatorii trebuie respectați, nici unul nu poate fi neglijat, sau considerat mai important decât ceilalți, deoarece fiecare indicator în parte previne apariția unor boli ale organismului uman.

Apa este folosită în comunitățile umane și pentru industrie, pentru producerea unor bunuri de consum, de aceea și acest tip de apă trebuie să respecte anumiți indicatori calitativi ai apei livrate. O mare parte din industrie sunt racordate la rețeaua urbană de distribuție a apei potabile. Aceste industrii folosesc apa potabilă în scopuri igienico-sanitare și tehnologice. Unele industrii nu sunt satisfăcute de calitate apei potabile (conform STAS 1342-91) și trebuie să-și îmbunătățească anumiți indicatori, de exemplu, compuși de calciu, magneziu, fier, mangan pentru industria ușoară, durezza temporară și conținutul total de suspensii pentru industria metalurgică și pentru producerea energiei electrice pe bază termică.

Cantitativ apa necesară desfășurării activității umane într-o localitate, sau în mai multe localități în cadrul sistemelor regionale de alimentare cu apă, se determină cu ajutorul debitelor specifice consumate.

Pentru a putea asigura neîntrerupt cu apă localitățile trebuie să se asigure: cerința de apă, care conține necesarul apă pentru centrul populat, nevoile tehnologice ale sistemului de alimentare cu apă și canalizare, pierderile de apă în aducțiune și rețeaua de distribuție, precum și în rezervoarele de apă, care au rol de compensare în consumul zilnic și realizarea alimentării cu apă în timpul avariilor.

Cerința de apă se calculează pentru o localitate conform STAS 1343-91, și trebuie să fie cel puțin egală cu debitele care se pot prelua din sursele de apă subterană și de suprafață. Datele se obțin prin studii hidrogeologice pentru ape subterane și hidrologice pentru ape de suprafață. Studiile hidrologice trebuie să stabilească : bilanțul general de gospodărire a apelor, debitele minime de iarnă și vară cu asigurările corespunzătoare (industrie 85 - 97 %, orașe 90 - 95 % în funcție de mărime), debitele maxime de asigurare corespunzătoare clasei de importanță a lucrării, hidrograful debitelor medii lunare pe minimum 15 ani, nivelurile în secțiunea captării, studiul fenomenelor de iarnă, date asupra debitului solid în suspensie și a debitului solid târit, date asupra stabilității albiei râurilor în sectoarele de captare etc. /57/.

Sursa de apă pentru a putea fi folosită în alimentarea cu apă a unei localități sau a mai multor localități, pe lângă posibilitatea de a asigura cantitativ cerința de apă trebuie să asigure și calitativ apa brută, apă care va fi potabilizată în stațiile de tratare.

Necesitatea tratării apei rezultă din faptul că la sursele de suprafață și subterane calitatea apei brute preluată din ele, nu corespunde cerințelor de calitate impuse apei potabile, datorită lipsei de limpezime, conținutului de bacterii sau de substanțe dizolvate, dăunătoare sănătății. Aceasta va trebui tratată astfel încât ea să devină limpede, plăcută la gust, fără miros și totodată să corespundă normelor de calitate din punct de vedere biologic și bacteriologic.

Calitatea apei la sursă trebuie analizată în laborator și trebuie să facă obiectul unor studii hidrochimice care stabilesc: caracteristicile fizice, chimice, biologice, bacteriologice și radiologice ale apei precum și agresivitatea asupra materialelor de construcție.

Stațiile de tratare trebuie să respecte în dimensionarea procesului tehnologic atât cantitatea cât și calitatea apei pe care trebuie să o asigure la o localitate.

Procesul tehnologic de tratare a apei este dat de calitățile apei brute comparativ cu indicatorii de calitate ai apei potabile care trebuie respectați.

În stațiile de tratare curente al căror proces tehnologic conține tratarea cu reactivi chimici, decantarea, filtrarea și sterilizarea apei, se obține eliminarea substanțelor prezente în apă sub formă coloidală și mai ales a celor sub formă de suspensii, precum și o dezinfectare a ei. În aceste stații nu se poate obține decât o reducere parțială a substanțelor organice aflate în apă și nu se schimbă în general mineralizarea ei.

Pentru a reduce mineralizarea apei este necesar să se apeleze la tratări chimice cu var pentru reducerea durtății, cu schimbătoare de ioni pentru demineralizarea mai avansată, iar în anumite condiții de concentrații mari de săruri, la electroliză sau osmoză inversă. De asemenea pentru reducerea substanțelor organice sub anumite limite, mai ales la prezența în apă a micropoluantilor sau fenolilor, trebuie să se recurgă la tratări cu ozon, raze ultraviolete, urmate de cele mai multe ori de filtrarea pe cărbune activ, această tratare având efecte și în eliminarea culorii și mirosului apei. /57/.

Pentru limpezirea apei procesul tehnologic este: tratarea cu reactivi coagulanti, decantarea și filtrarea.

În procesul de limpezire se folosește proprietatea naturală a particulelor solide aflate în suspensie, de a se depune când apa se află în repaus sau are o viteză foarte mică. Depunerea particulelor solide din apă se face în virtutea gravitației, iar viteza de cădere a acestora este constantă din cauza vâscozității apei. Acest fenomen poartă numele de sedimentare și ea se realizează în bazine de sedimentare special amenajate în care apa se deplasează cu viteză mică. Transvazarea apei limpezite aflate deasupra nămolului produs prin sedimentare se numește decantare, de aceea bazinele de sedimentare poartă denumirea de decantoare. În aceste bazine se poate obține depunerea particulelor în suspensie în proporție de 70 % - 90 % din greutatea lor; celelalte particule fiind foarte fine nu se depun oricât timp ar fi lăsată apa în repaus, deoarece ele se găsesc într-un echilibru coloidal. Aceasta înseamnă că toate particulele fine sunt încărcate cu sarcină electrică de același semn (de obicei negativă) și se resping între ele, de aceea nu se pot aglomera în fulgi mai mari care s-ar putea depune.

Pentru a obține un efect de limpezire mai bun, mai ales în cazul când se urmărește obținerea unei ape potabile se folosește o metodă de tratare chimică pentru îmbunătățirea procesului de sedimentare. Această metodă constă în introducerea în apă a unor substanțe care intră în reacție chimică cu substanțele dizolvate în apă - reactivi chimici. Se formează compuși chimici care se dispersează în apă sub formă de particule fine încărcate cu electricitate de semn pozitiv, care neutralizează sarcina electrică a particulelor coloidale naturale, formându-se fulgi mai mari și mai grei care se depun. Procesul chimic poartă denumirea de coagulare, iar reactivii chimici, coagulanti. Pentru mărirea eficienței acestui proces de coagulare se mai adaugă când este cazul și alte substanțe chimice numite adjuvanți de coagulare.

Deoarece prin decantare nu se poate obține limpezirea apei până la gradul necesar unei ape potabile, trebuie să se recurgă și la procedeul filtrării apei, filtrare care de obicei se realizează print-un strat mai gros de nisip cuarțos, cu dimensiunile stabilite prin calcule în funcție de natura apei.

1.2. Prezentarea unor soluții în domeniul perfecționării tratării și limpezirii apei.

Stațiile de tratare cuprind totalitatea obiectelor tehnologice, a circuitelor hidraulice și proceselor fizico-chimice, bacteriologice și biologice necesare pentru asigurarea la parametrii calitativi și cantitativi ai apei la o localitate, pentru a acoperi toate folosințele ei.

Schemele stațiilor de tratare a apei se alcătuiesc în funcție de natura și caracteristicile apei captate, precum și de condițiile de calitate și cantitate cerute de nevoile consumatorilor, urmărind cele mai bune soluții tehnico-economice atât din punct de vedere investițional cât și din punct de vedere al exploatării.

Schema clasică a unei stații de tratare a apei de râu cuprinde: captare, deznisipator pentru reținerea suspensiilor gravimetrice mari, decantor pentru reținerea suspensiilor în prezența reactivilor chimici de coagulare-floculare, filtre rapide de nisip cuarțos pentru limpezirea finală a apei, dezinfectare cu clor gazos pentru reducerea microorganismelor existente în apă și prevenirea apariției lor pe conductele de transport și distribuție, și acolo unde este cazul, amenajarea unor bazine de retenție pentru apele provenite din fluxul tehnologic. Schema tehnologică mai cuprinde și o stație de reactivi și un bazin de amestec pentru amestecarea apei brute cu reactivi chimici de coagulare-floculare.

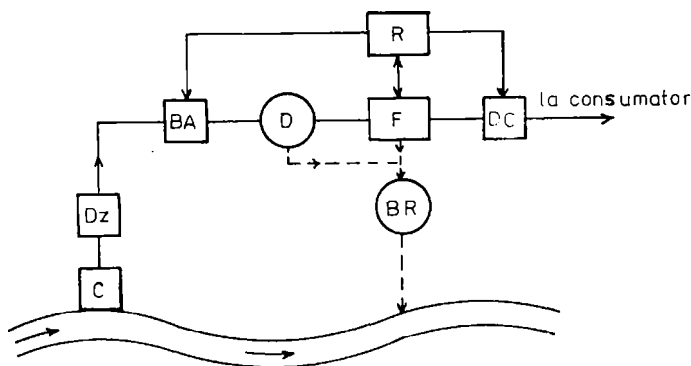


Fig.1.1.

Schema clasică a unei stații de tratare

C - captare; Dz - deznisipator; B.A. - bazin amestec; D - decantor;

F - filtru; D.C - dezinfectare cu clor; R - stație de reactivi; B.R. - bazin de retenție.

Această schemă se aplică la majoritatea stațiilor de tratare din țara noastră, iar modificările care s-au făcut au privit doar tipurile de decantoare sau filtre utilizate în cadrul aceleiași scheme. Aplicarea ei este pentru sursele de suprafață nepoluante, încărcate în principal cu suspensii de natură minerală, cu încărcare organică redusă, sub 15 mg/l consum KMnO_4 .

În condițiile modificărilor de calitate a apei survenite în ultimele decenii la râurile din țara noastră, prin reducerea turbidității datorită amenajărilor hidroenergetice și creșterea încărcării organice în apa brută, se impune o variantă modernizată a schemei unei stații de tratare a apei din sursele de suprafață.

Schema nouă pentru stațiile de tratare este mai complexă, cu mai multe procedee și cu reactivi chimici mai buni, cu eficiență mai ridicată. Ea cuprinde : microsite, preozonizare, coagulare - floculare, decantare, interozonizare, stație de pompare, filtrare, ozonizare, filtrare pe cărbune activ și clorare finală

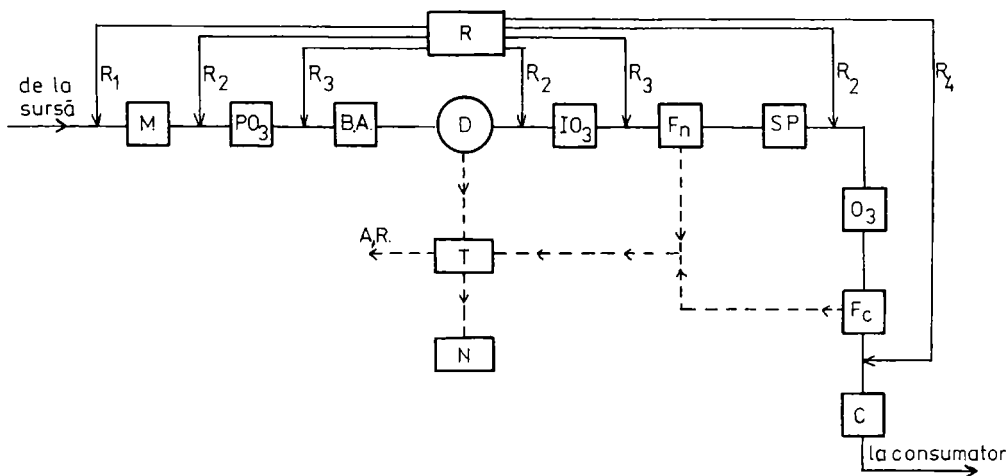


Fig.1.2.

M- microsite; PO₃ - preozonizare; B.A. - bazin amestec; D - decantor; IO₃ - interozonizare; Fn - filtrare prin pat de nisip; S.P. - stație pompe; O₃ - ozonizare; Fc - filtrare prin cărbune activ; C - clorinare; T - tratarea apei cu nămol din fluxul tehnologic; A.R. - apă recuperată; N - nămol uscat; R₁ - reactivi de corectare a pH - ului; R₂ - ozon; R₃ - reactivi chimici de coagulare-floculare; R₄ - clor pentru dezinfectare;

Această schemă nouă pentru stațiile de tratare prezintă avantajul siguranței, în asigurarea calității superioare a apei tratate, independent de calitatea sursei de apă, combinând procesele fizice cu acțiunea reactivilor chimici mai performanți și cu realizarea unui consum minim de energie, asigură protecția mediului prin reducerea cantităților de nămol și poate recupera 5 - 10 % din apa brută. Dezavantajele schemei sunt date de gradul ridicat de tehnicitate care se impune în exploatare, atât în domeniul dotării cu personal calificat cât și al aparaturii de control, măsură și automatizare.

În cazul stațiilor de tratare care folosesc apă din surse subterane, trebuie de asemenea folosit procesul de limpezire, dar de cele mai multe ori aici lipsește prelimpezirea, folosindu-se numai filtre sau în anumite cazuri prefiltre și filtre. Decantorul este folosit în asemenea schemă pentru recuperarea unor cantități de apă potabilă din apele rezultate de la spălarea filtrelor, precum și a valorificării nămolurilor depuse. Această schemă cuprinde: alcanizarea apei cu reactivi chimici, aerarea apei, filtrarea rapidă în una sau două trepte, dezinfectarea cu soluție de clor, iar apele rezultate de la spălarea filtrelor sunt decantate, de unde se obțin ape recuperate și nămoluri valorificate.

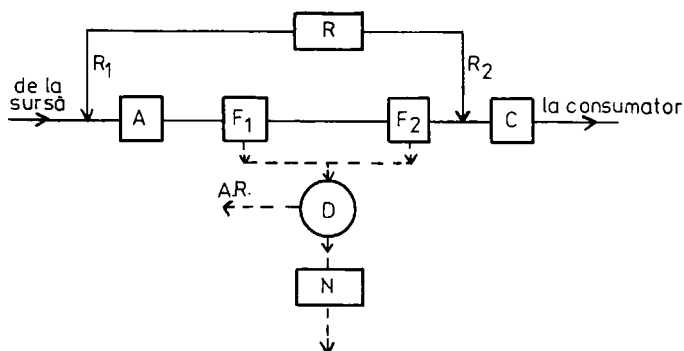


Fig.1.3.

A - aerarea după alcalinizarea cu R_1 ; F_1 și F_2 - filtrare rapidă în două trepte; C - dezinfectare cu clor gazos; D - decantor; A.R. - apă recuperată; N - nămol uscat; R - stație de reactivi; R_1 - reactivi chimici de alcalinizare; R_2 - clor gazos;

Se observă că indiferent de sursa de apă, de suprafață sau subterană sau de schemele tehnologice a stațiilor de tratare a apei, clasice sau noi, în cadrul procesului de tratare limpezirea apei este obligatorie. Limpezirea apei este necesară deoarece apa brută conține substanțe coloidale și suspensii care îi dau o turbiditate mai mare decât normele admise, care bineînțeles trebuie redusă.

Deoarece procesul de limpezire a apei face parte în mod obligatoriu din orice schemă de tratare, și acest proces s-a studiat și cercetat pentru a fi îmbunătățit și a avea o eficiență cât mai ridicată. În cadrul procesului de limpezire s-a acordat o mai mare atenție studiului și cercetării procesului de decantare, procesul de filtrare necunoscând o dezvoltare așa de mare.

Se cunoaște că cele mai frecvente tipuri de decantoare folosite la noi în țară sunt cele : statice, suspensionale și suspensionale cu recircularea nămolului. Față de aceste tipuri de decantoare a început să se studieze și la noi în țară / 42/,57/ decantorul pulsator lamelar, care are o mai bună eficiență a decantării, încărcarea hidraulică de funcționare fiind cuprinsă între $5-8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$, iar dacă se folosește un polielectrolit ca adjuvant de floculare se pot atinge valori de $10 - 15 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$.

Decantoarele și procesul de decantare fiind în continuare studiat, în alte țări s-au obținut rezultate remarcabile în acest domeniu din care se pot aminti:

- decantorul concentrator Densadeg /23/, care cumulează un predecantor și un decantor și folosește și procedeul de decantare lamelară, vitezele în zona decantării lamelare ajungând la 20 m/h.

- decantorul cu masă de contact Gyrazur /23/, care folosește pentru decantare o masă de contact din nisip foarte fin și care poate atinge viteze de 30 - 70 m/h în zona de separație.

- decantorul Actiflo /91/ care poate să atingă o viteză aparentă de decantare de 40 - 60 $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$.

Aceste tipuri de decantoare împreună cu altele noi se vor prezenta pe larg în capitolul 2.

Perfecționarea tratării și limpezirii apei s-a realizat în două direcții, în dezvoltarea metodelor noi de tratare și limpezire: decantare cu masă de contact, decantare cu polielectrolizi noi de sinteză, dezinfectare cu ozon, cu raze ultraviolete, etc. și în

descoperirea unor noi tipuri de obiecte componente ale stației de tratare, cum ar fi decantoarele și filtrele.

Această perfecționare a metodelor de tratare și limpezire precum și a obiectelor componente unei stații de tratare, unde se realizează procesele de tratare a apei brute, s-a făcut în scopul unei cât mai bune tratări a apei brute și de eliminare a compușilor minerali și organici sub o anumită concentrație, care să nu fie dăunătoare sănătății omului.

Unele studii /59/ merg mai departe și propun îmbunătățirea calităților chimice și minerale ale apei tratate, de exemplu prin fluorizarea apei potabile, adică introducerea unei anumite cantități de fluor în apă până la o concentrație sub standardele admise pentru acest indicator. Această cale de a îmbunătăți calitatea apei potabile prin introducerea unor microelemente nu este bună, deoarece consumul de apă nu este proportional cu vârsta și greutatea. Reținerea în organismul uman fiind aceeași, acumularea pe kg corp este diferită, crescând astfel posibilitatea îmbolnăvirilor.

Trebuie să se țină seama că acumulările de microelemente introduse în apa potabilă pe kg corp diferă de la un organism la altul datorită vârstei, metabolismului, diferitelor boli, etc. și pot produce îmbolnăviri, și prin urmare toate aceste lipsuri din apă și nu numai de microelementele necesare organismului uman, trebuie rezolvate diferențiat pentru fiecare organism în parte, de către persoane competente, de către medici.

În concluzie studiile și cercetările pentru perfecționarea tratării și limpezirii apei trebuie să se desfășoare numai pentru reducerea suspensiilor, substanțelor chimice și mineralelor existente în apa brută sub concentrațiile admise pentru fiecare indicator în parte, cu o eficiență tehnică și economică cât mai ridicată.

1.3. Stadiul actual al cercetării în problemele limpezirii apei.

În stadiul actual al cercetării în problemele limpezirii apei s-a ajuns la concluzia /57/ că schemele tehnologice de tratare a apei care utilizează reactivi chimici trebuie să aplice :

- gruparea fluxului tehnologic în cascadă folosind aducțiunea sau pomparea apei de la sursă, la o cotă suficientă, pentru a asigura o curgere gravitațională prin toate treptele de tratare. Dacă amplasamentul nu permite așezarea în trepte a diferitelor obiecte de tratare, fluxul în cascadă se poate realiza prin adoptarea unor construcții de tip grupat și etajat.
- gruparea gospodăriilor de reactivi în clădiri monobloc, deoarece prin gruparea și concentrarea instalațiilor în construcții unice sau cuplate, se pot obține în general importante avantaje tehnice și economice, ca economic de spațiu, de conducte, de cabluri, etc. precum și o exploatare mai simplă.
- asigurarea de tehnologii în flux continuu
- posibilitatea introducerii automatizării, pentru realizarea unei mai bune relații : măsurare și preluare de probe, analiză - comandă pentru corectarea parametrilor fluxului tehnologic, și corectarea fluxului tehnologic în timp real în funcție de parametrii apei brute.
- posibilitatea extinderii instalațiilor

Precizarea metodelor de tratare , respectiv de adaptare a schemei pentru reactivi și a dozelor utilizate (care dimensionează stația de tratare) trebuie făcută pe baza unui studiu de laborator - studii hidrochimice - sau a datelor ce se pot obține din experiența în exploatare a unei stații de tratare care utilizează aceeași sursă de apă brută. În cazurile

în care se conturează o schemă complexă cu mulți reactivi, devine necesar să se efectueze studii detaliate pe o stație pilot.

Instalațiile pentru tratarea apei cu reactivi chimici pentru realizarea procesului de coagulare-floculare a suspensiilor gravimetrice și a coloizilor din apa brută, se compun din : stația de gospodărire a reactivilor și bazinul de amestec, după acestea urmând decantoarele și filtrele.

Stația de gospodărire a reactivilor cuprinde spațiile necesare pentru înmagazinarea reactivilor, pentru pregătirea concentrației cu care urmează a fi folosiți reactivii și deasemenea pentru dozarea acestora. Înmagazinarea reactivilor este necesară pentru acoperirea unui timp de funcționare a instalațiilor de 10 ... 15 zile la ape cu turbiditate maximă și de 30 de zile la ape cu turbiditate medie. Dozarea reactivilor se poate realiza pe cale umedă sau pe cale uscată, dar în marea majoritate a schemelor de tratare existente se realizează dozarea cu soluție de reactivi în apă.

Decantoarele sunt obiectele din cadrul schemei tehnologice unde se produce sub efectul reactivilor chimici, cogularea și flocularea coloizilor și suspensiilor din apă iar după aceea sedimentarea flocoanelor. Decantarea este procesul prin care, sub acțiunea forțelor de gravitație flocoanele și suspensiile gravimetrice sunt reținute până la un procent de 95 % , /80/ din masa lor .

Metodele de decantare sunt diverse și cuprind de la cea mai simplă decantare, cea gravitațională până la metode mai complicate: decantare suspensională, decantare suspensională cu recircularea nămolului și decantare suspensională cu debit variabil. În urma procesului de decantare, rezultă apa decantată cu turbidități mici, (în medie între 10 și 20° SiO₂), și apa cu nămol. Apa decantată în cazul schemelor tehnologice simple este trimisă direct la filtre, sau în cazul schemelor complexe de tratare apa decantată poate suferi o ozonizare pentru reducerea încărcării de substanță organică sau/și o tratare cu reactivi chimici de coagulare-floculare, pentru mărirea eficienței procesului de filtrare. Apa cu nămol poate merge la canalizare, la bazine de retenție unde nămolul se va depune în mod gravitațional sau se pot folosi utilaje pentru extragerea nămolului din apă, care poate fi și uscat iar acesta poate fi depozitat sau valorificat. În ultimele două cazuri prin folosirea bazinelor de retenție sau a utilajelor pentru extragerea nămolului din apa cu nămol rezultă pe lângă nămol și un volum de apă care este recuperată și poate intra din nou în fluxul tehnologic de tratare.

După procesul de decantare urmează și procesul de filtrare în cadrul limpezirii apei, care este obligatorie în procesul de tratare a apei.

Filtrarea are loc în cuve deschise sau închise după metoda de filtrare folosită, și se realizează printr-un pat de nisip cuarțos, cu grosime de 0,7 - 1,25 m în funcție de metoda de filtrare și de caracteristicile apei decantate. Granulozitatea nisipului de cuarț se determină în funcție de parametrii apei decantate care ajunge să fie filtrată și este cuprinsă între 0,2 și 5 mm. Vitezele atinse în filtrele lente, biologice sunt cuprinse între 5 - 10 m/zi, filtrele ultrarapide au viteze cuprinse între 20 - 50 m/h, și sunt filtre sub presiune utilizate în industrii la care se cere limpezirea parțială. Filtrele se spală periodic atunci când au o pierdere de sarcină mai mare decât cea admisă (stabilită pentru fiecare tip de filtru), curent ascendent de apă sau curent de apă și aer comprimat.

Apa filtrată se consideră limpezită, având indicatorul de turbiditate mai mic decât cel admis în STAS 1342 - 91, adică 5 ° SiO₂ sau în mod excepțional 10 ° SiO₂. Apa limpezită se poate dezinfecă prin mai multe metode: clorinare, ozonizare, raze ultraviolete sau prin combinații între aceste metode în funcție de parametrii apei brute și de schema de tratare aleasă. Apa provenită din spălarea filtrelor urmează același ciclu ca și apa cu nămol rezultată din decantare.

Metodele de limpezire a apei care se folosesc în fluxul tehnologic al tratării apei din stațiile de tratare sunt foarte diverse, deoarece limpezirea apei pentru anumite valori și parametri ale apei brute poate fi realizată în mai multe variante. În cadrul fiecărei variante se poate folosi un anumit tip de decantor și un anumit tip de filtru. În practică nu se poate vorbi de o încadrare strictă a unor metode de limpezire a apei brute, de aceea este foarte greu de a clasifica mai multe metode de limpezire. Totuși în funcție de obiectele folosite în limpezirea apei, decantoare și filtre se poate încerca o departajare a acestor metode.

Aceste metode de limpezire se pot împărți în patru grupe mari care sunt:

1. predecantare, decantare și filtrare
2. decantare și filtrare
3. prefiltare și filtrare
4. prefiltrare și dublă filtrare

Împărțirea s-a făcut pornind de la parametrii apei brute, care conduc în funcție de mărimea lor la folosirea unor anumite tipuri de decantoare pentru decantare apei și pentru filtrarea apei la anumite tipuri de filtre. Trebuie menționat că pentru anumiți parametri ai apei brute se pot folosi mai multe tipuri de decantoare și filtre, acestea având același rezultat în limpezirea apei. De exemplu pentru o apă brută cu turbiditate medie $1000 - 2000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$ se pot folosi mai multe tipuri de decantoare suspensionale statice, cu recircularea nămolului sau pulsatoare pentru decantarea apei și mai multe tipuri de filtre rapide : închise, deschise, cu simplu curent sau dublu curent, pentru filtrarea apei. Rezultă că pentru un anumit tip de apă brută metoda poate fi una din cele patru mai sus menționate, iar în cadrul metodei de limpezire pot fi concepute o multitudine de variante, variante care sunt date de tipurile de obiecte: decantoare și filtre, folosite în limpezirea apei.

În cele ce urmează, în funcție de datele primare ale apei brute se vor prezenta metodele de limpezire, care sunt în număr de patru.

1. Predecantare, decantare și filtrare

Această metodă se folosește atunci când apa brută care trebuie tratată are un conținut foarte mare de suspensii, turbiditatea medie fiind peste $3.000 - 4.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$, iar în anumite perioade ale anului turbiditatea apei brute depășește $10.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$. Trebuie specificat că apele brute cu aceste turbidități mari sunt numai ape de suprafață, râuri.

Predecantarea se folosește pentru a reduce turbiditatea apei brute atunci când este foarte mare, peste $10.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$ la un prag de $3.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$. De asemenea predecantarea se folosește și atunci când turbiditatea medie a apelor este ridicată $3.000 - 4.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$, pentru a o reduce sub $3.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$ și de a putea folosi decantoarele obișnuite.

Predecantoarele care se folosesc sunt: decantoare orizontale la care viteza de trecere trebuie să fie de $20 - 30 \text{ m/h}$ sau decantoare radiale la care timpul de decantare trebuie să fie de $0,5 - 1 \text{ h}$. La acestea trebuie să fie folosite poduri cu lame racloare sau pompe de nămol cu viteza de deplasare de $1-3 \text{ cm/s}$. Tot aici pot fi folosite și unele tipuri de decantoare suspensionale care pot funcționa cu viteze ascensionale de $2 - 6 \text{ m/h}$.

Aceste predecantoare trebuie să reducă suspensiile din apă, nisipurile fine și argilele în proporție de $65 - 85 \%$, sau atunci când turbiditatea este foarte mare, peste $10.000 \text{ } ^\circ \text{SiO}_2$ ele trebuie să reducă turbiditatea până la 95% . Concentrația nămolurilor evacuate este de ordinul a $10,0 \text{ kg/m}^3$. Coagularea se aplică numai la turbidități mari și foarte mari.

Decantoarele care se folosesc la ape brute în treapta a doua de decantare, prima fiind cea de predecantare, sunt cele de tip suspensional. Aceste decantoare se folosesc la

ape brute când în treapta a doua de decantare turbiditatea este mai mică de 1000 - 2000 ° SiO₂, pentru coagulare și limpezire. Tot în această treaptă se produce decolorarea apei brute și se elimină mirosul. Decantoarele care se folosesc sunt cele de tip suspensional cu circularea stratului de nămol sau cu recircularea stratului de nămol care au un timp de decantare cuprins între 45 - 100 minute și viteze ascensionale sub 2m/h, sau cele cu pat de nămol care au viteze ascensionale cuprinse între 4 - 6 m/h. Pentru obținerea coeziunii corespunzătoare a nămolului este necesară utilizarea adjuvanților de coagulare, în general silice activă la temperaturi sub + 10 ° C .

Limpezirea apei după decantare este în general sub 10°SiO₂ , iar după filtrare sub 2 grade turbiditate.

Concentrația nămolului obținut din decantoare este cuprinsă în intervalul 10.000 - 30.000 g/m³.

Decantarea în două trepte îmbunătățește considerabil funcționarea decantării și filtrării, reduce consumurile specifice de reactivi și mărește siguranța în funcționare a treptele de limpezire a apei.

Filtrarea apei care se face după procesele de predecantare și decantare, este ultimul proces și cel care va da apei turbiditate finală, adică apa limpezită și curată care va ajunge la consumatori. Filtrarea care se pretează la această metodă este filtrarea rapidă prin strat de nisip cuarțos, care are viteza de filtrare de 5 - 8 m/h și care se spală în contra curent de apă și aer comprimat. Aceste filtre preiau ape cu un conținut de suspensii ce nu depășește 20 ° SiO₂ și un conținut redus de substanțe organice. Limpezirea apei rezultate este de câteva grade SiO₂.

2. Decantare și filtrare

A doua metodă este caracteristică apelor brute de suprafață, râuri, lacuri, la care turbiditatea medie nu depășește 2.000 - 3.000 ° SiO₂. La această metodă se aplică numai o singură treaptă de decantare, dar la care se folosește coagularea și flocularea totală, adică a întregului volum de apă de limpezit. Coagularea se realizează de către reactivii chimici în adaos cu adjuvanții de coagulare, în bazinele de reacție care în fluxul tehnologic se află înaintea decantorului. Prin coagulare potențialul electric având valori negative este redus aproape la zero, astfel încât materiile în suspensie încep să floculeze și să aibă o viteză de decantare foarte mult sporită. Trebuie spus că această treaptă de decantare se aplică în cazul când materiile în suspensie depășesc în medie 20 - 30 g/m³ și apa brută conține substanțe organice ce depășesc 10 - 15 g/m³.

În cadrul acestei metode se pot folosi două tipuri de decantoare, unul cu decantor de tip floculator, cu pod raclor pentru evacuarea nămolului depus și cel de-al doilea tip cu strat suspensional. Decantoarele de tip floculator se aplică la ape ale căror turbiditate medie se află în intervalul 2.000 - 3.000 ° SiO₂. Acest tip de decantor floculator se materializează în fluxul tehnologic prin câteva decantoare: decantoare statice cu viteze ascensionale cuprinse în intervalul 1 - 1,5 m/h în decantor, decantoare longitudinale cu înălțimea de apă 2,5 - 4,0 m cu panta fundului decantorului de 1%, viteza podului raclor fiind de 1 cm/s și decantoare radiale cu înălțimea de construcție pe circumferință de 2 - 3 m, viteza periferică a podului raclor fiind de 1 - 3 cm/s. Pentru o mai bună calitate a apei se poate adăuga lapte de var pentru corectarea pH -ului apei. Aceste decantoare pot să reducă suspensiile până la concentrații sub 15 - 30 mg/l, iar nămolurile obținute au concentrații de 5.000 - 10.000 mg/l de suspensii.

Decantoarele de tip suspensional au un domeniu de aplicare la turbidități medii ale apei brute cuprinse între 50 - 2.000 ° SiO₂. Aceste decantoare pot fi: decantoare cu

circulația stratului de nămol și decantoare cu pat de nămol. Decantoarele cu circulația stratului de nămol au ca și caracteristică de funcționare timpul de decantare cuprins între 45-100 minute, iar viteze ascensionale între 2-4 m/h. Decantoarele cu pat de nămol sunt decantoare cu viteză ascensională variabilă, care este cuprinsă între 4-6 m/h. Această viteză ascensională variabilă este dată de pulsații ale apei brute la un interval de 20-40 s, cu durata de 5-10 s, acestea efectuate sub o presiune de 0,6-1,5 m H₂O.

Limpezirea apei la decantoarele suspensionale este foarte bună, ea fiind în general sub 10 ° SiO₂, iar după filtrare această turbiditate scade sub 1-2 grade SiO₂. Concentrația nămolului obținut din decantoare este de 10.000 - 30.000 g/m³. La aceste decantoare suspensionale coeziunea nămolului este foarte importantă pentru buna lor funcționare și ca măsură în cazul unor nămoluri mai slab coezive sau sub temperaturi de 10 ° C se pot utiliza adjuvanți ai coagulării (silice activă).

Filtrarea care se pretează după faza de decantare este filtrarea rapidă prin strat de nisip cuarțos, care are viteza de filtrare de 5 - 8 m/h. Aceste filtre dau o apă foarte limpede la ieșire, de numai câteva grade SiO₂ turbiditate.

3. Prefiltrarea și filtrarea

Această metodă se folosește în cazurile când apa brută are o turbiditate mică, de regulă aceste ape provin din ape de suprafață stătătoare - lacuri. Conținutul acestor ape în suspensii nu trebuie să depășească 20 - 40 g suspensii/m³ și deasemenea trebuie să conțină substanțe organice puține în apa brută. La această metodă deoarece lipsește decantarea care avea inclus procesul de coagulare floclare cu reactivi chimici, acest proces trebuie introdus înainte de prefiltrare pentru a putea strânge suspensiile în flocoane mari și destul de coezive pentru a putea fi reținute în prefiltru.

Coagularea apei brute se realizează cu reactivi chimici, a căror concentrație a fost inițial determinată cu metoda numită "jar test". Calitatea limpezirii apei este bună, dar la depășirea concentrației de suspensii în apa brută, filtrele se colmatează și sunt scoase din funcțiune, deoarece filtrul este limitat de capacitatea de reținere a stratului filtrant. Acest dezavantaj poate fi îmbunătățit prin mărirea grosimii filtrului, schimbarea compoziției granulometrice a straturilor filtrelor și folosirea unui strat superior de antracit.

Viteza de filtrare la prefiltru trebuie să fie în jur de 8 m/h, iar straturile de nisip cuarțos trebuie să aibă o compoziție mai mare. Viteza de filtrare la filtru trebuie să fie mai mică în jur de 6 m/h, iar straturile de nisip cuarțos trebuie să aibe o compoziție mai fină, mai deasă decât prefiltrul. Spălarea prefiltrului și filtrului se va executa cu apă și aer în contracurent. Pentru ape industriale se poate realiza și filtrarea cu curent ascensional (filtrele de contact).

Aceste filtre au o capacitate mai mare de reținere a suspensiilor decât cea a filtrelor cu curent descendent, de aceea ele pot fi utilizate fără o decantare prealabilă a apei, în cazul când apa brută nu depășește 200 - 300 mg/l. La acest tip de filtru stratul interior face și rolul de masă de contact, coagulantul introducându-se direct la intrarea apei în filtru, acesta jucând de fapt rolul de prefiltru.

Tot pentru ape industriale sau pentru consumatori mici se pot folosi filtre rapide sub presiune. Aceste filtre se folosesc în scheme tehnologice care prevăd o pompă unică la intrarea în stația de tratare și livrarea apei apei după filtrele sub presiune direct la consumator sau unde se urmărește o tehnologie compactă sau recipientii necesită protecții speciale, impuse de fluidele vehiculate. Filtrele rapide sub presiune se

construiesc în recipiente metalici, amplasați vertical sau orizontal. În industrie aceste filtre au înălțimi de strat de 1-2 m și viteze de filtrare de 20 - 50 m/h.

La instalații mici se pot utiliza filtre cu autospălare, la care nu se justifică o supraveghere permanentă a instalațiilor și care reclamă investiții cât mai reduse.

4. Prefiltrare și dublă filtrare

Această metodă se aplică când apa brută este preluată din lacuri care au volumul acumulării peste 10 -20 milioane m³ și asigură o apă brută cu turbidități sub 40° - 60° SiO₂ în medie, iar la viituri suspensiile nu depășesc 60 - 80 g suspensii/m³.

La această metodă lipsește partea de decantare a apei și deci și procesul de coagulare-floculare care era inclus în decantarea apei, prin urmare acest proces trebuie introdus neapărat înaintea prefiltrării. Ca și prefiltru de obicei se folosește un filtru de contact cu viteză ascensională, unde se produce de fapt și procesul de coagulare totală și floculare cu ajutorul reactivilor chimici a materiilor în suspensie din apa brută. Prefiltrul este constituit dintr-un strat suport de reacție din pietriș de 0,4 -0,5 m grosime și un strat de prefiltru propriu zis de 1 m grosime cu granulozitatea de 1-1,5 mm și având ambele viteze de 5-6 m/h.

Apa limpezită obținută este de calitate superioară, cu turbiditate sub P SiO₂. Stația de tratare trebuie prevăzută cu microsite, care să funcționeze înaintea prefiltrului și filtrului pentru proteja de înfundare cu alge sau plancton.

Această metodă are o arie destul de restrânsă de aplicare deoarece apa brută trebuie să aibe turbidități mici și relativ constante tot timpul anului. Metoda de prefiltrare și dublă filtrare se execută într-o construcție monobloc, care concentrează funcțiile tehnologice de amestec ale apei cu coagulantul, de reacție și formare a microflocoanelor de suspensii, de limpezire grosieră și finală a apei.

1.4. Critica metodelor de limpezire

Metodele de limpezire, după cum s-a văzut, se aleg în mod obligatoriu în funcție de turbiditatea apei brute.

Aceste metode de limpezire folosesc la rândul lor toate obiectele componente în procesul de limpezire: bazinul de amestec, predecantoare, decantoare, filtre, stația de reactivi sau numai o parte din ele. Obiectele componente în funcție de tip, respectiv plaja de acțiune pe care poate funcționa fiecare din ele au avantaje și dezavantaje.

Bazinul de amestec este primul obiect în schema tehnologică de limpezire a apei și realizează amestecul soluțiilor de reactivi cu apa brută. Acest amestec se poate realiza în bazine cu pereți șicană, sau cu pereți perforați, în camere de formă spirală, în bazine cu salt hidraulic sau în bazine cu agitare mecanice. Bazinele cu agitare mecanică au avantajul față de celelalte tipuri de bazine de amestec că nu produc pierderi de sarcină importante în bazinul de amestec și au dezavantajul de a avea piese mecanice în mișcare care consumă energie electrică și la care pot apărea probleme în exploatare.

Pentru ape cu turbidități scăzute și unde partea de decantare lipsește adică la folosirea metodei de limpezire cu prefiltrare și dublă filtrare, bazinul de amestec ca obiect component lipsește, amestecarea reactivilor chimici cu apă brută realizându-se într-un filtru de contact unde viteza este ascensională.

Se observă că odată cu reducerea turbidității apei brute scade și importanța bazinului de amestec în schema tehnologică.

Predecantoarele și decantoarele care au rolul de a realiza cu ajutorul procesului de coagulare-floculare reținerea unei părți din substanțele existente în apă sub formă coloidală precum și suspensiilor din apa brută, într-un procent cât mai mare, care în funcție de procesul de decantare, acesta poate fi până la 95 %, /80/.

Metodele de limpezire pot include predecantoarele și decantoarele, pentru turbidități peste 2.000°SiO_2 , decantoare pentru turbidități mai mici de 2000°SiO_2 , sau se poate renunța la ele pentru ape cu turbidități foarte mici sub $30^\circ - 40^\circ \text{SiO}_2$ provenite din lacuri, unde regimul de turbiditate este același în tot timpul anului.

Predecantoarele se aleg din cadrul decantoarelor orizontal-longitudinale sau orizontal-radiale și se folosesc pentru reducerea vârfurilor de turbiditate cu sau fără reactivi de coagulare-floculare, după caz.

Treapta de decantare în cazul metodelor noi de limpezire se realizează cu decantoare suspensionale care la rândul lor pot fi: suspensionale statice, suspensionale cu recircularea nămolului sau suspensionale cu pulsație.

Domeniul de aplicabilitate /57/ a decantoarelor suspensionale este pentru ape a căror turbiditate în mod obișnuit nu scade pentru o perioadă mai îndelungată sub 50° pe scara silicei, și pentru ape a căror turbiditate nu depășește în mod obișnuit pe o perioadă mai îndelungată de timp 1500° pe scara silicei.

Coeficientul k de coeziune a nămolului trebuie să fie mai mare decât $0,30 \text{ m/h}$.

Principalele avantaje ale decantoarelor suspensionale sunt, /57/:

- calitate mai bună a apei tratate, în comparație cu tipurile clasice de decantoare
- economie de coagulant prin utilizarea coagulantului remanent în nămol și a efectului adsorbant al flocoanelor din stratul de nămol.
- economie de volum și spațiu, spațiile pentru amestec și reacție fiind încorporate în construcția decantorului.

Dezavantajele decantoarelor suspensionale sunt /57/:

- necesitatea unei supravegheri mai atente de către un personal mai calificat.
- dependența mai mare a performanțelor obținute de corecta dozare a reactivilor.
- necesitatea amplasării în anumite condiții de climă, în construcții închise.

Pe lângă aceste dezavantaje se adaugă și elementele mecanice în mișcare (agitatoare mecanice, pod raclor etc.) care consumă energie electrică și care se pot defecta scoțând din uz întregul proces de limpezire. Se poate constata : cu cât un decantor este mai perfecționat, cu atât el are mai multe piese mecanice în mișcare și uneori elemente de automatizare și deci consumă mai multă energie electrică și trebuie ca procesul de decantare să fie mai mult supravegheat de personalul din stațiile de tratare.

Conceperea unei stații de reactivi are la bază efectuarea de studii hidrochimice și probe de laborator pentru alegerea tipului de reactiv precum și modalitatea de amestecare și reacție cu apa brută. Pentru fiecare tip de reactiv este necesară o schemă tehnologică care să ia în considerare stocarea și depozitarea, modalitatea de dizolvare și introducerea în apa brută. Trebuie precizat că reactivii folosiți la noi în țară pentru coagulare-floculare sunt: sulfatul de aluminiu, sulfatul feros și clorura ferică. Pentru o mai bună coagulare-floculare trebuie ca și reactivii chimici folosiți să fie mai eficienți /23/.

Se pot folosi coagulanți organici de sinteză cu caracter cationic, care pot fi împărțiți în:

- melamină formaldehidă
- epichelorhidrină dimetilamină.

- clorură de dialmetilamoniu.

Aceștia se pot folosi pentru limpezire, coagulare pe filtre și pentru ape reziduale industriale. Calitatea apei limpezite crește dacă acești coagulanți se folosesc împreună cu un coagulant mineral.

Floculanții organici de sinteză pot fi deasemenea folosiți pentru limpezirea apelor de suprafață cât și pentru apele reziduale industriale. Aceștia se împart în trei grupe: anionici, neutri, cationici, și sunt de fapt macromolecule cu lanțuri lungi care au rezultate remarcabile și care sunt superiori polimerilor naturali.

Coagulanții minerali cu proprietăți superioare celor cunoscuți la noi în țară sunt polimerii de aluminiu, dintre care se poate aminti PCBAC, policlorura bazică de aluminiu. Aceștia permit o floculare rapidă, o bună eliminare a materiei organice, volum de nămol diminuat, dar chimic sunt destul de instabili și se pretează la folosirea în stații mari de tratare.

La metodele de limpezire se observă că odată cu creșterea eficienței, crește și complexitatea metodei de limpezire, prin mai multe obiecte componente în cadrul metodei, prin perfecționarea funcționării fiecărui obiect în parte, precum și prin aplicarea de noi reactivi pentru coagulare - floculare. Această creștere a eficienței care se realizează prin perfecționare mecanică, chimică și automatizări duce implicit la mărirea costurilor investiționale și de exploatare.

Creșterea eficienței metodelor de limpezire se poate realiza și prin aplicarea și exploatarea la maximum a proceselor hidrodinamice care se pretează în domeniul limpezirii apei.

1.5. Necesitatea și oportunitatea temei

Tema care se studiază în prezenta lucrare de doctorat "Optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil", vine în întâmpinarea celor mai sus scrise adică de a găsi o rezolvare pentru mărirea eficienței limpezirii prin aplicarea și exploatarea la maximum a procesului hidrodinamic de separare suspensională cu debit variabil. Pentru a putea mări eficiența totală a decantorului studiat, acest proces de separare suspensională cu debit variabil s-a asociat cu procesul de decantare lamelară.

Aceste tipuri de decantare cu debit variabil au fost promovate de Degremont în Franța în anii 1950 - 1960, /42/, ca urmare a cererii de brevet nr.1.115.038. prin care se specifica metoda de decantare pe pat de nămol "pulsat", cu viteză ascensională a apei în decantor. Cu această metodă se poate atinge o viteză de decantare de 3 m/h.

Aceiași societate aduce îmbunătățiri brevetului de invenție anterior în anul 1972, introducând în spațiul suspensional tuburi sau plăci înclinate între 45° și 75° față de orizontală, acesta tot un brevet de invenție nr. 2196832, /95/.

În anul 1973 prin brevetul de invenție nr. 7230328, /96/ societatea Degremont aduce o îmbunătățire decantării lamelare introducând între plăci deflectorii, mărind astfel flocularea din spațiul suspensional și implicit calitatea apei limpezite.

În decursul timpului au fost brevetați mai multe idei cu privire la decantarea pe pat de nămol și la cea lamelară, dar în practică s-au aplicat cu preponderență ideile și variantele inițiale deoarece au fost mai ușor de pus în practică. /97/, /98/.

În 1987 societatea Degremont brevetează unul din cele mai performante și fiabile decantare lamelare, care se și pun imediat în practică, brevet nr.2598331-A1, /99/.

În ultimele două decenii s-au construit în lume decantare pulsatoare cu viteze de exploatare de 3,3 m/h la Buenos Aires (Argentina), Durban (R.S.A.) și Paris (Franța).

Acest procedeu de decantare prin pulsație se poate aplica la re tehnologizarea și la mărirea debitelor decantoarelor existente de două sau trei ori./23/.

Prin asocierea decantării lamelare cu decantarea pulsatorie se pot obține viteze mult mai mari de 6-8 m/h, astfel de decantoare numindu-se și superpulsatoare. Un asemenea decantor superpulsator s-a construit la Boudouaom, în Alger și are o viteză medie de exploatare de 6,8 m/h.

Decantarea pulsatorie la toate tipurile de pulsatoare sau superpulsatoare cunoscute până acum se realizează prin intermediul unui turn, care de cele mai multe ori este central, pulsațiile realizându-se cu ajutorul unei pompe de vacuum și ale unor senzori de nivel care comandă deschiderea sau închiderea unei electrovalve. Pulsația se realizează astfel: pompa de vacuum trage aerul din turn, care este etanș față de exterior, apa urcând în turn până la o înălțime de 0,80 - 1,00 deasupra nivelului din decantor. Când apa a ajuns la un anumit nivel, prin intermediul senzorului de nivel se deschide electrovalva, punând astfel în legătură interiorul turnului cu exteriorul, și apa coboară brusc în turn și de aici în conductele de alimentare de la baza decantorului, realizând pulsația. Timpii de încărcare și descărcare se reglează prin intermediul unui releu de timp.

Acest proces este destul de complicat și consumă energie electrică, așa încât s-a găsit și altă metodă de a realiza pulsațiile: prin sifon hidraulic. Avantajul acestei metode este că nu consumă curent electric, nu are piese mecanice în mișcare, nu este automată, este fiabilă, pulsațiile realizându-se continuu, la perioade de timp reglate prin intermediul unor vane. Prin această metodă de realizare a pulsațiilor prin sifon hidraulic, optimizarea nerealizându-se până în prezent, se consideră că studierea acestei teme este binevenită, oportună și necesară, pentru a putea introduce într-un flux tehnologic pentru tratarea apei acest decantor suspensional cu debit variabil, deoarece are parametri calitativi și cantitativi superiori celorlate tipuri de decantoare, la aceasta putându-se adăuga fiabilitatea în exploatare, deoarece nu are părți mecanice în mișcare.

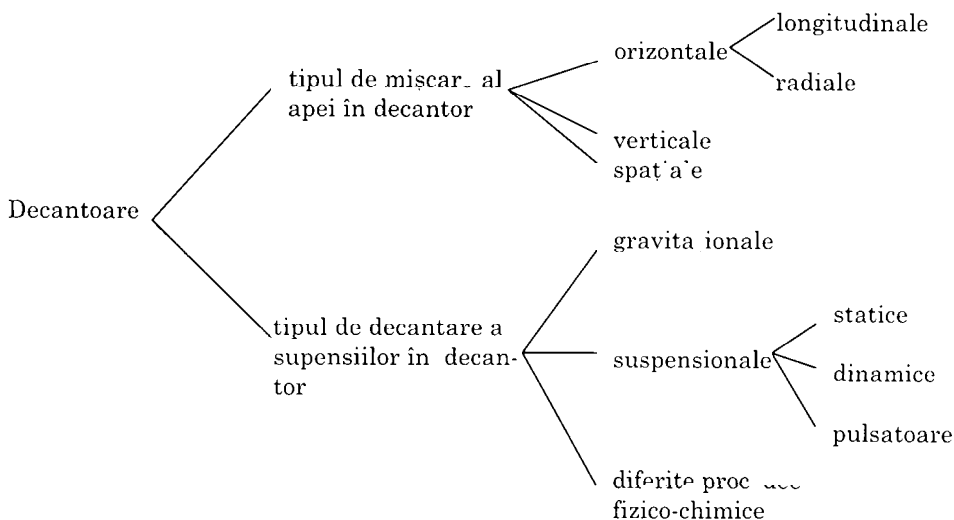
CAPITOLUL 2 .Analiza proceselor de decantare a apelor de suprafață

2.1.Clasificarea decantoarelor, Procedee de tratare

Procesul de decantare a apei poate fi caracterizat printr-o serie de parametrii, printre care cei determinanți sunt: viteza de sedimentare a particulelor în suspensie, timpul de decantare, vitezele de circulație a apei în secțiunea de decantare și eficiența reprezentată prin reținerile procentuale de suspensii din apa brută. La proiectarea și alegerea unui anumit tip de decantor se pune de fapt problema alegerii timpului și a vitezei de sedimentare, care să satisfacă cerințele date, privind eficiența decantării sau să asigure limita fixată pentru conținutul de suspensii din apa decantată.

Decantarea apei în decantoare se poate realiza în mai multe moduri. O clasificare a decantoarelor este foarte greu de făcut deoarece tipurile de decantoare existente au o mare varietate, dar încercând să le clasificăm se poate constata că ele prin modul lor de lucru pot să facă parte în același timp din mai multe clasificări existente la diverși autori.

Studiind această problemă, a clasificării decantoarelor după modul de lucru, se poate încerca pentru prima dată o altfel de clasificare. Această clasificare ține cont de două condiții esențiale a decantării apei în decantoare: de tipul de mișcare a apei în decantor și de tipul de decantare a suspensiilor. Astfel după tipul de mișcare a apei sunt decantoare orizontale sau verticale, iar după tipul de decantare a suspensiilor sunt gravitaționale sau suspensionale. Mai jos se prezintă o schemă cu o clasificare în mare a decantoarelor.



Trebuie menționat că un decantor în funcționarea lui execută în mod neapărat un tip de mișcare a apei în decantor combinat cu tipul de decantare a suspensiilor în același decantor. Spre exemplu decantorul orizontal longitudinal are o mișcare a apei orizontal longitudinală și decantarea se face gravitațional, iar decantorul pulsator are o mișcare a apei pe verticală, iar tipul de decantare este decantarea suspensională.

Principalele grupe de decantoare /42/,/57/,/80/ rezultate prin combinarea celor două tipuri de încadrări sunt:

- decantoarele statice (orizontal longitudinale sau orizontal radiale) cu decantare gravitațională, se aplică în cazul apelor cu suspensii gravimetrice (particule discrete, pentru situațiile în care apare ca necesară o predecantare pentru reducerea vârfurilor de turbiditate, în această situație este recomandabilă o tratare parțială cu reactivi de coagulare;
- decantoarele suspensionale statice (mișcarea apei pe verticală) sunt recomandabile pentru ape cu un conținut de suspensii Cs, cuprins între 50 ...300 mg /dm³, la care 70 - 80 % din ele sunt de natură minerală; coeficientul de coeziune la nămolul fără reactivi de floclurare, K are valori de 0,9 - 1 m/h;
- decantoarele suspensionale dinamice cu recircularea nămolului (mișcarea apei este spațială), se aplică în cazul apelor (50 - 1000 ° SiO₂), la care este necesară creșterea concentrației pentru desfășurarea optimă a proceselor de coagulare-floclurare și se dorește obținerea unei ape decantate cu valori sub 15° SiO₂ ;
- decantoarele cu pulsație sunt aplicate pentru ape cu turbiditate medie (90 % din cazuri, cu turbiditatea apei brute cuprinsă între 50 - 1000 ° SiO₂) cu suspensii de natură minerală și organică, prin procesele de cogulare-floclurare se ajunge la un coeficient de coeziune al nămolului K 1,2 m/h. Cu aceste decantoare se pot obține performanțe (turbiditatea apei decantate sub 1-2 ° SiO₂), dacă se echează cu module lamelare cu deflectori, alegerea și dozarea reactivilor de coagulare floclurare fiind în domeniul optim;
- decantoarele lamelare conduc la obținerea unor performanțe deosebite, dacă se asigură în prealabil un proces de coagulare floclurare optim, utilizând adjuvanți de floclurare de sinteză, astfel: încărcări hidraulice superficiale până la 20 m³/h.m₂, calitatea apei fiind în medie sub 0,5 ° SiO₂, concentrarea nămolului până la un nivel de substanță uscată de 10 %. Astfel de procedee sunt recomandabile în cazul apelor cu turbiditate redusă (coeficient de coeziune sub 0,7 m/h). Un domeniu important în care își găsesc aplicabilitatea modulele lamelare este cel al decantoarelor existente care se pot transforma în decantoare lamelare.

Aceste tipuri de decantoare care sunt cunoscute în țara noastră , se găsesc construite în aproape toate stațiile de tratare din țară, dar pe lângă acestea se mai găsesc alte tipuri de decantoare în literatura străină care sunt mai puțin cunoscute la noi cum ar fi: turbocirculator, termocirculator, Gyrazur, ciclofloc, actiflo, multiflo și ozolflot, la care procedeele de decantare sunt diferite față de ceea ce se știe la noi în acest domeniu, folosindu-se diverse metode fizico-chimice de aglomerare a flocoanelor.

2.2. Teoria coagulării - floclurii, potential Zeta, reactivi chimici.

Apa conține compuși care se pot grupa în trei categorii: substanțe prezente sub formă de suspensii, coloizi și substanțe dizolvate.

Suspensiile din apă pot fi de origine minerală (nisipuri, argile, etc.) sau organică (produse ale descompunerii materiilor vegetale sau animale, acizi humici, etc.). La acestea se adaugă microorganismele, planctonul, algele și virușii. Aceste substanțe sunt responsabile în particular de turbiditatea și culoarea apei.

Substanțele coloidale (mai mici de un micron), sunt tot substanțe care se găsesc în apă sub formă de suspensii, au aceleași origini dar sunt mai mici, fapt pentru care

decantarea lor se realizează foarte greu. Ele sunt de asemenea generatoare de turbiditate și culoare în apa brută.

Substanțele dizolvate (mai mici de câțiva nanometrii) sunt în general cationi și anioni. O parte din materia organică este de asemenea prezentă sub formă coloidală. Aici se găsesc și gazele dizolvate oxigen, bioxid de carbon, hidrogen sulfurat, etc.

Rolul procesului de coagulare floculare este de a ușura eliminarea suspensiilor și a substanțelor coloidale, care se realizează prin decantare, flotare sau filtrare.

Pentru a putea înțelege procesele de decantare și coagulare-floculare s-a studiat procesul de depunere pentru o particulă discretă, adică acea particulă care în procesul de depunere nu își modifică mărimea, forma și greutatea. Caracteristica principală a acestei particule este viteza de sedimentare, care este o viteză constantă. S-a observat că la căderea unei particule într-un lichid în repaus, se realizează la început o mișcare accelerată, până când rezistența de frecare egalează forța de cădere care acționează asupra particulei, atingându-se viteza de sedimentare. /80/.

Expresia vitezei de depunere a particulelor solide în apă la numere Reynolds mici ($Re \leq 1$) este /80/:

$$w = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_1 - \rho}{\mu} \cdot g \cdot d^2 \quad (2.1)$$

unde : ρ_1 - densitatea particulei

ρ - densitatea apei

g - accelerația gravitațională

μ - coeficientul dinamic de vâscozitate

d - diametrul particulei (considerată sferică).

În cazul mișcării particulelor în apă cu numere Reynolds mari ($Re > 10^3$) având același coeficient de frecare se obține ecuația lui Newton pentru căderea în apă a particulelor solide:

$$w \cong \sqrt{3,3g \left(\frac{\rho_1 - \rho}{\rho} \right) \cdot d} \quad (2.2)$$

Între cele două domenii se situează un domeniu de tranziție. Conform legii lui Stokes mai sus enunțată viteza de sedimentare este direct proporțională cu pătratul diametrului și cu cât particulele sunt mai mici cu atât ele se depun mai greu. Aceasta se poate observa în tabelul de mai jos /23/:

Diametrul particulei mm	Tipul particulei	Timp de decantare pentru 1 m coloană de apă	Suprafața specifică $m^2 \cdot m^{-3}$
10	subst.gravimetrice	1 sec	$6 \cdot 10^2$
1	nisip	10 sec	$6 \cdot 10^3$
10^{-1}	nisip fin	2 min	$6 \cdot 10^4$
10^{-2}	argilă	2 ore	$6 \cdot 10^5$
10^{-3}	bacterii	8 zile	$6 \cdot 10^6$
10^{-4}	coloizi	2 ani	$6 \cdot 10^7$

Acest tablou indică că cu cât particula este mai mică cu atât suprafața specifică este mai mare. Pentru a mări suprafața specifică și diametrul particulei, cu scopul de a avea o depunere mai rapidă se folosește procedeul de coagulare- floculare.

Tabelul de mai jos /35/ arată mărirea vitezei de sedimentare prin folosirea substanțelor coagulante:

Procentul depunerilor %	Durata procesului, [min]		Viteza de sedimentare [mm/s]	
	fără coagulant	cu coagulant	fără coagulant	cu coagulant
80	40	-	0,15	-
85	60	-	0,08	-
88	180	2	0,05	1,20
90	240	5	0,02	0,80
92	-	10	-	0,50
94	-	20	-	0,20
97	-	80	-	0,05
99	-	150	-	0,03

Prin tratarea prealabilă a apei cu dozele optime de coagulant pentru realizarea aceluiași proces de depunere se micșorează durata necesară procesului de decantare de 22 ...50 ori față de caracteristicile aceluiași proces fără tratarea cu substanțe coagulante. Procese care erau imposibil de realizat într-o perioadă de timp rațională în obiectele tehnologice, devin eficiente și economice prin tratarea cu reactivi. Astfel se pot atinge procente de depunere de până la 97 %, din suspensiile care se găsesc în apa brută.

Datele din tabelele de mai sus duc la concluzia că procesul de coagulare-floculare a suspensiilor din apa brută, pentru depunerea lor într-un procent de până la 97 %, (într-un interval de timp rațional din punct de vedere tehnologic), este obligatoriu fluxul tehnologic al limpezirii apei. Din aceasta rezultă necesitatea studierii și exploatării în mod optim a procesului de coagulare - floculare.

Studiul procesului de coagulare-floculare, trebuie să clarifice mai întâi fenomenul de suspensie a coloizilor în apă și apoi modul lor de aglomerare și depunere.

Fenomenul de suspensie coloidală se petrece deoarece aceste particule nu se pot decanta în mod natural, și pentru care fenomenele de suprafață sunt primordiale, care astfel dau stabilitatea lor. Particulele coloidale sunt supuse la două mari tipuri de forță:

- forța de atracție Van der Waals, legată de structura și forma particulelor coloidale precum și de natura mediului (E_A)
- forța de respingere electrostatică, legată de încărcarea superficială a particulelor coloidale. (E_B).

Stabilitatea unei suspensii coloidale depinde de bilanțul forțelor de atracție și respingere, al cărui nivel energetic este dat de relația $E = E_A + E_B$.

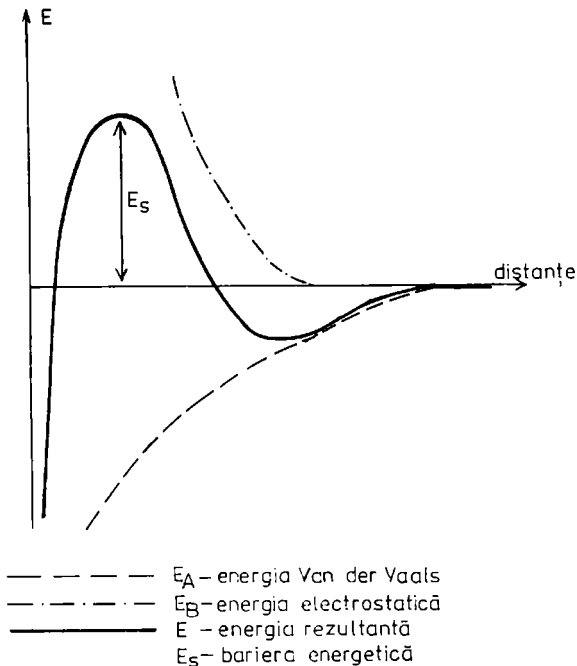


Fig.2.1

Pentru destabilizarea suspensiilor, trebuie să se treacă peste bariera energetică E_S . Pentru aceasta și pentru favorizarea aglomerării particulelor coloidale trebuie diminuate forțele de respingere electrostatică. Această diminuare se realizează prin coagulare. Procesul de coagulare se explică prin mai multe teorii [23] :

- teoria păturii duble
- potențialul Zeta
- teoria chimică.

Teoria păturii duble. Particulele coloidale prezente în apa brută sunt în general încărcate cu sarcină electrică negativă datorită: imperfecțiunilor rețelei cristaline, ionizarea unor grupuri chimice periferice, etc.. După neutralizarea acestei sarcini negative de suprafață, ionii pozitivi, prezenți în apa brută, adăugați, vin să formeze o pătură în jurul particulelor coloidale. Diverse teorii au fost avansate pentru explicarea procesului.

- teoria lui Helmholtz: o pătură de ioni pozitivi acoperă integral suprafața particulei coloidale și asigură neutralitatea în ansamblu (pătura aderentă).
- teoria lui Gouy - Chapman: pătura de ioni pozitivi este inegal repartizată în jurul coloizilor, neutralitatea fiind obținută la distanță mare (pătura difuză).
- teoria lui Stern - care reunește cele două teorii precedente considerând formarea unei păturii duble. Prima pătură este aderentă la particula coloidală și potențialul descrește rapid. A doua pătură este mai difuză, având o diminuare mai lentă a potențialului.

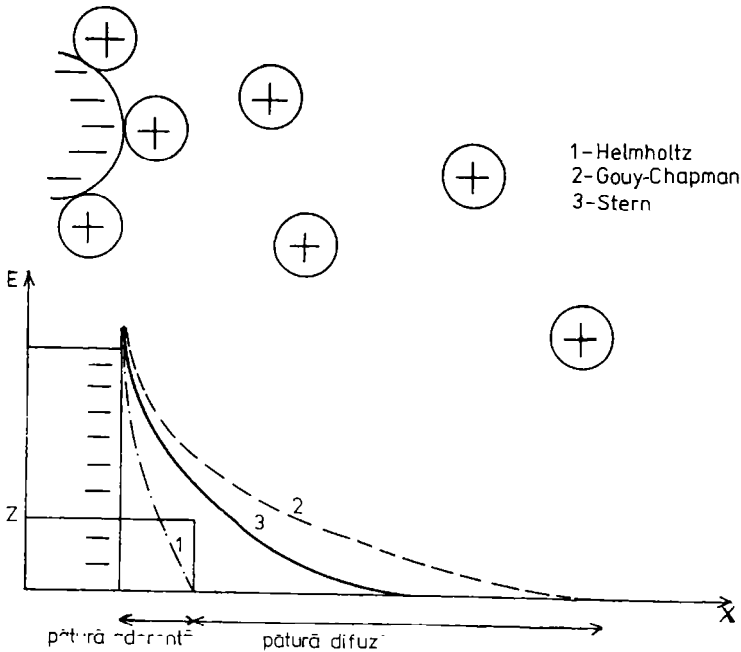


Fig.2.2.

Potentialul Zeta. Particula coloidală se deplasează cu o parte din pătura sa dublă. Această pătură, legată de particulă corespunde cu pătura fixă din teoria lui Stern. Particula coloidală se poate caracteriza prin două energii potențiale ca în figura de mai sus:

- E , care este energia potențială a suprafeței particulei coloidale sau potențialul termodinamic.
- Z , care este energia potențială la suprafața planului de forfecare sau potențialul electrocinetic.

Acest potențial Z, numit potențial Zeta, este cel care conduce deplasarea particulei coloidale precum și interacțiunea lor. Electroforeza permite definirea sa: când o particulă este supusă unui câmp electric ea atinge aproape instantaneu o viteză la care echilibrul se stabilește între forța de atracție și forța de frecare dată de vâscozitatea mediului. Calculul conduce la următoarea relație între mobilitatea electroforetică și potențialul Zeta /23/:

$$m_e = \frac{\epsilon \cdot z}{k \cdot \eta} \quad (2.3)$$

unde m_e - mobilitatea electroforetică

ϵ - constanta dielectrică a mediului

η - vâscozitatea dinamică

k - are valoarea 4 sau 6 în funcție de ipoteza de calcul.

Din relația de mai sus se observă că particulele au același potențial electrocinetic Zeta, posedă aceeași mobilitate electroforetică independent de diametrele lor.

În teoria păturii duble, coagularea este anularea potențialului Zeta. Potențialul Zeta (electrocinetic) se poate măsura, iar aparatul se numește Zetametrul. Acest potențial

exprimă de fapt forța de respingere a coloizilor și prin aceasta, stabilitatea unui sistem coloidal. De obicei în cazul apelor din țara noastră, folosite în stațiile de tratare urmând a fi tratate cu coagulant, potențialul Zeta variază între - 10 și -30 mV./80/.

Teoria chimică. Energiile de legături covalente sunt de 20-50 ori superioare energiilor electrostatice, astfel pentru a putea interpreta destabilizarea suspensiilor coloidale s-a dat și o interpretare chimică, așa numita "teorie chimică". Acest model consideră că energia primară a unei particule coloidale este dată de ionizarea directă a grupurilor chimice prezente pe suprafața sa.(hidroizi, carboxizi, fosfați, sulfati.). Destabilizarea se realizează prin reacția covalentă între aceste grupuri chimice și ionii metalici polivalenti ai coagulantului.

Această teorie arată că precipitarea simultană a hidroxizilor metalici și a punților interparticulare sunt fenomene importante a coagulării.

În concluzie rezultă că pentru destabilizarea unui sistem coloidal, înțelegând prin aceasta anularea sarcinilor electrice negative de respingere, se poate face fie prin adăugarea de reactivi coagulanți, care sunt de obicei săruri de metale trivalente Al^{+++} , Fe^{++} , fie prin electroforeză. Prin introducerea reactivilor coagulanți care produc elemente coloidale cu sarcină electrică pozitivă, acest potențial se apropie de zero, la potențialul de - 5 mV începe procesul de floculare, dar pentru a obține o bună limpezire a apei prin decantare și filtrare trebuie să se coboare și mai mult potențialul Zeta (-2mV)./80/.

În momentul în care un sistem este "destabilizat", particulele coloidale se pot apropia datorită mișcării browniene și se pot apoi aglomera, particulele aglomerate având o suprafață mai mică raportată la masă, constituie o formă termodinamică mai stabilă, cu nivel energetic mai mic.

Fazele etapelor de coagulare-floculare

Procesul de coagulare-floculare prezintă diverse faze succesive sau simultane în aglomerarea particulelor coloidale. Aceste faze se pot observa în tabelul de mai jos:

Fazele de coagulare - floculare	Fenomene	Terminologie
Introducerea coagulantului	Reacția cu apa, ionizare, hidroliză, polimerizare	Hidroliză
Destabilizarea echilibrului coloidal	Compresia păturii duble	Coagulare
	Absorbția specifică de ioni a coagulantului pe suprafața particulei	
	Legarea specifică a ionilor pe suprafața particulei coloidale	
	Includerea coloidului într-un precipitat de hidroxid	
	Legarea între particule datorită coagulantului	
Transportul	Mișcarea browniană	Floculare pericinetică
	Dirijarea energiei	Flocularea ortocinetică

Coagularea este destabilizarea particulelor coloidale prin adăugarea unui reactiv chimic, coagulantul.

Flocularea este aglomerarea de particule "descărcate" (neutre din punct de vedere al potențialului electric), în microflocoane, și mai apoi în macroflocoane, mai voluminoase și mai decantabile. Această floculare poate fi ameliorată cu ajutorul unui alt reactiv chimic: floculantul sau adjuvantul de coagulare.

În cazul fazei de transport în cadrul procesului de coagulare-floculare au loc două fenomene:

- flocularea pericinetică, legată de difuzia browniană (agitația termică). În acest caz viteza de floculare sau variația numărului de particule într-un interval de timp este dată de relația:

$$\frac{d_n}{d_t} = \alpha \cdot \frac{4K \cdot T}{3 \eta} \cdot d^2 \quad (2.4)$$

unde : n - numărul de particule cuprinse în unitatea de volum

α - coeficientul de ciocniri eficiente

k - constanta lui Boltzmann

T - temperatura absolută (° K)

η - vâscozitatea dinamică

d - diametrul particulei.

Acest tip de floculare nu intervine decât pentru particule mici a căror diametru este mai mic de un micron, acesta favorizând formarea microflocoanelor.

- flocularea ortocinetică, este legată de dirijarea energiei. Eficacitatea acestei floculări permite obținerea flocoanelor voluminoase, separabile și este dată de relațiile:

$$- \frac{d_n}{d_t} = \frac{1}{6} \alpha \cdot n^2 \cdot G^\circ \cdot d^3 \quad - \text{pentru regim laminar} \quad (2.5)$$

$$- \frac{d_n}{d_t} = K \cdot n^2 \cdot G^\circ \cdot d^3 \quad - \text{pentru regim turbulent} \quad (2.6)$$

Gradientul vitezei G° nu poate fi definit numai într-un regim laminar, ca și diferențele de viteză între vâne de lichid adiacente într-un plan ortogonal deplasării lor.

$$G^\circ = \frac{dV}{dZ} \quad (2.7)$$

În practică se utilizează gradientul vitezei G corespunzător unui regim turbulent. Gradientul vitezei este definit prin:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V \cdot \eta}} = k \sqrt{\frac{P}{V}} \quad (2.8)$$

G - gradientul vitezei medii [s⁻¹]

P - puterea disipată [W]

η - vâscozitatea dinamică [kg/m·s]

V - volumul ocupat de fluid [m³]

Această definiție a gradientului vitezei G este aplicabilă prin extensie la toate tipurile de regim hidraulic, ea depinzând în particular de temperatură, $t = 5\text{ }^\circ\text{C}$, $k = 23,6$, iar pentru $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $k = 31,5$. Gradientul vitezei este unul din cei mai importanți și eficace parametrii pentru probabilitatea de ciocnire a particulelor. Acesta nu este posibil să crească în mod exagerat. Ca efect pentru valori puțin ridicate ale gradientului de viteză, flocoanele formate suferă o tăiere mecanică, aceasta antrenând distrugerea lor. Valorile în general admise pentru G sunt:

- pentru coagulare - de la 400 la 1000 s^{-1}
- pentru floculare - de ordinul 100 s^{-1}

Timpii de coagulare și floculare. Timpii necesari pentru reacția de coagulare și floculare sunt de asemenea esențiali. Cinetica fiind influențată de natura mediului, concentrația și natura coloizilor, prezența inhibitorilor, etc. Punerea în operă a acestor reacții poate fi caracterizată printr-un parametru adimensional $G \cdot \rho$ (ρ - fiind timpul de contact). Valoarea parametrului ρ se poate determina prin încercări de floculare.

Flocularea cu contact de nămol Eficacitatea unei floculări de acest tip poate fi simbolizată prin relația:

$$e = k \cdot C^\alpha \cdot G^\beta \cdot \rho^\gamma \quad (2.9)$$

unde:

- e - eficacitatea floculării care este parametrul legării flocoanelor formate sau calitatea apei decantate.
- C - concentrația de nămol în floculator.
- G - gradientul vitezei.
- ρ - timpul de contact
- $\alpha, \beta, \gamma > 0$

În particular creșterea masei de contact C , duce la mărirea probabilității de ciocnire a două particule în volumul floculatorului, care are ca efect un proces de floculare mai eficace. Decantoarele care folosesc acest tip de floculare cu contact de nămol crează în zona de floculare o concentrație de nămol destul de mare.

În cadrul acestui tip de floculare se pot folosi două metode:

- recircularea stratului de nămol
- patul de nămol

Flocularea cu contact de nămol oferă numeroase avantaje:

- ameliorarea floculării, absența particulelor fine, flocoane omogene și reducerea timpului de floculare.
- creșterea vitezei de decantare și diminuarea suprafețelor construite la decantare
- desăvârșirea unor reacții specifice (precipitarea, absorbția pe cărbune activ, etc.)
- creșterea eliminării materiilor organice prin absorbția pe flocoane
- economia de reactivi chimici (o mai bună utilizare a reactivilor, efectul coagulării și floculării nămolurilor recirculate).

Domeniul de aplicare a floculării cu contact de nămol este foarte vast: limpezirea apelor, decarbonatare, decolorare, eliminarea fierului sau magneziului sau tratamente biologice aerobe sau anaerobe. În cazul particular al tratamentelor biologice prin

nămolurile activate, aportul nămolului în floculator are un alt rol, permite menținerea la o cantitate dată a biomasei necesare epurării. De remarcat este faptul că concentrația nămolului mai mare decât este necesar în floculator devine un factor limitator al decantării /23/.

Recircularea nămolului. Pentru realizarea acestui lucru trebuie să se asigure o recirculare regulată a nămolului fără turbulențe excesive, pentru realizarea unui amestec intim apă-nămol, și deasemenea trebuie să se evite depunerea nămolului. Recircularea se poate realiza printr-un sistem integrat sau extern prin aportul în permanență a nămolului în floculator sau camera de floculare care se află întotdeauna înaintea spațiului de decantare. Este indicat să se recircule nămolul concentrat de pe fundul decantorului. Pentru aceasta s-au construit diverse sisteme de recirculare: hidrojector, elice, turbină, pompă cu emulsie, pompă externă, etc.. Acest tip de decantor trebuie echipat cu dispozitiv de reciclare a nămolului.

Patul de nămol. Într-un decantor cu flux ascendent, se stabilește un echilibru între viteza apei și viteza de decantare frânată a particulelor floculate. Plecând de la o anumită concentrație a nămolului, se crează un pat de nămol, care joacă rolul unui floculator și de filtru fluidizat, cu o excelentă floculare.

Acest pat de nămol prezintă o bună coeziune naturală și poate suporta viteze ascensionale superioare acelor decantoare la care flocularea se realizează izolat. Această coeziune explică elasticitatea patului de nămol care se poate compara cu un resort a cărui tendință este de a se comprima sub acțiunea greutății (greutatea particulelor în decantare), dar care se întinde mai mult sau mai puțin sub acțiunea forțelor de opoziție (fluxul ascensional al apei brute). Acest sistem tip resort se poate rupe dacă viteza ascensională este foarte mare, acesta fiind lucrul care trebuie evitat.

Totuși viteza ascensională a apei este foarte importantă, viteza de decantare a particulelor nu este suficientă pentru asigurarea unei decantări frânate în ansamblu, deci a patului de nămol.

Coeziunea nămolului este caracterizată prin determinarea coeficientului k de coeziune a nămolului, care este parametrul esențial pentru cunoașterea dimensionării unui decantor pulsator pe pat de nămol.

În cazul particular al emulsiilor, condițiile de floculare a emulsiilor de hidrocarburi sau a uleiurilor depind de natura acestora și care există în două forme principale:

- emulsiile mecanice, relativ instabile și caracterizate după o predecantare statică de o oră, de o mărime a particulelor cuprinsă între 10 și 50 microni și concentrații cuprinse 100 și 500 mg/l.
- emulsiile chimice, care sunt relativ stabile în funcție de natura hidrocarburilor și de prezența unor agenți dispersanți. Ele sunt caracterizate după o decantare statică timp de o oră, de o mărime cuprinsă între 0,1 microni și 10 microni, precum și o concentrație în hidrocarburi foarte variabilă, cuprinsă între 100 mg/l (afluenți de compuși petrochimici) și 50 g/l (fluide apoase).

Procesul de coagulare a acestor emulsii comportă ca și pentru coloizi, o neutralizare a potențialului Zeta, dar un mecanism de coalescență poate fi predominant numai pentru emulsiile mecanice. Tratamentul acestora poate fi de exemplu o coagulare sau o destabilizare parțială, urmată imediat de o filtrare coalescentă. Tratamentul emulsiilor chimice trebuie să aibe o coagulare completă urmată de o floculare și o separare prin decantare sau flotare.

2.3. Îmbunătățirea procesului de decantare prin coagulare cu reactivi chimici.

Procesul de decantare este un proces natural în care substanțele prezente în apă sub diferite forme: particule gravimetrice, suspensii sau coloizi se depun sub acțiunea propriei greutate. Această depunere se poate realiza în câteva minute sau ore în funcție de diametrul și greutatea particulei. În cazul particulelor cu diametru mic și care se depun într-un timp mai îndelungat s-a constatat că fenomenele de suprafață sunt primordiale și deci dau stabilitatea lor. Aceste particule sunt supuse după cum s-a văzut în subcapitolul anterior la două tipuri de forță: forța de atracție Van der Waals și forța de respingere electrostatică, iar aceste mici particule (coloizi) sunt de sarcină negativă.

Coagulanții realizează neutralizarea sarcinilor superficiale negative a coloidului prin cationii hidrolizați. Coagulantul este cu atât mai eficient cu cât valența cationului este mai ridicată, un ion trivalent fiind de 10 ori mai eficient ca un ion bivalent /42/, /23/. În tratamentul de coagulare a apei cele mai des folosite sunt sărurile de fier bivalent sau aluminiu trivalente.

Influența pH -ului asupra procesului de coagulare se manifestă prin faptul că la coagulare apa cu reactivi chimici dobândește un pH mai ridicat, adică devine mai acidă, în urma procesului de hidroliză. În acest timp se modifică și conductivitatea apei.

Reacția care are loc în apă prin introducerea unui reactiv chimic (M) este:



Prin urmare pH este un parametru primordial pentru depunerea și înlăturarea substanțelor coloidale. PH - ul optim constituie un compromis între pH-ul necesar coagulării (proces legat de natura coloizilor) și pH-ul necesar floculării (proces legat de realizarea aglomerărilor de coloizi numite flocoane sub acțiunea hidroxizilor de fier și aluminiu). Acest nivel corespunde în general la minimul de solubilitate a hidroxidului considerat. Acest pH și solubilitatea minimală sunt foarte influențate de legăturile ionice, a forței lor precum și a compușilor organici și a acizilor humici.

PH-ul optim pentru procesul de coagulare-floculare la cationul de aluminiu Al^{3+} este cuprins între 6,0 și 7,4, iar pentru cationul de fier Fe^{2+} , pH-ul trebuie să fie mai mare ca 5. PH-ul de coagulare poate fi ajustat prin introducerea unei substanțe acide sau bazice. Cantitatea de reactivi ce trebuie introdusă în apă este dată de o analiză a procesului de floculare. Aceasta se poate realiza prin studierea potențialului Zeta sau prin metoda jar test.

Producerea nămolului este urmarea decantării particulelor din apă și evacuarea lui prin diverse metode din decantor. Această cantitate de nămol se produce datorită formării hidroxizilor metalici. În procesul de coagulare, se pot folosi și coagulanți organici, și aceștia sunt polielectroliți cationici care neutralizează particulele coloide negative. În acest caz volumul de nămol produs este considerabil redus./23/.

Floculanții sau adjuvanții de coagulare care se folosesc sunt polimeri minerali (silice activă) sau polimeri naturali (amidon). Apariția polimerilor de sinteză foarte diversificați a făcut să evolueze în mod considerabil performanțele floculării. Ca și pentru coagulanți, cantitatea de floculanți care se introduce în apa brută este dată de o analiză a floculării. Timpii de introducere a coagulantului și floculantului sunt esențiali. Un floculant nu este eficient decât după ce faza de coagulare este terminată. Aceasta depinde de natura coloizilor, dar de asemenea și de temperatura apei brute. Parametrii principali

care se consideră, sunt mărimea particulelor, coeziunea flocoanelor și viteza de decantare.

Utilizarea floculanților de sinteză conduce la obținerea unui volum redus de nămol.

Combinarea celor două metode moderne de separare, permit producerea unor nămoluri concentrate care pot fi tratate în continuare în unități de deshidratare.

Reactivii chimici care se folosesc pentru coagulare și floculare sunt produse de origine minerală, polimeri naturali sau polimeri de sinteză.

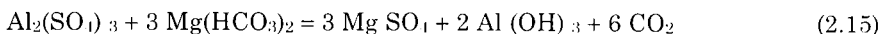
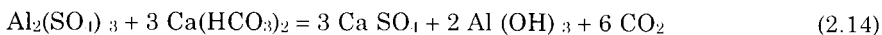
Coagulanți minerali. Coagulanții utilizați în mod curent sunt pe bază de săruri de aluminiu sau fier. Deasemea se pot utiliza și produși de sinteză, aceștia fiind polielectroliti cationici, care vor fi descriși mai jos.

Sărurile de aluminiu sunt cele mai folosite în tehnologiile de tratare a apei. În reacția acestora cu apa toți produșii chimici sunt solubili cu excepția $Al(OH)_3$ și $CaCO_3$. Reacțiile care se produc sunt:



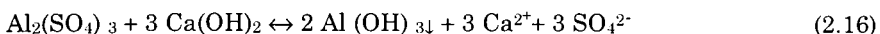
- Sulfatul de aluminiu este unul din cei mai folosiți reactivi, acesta se poate găsi în formă lichidă sau solidă. Produsul comercial se găsește sub formă solidă, anhidră cu greutatea specifică de 2,71 g/cm³, având culoarea albă. În soluție apoasă cristalizează cu apă de cristalizare. Solubilitatea crește cu temperatura astfel că la 20°C ea este de 36,3 g/ 100 g apă, iar la 60 °C solubilitatea este 58,0 g/ 100 g apă. În concentrație de 1% are pH=3, reacționează cu bicarbonații de calciu și magneziu din apă. Valoarea pH a apei brute la care se utilizează în bune condiții este de 5,5 - 7, dar domeniul optim se stabilește prin încercări. La un adaos de 40 mg sulfat de aluminiu la 1 l de apă se micșorează duritatea temporară cu 1 °G, în timp ce duritatea permanentă crește cu aceeași valoare. Sulfatul de aluminiu se folosește și ca mijloc de activare la producerea silicei active.

Prin dizolvarea în apă sulfatul de aluminiu se combină cu bicarbonatul de calciu sau magneziu, după reacțiile de mai jos, reducând astfel duritatea temporară a apei și rezultând hidroxidul de aluminiu:



Hidroxidul de aluminiu care rezultă este dispersat în apă în particule fine încărcate cu sarcină electrică pozitivă și neutralizează sarcina electrică negativă a particulelor coloidale din apa care se supune tratării. Sulfatul de aluminiu este un reactiv care produce și decolorarea apei. Dozele utilizate sunt cuprinse pentru apele de suprafață între 10 și 150 g /m³, exprimate în greutate produs comercial $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, iar în tratamentul apelor uzate între 50 și 300 g/m³./23/,/57/.

- Sulfat de aluminiu și var este o combinație necesară pentru a compensa reducerea pH-ului, ca urmare a tratării cu sulfat de aluminiu.

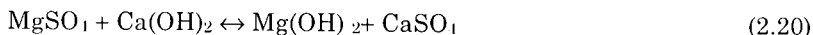
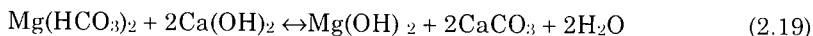
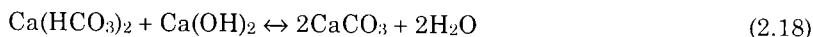


Varul sau hidroxidul de calciu este o pulbere albă amorfă cu greutatea specifică 2,03 g/ cm³, puțin solubil în apă. Soluția clară apoasă este denumită "apă de var" și reactivează puternic alcalin. Suspensia de var în apă poartă denumirea de "lapte de var" și poate fi folosită la tratarea apei în numeroase cazuri /57/.

- la neutralizare, corespunzător formulei.



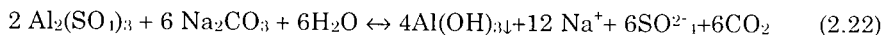
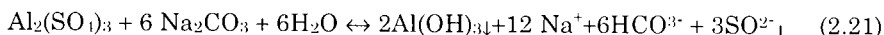
- la dedurizare când au loc următoarele reacții:



- la neutralizarea acizilor puși în libertate la diferite procese de tratare.
- la reglarea valorii pH-ului.

Tratarea cu lapte de var poate fi acceptată numai înaintea unor trepte de decantare și filtrare.

- Sulfatul de aluminiu și carbonatul de sodiu. Carbonatul de sodiu este o sare albă sub formă pulbere (Na₂CO₃), având în soluție o reacție alcalină (pH = 11,2 la concentrația de 1 %). Solubilitatea carbonatului de sodiu în apă este la 0°C de 6,86 g/ 100g apă, iar la 20 °C solubilitatea este de 21,58 / 100 g apă. /57/. În timpul neutralizării ionilor de carbonați se produc două tipuri de reacții



Proporțiile care se folosesc pentru acest coagulant sunt: între 50 și 100 % carbonat de sodiu din cantitatea de sulfat de aluminiu solid. Bineînțeles determinarea cantității totale de reactiv se determină prin una din metodele cunoscute, potențial Zeta sau jar-test.

- polimerii de aluminiu; utilizarea acestora permite neutralizarea rapidă și aglomerarea coloizilor din apa brută, conducând astfel la o coagulare mai eficace. Aceștia se obțin din polimerizarea hidroxidului de aluminiu. Formula generală a acestor polimeri de aluminiu este :



Aceste substanțe se caracterizează printr-un raport molar OH/Al cuprins între 0,4 și 0,6 și sunt mai puțin acide ca sărurile de aluminiu clasice. Stabilitatea este asigurată prin prezența ionilor de sulfat care inhibă polimerizarea spontană a produsului. Utilizarea lor conduce la un nivel de tratare inferior celui cu sulfat de aluminiu (exprimat în Al³⁺). Coeziunea nămolului este în general bună și pentru coagulare-

floculare trebuie să se folosească și un adjuvant de floculare. Produsele comerciale disponibile, dar care sunt în evoluție continuă sunt: PAC, WAC, Aqualenc, Alpoclar .../23/.

În cadrul acestei grupe de coagulanți pe bază de polimeri de aluminiu se remarcă: PCBA (policlorura bazică de aluminiu) care este un produs comercial brevetat de firma Dégrement. Pentru obținerea unui polimer de aluminiu performant este necesar să se prepare corect soluția înainte de utilizare. Deasemenea trebuie să ajungă la un raport molar OH/Al cât mai ridicat (în jur de 2,5), aceasta realizându-se printr-o neutralizare controlată cu clorură de aluminiu și cu ajutorul unei baze. Avantajele produsului față de o sare de aluminiu clasică sunt:

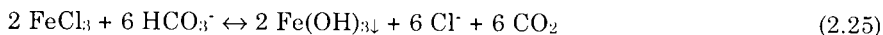
- floculare rapidă
- o bună eliminare a substanței organice
- nivel de tratare ridicat (exprimat în Al³⁺)
- volum de nămol diminuat
- adjuvantul de floculare nu mai este necesar
- prepararea sa la locul tratării, recomandă acest produs la folosirea în stații mari de tratare a apei.

- Sărurile de fier. Principiul de reacție este același ca pentru sărurile de aluminiu, dar ionii de fier pot să producă colorarea apei.

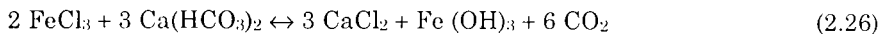


Dintre sărurile de fier care se folosesc în mod frecvent în stațiile de tratare se pot aminti:

- clorura ferică (Fe Cl₃); formula de reacție în apă este:



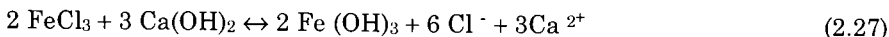
Ea se utilizează pentru ape având pH-ul curptins între 5 și 6, clorura ferică este foarte higroscopică, în contact cu aerul se dizolvă formând un lichid uleios, iar soluțiile ei în apă sunt foarte acide. Solubilitatea în apă a clorurii ferice la 0°C este de 74,5g/100 g apă iar la temperatura de 20 °C solubilitatea este de 91,9 g/100 g apă. Soluția cu concentrația de 1% are un pH=2 iar la o concentrație mai ridicată de 40 %, soluția devine vâscoasă. 20 mg FeCl₃ la 1 litru apă diminuează duritatea temporară cu FG, iar duritatea permanentă urcă la acest proces chimic aproape cu aceeași valoare, reacția de hidroliză utilizând duritatea temporară a apei se poate scrie/57/:



La folosirea sulfatului feros apare de multe ori riscul unor depuneri a flocoanelor în cadrul treptelor ulterioare de tratare. Cu tot acest dezavantaj este uneori preferat sulfatului de aluminiu, deoarece efectul coagulant de cele mai multe ori este mai bun și cu consum de substanță redus cu până la 50 %.

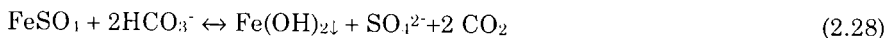
Dozele uzuale pentru apele de suprafață sunt cuprinse între 5 și 150 g/ m³ de clorură ferică comercială, prezentată în stare de agregare solidă având formula FeCl₃·6H₂O. În tratamentul apelor reziduale dozele sunt de 50 la 300 g/m³ clorură ferică/23/.

Clorura ferică poate fi folosită și împreună cu varul, reacția care are loc fiind următoarea:

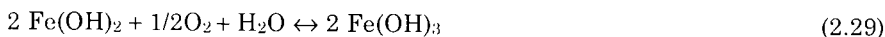


Proportia de var la clorura ferică pentru tratarea apelor reziduale este de 1:1.

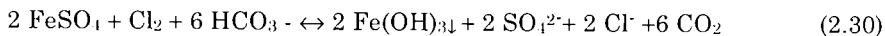
- Sulfatul feros ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Se prezintă sub formă de cristale de culoare verde deschis, care se descompun în contact cu aerul, formând o pulbere albă, care prin oxidare superficială se transformă în sulfat feric. Solubilitatea sulfatului feros în apă la temperatura de 0 °C este de 15,65 g /100 g apă, iar la temperatura de 20 °C solubilitatea este de 26,52 /100 g apă. Sulfatul feros este mai puțin higroscopic decât clorura ferică, iar prin hidroliză soluția de apă are o reacție puternic acidă, având la concentrația de 1% pH=3,3. Reacția sulfatului feros cu apa este:



În ape aerate hidroxidul feros se oxidează și se transformă în hidroxid feric:

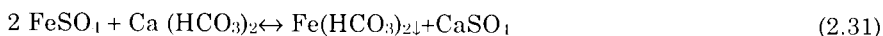


În majoritatea cazurilor sulfatul feros se folosește sub formă de clorură de sulfat feros (FeClSO_4), care se prepară prin tratarea sulfatului feros cu clor, la 7-8 părți sulfat feros cu o parte clor. Reacția care are loc este:



Sub această formă sulfatul feros are efectul clorurii ferice, care însă este mai scumpă. Sulfatul feros netratat sau tratat cu clor acționează asupra durtității temporare, aceasta diminuându-se la adăugarea a 50 mg/l, cu 1°G, în timp ce durtitatea permanentă se ridică cu aceiași valoare.

Dizolvat în apă sulfatul feros poate reacționa cu bicarbonatul de calciu sau de magneziu rezultând bicarbonat acid de fier și sulfat de calciu sau de magneziu.



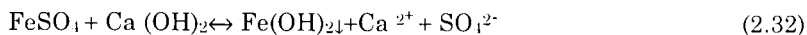
Bicarbonatul acid de fier se comportă la fel ca hidroxidul de aluminiu cu privire la neutralizarea sarcinii electrice a particulelor coloidale.

Dozele de sulfat feros pentru apele de suprafață sunt de 5 la 150 g/m³ de reactiv comercial $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Pentru tratarea apelor uzate dozele sunt de la 100 g la 400 g / m³ de reactiv.

Proporțiile pentru sulfat feros și clor sunt: se pune 12 % clor din cantitatea de sulfat feros.

Sulfatul feros se poate folosi împreună cu varul pentru tratarea apelor, reacția care are loc fiind:



Pentru tratarea apelor de suprafață se pune 30 % var din cantitatea de sulfat feros iar pentru apele uzate se pun 100 la 150g /m³ var pentru 250 la 350 g/m³ de sulfat feros.

- alți coagulanți minerali care se pot folosi la tratarea apelor sunt clorura ferică, sulfatul feric și var, clorosulfatul feric, hidroxidul de sodiu (soda caustică), carbonatul de

sodiu (soda calcinată), silicatul de sodiu, acidul sulfuric, produși chimici mixti de ioni de aluminiu și fier, sulfat de cupru, ozonul și clorul.

Dintre acestea ozonul introdus în apele bogate în materii organice, compuși de fier și magneziu poate determina un mecanism de coagulare-floculare. Ozonul distruge prima dată compușii organici și apoi oxidează ionii metalici liberi. Dacă condițiile de pH sunt îndeplinite flocularea hidroxidului feric conduce la formarea de flocoane cu densitate și coeziune destul de slabe dar care pot fi reținute pe filtre.

Clorul sub formă de clor liber se folosește pentru reacțiile de coagulare pentru apa de mare.

Coagulanți organici de sinteză: Aceștia sunt molecule organice de sinteză, cu caracter cationic cu masă molară medie cuprinsă între 10^4 și 10^5 . Ei se găsesc numai sub formă lichidă în mediu apos și pot fi utilizați în mod direct fără o stație de preparare. Acești coagulanți pot înlocui total sau parțial un coagulant mineral, și se folosesc după ce inițial au fost diluați.

Utilizarea coagulanților organici de sinteză conduce la o reducere importantă a volumului de nămol produs, nămolurile extrase din decantor fiind mai dense și mai lipicioase, aplicarea lor fiind posibilă pe orice tip de decantor. Acești coagulanți nu modifică foarte mult pH-ul și aduce un mic aport de salinitate suplimentară. În cadrul acestor coagulanți se pot regăsi trei familii principale/23/:

- melaminformaldehidă sau melaminăformol
- epiclorigidrina dimetil amina (EPI.DMA)
- policlorura de dimetil amoniu (POLYDADMAC)

Domeniul de aplicație al coagulanților organici de sinteză este pentru limpezirea apelor în scop potabil, dacă legislația țării o permite. Dozele de reactiv care se folosesc sunt cuprinse între 5 și 15 g /m³ de reactiv comercial. Un alt domeniu unde pot fi utilizați acești coagulanți este pentru coagularea pe filtru, în special pentru filtrarea apei de mare, precum și pentru tratarea apelor uzate industriale, doza fiind de ordinul a 5 până 50 g/m³ de reactiv.

Deoarece uneori coagulanții organici singuri nu pot să obțină rezultate bune în tratarea apelor ei se pot folosi împreună cu coagulanții minerali, aceștia reducându-și foarte mult cantitatea (40 la 80 %) asigurând un volum mediu de nămol produs.

Din reacțiile de coagulare realizate de un reactiv coagulant și apa brută s-a constatat că scade pH-ul apei și duritatea temporară a apei. Pentru a contracara această scădere odată cu cogulantul folosit se introduce un reactiv alcalinizant care este varul sau soda. La introducerea în apa brută a coagulantului și a reactivului alcalinizant trebuie să se determine prin încercări pH-ul optim de coagulare, deoarece acesta diferă în funcție de compoziția mineralogică și organică a fiecărei ape brute.

Totuși în literatura de specialitate /57/, /80/ există relații care stabilesc doza de reactiv de alcalinizare în funcție de doza de coagulant și duritatea temporară a apei:

$$x = (0,05 a \cdot D_t + 2) \cdot k \quad (2.33)$$

unde : x= doza de reactiv de alcalinizare în mg/dm³

a= doza de sulfat de aluminiu pur în mg/dm³

D_t= duritatea temporară, în grade

k = cantitatea de reactiv de alcalinizare necesară pentru mărirea alcalinității apei cu 1 grad

k= 10 mg/ dm³ pentru var , Ca(OH)₂

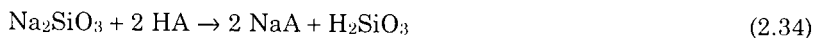
k= 14,3 mg/ dm³ pentru sodă caustică , NaOH

$k = 18,9 \text{ mg/ dm}^3$ pentru sodă calcinată, Na_2CO_3 .

În această relație dacă din calcul rezultă valoarea reactivului de alcalinizare negativă, alcalinizarea nu mai este necesară.

În practică s-a constatat că la temperaturi ale apei sub $4\text{-}5^\circ\text{C}$ și la concentrații reduse de particule coloidale cu sarcină negativă, în apa brută, reacțiile de coagulare se produc foarte lent, ceea ce conduce la dificultăți în ceea ce privește exploatarea stațiilor de tratare precum și la micșorarea eficienței de limpezire a apei. Introducerea acestor adjuvanți ai coagulării mărește eficiența procesului de coagulare-floculare.

Adjuvanții de coagulare-floculare pot fi minerali sau organici. Dintre adjuvanții minerali cei mai folosiți este silicea activă (sau bioxidul de siliciu) care se prepară din soluția de silicat de sodiu (Na_2SiO_3) cu ajutorul unui acid, după reacția:



În această reacție HA este acidul utilizat, NaA sarea de sodiu a acidului utilizat iar H_2SiO_3 este acidul metasilicic. Acidul metasilicic format se polimerizează dând naștere soluției coloidale de acid silicic. Ca reactivi de activare se pot utiliza: acidul sulfuric, acidul clorhidric, acidul carbonic, acidul sulfuros, sulfatul de aluminiu. În practică activarea se realizează cu acid sulfuric, clor sau sulfat de aluminiu.

Utilizarea adjuvanților de coagulare-floculare în procesul de limpezire a apei conduce la obținerea următoarelor avantaje:

- se mărește viteza de floculare, obținându-se fulgi mai mari, mai denși, care se rup mai greu;
- procesul de coagulare este mai eficient într-un domeniu mai larg al pH-ului;
- procesul de coagulare are eficiență mărită într-un domeniu extins al temperaturii apei și în special la temperaturi scăzute.
- eficiența coagulării se manifestă și prin sporirea de 2-3 ori a vitezei de sedimentare a fulgilor formați, ceea ce conduce la obținerea unei ape mai bine decantate, care sporește și eficiența instalației de filtrare.

Prepararea adjuvanților trebuie realizată înainte de utilizare, prin neutralizarea parțială a alcalinității unei soluții de silicat de sodiu și este introdusă după coagulant în apa brută.

Doza de adjuvanți folosită în procesul de coagulare-floculare este de: 10 % din doza de coagulant /80/ sau de 0,5 la 4 mg/l silicat de sodiu. /23/.

Acest tip de adjuvanți sunt cei numiți silico-aluminați, care se obțin din activarea silicatului de sodiu cu sulfat de aluminiu, în acest caz și coagulantul folosit trebuie să fie sulfatul de aluminiu.

Alți adjuvanți minerali care pot fi folosiți înaintea decantării și filtrării, și care produc într-o apă brută, care nu conține foarte multe materii în suspensie, o îmbunătățire a calității flocoanelor, acestea devenind mai dense și mai stabile. Aceste produse sunt: argile cum ar fi bentonita și caolinul, precipitatul de carbonat de calciu, pudra de calciu activ și nisipul fin. /23/.

Pe lângă adjuvanții minerali pot fi folosiți și adjuvanții organici /23/ în procesul de tratare a apei. Aceștia sunt polimeri naturali extrași din substanțe animale sau vegetale.

Alginatele sunt substanțe organice pe bază de sodiu care sunt obținute din acidul alginic care la rândul lui este extras din algele marine, și care are o masă molară cuprinsă în intervalul 10^4 la $2 \cdot 10^5$. Acestea sunt eficiente la folosirea lor ca adjuvanți

împreună cu sărurile ferice, dar pot să dea rezultate bune și împreună cu sărurile de aluminiu. Dozele care se pot folosi sunt cuprinse în intervalul 0,5 la 2 mg/l.

Alte substanțe organice care pot fi folosite ca și adjuvanți sunt amidoanele care sunt obținute din cartofi sau din cereale. Acestea se aplică în procesul de coagulare-floculare în doze de 1 la 10 mg/l, cu preferință împreună cu sărurile de aluminiu.

Adjuvanții organici sunt produse solide care se pot prepara la o concentrație de 5 la 10 g/l. Degradarea lor rapidă în mediul apos se produce la temperaturi peste 20°C.

Alți adjuvanți cunoscuți sunt folosiți în anumite procedee din hidrometalurgie, papetărie etc./23/.

2.3.1. Procesul de coagulare-floculare.

Coagularea este cel mai important proces care intervine în limpezirea apelor în stațiile de tratare, și drept urmare este cel mai cercetat proces pentru optimizarea tehnologiei de limpezire a apelor. Acest proces este influențat de un număr mare de factori, care în principal depind de calitatea apei brute și tehnologia de tratare. Factorii principali care influențează coagularea, și depind de calitatea apei brute sunt: turbiditatea, temperatura, alcalinitatea, natura suspensiilor, pH-ul și conținutul de ioni în apă.

Factorii principali legați de tehnologia de tratare a apei sunt următorii: felul reactivilor chimici și doza lor, modul de dozare, locul de injectare, intensitatea agitării și felul decantorului. Trebuie precizat că prin specificarea de mai sus a reactivilor chimici se înțelege totalitatea reactivilor chimici care conduc la o bună coagulare, adică coagulantul propriu-zis, substanța alcalinizantă și adjuvantul de coagulare.

Factorii legați de calitatea apei brute sunt:

Turbiditatea - se cunoaște că apele cu turbiditatea mare coagulează și floculează rapid. Aceasta se explică prin suprafața mare a suspensiilor din apă, precum și a numărului lor care favorizează absorbția specifică de ioni a coagulantului pe suprafața particulei, legarea lor și aglomerarea în flocoane.

Temperatura - influențează unele proprietăți fizice ale apei cum ar fi: vâscozitatea, solubilitatea și cinetica particulelor. În general o temperatură mai scăzută încetinește reacțiile chimice, frânează mișcarea browniană și scade probabilitatea de întâlnire a particulelor. Solubilitatea hidroxidului de aluminiu, la 5 °C este minimă la pH=7, în schimb la 25 °C, pH-ul corespunzător este de 6,2.

Alcalinitatea și pH-ul. pH-ul este unul din cei mai importanți factori deoarece el determină natura compușilor chimici rezultați după hidroliza sărurilor de aluminiu sau fier, precum și solubilitatea lor. De obicei în practică se alege doza de coagulant astfel încât să se realizeze pH-ul optim.

La hidroliza sulfatului de aluminiu se consumă din gradul de alcalinitate al apei, și acest fenomen se utilizează în cazul apelor cu pH ridicat, pentru micșorarea lui până la valoarea optimă. În cazul apelor cu alcalinitate scăzută se pune problema inversă, de a realiza pH-ul optim, prin adăosul unei baze, o substanță alcalină care este de obicei laptele de var sau un adjuvant de coagulare alcalin cum este aluminatul de sodiu.

Natura suspensiilor. Această caracteristică influențează decisiv procesul de coagulare, prin natura și ponderea lor în apa brută. Cele mai dificile ape de tratat sunt cele cu particule coloidale, minerale sau organice. Substanțele organice prezente în apă sunt de obicei de natură humică, care dau de fapt și culoarea apei, aceste substanțe fiind un amestec complex de molecule, atât ca dimensiune cât și ca compoziție chimică, cele

mai frecvente substanțe fiind acizii fulmici și humici. Aceste substanțe pot fi îndepărtate din apă prin procesul de coagulare- floculare sau prin absorbție pe cărbune activ, care sunt metode care nu afectează structura lor, sau prin ozonizare când ele se descompun în molecule mai mici.

În general, printr-o coagulare optimă, nu poate fi eliminată complet culoarea, dovadă că unii compuși chimici rămân în soluție.

Continutul de ioni din apă, influențează direct procesul de coagulare prin substanțele chimice prezente în apă și care dau la rândul lor potențialul electrostatic al suspensiilor din apă, influențând direct doza de coagulant, care este necesară pentru limpezirea apei.

Factorii legați de dozarea reactivilor chimici sunt:

Natura și doza reactivilor chimici. Sărurile de aluminiu care se folosesc în procesul de coagulare- floculare sunt cele mai solubile la un pH egal cu 6,2, dar acestea se pot folosi în domeniul $5,8 \div 8$, unde precipitatul proaspăt de aluminiu, poate fi solubil și predomină compușii polimerici de aluminiu. Reacțiile aluminiului cu apa la un pH neutru sau acid sunt controlate de cinetica reacției chimice cu apa care este hidroliza. Reducerea pH-ului, depinde de alcalinitatea apei. Pentru doza de 1 mg/l de aluminiu ce intră în reacție, pentru a produce un precipitat de hidroxid de aluminiu, se consumă 0,5 mg/l alcalinitate exprimat în CaCO_3 . Din acest motiv la tratarea apelor cu alcalinitate scăzută se adaugă întotdeauna o bază pentru a obține alcalinitatea necesară și menținerea domeniului de pH în care precipită $\text{Al}(\text{OH})_3$, și în care avem condiții optime de coagulare/101/.

Sărurile de fier au cea mai scăzută solubilitate la $\text{pH} \approx 8$, dar bineînțeles acestea au o plajă de solubilitate cuprinsă într-un interval destul de larg, de la $\text{pH} \approx 6$ la $\text{pH} = 10$. Comparând reacțiile de hidroliză a sărurilor de aluminiu și fier se poate trage concluzia că sărurile de fier sunt mai acide dar mai puțin solubile ca sărurile de aluminiu.

La fel ca și pentru reacțiile realizate de sărurile de aluminiu, sărurile de fier dau reacții de hidroliză guvernate de cinetica reacției cu apa. Și aceste săruri fiind săruri acide reduc alcalinitatea apei prin precipitarea sub formă de OH. În practică, sărurile de fier se folosesc sub formă de sulfat feric sau clorură ferică. Sulfatul feric este folosit ca și coagulant sub formă de granule anhidre, solubile în apă. Clorura ferică se folosește sub formă lichidă sau cristale sub formă anhidră, dar aceste substanțe sunt foarte corozive.

În ultimul timp s-au făcut cercetări asupra folosirii unor substanțe compuse de săruri de fier și aluminiu care în literatură se numesc coagulanți anorganici polimerici.

Un ajutor în dozarea reactivilor poate fi diagrama coagulării cu săruri de aluminiu /101/, care se prezintă mai jos:

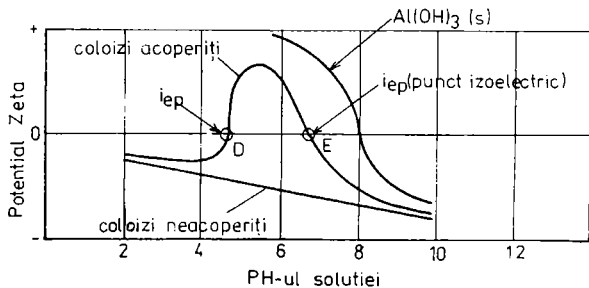


Fig.2.3

Diagramele pentru aluminiu au fost dezvoltate printr-o neimpunere a condițiilor chimice, acolo unde are loc coagularea și sunt valabile pentru temperaturi cuprinse între 15 - 25 ° C, dar trebuie folosite cu prudență în ceea ce privește apa rece.

Coagularea are loc atunci când substanțele solubile de hidroliză ($AlOH^+$) sau hidroxidul solid de aluminiu interacționează cu particulele coloidale. Punctul izoelectric pentru hidroxidul de aluminiu se află între valorile de 7,0 și 9,0 ale pH-ului, depinzând de ionii din soluție, cel mai frecvent de anioni.

Interacțiunea dintre hidroxidul de aluminiu încărcat pozitiv și particulele coloidale încărcate negativ, produce două puncte în care apare potențialul Zeta egal cu 0, la valori ale pH-ului de 4,8 și 6,8. Coagularea favorabilă se poate produce în oricare din aceste două valori ale pH-ului. Între aceste două valori particulele coloidale sunt restabilizate datorită excesului de adsorbție a sarcinilor pozitive.

Diagrama de coagulare a sărurilor de fier păstrează conceptele de bază și concluziile generate de la diagrama sărurilor de aluminiu, iar valoarea pH-ului la care are loc coagularea pentru îndepărtarea turbidității, este cuprinsă între 6 și 10.

Dozajul optim pentru coagulanți și reactivii chimici pentru fiecare apă se realizează ușor cu ajutorul unui jar test, care simulează procesul de coagulare-floculare și sedimentarea. Destabilizarea propriu-zisă după adaosul de coagulant și sedimentare în jar test, se poate determina din turbiditatea reziduală sau din alți parametri cum ar fi potențialul Zeta sau calitatea afluentului filtrat. Jar testul poate fi folosit pentru: alegerea coagulantului, stabilirea dozei optime, determinarea pH-ului optim, determinarea diluției coagulantului, precum și alte măsurători.

Eliminarea aluminiului rezidual este o problemă de actualitate, care constă în principal din reducerea supradozei de sare de aluminiu din apă, până la un minimum posibil pentru apele potabile. În trecut aluminiul a fost folosit cu succes la tratarea apelor, dar în prezent se ridică o serioasă problemă privitoare la implicațiile acestuia asupra sănătății oamenilor, și anume implicațiile în boala Alzheimer și în procesele de dializă. În plus o precipitare a aluminiului rezidual în sistemul de distribuție, a fost sugerată ca fiind cauza unei importante descreșteri a capacității de transport.

Multe state, precum și o serie de agenții naționale sau internaționale au stabilit ca valoare minimă, inofensivă cantitatea de $50\mu\text{g Al/l}$ ($0,50\text{ mg/l}$) /101/. Se poate remarca că în STAS 1342-91, pentru indicatorii de calitate ai apei potabile se specifică că aluminiul rezidual are valoarea pentru condiția de admisibilitate de $0,05\text{ mg/l}$ iar în mod excepțional de $0,2\text{ mg/l}$.

Concentrația mărită de aluminiu rezidual în apele potabile se poate asocia cu: concentrația mărită a aluminiului total în sursa de apă, turbiditate mărită la sursă și utilizarea absorbției atomice în spectrofotometria măsurării aluminiului.

Pentru a putea reduce aluminiul rezidual din apă trebuie să se urmeze una din căile următoare: utilizarea coagulanților alternativi cum ar fi sărurile de fier, utilizarea unor compuși chimici cu polimeri pe bază de aluminiu și îndepărtarea particulelor solide de exemplu $Al(OH)_3$ prin filtrare. Trebuie menționat că utilizarea coagulanților pe bază de săruri de fier conduc la colorarea apei potabile pentru cele mai mici abateri de la doza optimă.

Adjuvanții de coagulare- floculare se utilizează când apa este rece, nu are suficiente suspensii sau alcalinitate suficientă. Ca și adjuvanți se cunosc silicea activă, polielectroliți de sinteză și aluminatul de sodiu. Pentru ca procesul de coagulare-floculare să decurgă în mod normal trebuie ca întodeauna adjuvanții să fie introduși după coagulant, și după ce s-a realizat măcar parțial o amestecare a coagulantului cu

apa brută, deoarece acești adjuvanți intră în reacție chimică cu coagulanții, iar în acest fel nu se realizează reacțiile specifice procesului de coagulare- floculare.

Modul de dozare, trebuie realizat astfel încât să se poată injecta în apa brută o doză stabilită de coagulant în mod continuu și egală în timp, dar care se poate schimba într-un timp real pentru procesul tehnologic. Acest lucru se poate realiza printr-un sistem de bazine cu nivel constant și diuze, cu orificii calibrate la dimensiuni stabilite.

Locul de injectare este important deoarece trebuie să se asigure premisele unei bune amestecări a reactivilor chimici cu apa brută. Această injectare se poate realiza într-un singur loc sau în mai multe locuri, dar este de preferat ca injectarea să se realizeze în cel puțin două puncte sau locuri. Trebuie menționat că soluția de reactivi chimici care se introduce în apa brută trebuie să aibe o concentrație optimă de obicei între 5 și 10 %, această concentrație depinzând de natura reactivului chimic.

Intensitatea agitării, este necesară pentru a putea realiza o bună amestecare a soluției de reactivi chimici cu apa brută, creându-se bazele unei bune coagulări și floculări, știind că ionii cationici ai coagulantului trebuie să adere pe suprafața particulelor care se află în suspensie în apa brută, și realizând astfel destabilizarea din punct de vedere electrostatic al apei brute permițând realizarea fenomenului de aglomerare a particulelor, în flocoane.

Felul decantorului are un rol capital în procesul de coagulare- floculare, din acest punct de vedere realizându-se de fapt și departajarea tipurilor de decantoare: statice, suspensionale cu recircularea stratului de nămol, sau pulsatoare. În fiecare din aceste tipuri de decantoare procesul de coagulare- floculare se desfășoară în alt mod, rezultând de fapt și viteze de decantare diferite, cele mai mici viteze fiind date de decantoarele statice, apoi cele suspensionale cu recircularea stratului de nămol și vitezele cele mai mari fiind date de decantoarele pulsatoare sau cum se mai numesc ele decantoare suspensionale cu debit variabil.

2.3.2. Obiectivele procesului de coagulare-floculare.

Principalele obiective urmărite de la conceperea și proiectarea fluxului tehnologic pentru limpezirea apei și până în exploatare sunt:

- turbiditate minimă
- culoare minimă
- dezinfecție eficace
- flocoane cât mai mari, mai dense și rezistente
- pH - optim
- evitarea post precipitării
- depuneri maxime de suspensii la decantare
- ameliorarea filtrării (turbiditate mică după filtrare împreună cu spălări ale filtrelor cât mai rare)
- conducere, urmărire și modificare ușoare
- aluminiu rezidual minim
- eficiență la temperaturi scăzute
- preț rațional la investiție cât și în exploatare.

Aceste obiective se pot atinge dacă se urmărește alegerea corectă a reactivilor chimici: coagulanți, substanțe alcalinizante, adjuvanți de coagulare- floculare, stabilirea dozei optime de reactivi chimici în funcție de fiecare apă brută care trebuie tratată, știind că caracteristicile fizico-chimice ale apei brute, mai ales de suprafață, se pot schimba

destul de des (până la 2-3 ori pe zi în perioadele de viituri), dozarea corectă prin cantitatea și calitatea soluției de reactivi chimici cu apa brută. Pentru decantoarele suspensionale în plus trebuie să se urmărească formarea și menținerea stratului suspensional prin intermediul căruia se realizează procesul de decantare. De asemenea partea de construcții și utilaje care deservește procesul de limpezire trebuie să funcționeze la parametrii optimi.

2.4. Prezentarea metodelor eficiente de decantare

În decursul timpului, procesul de decantare s-a îmbunătățit atât din punct de vedere al folosirii reactivilor chimici, incluzând aici felul reactivilor, modul de stabilire a dozelor optime, dozarea propriu-zisă și amestecarea soluțiilor de reactivi cu apa brută, cât și din punct de vedere al tipului de decantor în care are loc procesul de coagulare-floculare și decantare, rezultând apa decantată, ea având turbiditatea inițială redusă cu până la 95 %. Din acest motiv evoluția cronologică a decantoarelor coincide cu evoluția și perfecționarea decantoarelor, obținându-se de la un tip la altul, viteze mai mari de decantare și calitate mai bună la apa decantată.

Din punct de vedere al procesului de decantare se pot distinge două grupe mari de decantoare, statice și suspensionale.

Decantoarele statice au apărut primele și au viteze mici de decantare, ele putând fi subîmpărțite în decantoare orizontal-longitudinale și radiale. Decantoarele suspensionale pot fi subîmpărțite în decantoare suspensionale statice, cu recircularea stratului de nămol și cu debit variabil (pulsatoare).

2.4.1. Procesul de decantare statică. Critica acestui procedeu

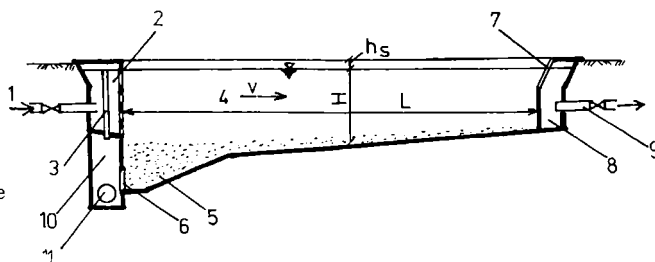
Decantoarele statice sunt bazinele în care apa circulă cu viteză redusă pe orizontală sau verticală, fiind destinate să rețină suspensiile gravimetrice și coloidale. Utilizarea acestor decantoare statice se impune în cazul apelor cu turbidități mari la care 50+60 % sunt gravimetrice, de natură minerală, calitatea apei decantate fiind mai mică de 10+15° SiO₂, rezultând o eficiență destul de scăzută.

Decantoarele orizontal-longitudinale, sunt bazine de beton sau beton armat, prin care apa circulă în sens orizontal cu o viteză mică și pe fundul cărora se depun particulele în suspensie sub formă de nămol.

Apa este adusă prin conducte până la decantor, introdusă în camera de distribuție, de unde trece în camera de decantare printr-un perete cu orificii, care asigură o distribuție uniformă a apei. Camera de decantare are la intrare o adâncitură în formă de pâlnie pentru colectarea nămolului, care se întinde pe 1/8+1/4 din lungimea camerei. Tot fundul camerei este înclinat către această pâlnie, de unde nămolul adunat se evacuează, printr-o vană de perete sau cu ajutorul unei pompe de nămol (curățire continuă). Curățirea se poate realiza și prin golirea și scoaterea din funcțiune a decantorului, aceasta realizându-se cu ajutorul unui jet de apă.

Prezentarea unui astfel de decantor se face în figura de mai jos:

- 1.intrarea apei
- 2.-----ă d-
distributie
- 3.preaplin
- 4.cameră de
decantare
- 5.groapă pentru
nămol
6. vană de perete
pentru golire
- 7.grătar



- 8.cameră de
col...a... a
apei decantate
9. ieșirea apei
din decantor
- 10.galerie
pentru
evacuarea
nămolului
- 11.canal de
golire

Fig 2.4.

Decantoarele orizontale radiale Aceste decantare sunt bazine de formă cilindrică, la care curentul de apă are o direcție radială de la ax către periferie. În acest mod viteza de scurgere scade în acest circuit al apei de la centrul decantorului la periferia lui, sporind în acest timp eficiența în reținerea particulelor. Aceste tipuri de decantare se utilizează pentru debite mari, peste 20.000 m³ /zi (aproximativ 230 l/s). Colectarea depunerilor spre camera inelară se face în mod mecanic, cu ajutorul unor lamele răzuitoare fixate pe un pod raclor, care antrenează nămolul de pe fundul decantorului în niște baze centrale, de unde se evacuează periodic prin deschiderea unei vane de golire. Decantoarele orizontale radiale se construiesc din beton armat, cu diametrul de 15÷ 60 m și uneori chiar mai mult.

Acest tip de decantor se prezintă în figura de mai jos

- 1.intrarea apei
- 2.pod raclor
- 3.calea de rulare a podului
raclor
4. lame răzuitoare
5. jgheab de colectare a apei
decan...a...e
6. ieșirea apei decantate
7. canal de golire

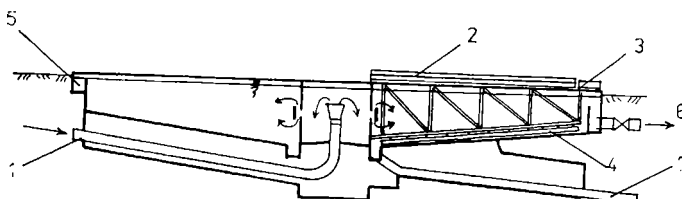


Fig.2.5

Decantoarele verticale, sunt bazine de formă cilindrică acoperite sau neacoperite prin care apa circulă de jos în sus. Decantoarele verticale se utilizează pentru debite mici, când construcția în adâncime nu prezintă dificultăți. Apa intră în cilindrul central pe care îl parcurge de sus în jos, la baza cilindrului central curentul se întoarce și devine ascendent. Viteza ascensională a curentului de apă trebuie să fie mai mică decât viteza de depunere a particulelor în suspensie. Apa limpezită este colectată la partea superioară printr-un jgheab periferic sau conducte perforate. Curățirea decantorului se realizează la intervale dese de timp prin deschiderea unei vane de golire, aflate pe conducta de golire.

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

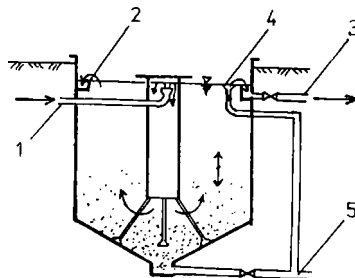


Fig.2.6

Critica procedurii de decantare statică Tipurile de decantoare statice prezentate mai sus au dezavantajul că au viteză mică de decantare, până la 3 m/h, iar calitatea apei decantate este situată în jurul valorii de 10-15° SiO₂ turbiditate, ceea ce conduce la o funcționare la capacitatea maximă a filtrelor, conducând la spălarea lor la intervale scurte de timp, pentru a preîntâmpina colmatarea lor.

Decantoarele care sunt mai evolute sunt decantoarele suspensionale care înlătură dezavantajele enumerate mai sus, realizând viteze mai mari de decantare între 4-8 m/h, și calitatea apei decantate mult mai bună, ea putându-se situa între P + 5° SiO₂.

Decantoarele suspensionale care s-au construit în fluxul tehnologic de decantare a apei, din cadrul stațiilor de tratare sunt: decantoare suspensionale statice, cu recircularea stratului de nămol și cu debit variabil, acestea din urmă fiind denumite și pulsatoare. Apariția cronologică, precum și creșterea eficienței celor trei tipuri mari de decantoare suspensionale sunt în ordinea enumerării făcute mai sus.

2.4.2. Contribuția decantoarelor suspensionale.

Decantoarele suspensionale funcționează pe principiul introducerii apei de jos în sus în decantor și formarea unui strat suspensional dens, menținerea lui realizându-se datorită curentului ascensional care este mai mare ca viteza de cădere a particulelor din apă. Particulele din apă, având sarcina electrostatică aproape nulă, aderă prin absorbție la stratul suspensional, realizându-se astfel decantarea apei.

În continuare se vor prezenta principalele trei tipuri de decantare suspensională care se folosesc în fluxul tehnologic pentru decantarea apei.

Decantoarele suspensionale statice Se utilizează ca și majoritatea decantoarelor suspensionale pentru ape care au un conținut în suspensii de peste 50 mg/l, fără suspensii gravimetrice și în condițiile în care suspensia este în principal minerală.

În figura de mai jos este arătată schema unui astfel de decantor, care funcționează astfel: apa brută după tratarea cu reactivii de coagulare și un amestec rapid și eficace încarcă compartimentele de limpezire la partea inferioară și într-o curgere ascensională, printr-un strat de suspensii în echilibru, menținut de curentul ascendent, apa brută se limpezeste. Se consideră că floclarea se realizează în stratul suspensional, în compartimentul tronconic de la partea inferioară a decantorului. Evacuarea nămolului în exces se realizează prin intermediul unei bașe laterale, de unde este colectat într-un concentrator de nămol, și evacuat printr-un sistem de evacuare.

1. distribuție apă brută
2. compartimente de floclulare
3. concentrator de nămol
4. sistem de colectare apă decantată
5. sistem de evacuare nămol

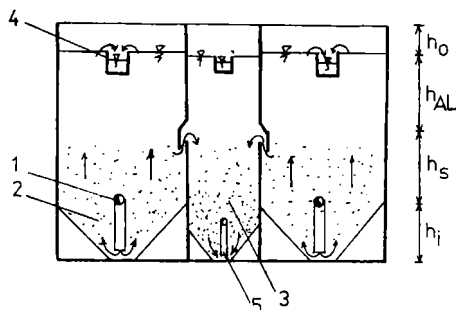


Fig.2.7.

Aceste tipuri de decantoare sunt de formă circulară, cu diametru sub 10 m, utilizându-se pentru debite sub 100 l/s, iar pentru debite mari se adoptă forma dreptunghiulară putându-se ajunge astfel la 3000 l/s. Datorită faptului că se produc adesea dereglări în stratul suspensional, pe care viteze sporite îl expandează și îl antrenează nedorit în sistemul de colectare a apei decantate, acest tip de decantor trebuie aplicat numai în cazurile când nămolul are o bună coeziune ($K > 0,7$). Unele tipuri pot fi prevăzute cu racloare pe radier, care au dublu rol, acela de a amesteca lent stratul suspensional, precum și acela de a colecta nămolul depus în baze, de unde este evacuat printr-un sistem de evacuare.

Decantoarele suspensionale cu recircularea nămolului Aceste tipuri de decantoare se caracterizează prin introducerea în curgere liberă, a nămolului din zona de decantare, în zona centrală, de unde este reluat prin pompare cu ajutorul unui ejector sau a unui agitator mecanic și reintrodus în zona de reacție. Prin agitarea astfel realizată flocoanele sunt menținute în stare de suspensie. Există în majoritatea cazurilor un concentrator de nămol, ca zonă liniștită, în care flocoanele se depun gravitațional. Stratul suspensional ajunge la o concentrație de $10.000 \div 15.000$ mg/l.

Avantajele acestor tipuri de decantoare suspensionale îl constituie faptul că permite o variație destul de importantă a debitului de tratat, fără a prejudicia funcționarea stratului suspensional și deci a apei decantate, precum și faptul că utilajele de amestecare fie hidraulice, fie mecanice, sunt reglabile, încât permit modificarea debitului recirculat, adaptându-se ușor la situații de exploatare. În aceste decantoare se poate obține apă decantată de calitate superioară cu turbiditatea sub 10^6 SiO₂.

Unul din cele mai răspândite tipuri de decantoare cu recircularea nămolului este "acceleratorul", care are un fund plat, prevăzut în interior cu o cupolă conică care delimitează în centru o zonă de dublă reacție, inelul exterior constituind zona propriu zisă de decantare. Apa brută este adusă în canalul circular, de secțiune triunghiulară, amplasat în mijlocul bazinului. De aici apa trece în bazinul inferior, unde sunt introduse și substanțele coagulante, realizându-se o agitare cu ajutorul unor palete care produc o mișcare verticală ascendentă în apă. În continuare apa trece în bazinul superior, unde se introduce o nouă doză de coagulant, apoi ajunge în compartimentul exterior, unde se produce limpezirea, apa trecând prin stratul de suspensii și evacuându-se prin jgheburile de la partea superioară.

Evacuarea nămolului în exces se realizează prin intermediul unor baze laterale și concentratoare de nămol. Un astfel de decantor este prezentat mai jos.

1. intrarea apei brute
2. prima cameră de amestec
3. agitator cu palete
4. a doua cameră de amestec
5. cameră de separare suspensională
6. jgheaburi de colectare a apei limpezite
7. plecare apă limpezită
8. evacuare nămol
9. cameră de concentrare a nămolului
10. golire
11. motor de antrenare al agitatorului
12. introducerea reactivilor

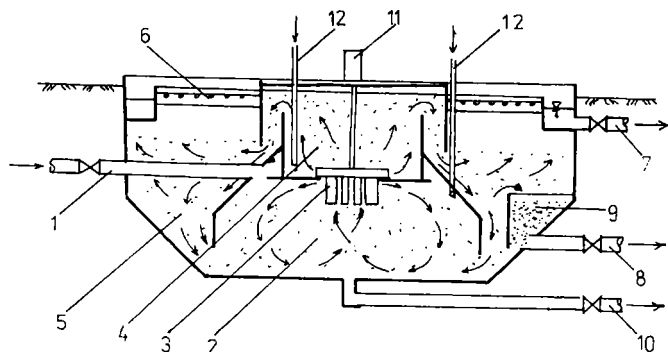


Fig.2.8.

Un alt tip de decantor este cel numit **"turbocirculator"**, în care recircularea stratului de nămol este asigurată de o paletă agitatoare. Zona de reacție situată în centrul decantorului permite o amestecare perfectă a apei brute cu reactivii chimici. Un sistem de raclaj (pod raclor), permite colectarea nămolului depus pe fundul decantorului în base, de unde prin intermediul unui sistem de conducte este evacuat. Prezentarea acestui tip de decantor se face mai jos.

1. Intrarea apei brute
2. Reciclarea nămolului
3. Cameră de floclare
4. Zonă de decantare
5. Pod raclor
6. Evacuarea nămolului în exces
7. Sistem de evacuare a apei decantate
8. Palete agitatoare
9. Introducerea reactivilor

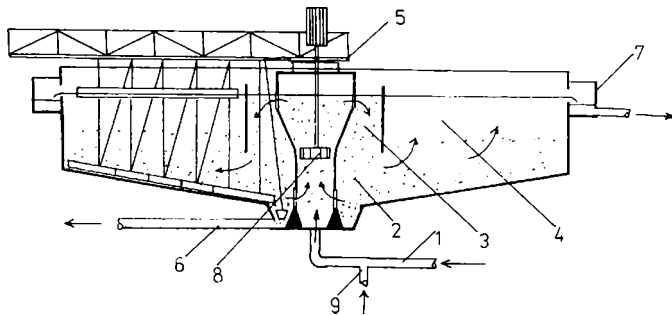


Fig.2.9.

Acest tip de decantor poate permite variații de debit ale apei brute, importante și viteze maxime de 5 - 7 m/h.

Decantorul circulator are același principiu ca și decantorul turbocirculator dar lipsește partea mecanică de raclaj a nămolului, evacuarea nămolului realizându-se la partea inferioară a decantorului, care este construit ca o pâlnie, care joacă rolul de concentrator de nămol. de unde nămolul în exces este intermitent evacuat prin intermediul unui sistem de conducte de evacuare.

La aceste tipuri de decantare se cunosc mai multe tipuri de realizări în țară cum ar fi decantorul tip ICB cu hidrojector de joasă presiune și decantorul ISLGC cu recircularea nămolului, prevăzut cu dispozitive mecanice de colectare a nămolului.

Decantoarele suspensionale cu debit variabil Acest tip de decantor se bazează pe principiul introducerii intermitente a apei în spațiul suspensional. Apa brută tratată cu reactivii chimici intră într-un turn, în care se realizează un anumit vacuum, obținându-se acumularea unui volum de apă peste cel din decantor. La un anumit nivel și la un anumit timp se deschide o supapă de aer care face legătura între interiorul turnului și atmosfera exterioară, drept urmare, volumul de apă mărește debitul de apă ce alimentează decantorul. Fazele de acumulare și descărcare se succed la intervale de 20-40 s. Alimentarea intermitentă cu apă realizează amestecarea și recircularea nămolului în interiorul stratului suspensional. Evacuarea excesului de nămol se realizează prin intermediul unei baze laterale, într-un concentrator de nămol, de unde nămolul este evacuat prin intermediul unei conducte de evacuare. Acest tip de decantor este prezentat schematic mai jos:

1. conductă de apă brută
2. turn de alimentare
3. conducte perforate pentru distribuția apei în camera de limpezire
4. strat de nămol în suspensie
5. strat de apă limpezită
6. conducte perforate pentru colectarea apei limpezite
7. canale pentru colectarea apei limpezite
8. conductă de apă limpezită
9. concentrator de nămol
10. pompă de vacuum
11. dispozitiv cu electrovană și senzori pentru realizarea pulsației.

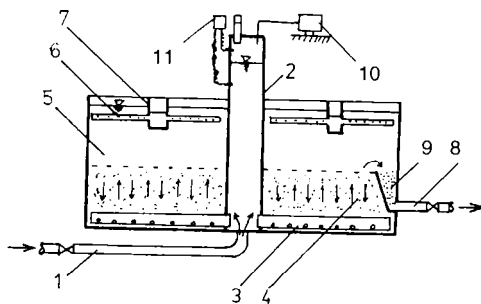
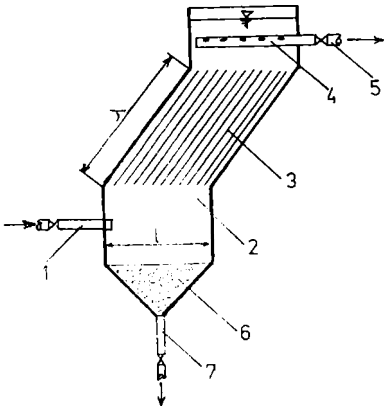


Fig.2.10

În general decantoarele suspensionale asigură o foarte bună limpezire, cu un consum minim de reactivi, într-un volum de construcții mai redus decât celelalte decantoare suspensionale, datorită eficienței lor mărite.

Decantoarele lamelare. Aceste tipuri de decantoare au apărut pe baza constatării că sedimentarea particulelor este mult înlesnită de mărirea suprafețelor de depunere, de micșorarea spațiului ce trebuie parcurs până la acestea ca și de laminizarea curentului de apă. Un decantor lamelar este alcătuit în principiu din mai multe grupuri de plăci sau tuburi cu diferite secțiuni, paralele între ele, amplasate la distanțe reduse unele de altele. Pentru a se asigura autoevacuarea depunerilor, lamelele sau tuburile trebuie să aibă o înclinare față de orizontală cuprinsă între 52° - 60° . Prezentarea unui asemenea tip de decantor se face în schema de mai jos:



1. conductă de apă brută, tratată cu coagulant
2. cameră de limpezire
3. modul lamelar
4. conductă perforată pentru colectarea apei limpezite
5. ieșirea apei decantate
6. concentrator de nămol
7. conductă pentru evacuarea nămolului

Fig.2.11

Avantajul major al acestor tipuri de decantare lamelare îl constituie de fapt utilizarea modulelor de lamele sau tuburi, la decantoarele cunoscute până acum, la decantoarele statice sau suspensionale, obținându-se eficiențe mult sporite și o calitate mult mai bună a apei decantate.

2.5. Realizări moderne în domeniul decantării apei

Literatura de specialitate, de ultimă oră, prezintă o serie de îmbunătățiri la tipurile de decantare cunoscute, sau chiar mai mult, decantare cu principii de decantare necunoscute până acum la noi în țară. Acestea se prezintă în continuare.

Decantorul claricontact este și el un decantor suspensional cu recircularea nămolului, concentrarea nămolului în pătura suspensională și raclarea nămolului în exces din zona de floclare este asigurată printr-un sistem de pompe cu emulsie de aer, care permite totodată să se controleze calitatea formării flocoanelor. Volumul și timpul de contact, deci de floclare sunt dimensionate în funcție de natura apei. Un sistem de raclare permite strângerea nămolului în exces în fose, unde se concentrează, și de acolo este extras în mod intermitent.

1. conductă preluare apă decantată
2. camera de amulsie
3. floclator
4. cilindru de repartitie
5. extragerea nămolului
6. intrarea apei brute
7. pod raclor

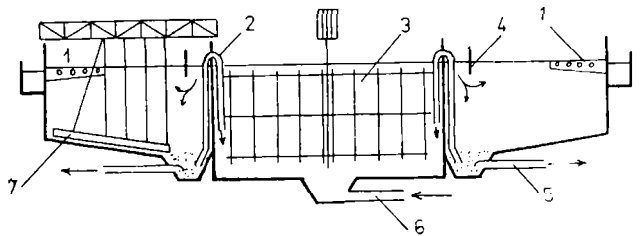
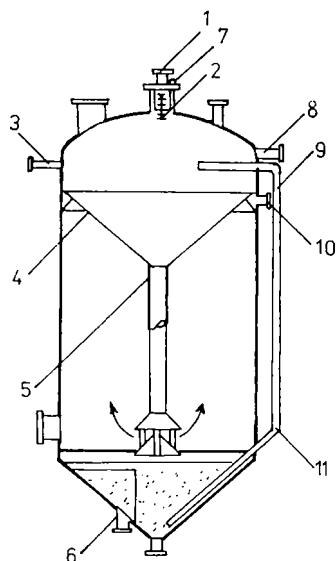


Fig.2.12

Decantorul termocirculator este un decantor utilizat pentru decarbonatarea la cald, combinată cu desilicarea cu magneziu a apei pentru alimentare cu apă caldă, permițând totodată și degazare parțială. Decantarea se efectuează la presiuni joase,

corespunzând cu presiunea vaporilor, pentru temperaturi cuprinse între 102°C și 115 °C. Această temperatură permite reacții rapide și complete, facilitând printre altele și recircularea nămolului. Temperatura este asigurată printr-un emulsor de vapori, așezat exterior aparatului, fiind ușor de verificat funcționarea lui. Decantorul este echipat deasemenea cu un regulator de vapori și un regulator al nivelului de apă. El se poate comporta la partea lui superioară ca o zonă de degazare a apei decantate. Vaporii de recirculare trec prin camera de degazare înainte de a intra apa brută caldă.



1. Introducerea apei brute
2. Pulverizator
3. Introducerea reactivilor
4. Pâlnie
5. Tub de scurgere
6. Evacuarea nămolului
7. Iesirea gazelor necondensabile
8. Intrarea vaporilor de reîncălzire
9. Recircularea nămolului
10. Plecarea apei condensate spre filtrare
11. Ejector de vapori

Fig.2.13

Decantorul concentrator Densadeg este un decantor cu recirculare externă care utilizează principiul decantării lamelare. Este un decantor rapid, compact și fiabil în exploatare, fiind puțin sensibil la variații ale calității și debitului de apă brută. El permite diminuarea volumului de nămol în exces, care poate fi deshidratat fără concentrare intermediară.

Decantorul este constituit din trei elemente:

- Reactorul, care este compus la rândul lui din trei camere succesive. Primele două camere 1 și 2 realizează flocularea rapidă în reactorul cu agitație, datorită unei elici axiale care realizează un debit de recirculare internă la reactor. A treia cameră permite flocularea lentă. Apa brută (5) prealabil coagulată este injectată la baza reactorului de agitație. Nămolul provenit din predecantorul-concentrator este recirculat printr-un circuit exterior (7). Concepția acestui reactor permite realizarea unei densități mari a flocoanelor și viteze ascensionale în zona decantării lamelare care pot să depășească 20 m/h în decantare și 30 m/h în decarbonatare.

- Predecantorul-concentrator este elementul care asigură decantarea cea mai puternică, prin formarea de flocoane dense. Parte inferioară este echipată cu pod raclor. Nămolul în exces este extras prin fosă de nămol (14), o parte din acest nămol mergând în conducta de apă brută (7), care poate să asigure în permanență o concentrație optimă de nămol în reactor. Excesul de nămol este evacuat gravitațional sau printr-o pompă. Nămolul este suficient de concentrat pentru a fi dirijat spre sistemul de deshidratare.

- Decantorul lamelar este o cameră de decantare echipată cu module cu orificii hexagonale (11), care asigură decantarea flocoanelor reziduale. Apa decantată este captată printr-o rețea de conducte găurite. În funcție de dimensiunea decantorului, evacuarea nămolului se face gravitațional sau prin raclare(15). Nămolul care este extras prin bașa (16) poate fi reintrodus în circuitul de reciclare a nămolului. Domeniile de utilizare a acestui decantor sunt variate, producția de apă potabilă, sau industrială, tratarea apelor din spălarea filtrelor, tratarea apelor reziduale industriale, sau urbane (tratare fizico-chimică sau tratare terțiară în defosfatere).

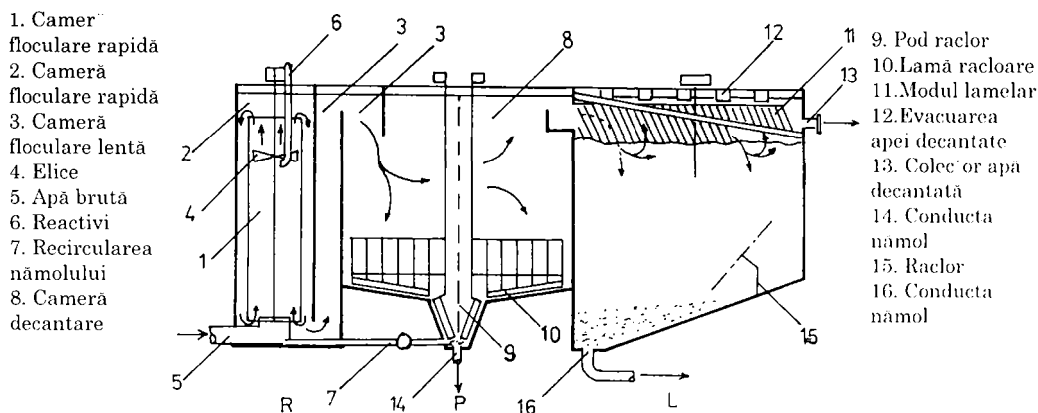


Fig.2.14

Decantorul cu masă de contact granular (Gyrazur). Diferența esențială dintre decantoarele cu pat de nămol (suspensionale) și acesta este utilizarea flocoanelor de mari dimensiuni. În timp ce în decantoarele obișnuite diametrul unei particule elementare (flocon) era de ordinul 1/100 mm, aici se utilizează o masă spusă "catalitică" din grăunțe de nisip în timp ce acestea au o mișcare ascendentă de mare viteză. Marea cantitate de grăunțe de nisip asigură o reacție rapidă și completă.

Aceste decantoare prezintă trei avantaje:

- o bună concentrare de flocoane pe grăunțele de nisip
- posibilitatea de a funcționa sub presiune, în combinație cu filtre rapide închise, permite decarbonatarea unei ape fără întreruperea încărcării hidraulice
- obținerea în contact cu nămolul a unor grăunțe încărcate de flocoane între 1-2 mm.

Decarbonatarea catalitică este o cristalizare de carbonat de calciu din apă cu ajutorul masei catalitice, alți agenți chimici putând fi evitați. Acest decantor nu poate fi pus în operă pentru ape conținând coloizi de fier sau magneziu, de asemenea acesta permite restituirea unei ape decarbonatate conținând puține materii în suspensii, care pot fi legate între ele prin adăugarea de var.

Gyrazur este în practică un decantor de construcție metalică care are în principal trei cilindri, cu diametrele crescând de jos în sus, legate între ele cu trunchiuri de con. Această formă permite, a dubla practic masa catalizată în raport cu un decantor clasic conic cu același diametru superior și de aceeași înălțime.

Apă brută este introdusă orizontal și tangential (1) în cilindrul inferior, de o manieră să imprime o mișcare ascendentă, elicoidală, ținând în expansiune și mișcare masa catalitică.

Varul este introdus (3), sub formă de lapte de var, direct în masa catalitică, la un nivel superior intrării apei brute și într-o zonă foarte agitată, facilitând un amestec rapid.

Apa tratată, separată de masa catalizantă în cilindrul superior (7), este colectată la vârful decantorului și evacuată în (2). Marea masă a grăunțelor de nisip din masa catalizatoare este menținută în continuare în interiorul decantorului, fiind evacuată periodic printr-o bașă a decantorului (4), iar împropătarea masei catalizante se realizează prin (5).

Vitezele obținute sunt extraordinar de mari 30-70m/h, în zona de separație.

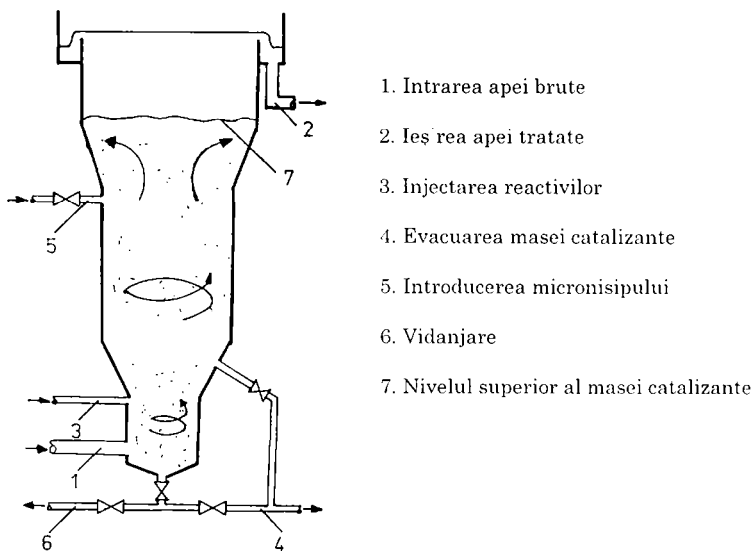


Fig.2.15

Decantorul Cyclofloc este folosit în stațiile de tratare a apei potabile, în fluxul tehnologic pentru decantarea apei după coagulare și floculare, de materiile în suspensie prezente în apa brută. Originalitatea sa constă în faptul că coagulara se realizează prin introducerea unui reactiv de floculare rapidă în prezența unei cantități importante de substanță minerală, care este un micronisip; acesta este captat după faza de decantare și este în continuare reciclat în procesul de decantare.

Micronisipul are mai multe efecte:

- joacă rolul unui amorsator pentru faza de coagulare
- crește probabilitatea de întâlnire între particule și datorită mării sale suprafețe de contact, ameliorează reacțiile de respingere a particulelor din materia în suspensie
- ameliorează densitatea medie a flocoanelor și crește viteza de decantare.

Caracteristica acestui decantor este că după adăugarea reactivilor chimici de floculare, fluxul de apă brută traversează în mod succesiv:

- un difuzor turbulent unde se efectuează introducerea micronisipului

- o zonă de reacție centrală unde fluxul este descendent. Acest volum de formă conică, unde viteza este în descreștere favorizează reacțiile interparticulare
- o zonă de decantare periferică în flux ascendent.

Forma decantorului realizează viteze în descreștere și asigură separarea între apa clarificată și rezidurile decantabile. Nămolul depus pe radier este adunat prin raclare și pompat într-un ansamblu numit hidrocyclon care separă nămolul propriu zis de nisip. Nămolul rezultat din separare este tratat în mod specific, iar micronisipul curat este reciclat prin vârful decantorului.

Avantajele principale ale acestui tip de decantor Cyclofloc sunt:

- crearea unei suspensii floculare lestate datorită încărcării superficiale foarte înalte, care indică punerea în operă a unei etape fizico-chimice compacte.
- puternica concentrare care rezultă din adăugarea de micronisip, dă instalației puțină sensibilitate la variația calității apei brute. Calitatea apei tratate este bună și continuă, iar turbiditatea joasă.
- punerea în regim a decantorului foarte repede, independent de durata și frecvența operațiilor anterioare.

Performanțele acestui decantor sunt:

- floculatorul-decantor Cyclofloc este caracterizat de integrarea unei etape de floculare în prezența micronisipului în timpul fazei de decantare.
- viteza aparentă de decantare se situează între 7 și 10 m³ /h·m², totul permițând obținerea unei turbidități scăzute în medie la 3 NTU (6 mg/l).
- performanțele Cyclofloc sunt caracterizate printr-o mare stabilitate care rezultă din prezența micronisipului . Se poate face deci o variație a caracteristicilor fizice ale apei brute.
- compactitatea asociată cu eficacitatea îl fac recomandabil pentru stații de tratare a apei cu capacități cuprinse între 1000 m³/h și 10.000 m³/h (280 l/s și 2.800 l/s).

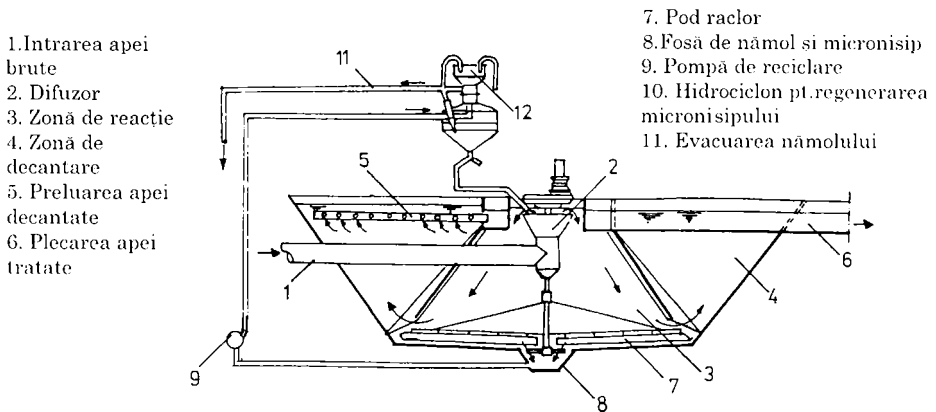


Fig.2.16

Decantorul Multiflo asigură separarea materiei în suspensie prealabil coagulată și floculată. Acest tip de decantare, se inserează într-un flux de tratarea apei potabile, în aval de un floculator care asigură formarea și maturizarea flocoanelor.

Separarea între flocoane și apa tratată se realizează printr-un flux ascendent într-o serie de conducte paralele, de secțiune constantă, înclinată în raport cu orizontala.

Rolul lamelor este dublu:

- fiecare conductă lamelară constituie un decantor elementar unde timpii de trecere sunt scurți. Suprafața de decantare este constituită din ansamblul lamelelor, care este mai mare ca și la decantoarele obișnuite, clasice, secțiunea mică a decantorului prin lamele, diminuează turbulența, ameliorează regimul de scurgere și crește eficacitatea.

- înclinarea lamelelor permite, la particulele aflate pe suprafața de decantare, scurgerea naturală spre fundul decantorului, sub efectul gravitației.

Caracteristicile fundamentale ale acestui tip de decantor sunt:

- lamelele sunt constituite din plăci de P.V.C. cu profil trapezoidal, juxtapunerea lor conducând la o secțiune hexagonală. Distanța dintre lamele și lungimea lor sunt definite de așa manieră de a optimiza retenția flocoanelor.

- apa cu flocoane intră pe la baza lamelelor și circulă de jos în sus. Apa decantată este reținută pe la partea superioară prin colectoare imersate perforate, aranjate astfel încât să asigure o bună repartiție a fluxului hidraulic pe totalitatea secțiunii de decantare.

- nămolul captat de lamele alunecă în jos și este adunat la baza decantorului și extras periodic printr-un dispozitiv de curățire de pe radier.

Avantajele principale sunt:

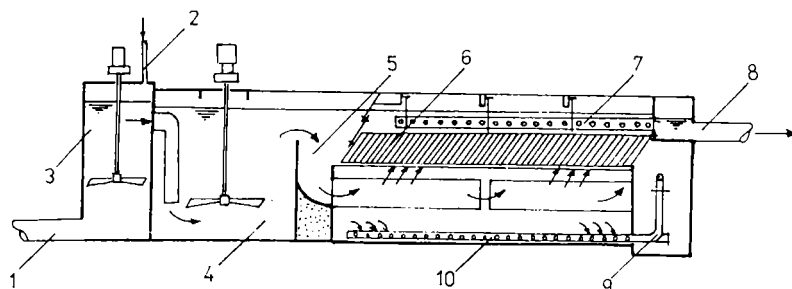
- compactitatea în raport cu celelalte tipuri de decantoare statice convenționale care conduce la economii importante la spațiu și cost.

- eficacitatea care rezultă din mărirea suprafeței de decantare.

- fiabilitatea care este dată de simplitatea decantorului

Performanțele decantorului Multiflo sunt următoarele: este un decantor lamelar și după flocularea convențională a apelor brute, viteza Hazen aplicată la un decantor obișnuit este cuprinsă între 0,8 și 1 m³/h·m², dar datorită multiplicării suprafeței de decantare care rezultă datorită prezenței lamelelor, viteza aparentă de decantare este cuprinsă între 5 și 6 m³/h·m². La această încărcare corespunde calitatea unei ape tratate caracterizată printr-o turbiditate medie inferioară de 4,5 NTU (9 mg/l).

Una din calitățile esențiale ale decantorului Multiflo este simplitatea sa de realizare și exploatare, el neavând nici un echipament mobil imersat. Sub diversitatea configurației sale de instalare, acest decantor este adaptat perfect la debite mici (10 m³/h - 2,8 l/s) sau medii (100 m³/h - 28 l/s) pentru stații de tratare a apelor de suprafață.



1. Intrarea apei brute
2. Injectarea reactivilor
3. Zonă de amestec rapid
4. Zonă de floculare
5. Admisia la decantare

6. Module lamelare
7. Colectare apă decantată
8. Plecarea apei tratate
9. Tuburi de evacuare a nămolului
10. Evacuarea nămolului

Fig.2.17

Decantorul Actiflo asigură într-o construcție compactă separarea prin coagulare-floculare-decantare a apei de materiile în suspensie prezente în ea. Materiile în suspensie prezente în apă sunt în prealabil destabilizate prin injectarea în apa brută a unui coagulant, iar apoi sunt fixate pe un suport granular de nisip cu ajutorul unui polielectrolit. Flocoanele deja formate sunt apoi separate de apă prin decantare lamelară în contracurent. Se poate spune ca tehnica acestui tip de decantor se bazează pe:

- flocularea lestată care constă în creșterea performanțelor floculării clasice, fixând materiile în suspensie pe un suport granular de nisip activat cu un polielectrolit.
 - decantarea lamelară, care permite obținerea unei bune calități a apei decantate.
- Micronisipul se reciclează continuu obținând două efecte esențiale:
- oferă o suprafață mare de contact, care crește probabilitatea de întâlnire între particule și facilitează aglomerarea lor.
 - joacă rolul de lest în creșterea vitezei de decantare a flocoanelor.

Caracteristicile fundamentale ale acestui decantor sunt, în ordinea trecerii fluxului de apă brută, următoarele:

- o cuvă de amestecare rapidă care asigură dispersia nisipului și a polielectrolitului în apă.
- o cuvă de floculare care realizează mărirea și maturizarea flocoanelor formate în cuva precedentă.
- un decantor lamelar în contra-curent care efectuează separarea apă - flocoane lestate de micronisip.

Cele două cuve de secțiune pătrată și cu un fund plat sunt echipate cu agitatoare mecanice, ale căror caracteristici au fost definite pentru obținerea gradientului de viteză optimă. Decantorul este echipat cu lamele a căror parametrii geometrici au fost reglați de manieră să respecte o viteză Hazen adaptată la viteza de decantare a flocoanelor produse. Nămolul extras din decantor este pompat spre un hidrocyclon care separă nisipul de nămol. Nămolul rezultat este trimis spre tratamente specifice în timp ce nisipul curat este reciclat prin partea superioară a cuvei de amestecare rapidă.

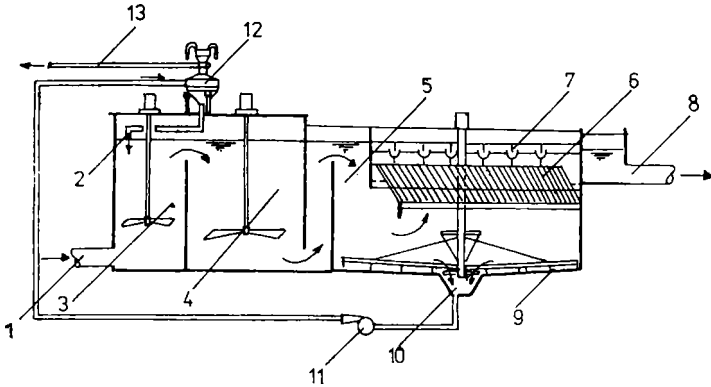
Principalele avantaje sunt:

- procedeul Actiflo prezintă o compactitate extremă legată de timpi scurți de floculare și viteze de decantare mari.
- o calitate a apei decantate caracterizată printr-o excelentă stabilitate, în cazuri tipice de ape brute foarte încărcate sau foarte puțin încărcate.
- o mare suplețe de funcționare în punerea în funcțiune sau oprirea în funcție de variațiile debitelor apei brute.

Performanțele acestuia sunt: procedeul Actiflo care se asociază cu un mod de floculare original, în prezența micronisipului, cu un decantor eficace, care dezvoltă viteze de decantare foarte mari. Timpul total de amestec și floculare se reduce la 8 minute la un debit maxim. Viteza aparentă de decantare poate să atingă valori de 40 - 60 m³/h·m², în același timp cu turbiditatea apei decantate care este în medie de 2,5 NTU (5 mg/l).

Prezența micronisipului conferă procedurii o mare stabilitate a performanțelor sale, în același timp cu prezența unor importante variații a caracteristicilor apei brute.

Marea compactitate a acestui tip de decantor care rezultă după punerea în operă, militează pentru folosirea lui pentru decantoare medii (100 m³/h - 28 l/s) și mari (10.000 m³/h - 2.800 l/s).



- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Introducerea apei brute | 8. Plecarea apei tratate |
| 2. Injectarea micronisipului | 9. Raclor |
| 3. Zonă de amestec rapid | 10. Fosă de nămol și micronisip |
| 4. Zonă de floclare | 11. Pompă de reciclare |
| 5. Admisia la decantare | 12. Hidrociclon pentru regenerarea nisipului |
| 6. Module lamelare | 13. Evacuarea nămolului |
| 7. Colectarea apei decantate | |

Fig.2.18

Decantorul Ozoflot este utilizat ca o pretratare a apelor de suprafață în amonte de fluxul tehnologic de tratare a apei potabile. El asociază la proprietățile oxidante ale ozonului injectat în apa brută, fenomenul fizic de flotare a materiilor în suspensie în prezența unui flux ascendent de microbule de gaz. Acțiunea ozonului asupra algelor și metabolizilor favorizează prinderea lor într-o masă flotantă.

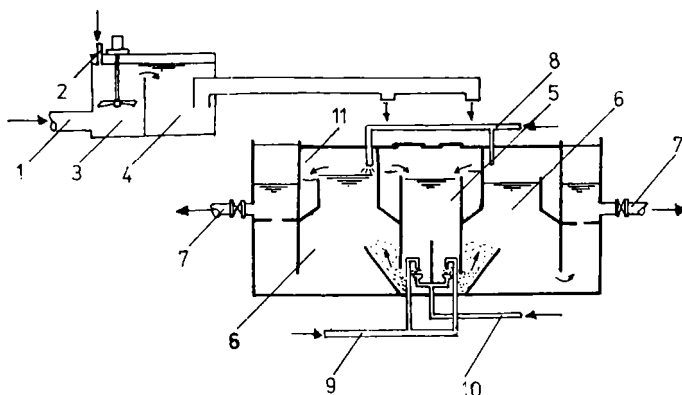
Caracteristicile fundamentale ale acestui decantor în care fluxul de apă traversează succesiv două compartimente:

- o zonă de ozonizare în care apa are un parcurs ascendent unde în partea de jos a acesteia este injectat un flux de ozon prin intermediul unui difuzor poros. Eficacitatea difuzorului este mărită prin balansul lui cu ajutorul unui curent adițional de apă. Bulele cele mai mari de ozon urcă la suprafața apei în contra curentului de apă, în timp ce cele mai fine sunt antrenate în cel de al doilea compartiment.
- o zonă de flotație unde gazul și apa circulă în același sens, microbulele de ozon atașându-se de materiile în suspensie, diminuând deci densitatea aparentă, și favorizând apariția flotației. Apa debarasată de materia flotantă și în special de alge este evacuată prin partea de jos a zonei de flotație. Materiile flotante sunt eliminate din decantor prin deversarea superficială sau prin raclaj.

Avantajele principale ale procedurii Ozoflot sunt următoarele:

- o mare compactitate datorită eficacității transferului de ozon în masa lichidă.
- o îmbunătățire a eficacității fluxului tehnologic, care rezultă din puterea de a reține cele mai mici particule.
- pentru câteva calități de apă puțin încărcată în materii în suspensie, procedeul Ozoflot se poate substitui unui decantor.

Mai mult acest procedeu beneficiază de calități mai bune datorită unei preozonizări particulare eficiente, ameliorarea floclării și decantării, suprimarea preclorării și deci eliminarea produșilor compușilor organo-clorurați, oxidarea a numeroși poluanți, îmbunătățirea culorii și acțiune antibacteriană și antivirală.



- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. Intrarea apei brute | 7. Plecarea apei flotante |
| 2. Injectarea reactivilor | 8. Apă de balaiaj a flotantilor |
| 3. Amestecare rapidă | 9. Apă de balaiaj poros |
| 4. Cameră floclare | 10. Injectarea aerului ozonat |
| 5. Cameră contact ozon | 11. Evacuarea flotantilor |
| 6. Zona de flotare | |

Fig.2.19

În domeniul cercetării domeniului de limpezire a apei, din cadrul fluxului tehnologic de tratare a apei în stațiile de tratare a apei, se constată o multitudinea de procedee cu diferite aplicabilități în funcție de parametrii fizico-chimici ai apei de tratat, ajungându-se la procedee complicate cu automatizare excesivă; de aceea un nou procedeu de limpezire a apei prin separatoare suspensionale cu debit variabil, care nu are părți mecanice în mișcare și care nu necesită automatizare, ajungând totuși la parametrii ridicați ai apei tratate, având și o viteză de decantare comparabilă cu celelate tipuri de decantare, se impune a se cerceta, proiecta și pune în aplicare în fluxul tehnologic a tratării apei, a acestui tip de decantor, decantor suspensional cu debit variabil.

Capitolul 3. Analiza proceselor de separare suspensională și lamelară.

3.1. Teoria decantării suspensionale

Procesul de decantare suspensională se bazează pe fenomenul de depunere a flocoanelor formate din aglomerarea mai multor particule ca urmare a procesului de coagulare-floculare cu ajutorul reactivilor chimici, existente în apa brută, într-un strat suspensional dens, menținut în echilibru hidrodinamic datorită curentului ascensional de apă introdus pe la baza decantorului.

Echilibrul hidrodinamic al stratului suspensional se realizează prin faptul că viteza curentului ascensional este mai mare sau cel mult egală cu viteza de cădere a particulelor.

Procesul de decantare suspensională se bazează pe realizarea completă a procesului de coagulare-floculare, prin neutralizarea sarcinilor electrice negative a particulelor și aglomerarea lor în flocoane. În capitolul 2.2 s-a prezentat pe larg acest proces începând cu teoria acestui proces, reactivii chimici care se folosesc și modul lor de acțiune precum și principalii factori împreună cu modul lor de influențare a acestui proces. Se consideră că procesul de coagulare-floculare realizat de reactivii chimici introduși în apa brută a avut loc la parametrii optimi, iar în continuare se vor prezenta teoriile legate de procesul de decantare suspensională printr-un strat suspensional sau printr-un pat de nămol cum îl denumesc unii autori din literatura de specialitate./23/.

Procesul de decantare suspensională se explică prin intermediul a mai multor teorii:

1. Existența unei capacități de depunere a suspensiilor bazată pe teoriile lui H.S.Coe și G.H. Clevenger /42/.

2. Legile lui Fick /20/

3. Curba lui Kynch /23/

4. Legea separării suspensionale /34/,/20/.

1. Existența unei capacități de depunere a suspensiilor, se bazează pe teoriile lui H.S.Coe și G.H. Clevenger, care au introdus concepția conform căreia la fiecare concentrație a unei suspensii, există o capacitate de depunere a suspensiilor dată de relația:

$$C_{ap} = \frac{v_s}{\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_u}} \quad (3.1)$$

în care : C_{ap} - este capacitatea unui strat de suspensii de a transmite o parte din suspensiile conținute în stratul inferior; v_s - viteza de sedimentare, C_i - concentrația inițială a suspensiei; C_u - concentrația mărită prin sedimentare a stratului inferior.

Această teorie se bazează pe descoperirea faptului că dacă un strat în suspensie are o capacitate de depunere a suspensiilor mai redusă decât capacitatea stratului superior, nu va fi capabil să depună suspensiile cu viteza la care este alimentat, ceea ce va conduce la mărirea concentrației în strat, și invers dacă un strat are capacitatea să cedeze suspensiile mai repede decât le primește, din stratele superioare, concentrația în acest strat va scădea rămânând foarte mică.

Din această teorie rezultă faptul că baza de determinare a suprafeței pentru decantare, este în realizarea unei suprafețe suficient de mare, astfel încât suspensiile să o încarce cu o viteză mai mică decât capacitatea de descărcare.

2. Legile lui Fick

Esența legilor lui Fick se referă la procesul de difuziune, care constituie proporționalitatea vitezei de difuziune cu mărimea forței de acționare.

Considerând un sistem închis, în regim staționar în care concentrația C variază de-a lungul axei z (axă perpendiculară pe secțiunea considerată), numărul de molecule δH care difuzează în timpul δt pe unitatea de secțiune este proporțională cu gradientul concentrației $\frac{\delta c}{\delta t}$, constanta de proporționalitate fiind D , măsurată în cm^2/s . Această lege e denumită legea 1 a lui Fick și se scrie în forma de mai jos:

$$\frac{\delta H}{\delta t} = -D \frac{\delta c}{\delta z} \quad (3.2)$$

În condiții staționare gradientul concentrației rămâne constant și integrarea acestei relații între două momente t_1 și t_2 duce la determinarea unei cantități de substanță difuzată în unitatea de timp și spațiu.

Legea a doua a lui Fick, consideră cazul regimului nestaționar, când $\frac{\delta c}{\delta t}$ variază în timp, de la un punct la altul al secțiunii. Considerând un strat de fluid de grosime δz , viteza de difuziune în secțiunea de intrare în acest strat dată de prima lege a lui Fick, va fi mai mică decât cea din secțiunea de ieșire, din cauza reducerii concentrației.

Viteza de difuziune globală este dată de diferența vitezelor la cele două extremități ale stratului, legea a doua a lui Fick fiind cea prezentată mai jos:

$$\frac{\delta H}{\delta t} = -D \frac{\delta^2 c}{\delta z^2} \quad (3.3)$$

3. Curba lui Kynch.

Când concentrația în particule legate în flocoane crește, interacțiunea între aceste particule devine destul de importantă ca valoare și decantarea este frânată. Particulele aderente între ele formează o suprafață de delimitare clară între ele și masa de apă decantată. Acest fenomen este caracteristic pentru suspensii care conțin particule legate în flocoane cu concentrații superioare nivelului de 500 mg/l .

Dacă se realizează o decantare suspensională într-un tub de diametru și înălțime suficient de mari, se poate observa apariția a patru zone:

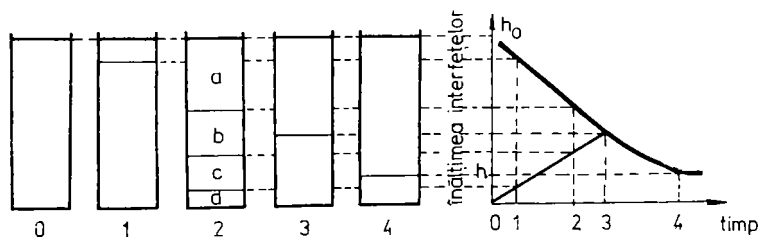


Fig.3.1

a: o zonă clară unde lichidul este limpede

b: o zonă de suspensii omogene, având același aspect cu soluția inițială și având suprafețe de delimitare nete.

c: o zonă de tranziție

d: o zonă de aglomerare a nămolului

Plecând de la aceasta în timp, zonele b și c vor dispărea. Evoluția înălțimii suprafeței a - b, și apoi a - d în funcție de timp, constituie curba lui Kynch - figura de mai jos.

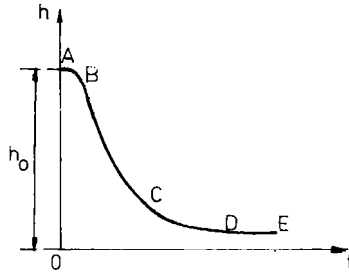


Fig.3.2

Curba lui Kynch. Ipoteza fundamentală a lui Kynch este că vitezele de cădere a unei particule nu depinde decât de concentrația locală C de particule.

La curba lui Kynch, între punctele A și B, suprafața de separare este mai mult sau mai puțin netă, aceasta este faza de formare a flocoanelor. Această fază este practic inexistentă.

De la B la C este o porțiune rectilinie care se traduce printr-o viteză de cădere constantă v (panta dreptei) : v_0 este funcție de concentrația inițială în suspensii și de caracteristicile de floculare ale suspensiilor. Dacă concentrația inițială C crește, viteza de decantare v_0 scade.

Curba C,D care devine concavă, corespunde unei încetiniri a vitezei de cădere în stratul superior al depunerilor.

Începând cu punctul D, flocoanele se aglomerează, exercitând o compresiune asupra straturilor inferioare.

Teoria lui Kynch se aplică pe tronsoanele de curbă B - C și C-D, care acoperă astfel principalul domeniu de decantare suspensională.

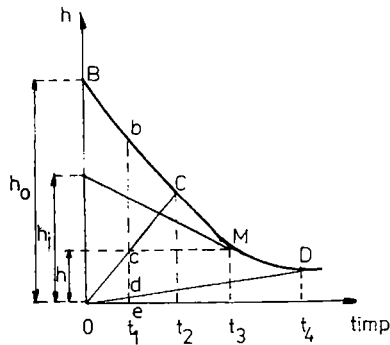


Fig.3.3

Dacă se consideră o suspensie care nu cuprinde faza A-B, conform figurii de mai sus, se poate spune:

- în triunghiul BOC, concentrația și viteza de cădere sunt constante și egale cu valorile inițiale din B
- în triunghiul COD, curbele de echiconcentrație sunt drepte care trec prin origine, și care semnifică faptul că, din primele momente ale decantării, straturile mai aproape de fund se aglomerează și au concentrațiile cuprinse între concentrația inițială și cea corespunzătoare punctului D, începutul exercitării compresiunii asupra straturilor inferioare.

Dacă se analizează stratul de suspensii e-b, la timpul t_1 , acesta prezintă trei zone distincte:

- o zonă superioară b-c, în care concentrația și viteza de cădere sunt uniforme și păstrează valorile inițiale C_0 și v_0 .
- o zonă intermediară c-d, în care concentrația crește progresiv de la c la d și în consecință viteza de sedimentare se reduce.
- o zonă inferioară punctului d, în care flocoanele de suspensii se aglomerează și sunt supuse concentrării.

La timpul t_2 zona superioară dispare și la timpul t_1 , rămâne numai baza inferioară.

Pentru a calcula concentrația într-un punct al zonei C-D se trasează tangenta în M, care intersectează axa coordonată în punctul h. Această înălțime h_i permite să se calculeze concentrația C_i în punctul M,

$$C_i = C_0 \frac{h_0}{h_i} \quad (3.4)$$

la care corespunde o viteză de sedimentare:

$$v_i = \frac{d_{h_i}}{d_i} \quad (\text{panta dreptei } M h_i). \quad (3.5)$$

Concentrația medie după ipoteza lui Kynch pe toată înălțimea h va fi:

$$C = C_0 \frac{h_0}{h} \quad (3.6)$$

Practic, cele trei părți BC, CD și DE, ale curbei Kynch, se aplică pentru decantarea suspensiilor astfel:

- partea BC, corespunde utilizării decantoarelor suspensionale cu un strat în flux hidraulic vertical
- partea CD, corespunde utilizării decantoarelor suspensionale cu recirculare a nămolului sau cu pulsații, la care se urmărește utilizarea unei concentrații în strat.
- partea DE, corespunde concentratoarelor de nămol.

4. Legea separării suspensionale.

După unii autori /20/, /34/ ecuația fundamentală a separării suspensionale în cazul unei secțiuni variabile, progresive și continue se poate obține scriind relația de continuitate la trecerea apei printr-o secțiune elementară a stratului suspensional, de înălțime dt , în care apa cedează suspensiile corespunzătoare scăderii de concentrație dC și integrând astfel ecuația obținută, în ipoteza unei suspensii omogene se obține relația:

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{b \cdot C_s}{V_1} \left(Z + \frac{1}{\eta \cdot g \alpha} Z^2 + \frac{1}{3 \cdot \eta^2 \cdot g^2 \alpha} Z^3 \right)} \quad (3.7)$$

unde:

C_0 [mg/dm³] - reprezintă concentrația de suspensii a apei brute

C [mg/dm³] - reprezintă variația concentrației de suspensii a apei pe înălțimea Δz , corespunzătoare timpului $\Delta t = 1$ sec

q [dm³/s] - debitul constant de lucru al separatorului

$B = b \cdot C_s$ [s⁻¹] - parametrul de separare suspensională, b [dm³/mg] fiind factorul determinant de capacitatea de absorbție, iar C_s [mg/dm³], concentrația în suspensia stratului suspensional în regim permanent.

α° - reprezintă înclinarea în grade față de orizontală a pereților separatorului.

Z [dm] - înălțimea în decantor la un nivel considerat.

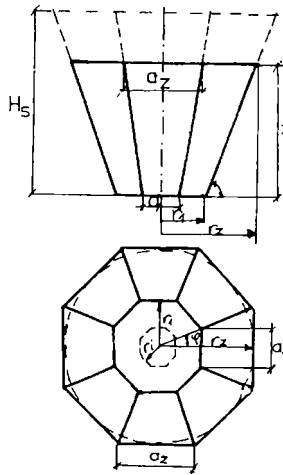


Fig.3.4

v_1 este viteza ascensională la nivelul $z=0$, deci în secțiunea de intrare. Această viteză v_1 este pentru secțiunea poligonală:

$$v_1 = \frac{q}{\frac{n \cdot a_1}{2r_1} \cdot r_1^2} = \frac{q}{n \cdot tg\varphi \cdot r_1^2} \quad (3.8)$$

iar pentru secțiunea circulară este:

$$v_1 = \frac{q}{\pi \cdot r_1^2} \quad (3.9)$$

Figurile de mai jos explică notațiile din formulele de mai sus pentru secțiunile orizontale și verticale care sunt realizate printr-un decantor de secțiune poligonală și circulară

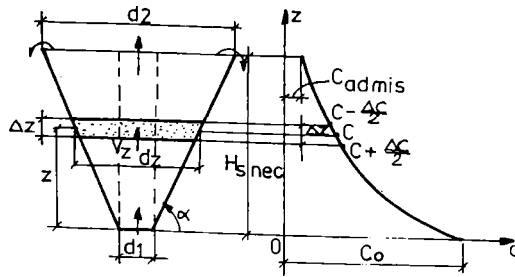


Fig.3.5

Figura de mai sus explică din punct de vedere fizic și geometric parametrii care apar în legea separării suspensionale:

În cazul particular al secțiunii constante, viteza ascensională a apei este constantă deci $v_1 = \text{const}$, iar pereții verticali $\alpha = 90^\circ$, ecuația fundamentală a separării suspensionale devenind :

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{b \cdot C_s}{V_1} \cdot Z} \quad (3.10)$$

sau

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{B}{V} \cdot Z} \quad (3.11)$$

După Jura C. /34/ această lege se mai poate scrie astfel:

$$C = C_0 \cdot e^{-Z} \quad (3.12)$$

în care prin Z, s-a notat un complex adimensional

$$Z = \frac{b \cdot C_s}{V} \cdot f(z) \quad (3.13)$$

prin $f(z)$ notându-se o funcție de z , ce se poate determina, pentru diferite forme de dezvoltare a secțiunii separatorului.

Trebuie să se remarce că acest complex adimensional reprezintă un criteriu de similitudine a procesului de separare suspensională, o formă de exprimare a criteriului Euler.

Definirea condițiilor de curgere în zona stratului suspensional a fost multă vreme obiectul unor controverse. Mulți cercetători au considerat curgerea laminară /33/,/77/. K.J.Ives /32/ a arătat că, în domeniul de viteze în care se realizează decantarea suspensională, curgerea este turbulentă, realizându-se un număr Reynolds de ordinul a peste 10^4 .

Actualmente s-a ajuns de acord că numărul Reynolds nu caracterizează procesele ce au loc în stratul suspensional, unde structura curgerii este dominată de existența limitărilor create de flocoane.

Alte păreri converg spre ideea că, în zona stratului suspensional, mișcarea are un caracter asemănător cu cel laminar, deși valorile calculate ale criteriului Reynolds depășesc cu mult valoarea critică /65/. Acest lucru se întâmplă pentru că în cazul existenței patului de nămol, prezența a numeroase particule solide în curentul de lichid

împiedică răspândirea turbulenței pe întreaga secțiune de curgere, manifestându-se numai ca niște componente locale.

În cadrul acestui fenomen complex, asemănarea cu caracterul laminar al curgerii nu se extinde și asupra distribuției vitezelor în secțiunea transversală, acestea fiind practic constante, fapt confirmat de forma orizontală a suprafeței nămolului /32/,/65/.

Tesarik /77/ a constatat că particulele care cad într-un lichid cu viteze corespunzând celor ce se realizează în stratul suspensional, nu au traiectorii rectilinii și paralele.

Studiile întocmite în țară /47/, /67/ în decantoare cu pereți transparenti au arătat că flocoanele din stratul de suspensii sunt supuse unei mișcări pulsatorii și că peste anumite limite ale vitezei aparente ascensionale a apei nu are loc sedimentarea propriuzisă în strat, acesta nemărindu-și concentrația.

Kurgaev /33/ consideră curgerea prin stratul suspensional asemănătoare cu o mișcare în condiții de sedimentare stânenită. Se stabilesc caracteristicile principale ale unui astfel de curent lichid astfel /20/,/47/:

- Vitezele de curgere variază între anumite valori maxime (v_{\max}) și minime (v_{\min}) care se obțin din expresiile:

$$v_{\max} = \frac{1}{T} \int_{T_0}^{T_0+T} (V + \Delta v_p) dt \quad (3.14)$$

$$v_{\min} = \frac{1}{T} \int_{T_0}^{T_0+T} (V + \Delta v_n) dt \quad (3.15)$$

unde : v este viteza medie;

v_p - devierea pozitivă a vitezei;

v_n - devierea negativă a vitezei

T - timpul total de parcurgere a stratului suspensional

T_0 - timpul la intrarea în stratul suspensional

Devierea totală a vitezei Δv este :

$$\Delta v = v_{\max} - v_{\min} \quad (3.16)$$

Gradul de turbulență al curentului poate fi exprimat prin raportul dintre devierea totală a vitezei și viteza medie de curgere în strat. Aceasta se poate determina cu relația:

$$v = \frac{v_{\min}}{1 - c_0} \quad (3.17)$$

în care c_0 este concentrația volumetrică a particulelor în stratul suspensional.

- Vâscozitatea lichidului, caracteristică curgerii unui lichid bifazic reprezintă o vâscozitate virtuală. Aceasta se poate exprima în funcție de concentrația volumetrică a particulelor din stratul suspensional astfel:

$$\mu_k = \frac{(1 + c_0)^2}{(1 - c_0)^2} \quad (3.18)$$

După Kurgaev, relația dă valori ale concentrației volumetricice c_0 între 0 și 0,25.

- Densitatea aparentă a lichidului bifazic, similară cu vâscozitatea aparentă, se poate determina cu relația:

$$\rho_B = \rho + C_0 (\rho_s \cdot \rho) \quad (3.19)$$

unde : ρ_B este densitatea aparentă a lichidului bifazic;

ρ - densitatea apei curate;

ρ_s - densitatea particulelor solide;

- Pierderea de sarcină h_s în stratul suspensional se determină după Kurgaev cu relația:

$$h_s = C_0 H_s \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s} \quad (3.20)$$

unde : H_s este înălțimea stratului suspensional;

γ_s - greutatea specifică a particulelor;

γ - greutatea specifică a apei.

O relație aproximativă este:

$$h_s = 0,6 \frac{C_0 H_s}{\gamma} \quad (3.21)$$

Regimul de curgere în stratul suspensional se propune a se aprecia printr-un criteriu adimensional Res , care se determină cu relația:

$$Res = \frac{v_0 d}{6 C_0 \gamma} \quad (3.22)$$

unde: v_0 este viteza de cădere a particulelor din stratul suspensional;

d - diametrul particulei;

ν - vâscozitatea cinematică.

K.J.Ives /32/ propune un mod de calcul pentru dimensionarea stratului de nămol în suspensie pentru cazul particular al unui con cu unghiul de 63° , la care diametrul este egal cu înălțimea.

Pentru un strat de flocoane în suspensie, teoretic imobil în spațiu:

$$v = v_h \quad (3.23)$$

unde : v_h este viteza de sedimentare stânjenită a suspensiei;

v este viteza ascensională

$$v = \frac{4 Q}{\pi L^2} \text{ pentru } \alpha = 63^\circ, L \text{ este distanța de la vârful conului.} \quad (3.24)$$

Relația dintre viteza de sedimentare stânjenită și viteza liberă de cădere a unei particule izolate și concentrația volumetrică C nu a fost stabilită încă teoretic. Dintre toate încercările semiempirice, cea mai mult aplicabilă este relația lui Bond: /65/

$$v_h = v_s (1 - s C_L^{2/3}) \quad (3.25)$$

unde: v_s este viteza liberă de cădere a unei particule izolate;

s - factorul de formă pentru flocoane, a cărei valoare pentru flocoanele sferice și de $Al(OH)_3$ este de 2,78;

C_L - concentrația volumetrică a flocoanelor la distanța L de vârful conului.

Rezultă:

$$\frac{4Q}{\pi L^2} = v_s (1 - s C_L^{2/3}) \text{ sau} \quad (3.26)$$

$$C_L = \frac{1}{s} - \frac{4Q^{3/2}}{s\pi v_s L^2} \quad (3.27)$$

ecuație care dă distribuția concentrației volumetrice de flocoane în raport cu distanța de vârful conului.

Dacă particulele individuale sedimentează în condiția de curgere laminară, se poate aplica legea lui Stokes:

$$v_s = \frac{g}{18} \cdot \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2 \quad (3.28)$$

unde: ρ_s și ρ sunt densitățile flocoanelor respectiv a apei;
 μ - coeficientul de vâscozitate dinamică;
 d - diametrul floconului.

sau

$$d = \left(\frac{18 v_s \cdot \mu}{g(\rho_s - \rho)} \right)^{1/2} \quad (3.29)$$

Curgerea apei prin stratul de nămol duce la pierderi de energie în două moduri:

- pierderi datorate curgerii turbulente;
- pierderi datorate lovirii de particule în suspensie.

Pierderile de sarcină datorate turbulenței, după Ives, scad pe măsura parcurgerii decantorului (creșterii secțiunii orizontale); pierderile de sarcină pentru menținerea în suspensie a stratului sunt nule la baza stratului suspensional și maxime la partea lui superioară /32/.

Ives /32/ a efectuat un calcul numeric la diferite înălțimi ale stratului suspensional dintr-un decantor conic, din care rezultă că pierderile de sarcină pentru menținerea în suspensie a stratului sunt de ordinul a 10.000 de ori mai mari decât pierderile de sarcină datorate turbulenței, astfel încât acestea se pot neglija.

În țara noastră studiul teoretic al procesului de limpezire al apei printr-un strat de nămol în suspensie a fost efectuat de Ghe. Crețu /20/. Acesta pleacă de la premisa că în cadrul decantoarelor suspensionale, legea lui Stokes își încetează valabilitatea, regimul vitezelor de cădere fiind corespunzător unor viteze mai mici decât cele ale căderii libere.

Se consideră că, pe măsura parcurgerii stratului suspensional, particulele de apă floculează, iar flocoanele sunt reținute în strat. Astfel apa intră cu o concentrație inițială de suspensii, ajunge la gradul de limpezire cerut, respectiv la concentrația finală, prin cedarea continuă a suspensiilor în strat.

În lucrarea /20/, Ghe. Crețu pentru separatoarele suspensionale consideră că pentru rezolvarea problemei înălțimii stratului suspensional în practică, pe decantoare de tip industrial este necesară stabilirea nivelului maxim de strat suspensional, care trebuie să fie dat de un anumit grad de limpezire a apei.

Din ecuația fundamentală a separării suspensionale, rezultă relația care dă înălțimea necesară stratului suspensional

- pentru secțiunea progresivă:

$$H_{S_{nec}} = (v_1 \cdot tg\alpha)^2 \cdot \left(r_1 \cdot tg\alpha - 3 \frac{v_1 \cdot \ln \frac{C_{ad}}{C_0}}{b \cdot C_s} \right)^{\frac{1}{3}} - r_1 \cdot tg\alpha \quad (3.30)$$

- pentru secțiunea constantă:

$$H_{S_{nec}} = - \frac{v \ln \frac{C_{ad}}{C_0}}{b \cdot C_s} \quad (3.31)$$

unde s-a luat C_{ad} concentrația admisibilă de suspensii la ieșirea apei din stratul suspensional.

- Gradul de limpezire se poate exprima prin eficiența e_0 :

$$e_0 = \frac{C_a - C_{ad}}{C_0} \quad (3.32)$$

- Bilantul debitelor și a suspensiilor

Pentru a putea scrie bilanțul debitelor și a suspensiilor autorii Ghe. Crețu în lucrarea /20/ și C. Jura în lucrarea /34/, consideră următoarele notații, care se vor păstra:

C_a , [g/m³] - concentrația suspensiilor la intrare în separator, a apei tratată cu reactivi.

Q_a , [m³/h] - debitul la intrare

C_d , [g/m³] - concentrația în suspensii a apei decantate obținute din spațiul de limpezire.

Q_d , [m³/h] - debitul limpezit.

C_s , [g/m³] - concentrația în suspensii a apei care antrenează suspensiile în exces din spațiul suspensional în camera de concentrare.

Q_s , [m³/h] - debitul care evacuează concentrația suspensiilor în exces.

C_p , [g/m³] - concentrația în suspensii a apei de transport a suspensiilor în vasele de concentrare, în cazul evacuării intermitente, calculată ca o valoare medie.

Q_p , [m³/h] - debitul echivalent al spălării.

C_n , [g/m³] - concentrația nămolului evacuat, în cazul evacuării continue.

Q_n , [m³/h] - debitul evacuat în mod continuu.

C_r , [g/m³] - concentrația de suspensii a debitului de apă recuperată din camera de concentrare.

Q_r , [m³/h] - debitul recuperat.

Debitul Q_r se consideră că mărește debitul limpezit, astfel încât debitul total limpezit crește la valoarea Q_n , având concentrația rezultantă C_n , în general mai mici decât C_d .

În cazul evacuării continue a nămolului din camera de concentrare, ecuația de bilanț a debitelor la nivelul spațiului suspensional este:

$$Q_a = Q_d + Q_s. \quad (3.33)$$

care conduce la bilanțul suspensiilor în g/h

$$Q_a \cdot C_a = Q_d \cdot C_d + Q_s \cdot C_s \quad (3.34)$$

Se recomandă să se verifice densitatea suspensiilor la echilibru în spațiul suspensional cu relația:

$$C_s = \frac{1 + s \cdot v_1}{1 + 1,2 \cdot s \cdot v_s} \cdot C_a \quad (3.35)$$

în care v_1 este viteza la intrare în spațiul suspensional, viteza de echilibru la nivelul considerat este v_s , iar prin s s-a notat un coeficient de expandare a suspensiilor, care trebuie stabilit prin încercări de laborator, informativ cu valori de 10 ... 20.

Introducând coeficientul α de repartiție rezultă:

$$Q_d = \alpha \cdot Q_a \quad (3.36) \text{ și } Q_s = (1 - \alpha) Q_a \quad (3.37)$$

și se ajunge la relațiile de bilanț al suspensiilor

$$C_a = \alpha \cdot C_d + (1 - \alpha) \cdot C_s \quad (3.38)$$

și

$$\alpha = \frac{C_s - C_a}{C_s - C_d} \quad (3.39)$$

La nivelul camerei de concentrare se poate scrie:

$$Q_s = Q_n + Q_r, \quad (3.40)$$

care în cazul evacuării continue, introducând un coeficient de repartiție similar β , conduce la relațiile:

$$Q_r = \beta \cdot Q_s = (1 - \alpha) Q_n = k_r \cdot Q_a \quad (3.41)$$

$$Q_u = (1 - \beta) Q_s = (1 - \beta) (1 - \alpha) Q_a \quad (3.42)$$

unde k_r este un indicator de recuperare, astfel încât debitul limpezit este:

$$Q_u = Q_d + Q_r = k_u \cdot Q_s \quad (3.43)$$

iar coeficientul de uzinaj k_u este:

$$k_u = \alpha + \beta - \alpha \cdot \beta \quad (3.44)$$

concentrația în suspensii a apei obținute devine C_u în bilanțul:

$$Q_u \cdot C_u = Q_d \cdot C_d + Q_r \cdot C_r \approx Q_d \cdot C_d \quad (3.45)$$

În cazul spălării intermitente a depunerilor:

$$C_r = \frac{C_s + C_n}{2} \quad (3.46)$$

$$Q_p \cdot C_p = Q_a \cdot (C_a - C_d) \quad (3.47)$$

iar volumul maselor de concentrare se determină cu relația:

$$v_n = \frac{Q_a \cdot t_n (C_a - C_d)}{C_p} \quad (3.48)$$

în care se ține seama de timpul de concentrare t_n .

În atenția dimensionării trebuie să se țină seama de variația volumului de nămol în procesul de concentrare. Unul și același amestec de apă și nămol în două stări de concentrare cu procente de umiditate P_1 și P_2 prezintă volumele de nămol V_1 și V_2 conform relației:

$$v_2 = \frac{100 - P_1}{100 - P_2} \cdot v_1 \quad (3.49)$$

aceasta deoarece volumul de nămol se modifică foarte mult cu umiditatea.

- Spatiul de limpezire

Pentru a micșora pe cât posibil nivelul pătrunderii suspensiilor din stratul suspensional în colectorul de apă limpezită, la partea superioară a separatorului se menține o zonă, un strat de apă limpezită.

Teoretic determinând înălțimea spațiului suspensional pentru un anumit grad de limpezire al apei, nu apare necesară această zonă de apă limpezită.

Înălțimea acestui spațiu este legată de adâncimea la care sistemul de colectare al apei limpezite influențează deversarea surplusului de suspensii, fiind determinată direct de tipul sistemului de colectare.

În spațiul de limpezire, spre deosebire de cel suspensional, aprecierea regimului precum și a caracteristicilor hidraulice ale mișcării, se pot face pe baza legilor generale ale hidrodinamicii, mișcarea apei nefiind stânjenită de existența particulelor în suspensie. Analizând pentru această situație regimul vitezelor în zona de limpezire, pentru menținerea unui regim laminar de mișcare, se poate aplica criteriul:

$$R_c = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{4v \cdot R}{\nu} \leq 2320 \quad (3.50)$$

unde se poate admite că viteza nu poate depăși 0,6 mm/s la un diametru de 5 m /20/. Regimul laminar facilitează sedimentarea liberă a particulelor puțin numeroase, de suspensii, pe care le conține apa limpezită, după trecerea prin spațiul suspensional, și în același timp asigură neantrenarea suspensiilor de apă limpezită.

- Modulele lamelare

Folosirea modulelor lamelare la decantoarele suspensionale a fost indicată de Sandu Marin în lucrarea /69/, ca fiind oportună, acestea măbind eficiența separatoarelor suspensionale.

Modulele lamelare se împart în două categorii: inferioare, care se introduc în spațiul suspensional și superioare, care se introduc în stratul de apă limpezită.

Modulul lamelar inferior realizează tehnologic îmbunătățirea fazei ortocinetice, fază în care se cere un gradient hidraulic redus, care se traduce printr-o lipsă de agitare a curentului de apă, în principal scopul fiind realizarea macrofloculării suspensiilor din apă.

Concepția modulului lamelar inferior are la bază realizarea unei mișcări cu un număr Reynolds cu valoare sub 200 și cu variații periodice între 100 și 200 atât în sens crescător cât și în sens descrescător în lungul curentului.

Asigurarea condițiilor mișcării în modulul lamelar inferior se realizează printr-o construcție formată din plăci paralele cu spațiu liber între ele, variația razei hidraulice realizându-se cu deflectorii amplasați pe direcția normală de curgere.

Lungimea modulului lamelar inferior se stabilește între 1500 și 2000 mm, în funcție de condiția realizării unei viteze de separare suspensională de 0,3÷ 0,4 mm/s.

Pentru creșterea posibilității de autocurățire, în timpul funcționării, înclinarea modulului lamelar inferior față de orizontală se poate alege de 52°, deoarece acest unghi se găsește între unghiul de 45° la care curgerea nămolului se realizează după formarea de depozite și unghiul de 60° la care curgerea nămolului pe lamelă se face continuu.

Modulul laminar superior s-a amplasat în stratul de limpezire pentru a putea mări debitul decantorului suspensional prin mărirea vitezei medii ascensionale, și de a putea intercepta mai bine particulele care au scăpat din stratul suspensional. În cazul folosirii acestui modul scade foarte mult riscul apariției de particule scăpate din stratul suspensional în colectorul de apă limpezită, acesta realizând mișcări laminare ale apei cu numărul Reynolds mai mic de 20.

Această mișcare laminară se crează între planele paralele ale modulului lamelar, care are raza hidraulică a lamelei $9 \div 11,0$ mm și dezvoltă viteze de separare sub 0,2 mm/s. Unghiul de înclinare pentru autocurățire se poate alege de 52°, iar lungimea modulului cuprinsă între $500 \div 700$ mm, condiționată de realizarea unei viteze de separare cuprinsă în limitele admise.

Modulul lamelar superior realizează separarea suspensiilor din apă, prin laminizarea mișcării și asigurarea unui traseu favorabil de retenere pentru particule. Mișcarea nămolului la partea inferioară a lamelilor, în sens descendent nu deteriorează calitățile apei limpezite, datorită caracteristicilor mișcării laminare.

3.2. Teoria decantării lamelare

Asupra unei particule discrete (înțelegând prin aceasta o particulă care în procesul de depunere nu-și modifică mărimea, forma și greutatea), în procesul de decantare acționează două categorii de forțe:

- câmpul de forțe gravitaționale;
- câmpul de forțe generat de deplasarea particulei în apă și de deplasarea apei însăși.

Căderea unei particule într-un lichid în repaus reprezintă la început o mișcare accelerată, până când rezistența de frecare egalează forța de cădere care acționează

asupra particulei. După aceea, particula se depune cu o viteză constantă. Această viteză de sedimentare reprezintă o caracteristică importantă a particulei.

Forța de cădere în apă (F_I) a particulei este diferența dintre forța de greutate și forța ascensională și se exprimă prin ecuația /80/:

$$F_I = (\rho_1 - \rho) g V \quad (3.51)$$

Forța de frecare (F_{II}) dintre particulele în cădere și fluid are expresia următoare/80/:

$$F_{II} = C_D A_C \rho \frac{v_s^2}{2} \quad (3.52)$$

unde: ρ_1 este densitatea particulei;

ρ - densitatea apei;

g - accelerația gravitațională;

V - volumul particulei;

C_D - coeficientul de frecare (al lui Newton);

A_C - secțiunea transversală a particulei proiectată pe direcția perpendiculară mișcării.

v_s - viteza de cădere (de sedimentare).

Coeficientul de frecare C_D este variabil cu numărul Reynolds așa cum a fost stabilit pe baza experimentală de T.R.Camp /80/.

În domeniul mișcării pentru valori mici ale numărului Reynolds ($Re \leq 1$) coeficientul de frecare variază invers proporțional cu numărul Reynolds după expresia:

$$C_D = \frac{24}{Re} \quad (3.53)$$

În domeniul mișcării cu $10^1 < Re < 10^4$ coeficientul C_D capătă o valoare aproximativ constantă $C_D \approx 0,4$ care este independentă de numărul Reynolds. În zona de tranziție dintre cele două domenii de mișcare menționate, coeficientul de mișcare are expresia, după ecuația empirică:

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34 \quad (3.54)$$

Din ecuațiile de mai sus se poate deduce viteza de sedimentare (denumită și mărime hidraulică), care este expresia lui Stokes valabilă pentru numere $Re \leq 1$.

$$V_0 = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right) d^2 \quad (3.55)$$

În cazul mișcării particulelor în apă cu $Re \geq 10^3$, din relațiile forței de cădere și frecare în apă a unei particule, și cu mărimea coeficientului de frecare $C_D \approx 0,4$, se obține ecuația lui Newton:

$$v_s = \sqrt{3,3g \left(\frac{\rho_1 - \rho}{\rho} \right) \cdot d} \quad (3.56)$$

Între cele două domenii se situează un domeniu de tranziție, pentru care literatura de specialitate indică formule sau diagrame de calcul /80/.

Este posibil deci să se calculeze viteza de sedimentare (de cădere) a unei particule discrete.

Într-un decantor rectangular de adâncime H , o particulă în suspensie prezentă la suprafață în momentul intrării sale în bazin, sedimentează cu o viteză de cădere constantă v_s și va atinge fundul bazinului la timpul $t = \frac{H}{v_s}$.

Toate particulele având viteza de sedimentare superioare lui v_s , vor fi complet eliminate din apă. Cele ale căror viteze v_{s1} este inferioară lui v_s , vor fi eliminate în raportul v_{s1}/v_s . Traectoria particulei discrete care cade este liniară.

În practică nu se introduc particule, ci suspensii coloidale care flocoează în decantor și se aglomerează, traectoria flocoanelor fiind o curbă cu concavitățile în jos.

Încă din 1905, Hazen a stabilit că parametrul caracteristic al unui decantor, este raportul între debit și suprafața orizontală a decantorului /80/. Acest parametru a fost denumit: încărcare hidraulică superficială sau viteza aparentă a lui Hazen, sau coeficientul lui Hazen, prima denumire fiind de cea mai largă circulație și are expresia:

$$V = \frac{Q}{S} \text{ [m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ sau m/h]} \quad (3.57)$$

Încărcarea hidraulică superficială, după cum reiese din expresia de mai sus, depinde de forma bazinului și de debit și nu depinde de înălțimea bazinului.

De aici a apărut ideea, că pentru un decantor, introducerea de unul sau mai multe radieri intermediare, adică multiplicarea suprafeței S cu 2, 3 ... etc. îmbunătățește direct capacitatea de separare a suspensiilor. Această idee este foarte veche, dar numai în ultimii 10-20 ani a revenit din nou în actualitate.

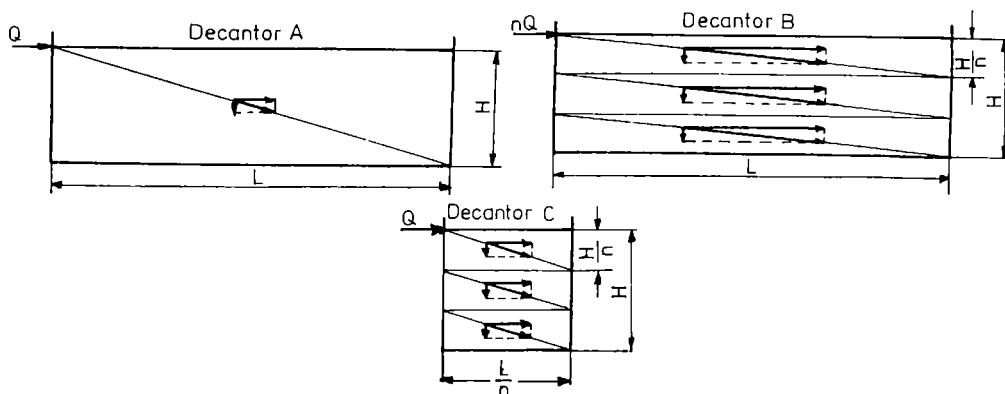


Fig.3.6

Dacă într-un decantor orizontal (figura alăturată) intră debitul Q , se poate multiplica debitul Q în decantorul B, cu numărul de radieri inclus suplimentar, (decantoare elementare) respectiv nQ ; înălțimea unui decantor elementar devine $\frac{H}{n}$

suprafața rămâne aceeași , iar timpul de decantare se reduce cu raportul $\frac{1}{n}$; în decantorul C, dacă se păstrează debitul Q se introduc n radiere suplimentare, se obțin n decantoare elementare de lungime $\frac{L}{n}$, înălțime $\frac{H}{n}$ și timp de decantare redus cu raportul $\frac{1}{n}$. Introducerea de radiere suplimentare cu compartimente utilizate în paralel /30/, are efect favorabil asupra numărului Reynolds, diminuându-i valoarea. Raportul razelor hidraulice pentru decantorul A și B din figura de mai sus este:

$$\frac{R}{R_n} = n \cdot (n-1) \frac{H}{L+H} \quad (3.58)$$

unde: R este raza hidraulică;

n- 1,2,3,compartimente (n=1 reprezintă decantorul convențional).

Rezultă clar că $\frac{R}{R_n} > 1$ adică $R_n < R$ deci raza hidraulică, pentru decantorul cu n compartimente funcționând în paralel, este mai mică decât raza hidraulică a decantorului convențional.

În cazul compartimentelor în serie, viteza este multiplicată cu n și în consecință $R_n > R$.

Dacă se împarte simultan secțiunea transversală a indicatorului cu "n" radiere suplimentare și cu "n" pereți verticali, se realizează o secțiune celulară cu $n \cdot n = n^2$ compartimente.

Calculând razele hidraulice, respectiv numerele Reynolds reiese că:

$$\frac{R}{R_{n \cdot n}} = \frac{\frac{l \cdot H}{2(1+H)}}{\frac{l \cdot H}{2n(1+H)}} = n \quad (3.59)$$

și numerele Reynolds la :

- utilizarea în paralel :

$$\frac{Re^{nn}}{Re} = \frac{\frac{v \cdot R_{n \cdot n}}{\gamma}}{\frac{v \cdot R}{\gamma}} = \frac{R_{nn}}{R} = \frac{1}{n} \quad (3.60)$$

,deci rezultă:

$$Re^{nn} = \frac{1}{n} Re \quad (3.61)$$

- utilizarea în serie:

$$v_{nn} = \frac{\frac{Q}{n}}{\frac{l}{n} \cdot \frac{H}{n}} = n \cdot \frac{Q}{l \cdot H} = n \cdot v \quad (3.62)$$

deci la funcționarea în serie viteza este de n ori mai mare ca viteza orizontală a decantorului convențional.

Rezultă că:

$$\frac{Re^{nn}}{Re} = \frac{\frac{v_{nn} \cdot R_{nn}}{\gamma}}{\frac{v \cdot R}{\gamma}} = \frac{\frac{n \cdot v \cdot \frac{R}{n}}{\gamma}}{\frac{v \cdot R}{\gamma}} = 1 \quad (3.63)$$

, deci

$$Re^{nn} = Re \quad (3.64)$$

Rezultă că împărțirea pe celule, diminuează de n ori numărul Re aferent decantoarelor convenționale, maximum de eficiență se obține deci la folosirea în paralel a compartimentelor delimitate pe verticală.

Realizarea unor compartimente orizontale, etajate, care să conducă la numere Reynolds mici, să fie executabile constructiv și exploatabile (în ceea ce privește în special evacuarea nămolului), este foarte dificilă.

Totuși de mai mulți ani, tendința de a multiplica ”decantoarele elementare”, a căror înălțime nu depășește câțiva centimetri, adică de a utiliza module lamelare, care sunt de diferite tipuri, așa cum se arată în figura 3.8.

Disponerea modulelor lamelare se poate face orizontal sau înclinat, în curânt de apă cu curgere orizontală sau înclinată.

Disponerea modulelor lamelare orizontal crează probleme dificile în evacuarea nămolului depus pe ele, de aceea este un sistem rar utilizat. În practică cel mai utilizat sistem este cel cu pozarea înclinată a modulelor lamelare.

Formula lui Hazen definește, de fapt, viteza ascensională ca raportul între debitul de decantat și suprafața orizontală a acestuia : Q/S . Suprafața echivalentă de separare S , devine produsul suprafeței de proiecție a plăcii dreptunghiulare, $\lambda \cdot 1$ pe planul orizontal, cu numărul de plăci și are expresia:

$$S = n (\lambda l \cos\alpha) \quad (3.65)$$

Schema de calcul a suprafeței echivalente a unui decantor cu plăci înclinate

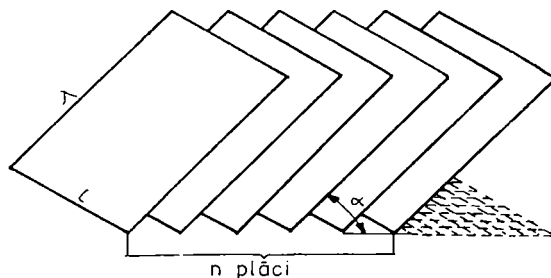
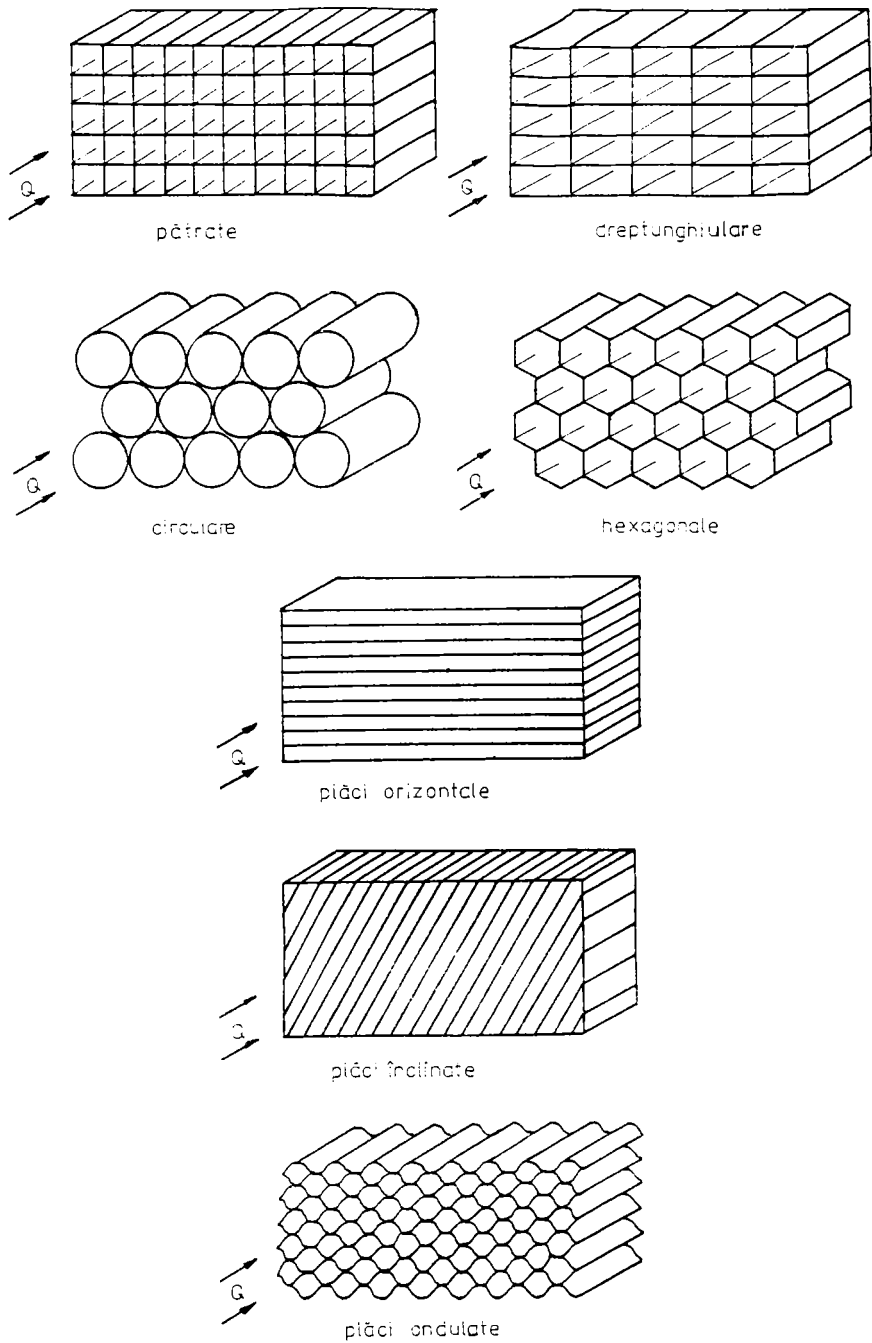


Fig.3.7.



Tipuri de module lamelare

Fig. 38

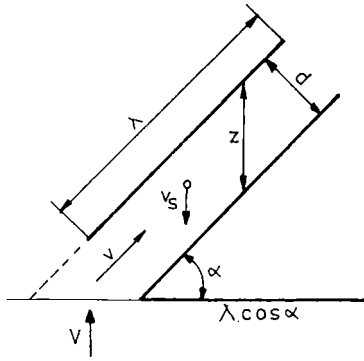


Fig.3.9.

Dacă se consideră /30/ un element compus din două plăci paralele înclinate față de orizontală, presupunând că curgerea este laminară, conform figurii 3.9, în care:

λ - este lungimea plăcilor;

d - distanța între ele ;

α - unghiul de înclinare față de orizontală;

v_s - viteza de cădere a particulei;

v - viteza de curgere a apei, pe direcția paralelă cu plăcile;

z - înălțimea maximă de cădere a particulei.

$V = \frac{Q}{S}$ viteza verticală a apei, alimentând plăcile se poate scrie relația:

$$v_s = \frac{z \cdot v}{\lambda} = \frac{d \cdot v}{\lambda \cdot \cos \alpha} \quad (3.66)$$

Rezultă că pentru un debit fix care intră în spațiul dintre plăci, unghiul optim (φ minim) este $\alpha = 0$, adică plăcile dispuse orizontal. Dacă se consideră în locul unui spațiu izolat dintre plăci, dispunerea plăcilor într-o construcție, în care curgerea este verticală sub lamele, (figura alăturată), se constată că fluxul interceptat de către o lamelă este proporțional cu $\frac{d}{\sin \alpha}$ și în consecință:

$$v = \frac{v}{\sin \alpha} \quad (3.67)$$

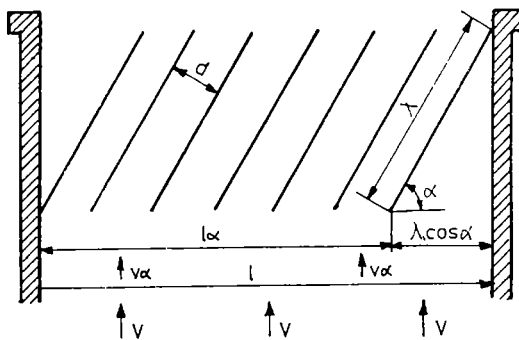


Fig.3.10

și relația de mai sus devine $v_s = \frac{d \cdot v}{\lambda \sin \alpha \cos \alpha}$ ale cărei valori minime se pot obține pentru $\alpha = 45^\circ$

Pentru această înclinare optimă, se obține:

$$v_{S_{optim}} = \frac{d \cdot v}{0,5 \cdot \lambda} = \frac{2d \cdot v}{\lambda} \quad (3.68)$$

Pentru oricare altă înclinare, v_s este mai ridicat și decantarea (după Hazen) mai puțin eficace.

Unghiurile de înclinare adoptate de diferiți cercetători și constructori sunt cuprinse între 45° și 60° . Reducerea eficienței de decantare, pentru un unghi de 52° (unghiul la care are loc autocurățirea flocoanelor depuse) este de 3%, iar pentru un unghi de 60° este de 15%.

În cadrul unui decantor, dacă se examinează modulul lamelar, în care s-a notat cu l - dimensiunea construcției în sensul de înclinare al lamelelor, l_α - lungimea de interceptie a debitului de către modulul lamelar, V - viteza verticală în construcție, V_α - viteza verticală de alimentare a modulului lamelar, relația vitezei de sedimentare devine:

$$v_{S_\alpha} = \frac{d \cdot v_\alpha}{\lambda \sin \alpha \cos \alpha} \quad (3.69)$$

din condiția de continuitate:

$$V \cdot l = V_\alpha \cdot l_\alpha \quad (3.70)$$

și din figura decantorului cu plăci înclinate

$$l_\alpha = l \cdot \lambda \cos \alpha \quad (3.71)$$

de unde

$$V_\alpha = \frac{V}{1 - \frac{\lambda}{l} \cos \alpha} \quad (3.72)$$

și

$$v_{S_\alpha} = \frac{d}{\lambda \sin \alpha \cos \alpha} \cdot \frac{V}{1 - \frac{\lambda}{l} \cos \alpha} \quad (3.73)$$

Rezultă că influența condițiilor la limită va fi cu atât mai mică cu cât unghiul α va fi mai mare și λ mai mic în raport cu l ; construcțiile rectangulare alungite se pretează deci mai bine la echiparea cu module lamelare, ca și modulele de ecartament mai mic (d), permit ca pentru performanțe identice să se utilizeze module cu λ mai mic.

Utilizarea modulelor lamelare vizează, așa cum s-a mai arătat, mărirea suprafeței de depunere a sedimentelor, dar și obținerea unei curgeri laminare.

Dacă numărul Reynolds este inferior valorii de 500 /30/, curgerea este laminară, și într-o anumită măsură se poate considera că efectul său asupra particulei se reduce numai la o translație caracterizată prin vectorul vitezei de curgere.

Dacă valoarea numărului Reynolds este mai mare de 500, curgerea este turbulentă și particula este supusă unor impulsuri aleatorii în toate sensurile, impulsurile situate deasupra planului orizontal opunându-se într-o oarecare măsură, sedimentării dorite.

Este de reținut faptul că pentru $200 < Re < 500$ se stabilește o zonă de tranziție progresivă spre regimul de turbulență și de aceea este de preferat alegerea unui număr $Re < 200$.

Mecanica fluidelor turbulente dă indicații asupra valorii componentei verticale a turbulenței, w .

Viteza v care se ia în considerare, este viteza reală într-un punct dat al decantorului. Dar se știe că viteza este practic zero lângă pereți și crește pe măsură ce se depărtează de aceștia, până în zona centrală. Cum componenta verticală a turbulenței este proporțională cu viteza de curgere, dar invers proporțională cu distanța de la perete, se poate aprecia, dar cu destulă aproximație pentru aplicațiile tehnologice, că ea este constantă în toate punctele construcției și proporțională cu viteza medie, de curgere a apei în construcție:

$$w = \frac{v}{k} \quad (3.74)$$

Valorile date de diferiți autori pentru k sunt relativ apropiate:

$29 > k > 25$	(Piskounov și Trofanov)
$k \geq 20$	(Gomella)
$k \geq 30$	(Karpensky)

Curgerea apei înainte de intrarea în compartimentele formate de modulele lamelare este întodeauna turbulentă. Stabilizarea regimului laminar nu se formează în mod instataneu și o zonă de tranziție ocupă partea din amonte a compartimentului modulului lamelar (figura 3.11) după care urmează curgere laminară. După Moraru Ghe./47/ lungimea zonei este dată de relația:

$$\lambda_T = 0,232 d \cdot Re. \quad (3.75)$$

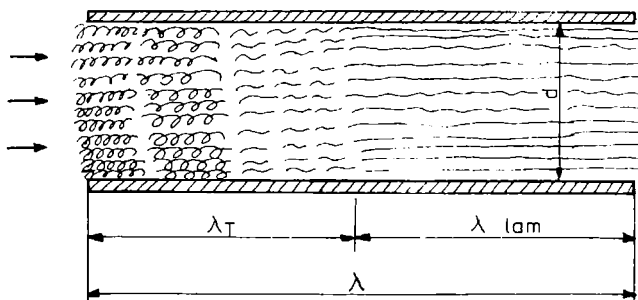


Fig.3.11

După Gomella această relație conduce la lungimi ale lui λ excesiv de mari și de aceea recomandă relația:

$$\lambda_T = 0,1 d \cdot Re \quad (3.76)$$

care poate fi aplicată în practică datorită faptului că a doua zonă, de tranziție, are condiții de curgere foarte apropiate de curgerea laminară. Tot Gomella, recomandă următoarele relații, pentru $Re < 200$:

$$\lambda_T = 2,5 \cdot v \cdot d^2 \quad (3.77)$$

pentru secțiuni pătrate cu latura d ;

$$\lambda_T = \frac{5p}{p+1} \cdot v \cdot d^2 \quad (3.78)$$

pentru secțiuni dreptunghiulare, cu lungimea $p \cdot d$ (p - multiplu) și lățimea d ;

$$\lambda_T = 5 \cdot v \cdot d^2 \quad (3.79)$$

pentru plăci infinite, necompartimentate, aflate la distanța d .

Același autor , recomandă o relație mai generală, pentru valori $20 < Re < 50$, în care v este de ordinul a $0,5 \text{ cm/s}$ și d de ordinul centimetrilor

$$\lambda_T = \frac{8p}{p+1} \cdot d \quad (3.80)$$

Dacă introducem lungimea curgerii laminare, relația vitezei de sedimentare devine:

$$v_S = \frac{d \cdot v}{\lambda_{lam} \cos \alpha} \quad (3.81)$$

în care: $\lambda_{lam.} = \lambda - \lambda_T$ și obținem:

$$v_S = \frac{d \cdot v}{(\lambda - \lambda_T) \cos \alpha} \quad (3.82)$$

În realitate, în partea nelaminară, viteza de cădere va fi întârziată de componenta verticală a turbulenței w și ecuația generală a mișcării devine:

$$\left(v_S - \frac{v}{20} \right) \cdot \frac{8p}{p+1} \cdot \frac{d}{v} + v_S \cdot \frac{\lambda - \frac{8p}{p+1} \cdot d}{v} = \frac{d}{\cos \alpha} \quad (3.83)$$

de unde:

$$v_S = \frac{d \cdot v}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{\cos \alpha} + \frac{8p}{20(p+1)} \right) \quad (3.84)$$

Termenul $\frac{8p}{20(p+1)}$ este egal cu $0,2$ pentru $p=1$ (module de secțiune pătrată) și cu $0,4$ pentru $p = \infty$, (module cu plăci infinite, necompartimentate).

Din condiția numărului Re , rezultă:

$$d \cdot v = \frac{2 \operatorname{Re}(p+1)}{p} \cdot v \quad (3.85)$$

Introducând parametrii unui decantor vertical real prin V și l , condiția Re permite să se calculeze valoarea lui d , pentru module de lungime λ și o înclinare α dată, care asigură această valoare a numărului Re :

$$v = \frac{V}{\left(1 - \frac{\lambda}{l} \cos \alpha\right) \sin \alpha} \quad (3.86)$$

de unde

$$d \cdot V = 2 \left(\frac{p+1}{p} \right) \frac{\operatorname{Re}}{100} \sin \alpha \left(1 - \frac{\lambda}{l} \cos \alpha \right) \quad (3.87)$$

Realizarea condițiilor de curgere laminară nu este suficientă pentru îmbunătățirea considerabilă a eficienței de sedimentare, dacă nu se iau în considerare lungimi mari ale lui λ .

Dacă în relația vitezei de sedimentare se introduce condiția numărului Reynolds se obține:

$$v_s = \frac{2(p+1)}{p} \cdot \frac{\operatorname{Re}}{100} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{\cos \alpha} + \frac{8p}{20(p+1)} \right) \quad (3.88)$$

Pentru o secțiune pătrată ($p=1$) și $\operatorname{Re}=200$ se obține

$$v_s = \frac{8}{\lambda} \left(\frac{1}{\cos \alpha} + 0,2 \right) \quad (3.89)$$

care necesită lungimi mari ale lui λ , pentru diferite valori ale lui v_s .

Pentru a se evita lungimi λ foarte mari, se utilizează module lamelare cu ecart mai mic (d) care nu vor respecta condiția curgerii laminare la limita $\operatorname{Re}=200$ ci la un regim laminar cu un număr Reynolds mult mai mic.

În practică se procedează invers, pentru un modul de lungime dată, funcție de posibilitățile industriale de fabricație, se determină ecartamentul (d) ce trebuie realizat, astfel încât să se obțină îmbunătățirea performanței dorite, respectiv $\frac{v}{v_s}$.

Din raportul ultimelor relații se obține relația generală care determină performanțele modulelor lamelare:

$$\frac{d}{\lambda} \cdot \frac{v}{v_s} = \frac{\left(1 - \frac{\lambda}{l} \cos \alpha\right) \sin \alpha}{\left(\frac{1}{\cos \alpha} + \frac{8p}{20(p+1)}\right)} \quad (3.90)$$

Se poate constata că distanța d , este cea mai mare pentru unghiul α de 45° și 52° . Se poate trage concluzia că în cazul unui decantor vertical, cu l și V date și module lamelare cu caracteristici, de asemenea date, λ și d , performanța maximă, V/v_s max, se obține pentru înclinarea modulelor un unghi de 45° sau 52° .

Din cele prezentate până aici rezultă că utilizarea modulelor lamelare are eficiență maximă în următoarele condiții:

- când unghiul de înclinare $\alpha = 0$, adică când modulele sunt așezate orizontal; așa cum s-a arătat, însă mai înainte, datorită dificultăților de evacuare a nămolului nu se adoptă de regulă, modulele așezate orizontal.

- unghiul de înclinare optim este de $\alpha = 45^\circ$, dar din considerente de autocurățire a nămolului depus, se adoptă unghiuri de până la 60° (scăderea eficienței este de 3% pentru $\alpha = 52^\circ$ și de 15 % pentru $\alpha = 60^\circ$);

- construcțiile rectangulare, alungite, se pretează mai bine la echiparea cu module lamelare;

- pentru evitarea unor lungimi mari ale modulelor, numărul Reynolds trebuie să fie mult inferior cifrei de 200, respectiv distanța d dintre plăci să fie cât mai mică.

3.3. Modele de calcul al separatoarelor suspensionale

Calculul separatoarelor suspensionale a fost prezentat în țara noastră de Ghe. Crețu în lucrarea /20/, care s-a orientat spre tipul decantoarelor suspensionale statice, cu secțiune variabilă pe înălțime.

Alți autori : M.Teodorescu și M.Sandu în lucrările /42/ respectiv /57/, prezintă caracteristicile și dimensiunile principale pentru două tipuri de decantare suspensionale cu recircularea nămolului. În lucrarea /42/ se prezintă decantorul suspensional cu recircularea nămolului cu dispozitive mecanice, tip ISLGC, cu tipodimensiunile uzuale având diametrul de 24, 38 și 48 m. În lucrea /57/ se prezintă decantorul suspensional cu recircularea nămolului, cu ajutorul unui hidrojector, tip I.C.B..

În lucrarea /20/ se prezintă modul de calcul și de determinare pentru principalele dimensiuni ale unui separator suspensional.

În primul rând trebuie să se stabilească concentrația limită acceptată a apei limpezite care trebuie să fie $C_{ad} = 10-15$ mg/l, iar apoi se impune în limitele admise viteza ascensională minimă și maximă în secțiunea de intrare a separatorului.

Din relația:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \leq 18 \quad (3.91)$$

în condițiile de eficiență calitativă a separatoarelor suspensionale se impune $v_{\min} = 0,1$ mm/s (ceea ce corespunde în secțiunea de intrare a unei viteze de cel puțin 0,6 mm/s), pentru separatoarele cu secțiune progresivă, iar pentru cele cu secțiune constantă $v_{\min} = 0,6$ mm/s. Vitezele medii de peste 1,9 mm/s antrenează un număr sporit de particule prin spațiul de limpezire, astfel încât viteza de 1,9 mm/s poate fi considerată limita maximă de neantrenare a stratului suspensional.

Timpul de străbateră a spațiului suspensional se consideră de 20 - 30 minute.

Ținând cont de viteza de regim determinată, pe baza vitezei maxime acceptate:

$$v_z = \frac{Q}{n \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot r_1^2 \cdot \left(1 + \frac{z}{r_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \right)^2} \quad (3.92)$$

cu vitezele ascensionale la nivelul $z=0$, deci în secțiunea de intrare:

$$v_1 = \frac{Q}{n \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot r_1^2} \quad (3.93)$$

pentru secțiunea poligonală și

$$v_1 = \frac{q}{\pi \cdot r_1^2} \quad (3.94)$$

pentru secțiunea circulară.

În cazul secțiunii constante viteza ascensională a apei este constantă:

$$v_z = v_1 = v_a \quad (3.95)$$

Ținând cont de viteza de regim determinată, pe baza vitezei maxime acceptate, a concentrației de calcul a apei brute, se stabilește concentrația de calcul a suspensiilor din stratul suspensional. Pentru aceasta se alege în funcție de criteriile stabilite în lucrarea /20/ valoarea parametrului de separare. Acesta se admite în calcule pentru un anumit tip de separator și regim de viteze stabilit, valori constante în timp ale parametrului de separare b , în cazul fluidelor de aceeași natură, în limitele :

Tipul separatorului	b [cm ³ /g·s]
secțiune constantă	0,55 - 0,60
secțiune circulară progresivă	0,80 - 0,85
secțiune poligonală progresivă	0,85 - 0,90

Se consideră că fenomenul de separare suspensională este dat de relațiile:

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{b \cdot C_s}{V_1} \left(Z + \frac{1}{n \cdot \operatorname{tg} \alpha} Z^2 + \frac{1}{3 r_1^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha} Z^3 \right)} \quad (3.96)$$

pentru separatoarele cu secțiune variabilă și

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{b \cdot C_s}{V_1} \cdot Z} \quad (3.97)$$

pentru separatoarele cu secțiune constantă.

În funcție de relațiile care descriu fenomenul de separare suspensională se pot scrie relațiile care dau înălțimea stratului suspensional:

$$H_{S \text{ nec}} = (v_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(r_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 3 \frac{v_1 \cdot \ln \frac{C_{ad}}{C_0}}{b \cdot C_s} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot r_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.98)$$

pentru cazul secțiunii progresive și

$$H_{S \text{ nec}} = - \frac{v \ln \frac{C_{ad}}{C_0}}{b \cdot C_s} \quad (3.99)$$

pentru secțiunea constantă.

Se recomandă ca cei doi parametri stabiliți, înălțimea stratului suspensional și viteza ascensională de regim, să fie verificați și optimizați astfel încât :

$$v_{\min} \leq v_{\text{optim}} \leq v_{\max} \quad (3.100)$$

Se determină apoi luând în considerare limitele extreme ale vitezei de regim pe înălțimea stratului suspensional, diametrul minim și maxim al separatorului.

Spațiul de limpezire se stabilește din condiția :

$$Q = \frac{Re_{cr} \cdot v}{4R} \cdot A_l \quad (3.101)$$

unde

$$Re_{cr} = \frac{4v \cdot R}{\nu} = 2320 \quad (3.102)$$

A_l - secțiune orizontală a zonei de limpezire.

Înălțimea necesară de pompare a apei în separator sau a nivelului de alimentare gravitațională se stabilește cu ajutorul relației:

$$H = H_s + H_l + h_{ps} \quad (3.103)$$

unde: H - înălțimea decantorului

H_s - înălțimea stratului suspensional

H_l - înălțimea stratului de limpezire

h_{ps} - pierderea de sarcină în stratul suspensional.

$$h_{ps} = \lambda_s \frac{z}{r_1 + \frac{z}{\text{tg} \alpha}} \cdot \frac{v_z^2}{2g} \quad (3.104)$$

$$\lambda_s = \frac{2}{\pi^{\frac{1}{2}}} \cdot f \left(\frac{C_s}{C_0}, \frac{1}{Re} \right) \quad (3.105)$$

Pentru determinarea coeficientului pierderilor de sarcină λ_s , sunt necesare unele precizări în legătură cu caracterizarea regimului de mișcare în stratul suspensional, și se poate considera ca și criteriu asemănător, criteriului Reynolds determinat de relația:

$$Re_s = \frac{v \cdot d}{G \cdot \nu \cdot C_s} \quad (3.106)$$

d - diametrul particulei medii.

Se consideră că valoarea maximă a criteriului Re_s , nu poate întrece în perioada de echilibru:

$$Re_{scr} = 5 \quad (3.107)$$

indiferent de viteza adoptată.

Concentratorul de nămol se stabilește în cazul evacuării intermitente a nămolului din ecuația de bilanț a debitelor, debitul Q_c de evacuare a surplusului de suspensii din spațiul suspensional în concentrator

$$Q = Q_c + Q_L \quad (3.108)$$

unde

Q - debitul de alimentare

Q_L - debitul de apă limpezită

În funcție de perioada impusă de funcționare între două evacuări succesive, se determină concentrația nămolului. Apoi se calculează volumul necesar al concentratorului și respectiv dimensiunile sale, ținând cont și de eventualele condiții constructive care se impun, de exemplu la amplasarea în spațiul suspensional, a camerei de concentrare, înălțimea acesteia este condiționată de înălțimea stratului.

$$S_c = \frac{Q_c}{H_n} \cdot t \cdot \frac{C_s}{C_n} \quad (3.109)$$

unde :

S_c [dm²] - secțiunea orizontală a concentratorului cilindric sau secțiunea echivalentă în cazul când camera de concentrare are o altă formă.

H_n [dm] - înălțimea concentratorului

t [ore] - durata de concentrare a nămolului

Q_c [dm³/h] - debitul de suspensii adus în concentrator

C_s, C_n - concentrația suspensiilor evacuate în concentrator, respectiv a nămolului concentrat.

Debitul Q_c și viteza u_c , sunt condiționate de sistemul constructiv al concentratorului de nămol.

În cazul evacuării continue debitul de evacuare se stabilește funcție de concentrația apei brute.

Calculul sistemului de distribuire se realizează în cazul unui sistem de conducte pe radier cu orificii, în felul următor:

$$S_0 = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gh_d}} \quad (3.110)$$

unde h_d este înălțimea de calcul a apei pentru realizarea decantării apei și $\mu=0,62$, μ fiind coeficientul de debit.

Impunând numărul de orificii n și stabilind deci debitul unui orificiu

$$q_1 = \frac{Q}{n} \quad (3.111)$$

se determină secțiunea, deci diametrul acestuia.

$$d_0 = \left(\frac{4}{\pi \cdot \mu \cdot n} \frac{Q}{\sqrt{2gh_d}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.112)$$

și se verifică viteza de ieșire din orificiu

$$V_0 = \varphi \sqrt{2gh_d} \quad (3.113)$$

în care coeficientul $\varphi \approx 0,96$

Diametrul orificiilor se recomandă să fie cuprins între 20-25 mm pentru a menține diametrul floculelor care încep să se formeze, iar viteza apei la ieșirea din orificiu să corespundă vitezei de regim, în secțiunea de intrare a separatorului propriu-zis.

Viteza la intrare în conducta principală poate corespunde vitezei din conducta de alimentare a separatorului adică $v = 0,4 - 0,7$ m/s.

Orificiile se așează pe ambele părți ale conductei îndreptate în jos sub un unghi de 45°, față de verticală.

Calculul colectoarelor de apă limpezită cuprinde prima dată stabilirea sistemului de colectare, care se recomandă ca pentru decantoarele cu diametru ≤ 4 m să se instaleze doar jgheaburi periferice, iar la diametre mai mari să se adauge și jgheaburi radiale sau paralele în funcție de forma decantorului. Condiția care trebuie respectată la dimensionarea colectorului, pentru evitarea curenților preferențiali, este aceea că debitul colectat de fiecare element să fie riguros egal pe toată lungimea sa. Calculul secțiunii transversale a jgheabului colector se face pe baza unor calcule hidraulice obișnuite. Prima dată se determină debitul pe unitatea de lungime

$$q_{11} = \frac{Q_1}{\Sigma l} \quad (3.114)$$

unde Σl este lungimea totală a colectoarelor.

Se acceptă viteza în jgheab aceeași $v_j = 0,7 - 0,8$ m/s

Se poate determina dimensiunea caracteristică a jgheabului - jumătate din lățimea lui, $b_j / 2$, cu formula empirică.

$$\frac{b_j}{2} = 0,45 q_j^{0,4} \quad (3.115)$$

în care $q_j = q_{11} \cdot l_j$ - debitul jgheabului pe lungimea l_j [m³/s].

Secțiunea necesară a jgheabului S se determină acceptând o anumită viteză v_j și cunoscând debitul q_j . În consecință, acceptând valoarea lui b_j , se poate stabili înălțimea h_j și apoi determina panta

$$i = \frac{v_j^2}{C^2 \cdot R} \quad (3.116)$$

unde

R - raza hidraulică a jgheabului

C - coeficientul lui Chèzy

Pe baza elementelor calculate se poate stabili și panta jgheabului:

$$I = i + \frac{q_{11}}{q_{j1}} \cdot h_j \quad (3.117)$$

unde q_{j1} , h_j - debitul și înălțimea de apă din secțiunea i a jgheabului.

Se recomandă să se ia înălțimea gurii jgheabului egală cu $2,5 \cdot \frac{b_j}{2}$, iar la origine, în sensul circulației apei $1,5 \cdot \frac{b_j}{2}$. Pentru jgheaburile inelare, la locul evacuării apei din separator diametrul să fie $2,5 \cdot \frac{b_j}{2}$, iar la capătul celălalt $1,5 \cdot \frac{b_j}{2}$.

Pentru sistemul de colectare prin orificii inundate se recomandă ca acestea să fie situate la distanța de 70 - 80 mm sub marginea superioară a colectorului.

Diametrul orificiilor se ia de 20 - 25 mm, iar suprafața lor totală se stabilește pentru viteza de intrare a apei de 0,7 - 0,8 m/s.

M.Teodorescu în lucrarea /57/ prezintă principalele date referitoare la dimensionarea decantoarelor suspensionale cu recircularea nămolului cu dispozitive mecanice:

- debitul recirculat, de la 3 la 4 ori debitul apei de tratat
- timpul de trecere prin stratul de suspensii, 20 - 40 min.
- viteza ascensională, 4 - 7 m/h
- grosimea stratului suspensional, 2 m, măsurat de la nivelul ieșirii din camera de reacție.
- grosimea stratului de limpezire, 1,5 - 2,0 m.
- distanța dintre jgheaburile de colectare a apei decantate, maximum dublul grosimii stratului de limpezire
- diametrul orificiilor de limpezire a apei, min. 10 mm.
- viteza în conductele de golire și de nămol, min. 1,20 m/s, cu diametrul minim de 100 mm.

M.Sandu în lucrarea /42/, prezintă principalele date referitoare la dimensionarea decantoarelor suspensionale cu recircularea nămolului, cu ajutorul unui hidrojector:

- timpul de reacție din interiorul camerei de reacție se calculează la debitul nominal al decantorului și este cuprins între 8 și 12 min
- vitezele caracteristice sunt: viteza din camera de reacție $v=0,8-1,0$ mm/s iar viteza la ieșirea din camera de reacție $v=5-10$ mm/s.
- viteza ascensională prin camera de limpezire este de 1,0 - 1,2 mm
- timpul minim de circulație prin compartimentele decantorului este de 50 - 60 min.
- înălțimea minimă a stratului de apă limpezită este de minim 1,50 m
- colectarea apei limpezite se realizează prin conducte prevăzute cu orificii sau jgheaburi cu deversori, amplasate radial
- evacuarea nămolului în exces se realizează prin intermediul a 4-8 concentratoare de nămol amplasate la baza stratului suspensional. cu ajutorul conductelor prin funcționare hidraulică. Dimensionarea conductelor se face la viteze de 1,5- 2,0 m/s.

3.4. Concluzii și rezultate din cercetarea actualelor metode de limpezire a apei la decantoarele suspensionale.

Decantoarele suspensionale se pot utiliza în toate cazurile când trebuie să se obțină o bună limpezire a apei pentru debite mijlocii și mari. Acestea au și avantajul concentrării într-o singură construcție a bazinului de amestec, a celui de reacție și a decantorului, ceea ce constituie o importantă economie de investiție, pe lângă eficiența ridicată a limpezirii apei.

Un avantaj al decantoarelor suspensionale cu recircularea nămolului este acela că permit o variație destul de importantă a debitului de alimentare, fără ca acesta să conducă la depunerea stratului suspensional și deci fără a prejudicia calitatea apei tratate; un alt avantaj constă în aceea că utilajele de amestecare, hidraulice sau mecanice sunt reglabile astfel încât permit modificarea debitului recirculat, adaptându-se ușor la diferite situații de exploatare.

Domeniul de aplicabilitate al decantoarelor suspensionale este delimitat orientativ astfel:

- pentru ape a căror turbiditate în mod obișnuit nu scade pentru o perioadă îndelungată de timp, sub 50 grade, în scara silicei.
- pentru ape a căror turbiditate nu depășește în mod obișnuit o perioadă mai lungă de timp, 1500 grade în scara silicei
- pentru cazul când coeficientul k de coeziune a nămolului este mai mare ca 0,30 m/h.

În concluzie principalele avantaje ale decantoarelor suspensionale sunt:

- calitate mai bună a apei de tratat, în comparație cu tipurile clasice de decantoare
- economie de coagulant prin utilizarea coagulantului remanent în nămol și a efectului adsorbant al flocoanelor din stratul de nămol.
- economie de volum și spațiu, spațiile pentru amestec și reacție fiind încorporate în construcția decantorului.

Dezavantajele decantoarelor suspensionale sunt:

- necesitatea unei supravegheri mai atente și a unui personal mai calificat
- dependența mai mare a performanțelor obținute de corecta dozare a reactivilor
- necesitatea amplasării în anumite condiții de climă, în construcții închise.
- domeniul de aplicabilitate pentru turbidități ale apei brute, limitat.

3.5. Contribuții la studiul teoretic al decantoarelor suspensionale cu debit variabil.

La studierea literaturii de specialitate s-a constatat că există un model matematic al fenomenului de separare suspensională prezentat pe larg de Ghe. Cretu în lucrarea /20/, dar care poate fi îmbunătățit astfel încât să redea mai bine fenomenul de separare suspensională care curpinde adsorbția particulelor sub formă de flocoane din apa brută în stratul suspensional în echilibru hidrodinamic în interiorul decantorului, rezultând apa limpezită.

Echilibrul hidrodinamic al stratului suspensional s-a studiat și el, căutându-se o relație matematică, cu mărimi măsurabile, cu care să se poată controla în timp real acest echilibru. Astfel s-a găsit relația matematică directă între viteza curentului ascensional în decantor și masa de suspensii a stratului suspensional.

În continuare se vor prezenta pe rând mai întâi modelul matematic propus și apoi metoda matematică care realizează controlul formării și menținerii stratului suspensional în echilibru hidrodinamic în decantor.

3.5.1. Model matematic pentru decantoarele suspensionale

Mișcarea apei brute în decantoarele suspensionale se consideră uniformă și permanentă. Stratul suspensional se află în echilibru în interiorul decantorului și se consideră că acesta crește în concentrație pe măsură ce apa brută încărcată cu suspensii

depune prin intermediul fenomenului de adsorbție, în stratul de suspensional, noi particule legate între ele sub formă de flocoane.

Se acceptă că legea separării suspensionale este cea menționată de cei mai mulți autori, Jura C., Crețu Ghe. și Moraru Ghe. în lucrările /341,20/,47/, care este de forma:

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{B}{v}Z} \quad (3.118)$$

unde: C este concentrația stratului suspensional la nivelul z

C_0 este concentrația apei brute

v este viteza medie ascensională în m/s

z este înălțimea stratului suspensional măsurat de la baza decantorului în m

$B=b \cdot C_s$

B fiind parametrul separării suspensionale măsurat în s^1 , care depinde de un factor determinat de capacitatea de adsorbție în stratul suspensional el fiind măsurat în $m^3/g \cdot s$ și concentrația stratului suspensional C_s măsurat în g/m^3 .

Explicit legea separării suspensiilor se poate scrie:

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{b \cdot C}{v}Z} \quad (3.119)$$

În legea separării suspensionale de mai sus se observă că parametrii b,C,v exprimă de fapt o funcție, care se numește τ , această funcție depinzând de b, C,v ($\tau=f(b,C,v)$). Acești parametri fizici sunt din punct de vedere matematic trei variabile dependente, care se consideră că depind de două variabile independente, concentrația C de particule legate în flocoane în stratul suspensional și de timpul t necesar fenomenului de separare suspensională.

La aprecierea concentrației în suspensii C a stratului suspensional trebuie să se țină cont, în funcție de parcusul efectuat de flocoane, de depunerea specificată, care are creșteri proporționale cu ale concentrației, precum și de modificările în timp ale acestor mărimi de bază în studiul procesului de separare suspensională, deoarece acest proces este dinamic, modificându-și parametrii de bază în timp.

În ideea de mai sus o nouă formă generală a legii separării suspensionale propusă de autor, este următoarea:

$$C = C_0 \cdot e^{-\tau Z \cdot \beta} = C_0 \cdot e^{-f(c,t)Z \cdot \beta} \quad (3.120)$$

unde β este parametrul separării suspensionale, măsurat în m^2/g .

Această funcție τ depinzând de două variabile în același timp, concentrația C și timpul t, se poate scrie:

$$d\tau = \frac{\partial \tau}{\partial c} \cdot dc + \frac{\partial \tau}{\partial t} \cdot dt \quad (3.121)$$

se presupune că $\frac{\partial \tau}{\partial t} \approx 0$, adică procesele desfășurate în spațiu sunt predominante, iar procesele desfășurate în timp se pot neglija:

$$d\tau = \frac{\partial \tau}{\partial c} \cdot dc \quad (3.122)$$

de unde rezultă:

$$\frac{d\tau}{dc} = \frac{\partial \tau}{\partial c} \quad (3.123)$$

$\tau=f(c)$, se consideră că este funcția matematică care descrie procesul de depunere prin adsorbție a flocoanelor în stratul suspensional. Concentrația existentă la un anumit nivel putând fi determinată cu ajutorul turbidității măsurate cu un turbidimetru electronic.

Pentru a încerca definirea procesului de depunere prin adsorbție se va scrie bilanțul suspensiilor, care se exprimă prin condiția de continuitate, pentru creșteri infinit mici, ținând cont că la creșteri de concentrație, corespund creșteri ale depunerii prin adsorbție în stratul suspensional.

$$S \cdot \Delta z \cdot \Delta \tau = \Delta C \cdot Q \cdot \Delta t \quad (3.124)$$

unde S și Q sunt: suprafața de curgere a apei prin decantor iar Q este debitul mediu de apă cu care este alimentat decantorul.

$$\Delta \tau = \frac{\Delta C \cdot Q \cdot \Delta t}{S \cdot \Delta z} = v \cdot \Delta C \cdot \frac{1}{\frac{\Delta z}{\Delta t}} \quad (3.125)$$

Raportul $\frac{\Delta z}{\Delta t}$ - se interpretează fizic ca viteza de adsorbție v_a a particulelor în stratul suspensional pe distanța Δz în timpul Δt , relația de mai sus devenind:

$$\Delta \tau = v \cdot \Delta C \cdot \frac{1}{v_a} = \frac{v}{v_a} \cdot \Delta C \quad (3.126)$$

$$d\tau = \frac{v}{v_a} \cdot dC \quad (3.127)$$

În continuare se integrează nedefinit relația obținută:

$$\int d\tau = \int \frac{v}{v_a} \cdot dc \quad (3.128)$$

$$\tau = \frac{v}{v_a} \cdot c + k \quad (3.129)$$

unde k este o constantă de integrare. Pentru a determina constanta k se pune condiția la limita inferioară a stratului suspensional ca depunerea să fie nulă, aceasta implicând ca stratul suspensional de concentrație c să fie egal cu concentrația apei brute C_0

$$0 = C_0 \cdot \frac{v}{v_a} + k \quad (3.130)$$

de unde rezultă k

$$k = -C_0 \cdot \frac{v}{v_a} \quad (3.131)$$

înlocuindu-se k în ecuația de definiție a procesului de depunere prin adsorbție, rezultă:

$$\tau = \frac{v}{v_a} (C - C_0) \quad (3.132)$$

având definită funcția τ care caracterizează procesul de depunere prin adsorbție, se poate scrie legea separării suspensionale:

$$C = C_0 \cdot e^{-\tau Z \beta} \quad (3.133)$$

sau

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{v}{v_a} (C - C_0) Z \beta} \quad (3.134)$$

Acest nou model matematic al separării suspensionale descrie foarte bine fenomenul fizic de depunere prin adsorbție în stratul suspensional, mai jos prezentându-se în fig.3.12 variația concentrației stratului suspensional pe înălțimea lui, remarcând faptul că maximum de concentrație se găsește la aproximativ 0,5 m de fundul decantorului, adică la partea inferioară a stratului suspensional care se găsește în echilibru hidrodinamic, între 0 și 0,5 m, la partea inferioară, având loc fenomene hidraulice turbulente ca urmare a lansării apei brute în decantor. Explicația fizică pentru concentrația maximă a stratului suspensional care se găsește în partea de jos este că datorită gravității particulele mai mari sunt mai grele și se depun mai ușor. În fig.3.13 se prezintă conform modelului matematic variația concentrației de suspensii în fluxul de apă brută ce străbate decantorul remarcând că depunerea maximă are loc în zona cu concentrație maximă în suspensii a stratului suspensional.

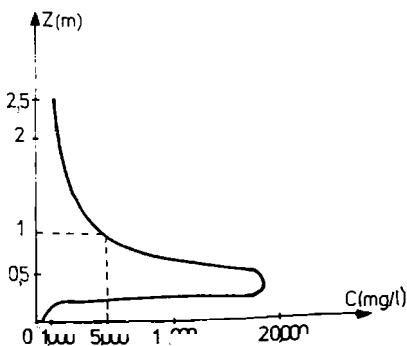


Fig.3.12

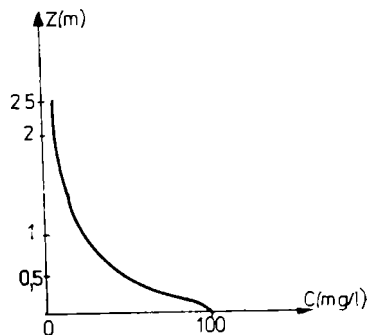


Fig.3.13

În concluzie acest model matematic propus pentru separarea suspensională, caracterizează foarte bine fenomenele fizice care se petrec într-un decantor real, în interiorul stratului suspensional, printr-o bună aproximare a variației stratului

suspensional și a modului de realizare a depunerii prin adsorbție a particulelor din apa brută în stratul suspensional, rezultatele teoretice fiind confirmate în practică prin experimentarea procesului de separare suspensională pe un prototip pilot.

3.5.2. Metodă matematică care realizează controlul formării și menținerii stratului suspensional în decantoarele suspensionale.

În decantoarele suspensionale în care decantarea se realizează prin depunerea prin adsorbție a particulelor din apa brută, în stratul suspensional sau în patul de nămol controlul formării și menținerii acestui strat suspensional aflat în echilibru hidrodinamic în interiorul decantorului, în partea inferioară nu se poate realiza în prezent. Din acest motiv aceste tipuri de decantoare cu performanțe deosebite nu ajung la optimul de funcționare, prin aceasta înțelegând realizarea parametrilor maximi calitativi și cantitativi ai apei decantate în funcție de parametrii calitativi ai apei brute. Trebuie menționat că la realizarea atingerii funcționării la optimul hidraulic a decantoarelor suspensionale se atinge un nivel al decantării avansat, corelat cu creșterea vitezei medii ascensionale în interiorul decantorului a fluxului de apă brută, aceasta ducând la mărirea capacității de decantare și deci mărirea parametrului cantitativ.

Se propune pentru prima dată, o metodă matematică pentru realizarea controlului acestui strat suspensional, în vederea optimizării funcționării decantoarelor suspensionale. Această metodă constă din aflarea parametrilor care caracterizează echilibrul hidrodinamic la funcționarea optimă.

Echilibrul hidrodinamic care se realizează în interiorul decantorului se datorează vitezei ascensionale a apei introduse pe la baza decantorului, care ține în suspensie stratul suspensional. Problema este de a găsi echilibrul hidrodinamic pentru stratul suspensional cel mai dens, deoarece între depunerea prin adsorbție a particulelor din fluxul de apă brută și concentrația stratului suspensional este o legătură directă, creșterea depunerii determinând și creșterea concentrației stratului suspensional.

Echilibrul hidrodinamic pentru un strat suspensional care se consideră că are un volum și o masă determinată, este dat de principalele forțe ce acționează asupra lui, forța determinată de fluxul de apă ascendent, greutatea stratului suspensional G și forța arhimedică, ascensională, ce acționează asupra stratului suspensional. E_s .

Se consideră ipoteza de calcul prin care toate suspensiile din stratul suspensional sunt concentrate într-un volum determinat, acestea având o masă determinată. Celelalte forțe care acționează asupra suspensiilor cum ar fi forțele de frecare sau cele de tensiune superficială fiind foarte mici, se pot neglija; mai mult în teoria formării stratului suspensional s-a stabilit că forțele de frecare nu intervin, iar în fenomenul separării suspensionale viteza de cădere a unei particule nu depinde decât de concentrația locală de particule.

Pentru aflarea unei relații matematice din care să rezulte interdependența dintre curentul ascendent de apă și greutatea stratului suspensional se poate aplica ecuația impulsului pentru un curent fluid în cazul mișcării permanente /49/:

$$\iint_{S_1} \rho v_1^2 \cdot d\vec{s}_1 + \iint_{S_2} \rho v_2^2 \cdot d\vec{s}_2 = \left(\sum \vec{F}_{ext} \right)_{crit} \quad (3.135)$$

sau

$$\rho \beta_1 v_1^2 \cdot \vec{s}_1 + \rho \beta_2 v_2^2 \cdot \vec{s}_2 = \left(\sum \vec{F}_{ext} \right)_{crit} \quad (3.136)$$

unde β este un coeficient de corecție pentru neuniformitatea vitezelor din curetul de fluid, putându-se aproxima $\beta_1 \approx \beta_2 \approx 1, /49/$.

Pentru sistemul considerat se aplică ecuația impulsului între o suprafață S_1 , perpendiculară pe curentul de fluid, aproape de suspensiile concentrate într-o masă compactă și suprafața S_2 considerată paralelă cu curentul de fluid dar depărtată de acesta la marginea masei de suspensii considerate.

$$\rho V_1^2 \bar{S}_1 - \rho V_2^2 \bar{S}_2 - \bar{G} - \bar{G}_s + p_1 \bar{S}_1 + p_2 \bar{S}_2 + \bar{F}_{as} = 0 \quad (3.137)$$

În ecuația de mai sus se neglijează greutatea fluidului \bar{G} , cuprins între cele două suprafețe S_1 și S_2 , fiind foarte mică în comparație cu acțiunea greutății stratului suspensional \bar{G}_s , forțele din presiune $p_1 \bar{S}_1$ și $p_2 \bar{S}_2$ se pot neglija la fel ca și $\rho V_2^2 \bar{S}_2$, ecuația devenind:

$$\rho_a V_1^2 S_1 - m_s \cdot g + m_s \frac{\rho_a}{\rho_s} \cdot g = 0 \quad (3.138)$$

În ecuația de mai sus se constată că V_1 este viteza ascensională medie a curentului de apă în decantor iar S_1 este suprafața decantorului S_{dec} , cu ρ_a s-a notat densitatea apei, ρ_s fiind densitatea suspensiilor din apă, m_s este masa suspensiilor și g accelerația gravitațională.

Se constată că singura necunoscută care determină echilibrul hidrodinamic al stratului suspensional în interiorul decantorului este viteza medie V a curentului ascendent de apă, în continuare rezolvându-se ecuația pentru aflarea relației vitezei medii ascensionale:

$$\rho_a S_{dec} v^2 = m_s \cdot g \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s} \right) \quad (3.139)$$

$$v = \sqrt{\frac{m_s \cdot g \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s} \right)}{\rho_a S_{dec}}} = \sqrt{m_s} \cdot \sqrt{\frac{g \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s} \right)}{\rho_a S_{dec}}} = \sqrt{m_s} \cdot k \quad (3.140)$$

$$v = \sqrt{m_s} \cdot k \quad (3.141)$$

unde k este o constantă ce depinde numai de mărimi măsurabile.

Din această relație rezultă că viteza curentului de apă ascensional depinde direct proporțional de radicalul masei suspensionale.

Pentru aflarea masei de suspensii din stratul suspensional, autorul propune o ecuație a bilanțului de debite de apă a decantorului suspensional, care pentru prima dată, referitor la literatura de specialitate, se introduce noțiunea de debit al stratului suspensional. Schema după care se vor scrie ecuațiile de bilanț este prezentată mai jos:

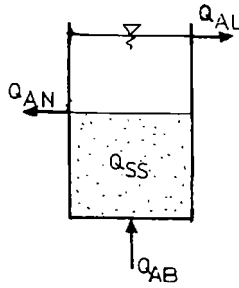


Fig.3.14.

unde: Q_{AB} - debitul de apă brută
 Q_{SS} - debitul stratului suspensional
 Q_{AN} - debitul în exces al apei cu nămol
 Q_{AL} - debitul apei limpezite

Mai jos se va nota cu q_a debitul de apă cu turbiditatea σ SiO_2 , q_s - debitul de suspensii, sistemul de ecuații propus fiind:

$$Q_{AB} = Q_{SS} + Q_{AN} + Q_{AL} \quad (3.142)$$

$$Q_{AB} = q_a(AB) + q_s(AB) \quad (3.143)$$

$$\begin{cases} Q_{SS} = q_a(SS) + q_s(SS) \\ Q_{AN} = q_a(AN) + q_s(AN) \\ Q_{AL} = q_a(AL) + q_s(AL) \end{cases} \quad (3.144)$$

$$Q_{SS} + Q_{AN} + Q_{AL} = q_a(SS) + q_a(AN) + q_a(AL) + q_s(SS) + q_s(AN) + q_s(AL) \quad (3.145)$$

$$q_a(AB) + q_s(AB) = q_a(SS) + q_a(AN) + q_a(AL) + q_s(SS) + q_s(AN) + q_s(AL) \quad (3.146)$$

se observă că debitele de apă fără suspensii intrate și ieșite sunt egale, deci se pot reduce, rezultând:

$$q_s(AB) = q_s(SS) + q_s(AN) + q_s(AL) \quad (3.147)$$

și cunoscând relația

$$Q = \frac{Vol}{t} = \frac{m \cdot g}{\rho} \cdot \frac{1}{t} \quad (3.148)$$

se face înmulțirea ecuației cu $\frac{t}{g} \cdot \rho_s$, rezultând:

$$m_s(AB) = m_s(SS) + m_s(AN) + m_s(AL) \quad (3.149)$$

din această ecuație reiese masa de suspensii din stratul suspensional $m_s(SS)$, care depinde la rândul ei numai de mărimi măsurabile, adică turbiditatea apei brute, a apei cu nămol în exces și a apei limpezite.

Aceste valori se pot determina în timp real cu ajutorul unor senzori și turbidimetre electronice.

În concluzie relația propusă : $v = \sqrt{m_s} \cdot k$, arată modul în care trebuie să se realizeze echilibrul hidrodinamic al stratului suspensional, astfel încât decantorul suspensional să funcționeze în mod optim, cu eficiență maximă. Trebuie menționat că datorită relației matematice propuse, nouă referitor la literatura de specialitate, în care apar mărimi măsurabile în timp real, această metodă matematică care permite controlul stratului suspensional din decantoarele suspensionale, se pretează la automatizarea proceselor de decantare suspensională, automatizare care pînă acum nu se putea realiza.

3.6. Necesitatea și oportunitatea studierii pe stația pilot (și modele) a proceselor de decantare suspensională.

Necesitatea și oportunitatea studierii pe modele și stații pilot a proceselor de decantare suspensională rezultă din problemele complexe pe care le pune introducerea în fluxul tehnologic a noilor stații de tratare a apei, a separatoarelor suspensionale.

O altă problemă care apare este determinarea legilor de similitudine a procesului de limpezire printr-un strat de nămol în suspensie între modelele, prototipurile pilot și decantoarele la scară naturală. În stabilirea condițiilor de similitudine apar probleme deosebite determinate de studiul fenomenului hidraulic, în legătură cu procesul complex de adsorbție a particulelor din apa brută în stratul suspensional, după care rezultă limpezirea apei.

Studierea fenomenului de decantare în general și în particular decantarea suspensională este necesară a se realiza pe modele sau pe stații pilot, la amplasarea acestor tipuri de decantoare în fluxurile tehnologice care se proiectează pentru fiecare apă brută care trebuie tratată./57/. Acest studiu este general în lume acolo unde se concepe o stație de tratare de mari dimensiuni, pentru a obține o eficiență maximă a tratării.

Modelul sau pilotul este absolut necesar acolo unde se studiază și un nou tip de decantor, care impune un nou flux tehnologic de tratare a apei.

Scopul acestui studiu este de a determina modul de funcționare optim, acesta realizându-se prin determinarea parametrilor principali, precum și a valorilor lor optime de funcționare.

Studiul pe un pilot a fost absolut necesar a se realiza, pentru determinarea parametrilor caracteristici și a valorilor lor optime la un decantor suspensional cu debit variabil de concepție nouă, care este alimentat printr-un sistem static fără elemente în mișcare, acesta fiind un sifon hidraulic, precum și caracteristica sa principală, alimentarea decantorului suspensional cu debit variabil prin două debite distincte, unul continuu, de întreținere a stratului suspensional, și altul variabil, pulsator care este produs de sifonul hidraulic.

Pe acest pilot s-au făcut experimentări putându-se efectua și comparațiile între rezultatele teoretice date de modelul matematic propus pentru realizarea procesului de separare suspensională, metoda matematică propusă pentru realizarea echilibrului hidrodinamic al stratului suspensional în interiorul decantorului și rezultatele date de desfășurarea procesului natural de separare suspensională.

Problemele care au apărut la modelarea, proiectarea și construirea acestui nou tip de decantor suspensional cu debit variabil, împreună cu soluțiile găsite se vor prezenta în continuare.

Capitolul 4. Progresul cercetării separării suspensionale pe modele experimentale

4.1. Nivelul cercetării actuale pe modele experimentale

Printre primele cercetări (1971) pe modele experimentale asupra decantoarelor suspensionale la noi în țară le-a realizat Ghe.Crețu, prezentarea, recomandările și concluziile acestor cercetări sunt prezentate în lucrarea /20/. Cercetările experimentale s-au axat pe studiul separatoarelor suspensionale de secțiune orizontală circulară, constantă și progresivă și pentru o secțiune poligonală progresivă.

Modelele folosite la studiile experimentale pentru separatoarele suspensionale cu secțiune circulară, constantă și progresivă sunt de fapt modele experimentale semiindustriale cu înălțimea de 2,90 m și diametrul de 1,56 m, și separatorul suspensional cu secțiune poligonală progresivă are dimensiunile realizate la scara de similitudine geometrică 1:5.

Pentru toate modelele folosite sistemul de distribuție a apei brute în spațiul suspensional a fost realizat printr-un radier găurit, cu orificii uniform repartizate pe suprafața acestuia, având diametrul cuprins între 10 și 25 cm.

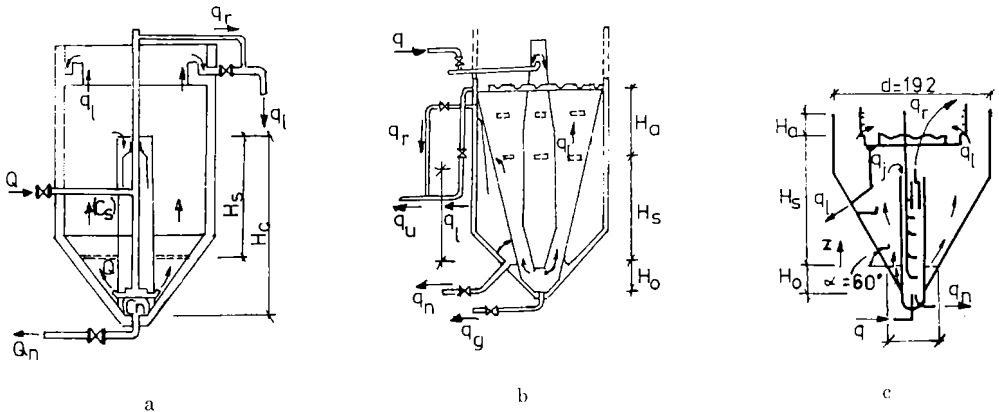


fig.4.1

Sistemul de colectare a apei limpezite se face prin jgheaburi de colectare uniform distribuite.

Sistemul de colectare a surplusului de suspensii este prevăzut în cazul separatorului cu secțiune circulară constantă, un concentrator cilindric concentric în interiorul spațiului suspensional, iar în cazul separatorului cu secțiune circulară progresivă se realizează prin orificii de secțiune dreptunghiulară (4x15 cm) lateral în perete. La separatorul cu secțiune poligonală progresivă realizarea evacuării excesului de suspensii se realizează prin intermediul unui concentrator de secțiune circulară, amplasat în interiorul spațiului suspensional.

O caracteristică a acestor modele este posibilitatea variației înălțimii spațiului suspensional și al spațiului de limpezire.

Cercetările experimentale au scos în evidență plajele de valori pentru parametrii caracteristici între care pot să funcționeze separatoarele suspensionale.

Studiul teoretic a adus ca noutate un model matematic care caracterizează fenomenul de separare suspensională, împreună cu diferite relații matematice care definesc acest fenomen, acestea fiind prezentate în capitolul 3.3. din prezenta teză de doctorat.

Alte studii experimentale /47/ în țara noastră s-au realizat la București, în laboratorul de hidraulică, alimentări cu apă și canalizări, a Facultății de Hidrotehnică din București, unde s-a construit un decantor cu pulsații și lamele. (1992).

Acest pilot este prezentat în figura 4.2:

Modelul folosit are înălțimea de 4 m și secțiunea în plan de 1 x 0.94 m. Pulsațiile sunt realizate într-un turn de lansare cu secțiunea de 0.3 x 0.3 m și înălțimea de 5.20 m. echipat cu traductor de presiune diferențială, electrovană, pompă de vacuum și aparatură electrică de comandă.

Sistemul de distribuție a apei brute este realizat din conducte găurite așezate la distanță mică de radierul decantorului, găurile fiind orientate în jos, la un unghi de 45° față de verticală.

Sistemul de colectare a apei limpezite este asigurat printr-un jgheab cu fante deversoare montat pe laterale.

Concentratorul de nămol este amplasat lateral având formă unui trunchi de piramidă, evacuarea făcându-se intermitent.

Modelul experimental este dotat cu un modul lamelar inferior și un modul lamelar superior.

Un pilot realizat aproximativ ca și cel de la Facultatea de Hidrotehnică București este cel realizat CIC Năvodari, proiectat și realizat de Ghe. Moraru și I.C.B. București. /47/.

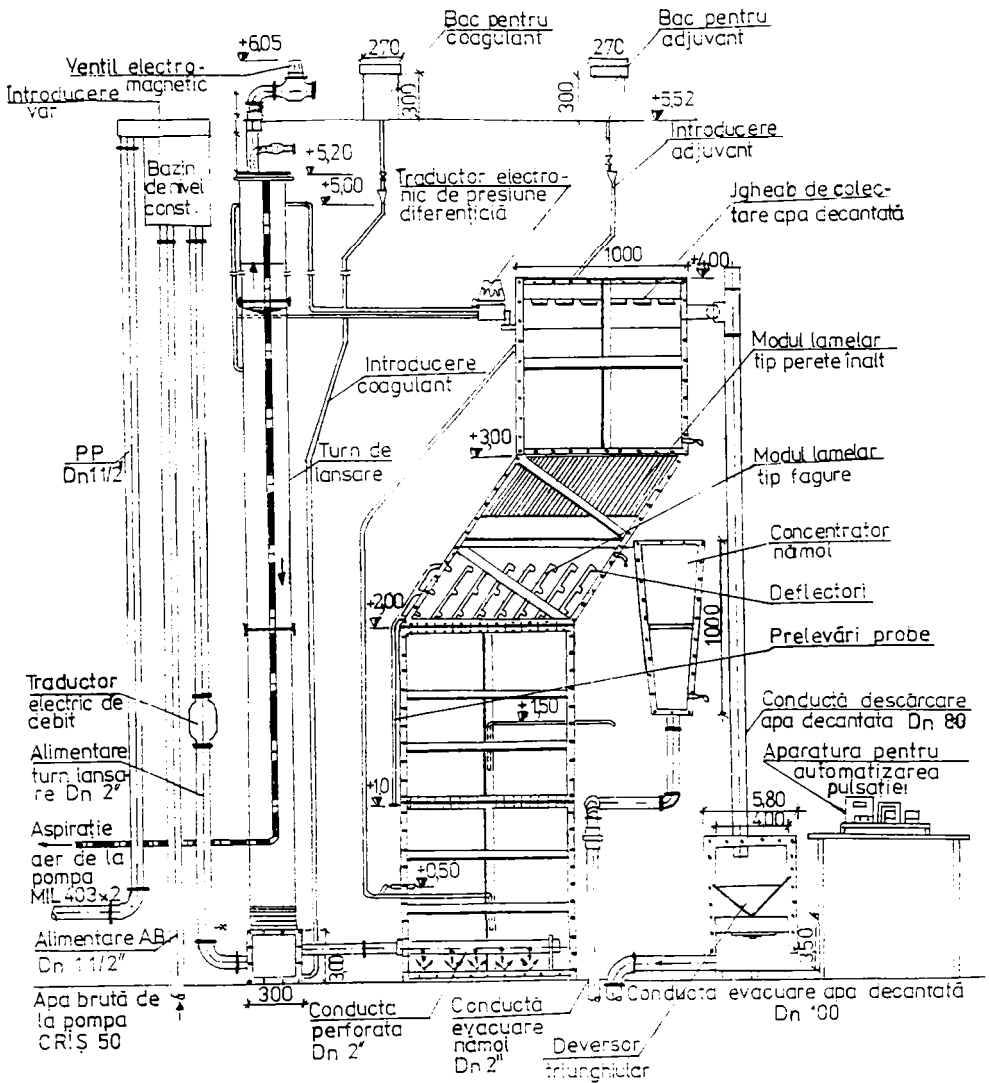
Decantorul s-a realizat pentru stabilirea schemei de tratare și a elementelor tehnologice la stația de tratare a apei industriale de la C.I.C. Năvodari, rolul decantorului fiind cel de decarbonatare a apei brute.

Pe aceste decantoare s-au realizat experimentări, rezultatele obținute împreună cu un model matematic referitor la introducerea deflectorilor între lamelele unui modul lamelar se găsesc în lucrarea /47/, iar o parte din ele sunt prezentate și în această teză de doctorat în capitolul 3.

Pe plan internațional se poate spune că începând din anii '70 au luat amploare studiile referitoare la decantoarele suspensionale. În cererea de brevet 2.196.832 din 1972, din Franța /95/, societatea Degrémont patentează procedeul și aparatul pentru introducerea modulelor lamelare în spațiul suspensional, ameliorând astfel procedeul de decantare suspensională brevetat de aceeași societate (brevet Franța nr.1.115.038).

În 1973 aceeași societate patentează un nou procedeu și aparat pentru perfecționarea decantării pe pat de nămol, a lichidelor, și în special a apelor, care constă în introducerea unor deflectorii între lamelele modulului lamelar introdus în spațiul suspensional. Acest brevet este arătat pe larg în cadrul capitolului 4.2.2.

În 1980 trei inventatori francezi Ghosail Fred, Pezzoni Jean-Marie și Rousset Philippe în brevetul nr.8005543 (Franța), patentează un procedeu și dispozitiv de limpezire a lichidelor prin decantarea pe pat de nămol, care constă în introducerea la baza stratului suspensional a unor grătare de menținere a stratului suspensional, format din pâlnii de diferite forme, etanșate între ele, ca în figura 4.3.



Stația pilot din laboratorul de alimentări cu apă. Secțiune verticală

Fac. Hidrotehnică București

Fig. 4.2

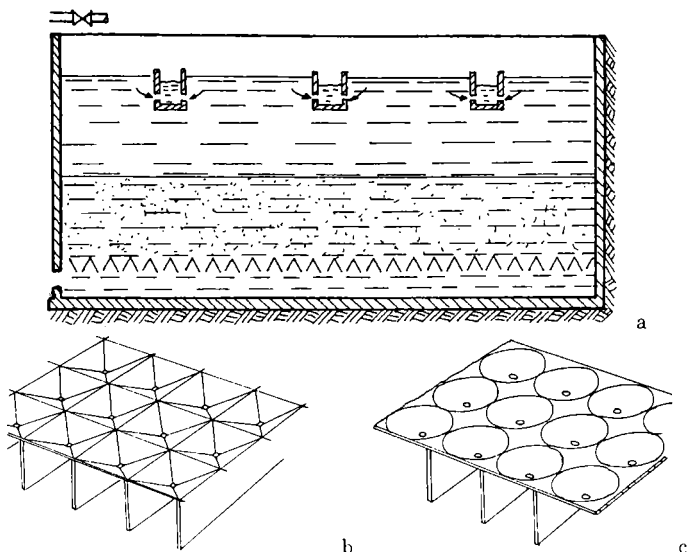


Fig.4.3

În 1980, societatea Velles din Franța brevetează (brevet nr.8.012.448), un procedeu și dispozitiv care constă în introducerea unui singur rând de deflectorți la intrarea în spațiul dintre lamele. Acest brevet este descris pe larg în prezenta teză de doctorat în capitolul 4.2.2.

În 1986, societatea Degrémont brevetează decantorul lamelar prin brevetul nr.2.598.331 - A1, decantor construit după aceea în multe stații de tratare din lume, caracteristica lui fiind aceea că singurul procedeu de decantare folosit este cel de decantare lamelară.

Acest procedeu se regăsește în compania altor procedee de decantare denumite, Multiflo /92/ și Actiflo /91/, procedee și decantoare prezentate și ele pe larg în capitolul 2.5. din prezenta teză de doctorat.

Aceste procedee noi de decantare ca de exemplu Patent USA nr. 4.927.543/1990 /100/, folosesc nisipul fin pentru accelerarea decantării, precum și decantorul Cyclofloc, /93/ prezentat în capitolul 2.5, sau utilizarea ozonului în decantare, decantorul Ozoflot, /90/, fiind și el prezentat în capitolul 2.5.

4.2. Abordarea teoretică a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare.

Abordarea teoretică modernă a separatoarelor suspensionale cu debit variabil trebuie să se realizeze împreună cu decantarea lamelară, care se poate folosi cu succes și în cadrul acestor decantoare, știut fiind că acest tip de decantare aplicat la separatoarele suspensionale cu debit variabil îmbunătățește foarte mult eficiența lor. În continuare se vor prezenta cele două tipuri de decantoare separat, iar apoi ele se vor reuni și regăsi într-un calcul pentru prezentarea și dimensionarea decantoarelor suspensionale cu debit variabil.

4.2.1. Abordarea teoretică a separării suspensionale cu debit variabil.

Separarea suspensională cu debit variabil se realizează prin introducerea intermitentă a apei brute la baza decantorului și a stratului suspensional, care se află ținut în suspensie la un anumit nivel în decantor datorită debitului și vitezei apei introduse, această decantare numindu-se și pseudo-filtrare sau decantare pe pat de nămol.

Fenomenul de decantare suspensională cu debit variabil se explică prin intermediul a trei teorii:

1. Curba lui Kynch - ipoteza fundamentală a lui Kynch este că viteza de cădere a unei particule nu depinde decât de concentrația locală C de particule.

2. Legile lui Fick, care determină viteza de difuzie ca fiind proporțională cu forța de acționare. În regim staționar, respectiv în regim nestaționar numărul de particule N care difuzează în timpul elementar t pe unitatea de suprafață este dat de relațiile:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -D \frac{\partial C}{\partial z}; \quad \frac{\partial N}{\partial t} = -D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (4.1)$$

D - fiind coeficientul de difuziune în cm^2/s

3. Se acceptă că legea de decantare suspensională cu debit variabil este identică cu legea decantării suspensionale

$$C = C_0 \cdot e^{-z \cdot b \cdot C_s / v} \quad (4.2)$$

$$\text{sau } C = C_0 \cdot e^{-Z} \quad (4.3)$$

$$\text{unde } Z = z \cdot \frac{b \cdot C_s}{v}$$

unde: C_s = concentrația în spațiul suspensional

C = concentrația în suspensii la un anumit nivel

C_0 = concentrația inițială în suspensii

e = numărul lui Euler

b = capacitatea de absorbție în stratul suspensional

z = înălțimea stratului suspensional la un moment dat

v = viteza în spațiul suspensional

Ideea de a realiza un decantor cu debit intermitent acționând într-un decantor de jos în sus, de la bază spre partea susuperioară a pornit de la observația că în cazul unei decantări obișnuite, statice la un volum dat, nămolul nu mai rămâne în acel lichid ci se tasează, se depune pe fundul decantorului, iar în cazul unei alimentări de jos în sus cu un debit continuu acest fenomen se stopează, iar apa și nămolul se amestecă, volumul de apă din decantor fiind tot timpul turbure, datorită nămolului care este ținut în suspensie de curentul ascensional de apă. Observând acest fenomen după un timp mai îndelungat de funcționare, se constată că totuși nămolul nu rămâne în suspensie în acel lichid, ci se tasează progresiv devenind ca o pătură densă, ca mai apoi în mijlocul acestei mase compacte să se creeze câteva pasaje verticale de trecere a apei, ca niște hornuri, acestea apărând în mod aleatoriu pe suprafața acestui pat filtrant de nămol. Este evident că în aceste condiții nu se mai poate realiza un contact eficient între apa care traversează decantorul și patul filtrant de nămol.

Pentru a contracara acest dezavantaj apărut s-a ajuns la concluzia că apa trebuie introdusă în decantor de jos în sus de o manieră intermitentă; introducând apă cu un

debit puternic într-un timp scurt, această operație fiind urmată de o perioadă de repaus prelungit, se constată că în această perioadă masa de nămol se menține în suspensie omogenă, jucând cu adevărat rolul unui pat filtrant.

Fenomenele apărute sunt ușor de înțeles, în primul caz când patul de nămol este traversat de jos în sus de un curent de apă continuu, se creează în mod obligatoriu câteva mici neregularități de tasare, decantare. Apa în mod natural are tendința de a circula preferențial în zonele unde patul de nămol este un pic mai permeabil, această tendință în timp se accentuează, crește și debitul de apă care se strecoară printre aceste neomogenități de tasare, aceasta ducând după un timp la îndepărtarea nămolului din patul filtrant din aceste mici zone, producând în final acele culoare de trecere preferențiale ale apei prin patul de nămol. Aceasta explică imposibilitatea practică de a realiza un pat filtrant de nămol omogen, care să fie traversat de jos în sus de un curent de apă cu debit constant. În cel de-al doilea caz efectuând de o manieră discontinuă alimentarea cu apă a decantorului, cum s-a spus mai sus, patul de nămol rămâne omogen în tot volumul său, prin el neavând timp să se formeze acele culoare preferențiale de trecere a apei.

Practic un asemenea decantor pe pat de nămol, alimentat cu un debit variabil, conține dispozitive destinate pentru evitarea fenomenului mai sus arătat, care trebuie să agite patul de nămol. Consecința imediată a acestui lucru este o diminuare a concentrației în materii solide a patului de nămol și formarea unui remu deasupra acestui pat de nămol cu tendința de a se propaga spre părțile superioare ale decantorului.

La traversarea unei pături de nămol de un curent ascendent, vertical de apă, se constată că volumul ocupat de nămol variază cu debitul, crescând cu acesta, dar există o limită de la care expansiunea nămolului este aceeași cu a particulelor care o constituie, acestea depărtându-se una de cealaltă pe măsură ce forța de gravitație este insuficientă pentru a le menține coeziunea, și prin urmare pătura de nămol este antrenată de curentul de apă.

Dacă se va măsura viteza de depunere a unui nămol în funcție de concentrația acestuia din lichid, se va constata că pentru o concentrație mică viteza de depunere este mică, iar o mărire a concentrației crește viteza până la o valoare, după care aceasta scade cu creșterea în continuare a concentrației de nămol. Rezultă deci că pentru un anumit tip de nămol există o valoare limită a vitezei de depunere care este imposibil de depășit.

În practică, la calculul dimensiunilor unui decantor se încearcă tot timpul să se găsească o valoare a vitezei sub această viteză limită de expansiune a nămolului, rezultând din aceasta viteză adoptată.

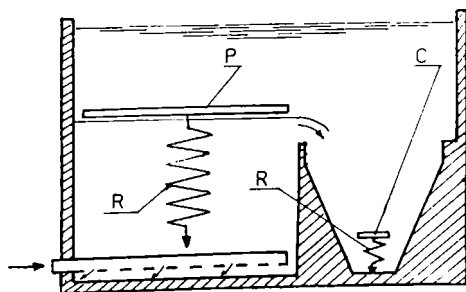


Fig.4.4.

Considerând că pătura de nămol se comportă ca un resort (fig.4.4) care are tendința de a se comprima sub acțiunea forțelor de gravitație, dar care se comprimă mai mult sau mai puțin datorită forțelor de frecare existente în apă care acționează asupra particulelor de nămol, care constituie resortul și care cresc în mod natural odată cu creșterea vitezei apei. Acest resort se decomprimă din ce în ce mai mult cu cât crește viteza ascendentă, dar se poate rupe când viteza ascensională depășește o anumită valoare limită, aceasta ducând la adoptarea în funcționarea mecanismului a unei viteze sub viteza limită. Pe de altă parte se poate crește rezistența acestui resort prin îmbunătățirea calității flocoanelor, prin folosirea adjuvanților de floclare cum este silicea activă care poate duce la reducerea dimensiunilor decantorului în timp ce sulfatul de aluminiu singur produce o floclare care nu posedă coeziune între flocoane.

Dacă se pune un vas în mijlocul unei mase de nămol menținut în expansiune de un curent ascendent de apă, se constată că nămolul se adună și se tasează în acest vas. Aceasta se explică ușor prin faptul că în acest vas nu circulă curenți de apă și deci nu există forțe care să țină în expansiune nămolul. Aceasta se întâmplă ca și cum vasul constituie o zonă de presiune joasă (resortul în poziția sa natural comprimat) în timp ce de jur împrejur există o zonă de presiune înaltă în zona de joasă presiune. Astfel vasul pus în discuție va constitui concentratorul de nămol de unde este posibil să se evacueze excesul de nămol.

În practică viteza ascensională limită la care poate funcționa un astfel de decantor depinde de mai mulți factori: tipul nămolului, coeficientul de coeziune a nămolului, natura apei brute, modul de tratare cu coagulanți și adjuvanți de floclare, temperatură etc..

4.2.2. Abordarea teoretică a decantării lamelare la debite variabile.

Funcționarea decantorului suspensional cu debit variabil, echipat cu modul lamelar, implică două caracteristici importante, viteză ascensională variabilă și o mișcare a sistemului bifazic (faza lichidă - apă, faza solidă - suspensii) nepermanentă datorită faptului că pe lângă introducerea unui debit constant, intermitent se introduce un volum constant. În acest mod are loc o suprapunere de mișcări care conferă curgerii caracterul general nepermanent.

Studierea mișcării în întregul decantor este foarte dificilă deoarece pe lângă nepermanentă scurgerii, fluidul este neomogen și nevâscos, deoarece densitatea și vâscozitatea sunt variabile cu concentrația particulelor solide și cu temperatura, iar condițiile inițiale și la limită sunt relativ dificile de modelat.

Datorită acestor condiții se propune [47] un model matematic numai pentru studiarea mișcării plane între două lamele ale modului lamelar, prevăzut cu deflectorii.

În ipoteza mișcării laminare și nepermanente ale unui fluid real, omogen și incompresibil, este valabil sistemul de ecuații Navier - Stokes și de continuitate, care sub formă vectorială are forma :

$$\begin{cases} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \cdot \vec{u} = f - \frac{1}{\rho} \cdot \nabla p + \nu \cdot \nabla^2 \cdot \vec{u} \\ \nabla \vec{u} = 0 \end{cases} \quad (4.4)$$

unde :

$$\vec{u} = u_x \cdot \vec{i} + u_y \cdot \vec{j} + u_z \cdot \vec{k}, \quad \text{este vectorul viteză locală} \quad (4.5)$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \vec{k}, \quad \text{este operatorul Hamilton (nabla)} \quad (4.6)$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad \text{este operatorul Laplace} \quad (4.7)$$

$$\vec{f} = f_x \cdot \vec{i} + f_y \cdot \vec{j} + f_z \cdot \vec{k}, \quad \text{este vectorul forțelor masice unitare,}$$

în care :

ρ este densitatea fluidului, p este presiunea, t este timpul, ν este coeficientul cinematic de vâscozitate.

Acest sistem de ecuații a fost integrat numeric, prin metoda diferențelor finite, cu pași variabili pentru problema plană permanentă, transformând mai întâi sistemul de ecuații hiperbolice cu necunoscutele \vec{u} și p , într-un sistem de ecuații eliptice cu necunoscutele ψ (funcția de curent) și $\vec{\omega}$ (rotor), pentru care se pot pune mai ușor condițiile de contur.

Pentru aceasta se consideră un regim permanent de mișcare și se introduce funcția de curent ψ :

$$\begin{cases} v_x = \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ v_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \\ v_z = 0 \end{cases} \quad (4.7')$$

considerându-se o problemă plană, și se remarcă că $\psi = \text{const.}$ reprezintă ecuația unei linii de curent. De asemenea se introduce și vectorul rotor $\vec{\omega} = \omega_x \cdot \vec{i} + \omega_y \cdot \vec{j} + \omega_z \cdot \vec{k}$. cu componentele $\omega_x = \omega_y = 0$ și $\omega_z = \omega \neq 0$.

Astfel, din definiția rotorului:

$$\omega = \frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\nabla^2 \psi \quad (4.8)$$

rezultă prima ecuație a sistemului:

$$\nabla^2 \psi = -\omega \quad (4.9)$$

Pentru obținerea celei de-a doua ecuații se aplică rotorul primei ecuații din sistem rezultând:

$$\nabla \times (\vec{u} \cdot \nabla) \cdot \vec{u} = \nabla \times \vec{f} - \nabla \times \left(\frac{1}{\rho} \cdot \nabla p \right) + \nabla \times (\nu \cdot \nabla^2 \cdot \vec{u}) \quad (4.10)$$

iar apoi se exprimă proiecțiile după cele trei axe x, y, z .

Sistemul de ecuații în forma finală devine:

$$\begin{aligned} \nabla^2 \psi &= -\omega \\ \nabla^2 \omega + \text{Re}_0 \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial y} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) &= 0 \end{aligned} \quad (4.11)$$

unde Re_0 nu este un număr Reynolds local, caracteristic mișcării, ci doar o constantă globală necesară adimensionalizării ecuației.

Modul matematic de rezolvare a sistemului de ecuații de mai sus împreună cu programul de calcul, a fost conceput de către Ghe. Moraru cu sprijinul colectivului catedrei de Hidraulică din cadrul Institutului de Construcții București și prezentat în lucrarea /47/.

Rezultatele grafice sunt prezentate în fig.4.5 și 4.6.

Rezolvarea sistemului de ecuații duce la concluzia că modelarea matematică la mișcarea laminară între plăcile modulului lamelar este perfect posibilă, rezultatele numerice prezentând un grad ridicat de confidență /47/.

Prin modelarea și experimentările realizate prezentate în lucrarea /47/ rezultă că în modulul lamelar inferior are loc în zona deflectorilor o mișcare turbulentă, iar spre placa inferioară are loc o mișcare laminară. Această mișcare favorizează, în zona deflectorilor creșterea mărimii flocoanelor și a concentrației până la apariția unei separații între masa lichidă și suspensie, care cade în zona inferioară și alunecă pe placa de jos, unde curgerea este laminară.

Se confirmă astfel utilizarea cu succes a deflectorilor la modulul inferior, care favorizează flocularea și amestecul în timpul decantării, fără a se face referire la tipul curgerii respectiv la numărul Reynolds cum susține Richard Y. /62/. aceasta în defavoarea părerii lui Gomella /30/, care susține că introducerea deflectorilor este contrară principiului decantării lamelare /47/.

În literatura de specialitate /23/, /42/ se prezintă tipurile de module lamelare care există și s-au studiat până în prezent (fig.4.7).

Pentru toate tipurile de module lamelare viteza limită de decantare v_1 , într-un element este:

$$v_1 = \frac{Q}{n \cdot S_L \cdot \cos \alpha} \quad (4.12)$$

unde :

S_L - suprafața elementară a fiecărui element

n - numărul de lamele

Aceste tipuri de module lamelare sunt:

a) în contracurent - nămolul și apa circulă în sens invers

$$v_1 = \frac{Q}{n \cdot l \cdot (L \cdot \cos \alpha + e \cdot \sin \alpha)} \quad (4.13)$$

b) în cocurent - nămolul și apa circulă de sus în jos.

$$v_1 = \frac{Q}{n \cdot l \cdot (L \cdot \cos \alpha - e \cdot \sin \alpha)} \quad (4.14)$$

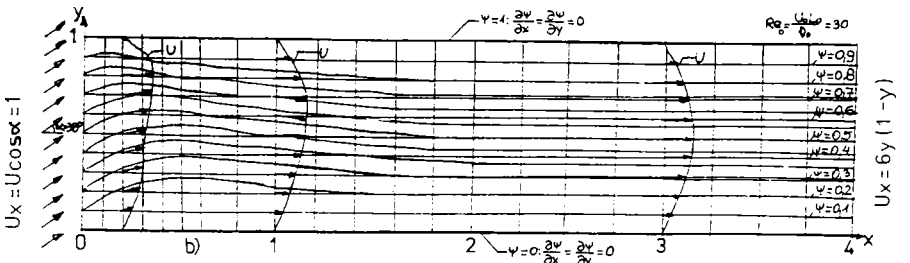
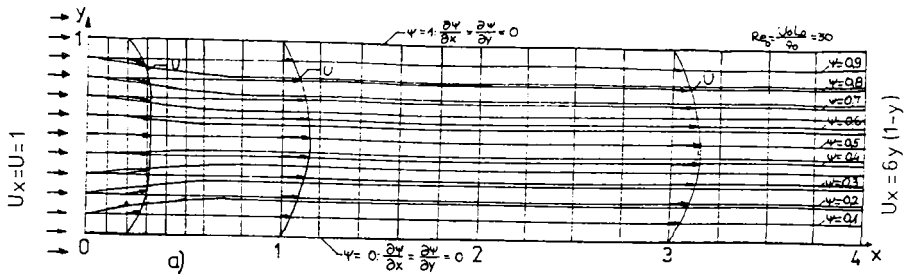


Fig.4.5. Stabilizarea mișcării laminare între doi pereți: piani
 a) cu accesul normal al apei
 b) cu accesul înclinat al apei

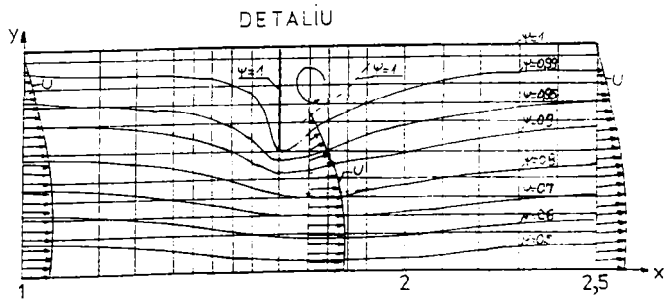
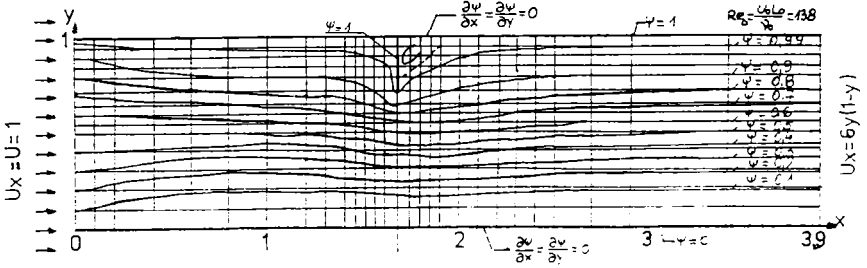


Fig.4.6 Mișcarea laminară între doi pereți: piani
 cu un deflector-accesul normal al apei

e) în curent încrucișat - nămolul și apa circulă pe direcții perpendiculare.

$$v_i = \frac{Q}{n \cdot l \cdot (L \cdot \cos \alpha + e \cdot \sin \alpha)} \quad (4.15)$$

cu

L - lungimea lamelei

l - lărgimea lamelei

e - distanța între două lamele

$S = L \cdot l$

Aceste formule /23/ nu țin cont de curențele hidraulice care apar la plecarea sau evacuarea apei și nămolului. Aceste tipuri de module lamelare sunt prezentate în figura alăturată. Mai jos se vor prezenta formulele de calcul teoretice pentru o decantare în contracurent, adică apa circulă ascendent, iar nămolul coboară, alunecă pe lamele în jos, nămolul fiind format din flocoane aglomerate, decantate.

Dacă în calcule se va neglija grosimea lamelei, viteza medie a apei între lamele va fi :

$$v = \frac{V}{\sin \alpha} \quad (4.16)$$

unde V este viteza medie ascendentă verticală la intrarea în modulul lamelar, iar unghiul de înclinare a lamelelor față de orizontală considerând că modulul lamelar este format din $(m-1)$ lamele, distanța e între lamele va fi:

$$e = \frac{l \cdot \sin \alpha}{m} \quad (4.17)$$

Expresia numărului Reynolds, a mișcării apei între lamele este:

$$Re = \frac{v \cdot Rh}{\nu} \quad (4.18)$$

unde Rh este raza hidraulică a modulului lamelar.

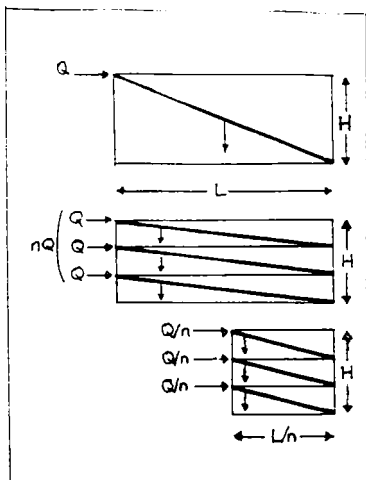
$$Rh = \frac{l \cdot \sin \alpha}{2m + 2l \sin \alpha} \approx \frac{l \cdot \sin \alpha}{2m} \quad (4.19)$$

iar ν este coeficientul cinematic de vâscozitate al apei. Aproximația poate fi realizată deoarece $m \gg l \cdot \sin \alpha$ și înlocuind relația Rh în relația de aflare a numărului Reynolds, Re , rezultă:

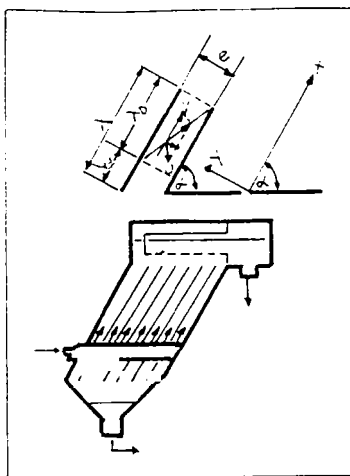
$$Re = \frac{v \cdot l \cdot \sin \alpha}{2m} = \frac{v \cdot e}{2\nu} \quad (4.20)$$

Experiențele au arătat că pentru a avea o mișcare laminară optimă pentru decantarea lamelară, numărul Reynolds trebuie să fie cuprins între 20 și 50. Pornind de la aceste valori se poate obține expresia distanței între lamele:

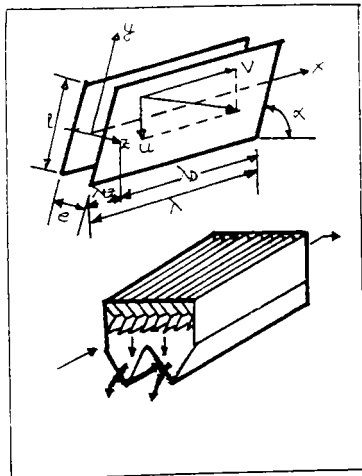
$$e = (40 \dots 100) \frac{\nu \cdot \sin \alpha}{v} \quad (4.21)$$



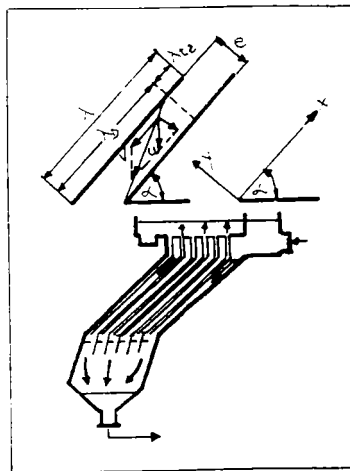
c) Principiul decantării lamelare



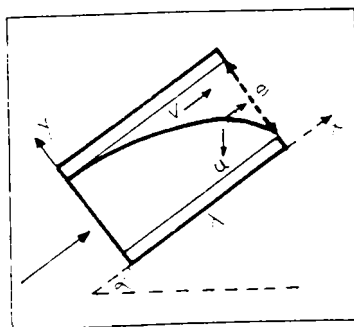
b) Dec. lam. contra-curent



c) Dec. lam. cocurent



d) Dec. lam. curent format



e) Traiectoria unei particule decantate

Fig. 4-7

care conduce la mărimi ale acesteia de 2,5 - 13 cm pentru viteze ascensionale în decantor de 2-4 m/h.

Ținând cont de dimensiunile lamelelor și de tipul lor (secțiune, dreptunghiulară, rotundă, hexagonală etc.), viteza medie într-un punct oarecare, pornind de la legea distribuției vitezelor în mișcarea laminară este dată de relația lui Yao:

$$\frac{V}{V_0} = A \cdot \frac{y}{e} \cdot \left(1 - \frac{y}{e}\right) \quad (4.22)$$

$$\text{iar } Sc = \frac{u_1}{V_0} \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{e} \cdot \cos \alpha \right) \quad (4.23)$$

unde:

V_0 - viteza medie a fluidului pe direcția x

u_0 - viteza ascensională medie (componenta verticală a lui V_0), adică $u_0 = V_0 \cdot \sin \alpha$

α - unghiul de înclinare a lamelelor față de orizontală

A, Sc - parametrii depinzând de tipul plăcii sau a tuburilor

λ - lungimea lamelelor (în direcția x)

y - lungimea lamelelor (în direcția y)

e - distanța între lamele (ortogonală)

u_1 - viteza minimă de decantare pe care trebuie să o aibă o particulă pentru a fi reținută în decantarea lamelară.

Spre exemplu la tuburile circulare $A=8$ și $Sc=4/3$, iar la plăcile paralele $A=6$ și

$Sc=1$.

Lungimea de decantare efectivă, necesară pentru separarea particulelor având viteza de sedimentare u_1 , va fi:

$$\lambda_D = e \cdot \left(\frac{Sc}{\cos \alpha \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{u_0}{u_1} - \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (4.24)$$

raportul optim între lungimea de decantare și dimensiunea normală la direcția de curgere este $\lambda_D/e \cong 20$.

Pentru calculul lungimii totale a modului lamelar este necesar să se ia în considerare zona de tranziție, care ține seama de trecerea de la mișcarea turbulentă din decantor la mișcarea laminară din modulul lamelar.

Calculul se poate face cu formula /42/:

$$\lambda_{tz} = 0,1 \cdot e \cdot Re \quad (4.25)$$

$$\lambda = \lambda_D + 2\lambda_{tz} \quad (4.26)$$

unde λ_{tz} este lungimea zonei de tranziție. Re - nr. Reynolds a mișcării apei dintre lamele. λ - lungimea totală. În această formulă se ține seama și de zona de tranziție la ieșirea din spațiul lamelar în spațiul de limpezire, caracterizat și el de o mișcare turbulentă.

sau se poate formula /23/:

$$\lambda_{tz} = a \cdot d_h \cdot Re \quad (4.27)$$

$$\lambda = \left(\frac{Sc}{\cos \alpha \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{u_0}{u_1} - \operatorname{tg} \alpha + \frac{0,028d_s^2}{\nu \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{u_0}{3600} \right) \quad (4.28)$$

- l, e se măsoară în m
- u_0, u_1 se măsoară în m/h
- v se măsoară în m^2/s

unde a este o constantă egală cu 0,028, iar d_h este diametrul hidraulic al unui spațiu dintre lamele.

Modelele de module lamelare sunt diverse: plăci ondulate, tuburi circulare, tuburi cu secțiune rectangulară, tuburi hexagonale, etc. Pentru a putea compara diversele fascicule lamelare între ele se consideră parametrul $u_1/23$:

$$u_1 = \frac{Q}{n \cdot S_L \cdot \cos \alpha} = \frac{u_0 \cdot S_H}{n \cdot S_L \cdot \cos \alpha} \quad (4.29)$$

$$\text{de unde } \frac{u_1}{u_0} = \frac{S_H}{n \cdot S_L \cdot \cos \alpha} \quad (4.30)$$

S_L - suprafața elementară a unei lamele

S_H - suprafața oglinzii apei

n - nr. de lamele

α - unghiul de înclinare al lamelei față de orizontală

Modulele lamelare au diferite rapoarte u_1/u_0 în funcție de tipul lamelilor: cele rotunde 1/6,4 sau 1/7,4 în funcție de modul de aranjare, cele pătrate 1/8,1, iar cele hexagonale au 1/10,8. Sensul raportului u_0/u_1 este capacitatea de reducere a vitezei limită de cădere a particulei.

Ultimele cercetări /96/ în domeniu au relevat că între lamele dacă se pun mici obstacole, sub forma unor aripioare înclinate sub un anumit unghi, decantarea lamelară crește.

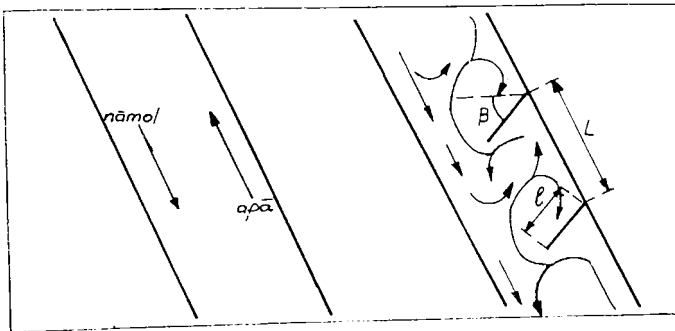


Fig.4.8

Acești deflectorii de lungime l pot fi de ordinul de mărime $\frac{2L}{3}$, L fiind distanța între doi deflectorii, β unghiul de înclinare al deflectorilor, dar acest sistem de doi deflectorii se poate pune pe o lamelă la o distanță H ($L < H < 5L$). Această metodă se bazează pe o microrecirculare accelerată a suspensiilor de nămol aflate în curentul de apă între două lamele.

Alte cercetări /91/ susțin aceeași idee de a avea totuși o microcirculare a suspensiilor de nămol, aceasta putându-se realiza la intrarea în modulul lamelar, prin intermediul unui singur rând de deflectorii ca în figura de mai jos:

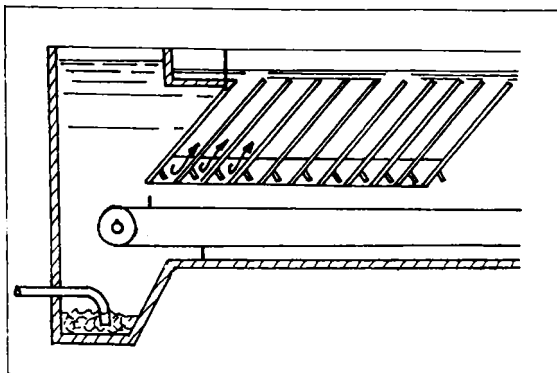


Fig.4.9

Alegerea tipului de decantare lamelară se poate face în funcție de fluxul tehnologic de limpezire ales, astfel, decantarea în contra-curent permite organizarea hidraulică cea mai simplă și mai fiabilă. Din contră, decantarea lamelară în cocurent prezintă dificultăți la colectarea apei decantate, iar la decantarea în curent încrucișat echirepartitia fluxurilor hidraulice este delicată.

În concluzie viteza apei în aceste dispozitive dă în cadrul unui decantor, viteza de decantare mai mare cu câțiva metri în plus pe secundă față de un decantor simplu.

4.2.3. Contribuții la abordarea teoretică a separatoarelor suspensionale cu debit variabil.

Contribuțiile la abordarea teoretică a separatoarelor suspensionale cu debit variabil constau în propunerea unui nou model matematic pentru fenomenul de separare suspensională și o metodă matematică pentru realizarea controlului asupra echilibrului hidrodinamic al stratului suspensional.

Aceste contribuții pleacă de la ideea că fenomenul de separare suspensională cu debit variabil și echilibrul stratului suspensional sunt similare proceselor petrecute în decantoarele suspensionale.

$$C = C_0 \cdot e^{\frac{v}{\alpha}(C-C_0)z\beta} \quad (4.31)$$

La acest model matematic se subliniază că v este viteza medie în decantor ascensională la un moment dat. În funcție de S_{dec} - suprafața decantorului se propune următoarea formulă pentru a cuprinde fenomenele care se produc în stratul suspensional.

$$Q = Q_s + Q_a \quad (4.32)$$

unde Q_m - debitul mediu total

Q_s - debitul care este necesar fenomenului de separare suspensională

Q_a - debitul de amestecare, de omogenizare a stratului de nămol, pentru a nu forma culoare preferențiale de trecere a apei.

Se observă că la decantoarele suspensionale cu recircularea nămolului debitul de amestec Q_a este de fapt un debit recirculat Q_r care se scade din debitul total

$$Q_m = Q_s - Q_r \quad (4.33)$$

La decantoarele pulsatoare debitul de omogenizare este un debit suplimentar variabil Q_p , care se adaugă la debitul necesar fenomenului de separare suspensională

$$Q_m = Q_s + Q_p \quad (4.34)$$

În ipoteza că două decantoare suspensionale, unul cu recircularea nămolului și al doilea cu debit variabil au aceeași suprafață S_{lec} rezultă

$$v_m = v_s \cdot v_{mr} \quad (4.35)$$

pentru decantoarele cu recircularea nămolului, și

$$v_m = v_s + v_{mp} \quad (4.36)$$

unde

v_m este viteza medie ascensională în decantor

v_{mp} este viteza medie datorită debitului pulsator

v_{mr} este viteza medie de recirculare

Pentru cele două tipuri de decantoare considerate mai sus, dacă și celelalte caracteristici sunt identice: înălțime, apă brută, parametrul de separare suspensională, temperatură, etc., se propune următorul model matematic

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{v_m}{v_a}(C-C_0)Z\beta} \quad (4.37)$$

unde v_m este viteza medie ascensională a apei, cu precizarea că viteza medie a decantorului cu recircularea nămolului v_{mr} este întotdeauna mai mică decât viteza medie a decantorului cu debit variabil v_{mp} la echilibru hidrodinamic, adică

$$v_{mr} < v_{mp} \quad (4.38)$$

Această inegalitate conduce la concluzia că stratul suspensional este mai concentrat în decantoarele cu debit variabil C_p decât în decantoarele suspensionale cu recircularea nămolului, C_r .

$$C_p = C_0 \cdot e^{-\frac{v_{mp}}{v_a}(C-C_0)Z\beta} > C_r = C_0 \cdot e^{-\frac{v_{mr}}{v_a}(C-C_0)Z\beta} \quad (4.39)$$

A doua contribuție la abordarea teoretică a fenomenului de separare suspensională cu debit variabil este relația matematică:

$$v_m = \sqrt{m_s} \cdot k \quad (4.40)$$

în care m_s este masa stratului suspensional și k este o constantă care depinde de caracteristicile geometrice ale decantorului și ale apei brute. Relația matematică de mai sus care reprezintă condiția pentru controlul stratului suspensional, adică a echilibrului hidrodinamic în decantoarele suspensionale cu debit variabil.

Păstrând notațiile făcute mai sus se poate scrie:

$$C_p > C_r \quad (4.41)$$

$$v_{mp} > v_{mr} \quad (4.42)$$

sau

$$\sqrt{m_{sp}} \cdot k > \sqrt{m_{sr}} \cdot k \quad (4.43)$$

dar în ipoteza caracteristicilor geometrice și de apă brută, de temperatură, etc., identice, rezultă

$$m_{sp} > m_{sr} \quad (4.44)$$

masa suspensiilor din stratul suspensional al decantorului cu debit variabil este întotdeauna mai mare în condiții identice ca masa suspensiilor din stratul suspensional al decantorului cu recircularea nămolului.

Această relație este adevărată deoarece între concentrație și masa suspensiilor este o relație directă.

În concluzie cele două contribuții la abordarea teoretică a separatoarelor suspensionale cu debit variabil sunt adevărate și reale,

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{v_m}{v_a}(C-C_0)Z\beta} \quad (4.45)$$

$$v_m = \sqrt{m_s} \cdot k \quad (4.46)$$

Corolarul acestor contribuții este că s-a demonstrat matematic că decantoarele suspensionale cu debit variabil au o viteză medie ascensională mai mare ca a decantoarelor suspensionale cu recircularea nămolului, fapt precizat în literatura de specialitate /23/, /35/, /42/, /57/, /80/.

Pentru decantoarele suspensionale statice trebuie menționat că viteza de adsorbție a flocoanelor din apa brută în spațiul suspensional este mai mică decât la decantoarele suspensionale cu recircularea nămolului sau cu debit variabil, deoarece la acestea stratul suspensional nu este omogen, creându-se prin stratul suspensional culoare preferențiale de trecere a apei brute. Din această cauză concentrația în suspensii a stratului suspensional C_s și viteza medie ascensională a decantoarelor suspensionale statice v_{ms} sunt mai mici decât la decantoarele suspensionale cu recircularea nămolului sau cu debit variabil. Rezultă că se poate scrie, păstrând relațiile folosite mai sus:

$$C_p > C_r > C_s \quad (4.47)$$

$$v_{mp} > v_{mr} > v_{ms} \quad (4.48)$$

Se observă din cele prezentate, că dintre toate tipurile de separatoare suspensionale, cele cu debit variabil sunt cele mai performante, iar performanța lor crește dacă sunt dotate cu module lamelare.

4.3. Prezentarea și modul de calcul al separatoarelor suspensionale cu debit variabil echipate cu module lamelare

Separarea suspensională cu debit variabil se bazează pe principiul introducerii intermitente a apei brute la baza stratului de nămol. Decantoarele care folosesc acest

principiu împreună cu principiul decantării lamelare se numesc superpulsoare /23/. Caracteristicile acestui tip de decantor sunt:

- introducerea ciclică (intermitentă) a apei brute și a reactivilor la baza decantorului, aceste elemente creând condiții corespunzătoare asigurării unei floculări optime a suspensiilor coloidale din apă;
- eliminarea dispozitivelor mecanice pentru curățirea nămolului prin utilizarea sistemelor hidraulice (jeturi) pentru evitarea depunerilor de nămol în bazine;
- realizarea unei decantări superioare a apei datorită introducerii modulului lamelar, mărindu-se astfel eficiența decantării.

Decantoarele clasice cunoscute până acum sunt constituite dintr-un bazin de formă dreptunghiulară cu fund plat, care au la bază mai multe tuburi sau țevi găurite, care sunt dispuse paralel unele față de celelalte. Prin aceste țevi găurite, apa brută intră în mod continuu și intermitent, spălând și ridicând norul de nămol de pe fundul bazinului, aceasta deoarece găurile sunt orientate în jos, spre fundul bazinului.

Pentru alimentarea discontinuă cu apă brută se folosește un dispozitiv tip turn, care este mai înalt decât nivelul apei din decantor cu 0,80 -1,0 m. Aspirând aerul din clopot cu o pompă de vid, nivelul apei din turn urcă până la înălțimea stabilită. Punerea în contact a clopotului cu atmosfera se realizează prin intermediul unei electrovalve, apa din turn coborând brusc și realizează pulsația în decantor prin intermediul țevilor găurite. Perioada de umplere a turnului este 20 - 40 s, iar cea de golire este de 10 - 20 s.

Apa brută este introdusă în decantor împreună cu reactivii care ajung în floculator. Aici se realizează flocularea și aglomerarea particulelor coloidale de natură minerală și organică, aceasta manifestându-se prin creșterea concentrației în suspensii și prin mărirea particulelor aglomerate până la dimensiuni de ordinul milimetrilor. Apa având o mișcare ascendentă ajunge împreună cu o parte a suspensiilor în modulul lamelar, iar aici datorită fenomenului de decantare lamelară se produce separarea și mai accentuată dintre suspensiile din apă și apă. Suspensiile concentrate sub formă de nămol curg în sens descendent prin modulul lamelar. Nămolul în exces se evacuează în concentratorul de nămol datorită diferenței de concentrație. Nămolul din concentratorul de nămol se evacuează periodic printr-un sistem de evacuare. Apa decantată este colectată printr-un sistem hidraulic la partea superioară a decantorului. Nivelul de separație apă-nămol se ridică odată cu creșterea concentrației în suspensii și coboară la golirea concentratoarelor de nămol (golire intermitentă).

Schema unui astfel de decantor se prezintă mai jos:

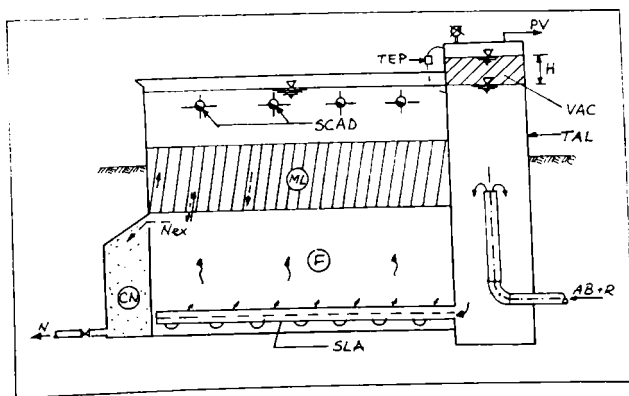


Fig.4.10

Elementele componente ale decantoarelor cu pulsație și lamele /42/ sunt următoarele:

- A.B. + R, sistemul de introducere al apei brute și reactivilor în T.A.L., turnul de acumulare și lansare;
- S.L.A., sistemul de lansare al apei format din conducte perforate prin care se introduce apa intermitent la partea inferioară a decantorului;
- F, floculatorul care este partea din decantor unde se realizează coagularea flocularea suspensiilor coloidale din apă;
- M.L., modulul lamelar care asigură prin fenomenul de decantare lamelară separarea suspensiilor coloidale din apă;
- S.C.A.D., sistemul de colectare a apei decantate;
- C.N., concentratorul de nămol care asigură preluarea nămolului în exces, concentrarea acestuia și evacuarea lui;
- V.A.C., volumul acumulat în turn peste nivelul apei din decantor;
- P.V., pompă de vid;
- E., electrovană;
- T.E.P., traductor electro-rezistiv de presiune;
- N.E.X., nămolul în exces;
- N - nămolul evacuat;
- H - nivelul apei în turn deasupra nivelului apei în decantor.

Dimensionarea unui asemenea tip de decantor trebuie să parcurgă următoarele etape pentru a putea fi pus în practică /42/:

- prima dată trebuie aflat debitul de apă al fluxului tehnologic al stației de tratare și implicit cel de dimensionare al decantorului. Știindu-se debitul se poate afla suprafața decantorului, dar nu înainte de a se cunoaște un parametru important: încărcarea hidraulică (ih) a decantorului a cărui unitate de măsură este $m^3/h \cdot m^2$. Această valoare se poate lua în funcție de caracteristicile viitoare ale decantorului între $5-8 m^3/h \cdot m^2$, dar dacă se folosește un polielectrolit ca adjuvant de floculare se pot atinge valori de $10-15 m^3/h \cdot m^2$.

$$A_{nec} = 2b \cdot L = \frac{Q}{ih} \quad (mp) \quad (4.49)$$

- dimensionarea turnului de lansare, presupune stabilirea înălțimii lui precum și aria sa orizontală, aceasta în funcție de timp și volumele de apă necesare acumulării și lansării debitului de apă pulsatoriu.

$$V_{ac} = Q \cdot t_{ac} = S_{turn} \cdot h \cdot t_{ac} \quad (mc) \quad (4.50)$$

$$t_{ac} = 20 - 40 \text{ s.}$$

unde h este înălțimea apei în turn înaintea lansării volumului de apă acumulat V_{ac} în timpul de acumulare t_{ac} . Pompa de vid va funcționa în timpul acumulării unui debit de aer de 50% din debitul de apă.

- calculul sistemului de lansare al debitului pulsator presupune prima dată aflarea debitului de dimensionare a sistemului acesta fiind debitul de lansare Q_L .

$$Q_L = \frac{V_{ac}}{t_L} + Q \cong 3Q \quad (mc / s) \quad (4.51)$$

aceasta datorită faptului că $t_L = 0,5 t_{ac}$. Viteza de alimentare cu apă va fi aleasă de ordinul a 0,7 - 0,8 m/s. Rețeaua de conducte paralele care sunt prevăzute cu orificii orientate spre radierul decantorului au un unghi față de verticală de 45°, aceasta pentru a permite autospălarea acestuia prin jeturi compacte. Această rețea trebuie să asigure repartizarea uniformă a debitului de apă lansată pe suprafața radiatorului, pentru evitarea apariției depunerilor. Distanța de radier se stabilește astfel încât lungimea jetului să fie de 7-8 ori diametrul orificiului, viteza jetului fiind $v \geq 2,5$ m/s. Trebuie să se țină cont și de un parametru geometric care reprezintă raportul dintre aria conductei și aria orificiului, care trebuie să fie aproximativ 10.

- volumul floculatorului se determină din relația

$$V_F = Q \cdot t_F \quad (\text{mc}) \quad (4.52)$$

unde t_F este timpul de floculare și se ia de 8 - 15 minute, în funcție de caracteristicile apei brute și a calității reactivilor. Secțiunea orizontală a floculatorului $A_F = A_L$, este identică cu aria de limpezire.

$$V_F = Q \cdot t_F = 2 b \cdot L \cdot hf \quad (\text{mc}) \quad (4.53)$$

dar se pune condiția ca $hf > 1,5$ m.

- dimensionarea modulului lamelar se va realiza pentru a crește eficiența decantării pe ansamblul decantorului. Pentru aceasta decantarea lamelară trebuie să se realizeze în mod laminar, cu caracteristica numărului Reynolds < 50 . Pentru modul se alege o înclinare $\alpha = 45^\circ - 60^\circ$, iar distanța între lamele $l = 20 \dots 40$ mm. Condiția de dimensionare a modulului este ca viteza de decantare v să fie mai mică 0,1 mm/s.

$$v \leq 0,1 \text{ mm/s} = v_{ef} \frac{e}{\lambda \cdot \cos \alpha} \quad (4.54)$$

Din această condiție se poate deduce lungimea λ a modulului lamelar.

- sistemul de colectare a apei decantate se dimensionează în funcție de tipul de colectare ales cu țevi găurite și pozate înecat sub nivelul apei în decantor, sau cu canale.

- dimensionarea concentratorului de nămol trebuie să asigure în mod simultan preluarea nămolului din stratul suspensional concentrat, situat la baza modulului lamelar, precum și asigurarea concentrării acestuia prin decantare statică în intervalul dintre două evacuări.

Volumul concentratorului de nămol se poate determina cu relația:

$$V_{CN} = Q \cdot T \cdot \frac{C_{AB} - C_{SS}}{C_{CN}} \quad (\text{mc}) \quad (4.55)$$

unde T este perioada dintre două evacuări. C_{AB} - concentrația în suspensii a apei brute, C_{SS} - concentrația în suspensii a stratului suspensional, iar C_{CN} - concentrația în suspensii a nămolului concentrat. Volumul concentratorului poate merge până la 5% din volumul de decantare.

Sistemul hidraulic de evacuare a nămolului este constituit din conducte de forma literei **U** întors, care funcționează ca sistem hidraulic - sifon.

- determinarea înălțimii totale a decantorului se face cu relația:

$$H_T = h_F + h_{ML} + h_{AL} + h_S \quad (m) \quad (4.56)$$

unde H_T este înălțimea totală a decantorului, h_F este înălțimea spațiului de floculare, h_{ML} înălțimea modulului lamelar, h_{AL} înălțimea de apă limpezită (1,50 m) și h_S este înălțimea de siguranță (0,25 - 0,40 m). Înălțimea decantorului trebuie să satisfacă și condiția:

$$H_T - h_S = v_{ma} \cdot t_d \quad (m) \quad (4.57)$$

unde v_{ma} este viteza medie ascensională și t_d este timpul de decantare (40 - 60 minute). Timpul de decantare se regăsește și în relația aflării volumului decantorului:

$$V_d = \frac{Q}{t_d} \quad (mc) \quad (4.58)$$

4.4. Problemele modelării pe modele experimentale

Alegerea unui model experimental pentru studierea unui proces așa complex cum este separarea suspensională cu debit variabil trebuie să aibă ca punct de plecare un criteriu de similitudine care să se aplice de la natură la model, acesta trebuind să se aleagă ca unul din cele mai cunoscute și totodată aplicate în modelarea experimentală.

Scopul final al stabilirii criteriului de similitudine este acela că rezultatele obținute pe model să poată fi utilizate cu succes la scara fenomenului real.

În lucrarea /20/ se pot regăsi unele criterii pentru alegerea scării de modelare și aplicarea modelării la instalațiile studiate. Pentru realizarea unei modelări corecte a procesului de limpezire în separatoarele suspensionale se recomandă:

- a) respectarea similitudinii geometrice între model și decantorul la scară naturală a fenomenului studiat.
- b) menținerea aceluiași regim de mișcare, pentru mișcarea turbulentă a fluidului în natură trebuie ca

$$Re = \frac{v \cdot D}{6v \cdot C_S} > Re_{cr.} \quad (4.59)$$

și pe model să avem

$$\frac{v}{\alpha_1} \cdot \frac{D}{\alpha_1} \cdot \frac{1}{6v \cdot C_S} > Re_{cr.} \quad (4.60)$$

din această condiție rezultă o condiție importantă pentru alegerea coeficientului de scară α_1 :

$$\alpha_1 < \left(\frac{v \cdot D}{6 \cdot v \cdot C_S \cdot Re_{cr.}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.61)$$

c) respectarea condițiilor impuse de criteriul de similitudine și modelare a particulelor, ca și condițiile de margine asemenea, zona de intrare și ieșire a apei din model.

d) încercări pe modele la scări diferite pentru eliminarea efectului de scară și cercetarea valabilității criteriului stabilit, prin utilizarea în mod deosebit a unor modele semiindustriale; se recomandă în studiul modelării de ansamblu al decantoarelor valori ale scărilor de cel puțin 1/3 - 1/7.

e) stabilirea zonei de automodelare în raport cu criteriul dat.

Studiul simultan /39/ al limpezirii apei de suprafață practic de aceeași calitate în decantoare orizontale la scară semiindustrială și naturală (industrială) a scos în evidență că eficiența obținută pe model nu corespunde eficienței obiectului industrial, fiind inferioară acesteia, deși s-au păstrat neschimbate valorile parametrilor funcționali determinați: conținutul în suspensii, natura impurităților, durata parcursului util. Rezultatele obținute sunt justificate de faptul că deși au fost respectate unele din cerințele similitudinii, nu au putut fi satisfăcute întocmai alte condiții ca de pildă: durata depunerii pe verticală sau modelarea volumului în raport cu debitul de apă, odată cu păstrarea duratei mișcării pe orizontală.

În general condițiile de distorsionare a modelelor au implicații mult mai complexe în fenomenul decantării propriu-zis.

De aceea studiile experimentale pe modele ale separatoarelor suspensionale se efectuează cu precauțiile respective /20/. Aceasta cu atât mai mult cu cât posibilitatea efectuării unui studiu simultan, comparativ, nu există datorită inexistenței unor construcții și instalații corespunzătoare la scară naturală.

Alegându-se mai întâi criteriul Froude $\alpha v^2 = \alpha_1$ unde forțele gravitaționale sunt predominante se constată că modelarea depinde doar de viteză și de mărimile geometrice ale modelului în raport cu cele ale decantorului din natură. Datorită faptului că pe model mai intervin și alte caracteristici ale fluidelor și a faptului că trebuie respectat atât la scară naturală cât și pe model efectul limpezirii $E = \frac{C}{C_0}$ se adoptă

criteriul de similitudine $Z = \text{idem}$ adică $\frac{b \cdot C_s}{v} \cdot z = \text{idem}$ sau $\frac{\alpha b \cdot \alpha c \cdot \alpha z}{\alpha v} = 1$

Trebuie subliniat faptul că acest complex adimensional reprezintă un criteriu de similitudine a procesului de separare suspensională și o formă de exprimare a criteriului Euler /34/

$$\alpha \rho \cdot \alpha v^2 = \alpha \Delta p \quad (4.62)$$

care se folosește pentru fenomenele ce se desfășoară sub acțiunea forțelor de inerție și de presiune.

Pe lângă scara de modelare a lungimilor α_l , a vitezelor α_v și a concentrațiilor α_c , este necesar să fie stabilit cu multă prudență factorul de scară α_b , al parametrului de adsorbție.

4.4.1. Solutia propusă de autor pentru modelul experimental.

Pentru o analiză cât mai bună trebuie ca apa să aibă aceeași calitate, vitezele trebuie să fie al fel deoarece sunt restricții datorate vitezei de nonevadare în spațiul suspensional

$$v_s \leq v_a \leq v_{lim} \quad (4.63)$$

unde v_s - viteza de sprijin hidraulic 0,1 - 0,2 mm/s, /20/

v_a - viteza în regim de funcționare

v_{lim} - viteza limită de nonevadare din spațiul suspensional $v_{lim} \approx 1,9$ mm/s, /20/.

Pentru a contracara aceste neajunsuri trebuie adoptat un model de încercare care trebuie să respecte ca înălțimea z a stratului suspensional de pe model să fie egală cu cea din natură. Această condiție duce și la îndeplinirea celei de-a doua condiții: cea a vitezelor care se pot studia ca fiind egale cu cele din natură.

Decantarea lamelară se studiază și ea , vitezele și interspațiile dintre lamele fiind aceleași cu cele din natură, se poate observa, studia și optimiza și acest fenomen al decantării.

Această concluzie de a realiza un model al unui decantor suspensional cu debit variabil, cu înălțimea egală cu a unui decantor real conduce la îndeplinirea în totalitate a recomandărilor pentru realizarea unei modelări corecte a procesului de limpezire. În acest caz sunt satisfăcute în ordine: similitudinea geometrică, menținerea aceluiași regim de mișcare, menținerea unui criteriu de similitudine și modelare a particulelor, condițiile de margine asemenea și deasemenea factorul de scară al parametrului de adsorbție. Nu trebuie uitat nici îndeplinirea unui parametru important care este eficiența limpezirii în aceste tipuri de decantoare suspensionale.

În concluzie adaptând un model care să respecte caracteristicile unui decantor din natură, se creează cele mai bune condiții de studiere a fenomenelor. în acest caz neexistând nici un fel de perturbare a rezultatelor.

Plecând de la acest lucru, modelul experimental s-a conceput ca un element mic din suprafața decantorului, dar îndeajuns de mare ca influențele peretilor să fie total negliabile.

Pentru ca rezultatele obținute pe model să poată fi folosite în proiectarea și dimensionarea acestor tipuri de decantoare suspensionale cu debit variabil în linii tehnologice, ale unei stații de tratare a apei, trebuie să se studieze pe model:

- variația unor parametri funcționali determinanți
- abordarea pentru generalizarea studiilor a unei game largi de variație a calităților apei brute, a concentrației acesteia în condiții diferite de temperatură.
- optimul parametrilor determinanți pentru funcționarea la eficiență maximă a acestor tipuri de decantoare.

4.5. Condiții de verificare în tehnica experimentală a principiului de funcționare a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare.

S-a arătat de către unii autori în lucrările /23/, /42/ că introducerea modulelor lamelare în stratul suspensional și în stratul de limpezire conduce la viteze ascensionale mai mari, rezultând debite limpezite mai mari, precum și o calitate mai bună a apei limpezite.

Pentru realizarea acestui tip de decantare pe model experimental trebuie ca simultan să fie îndeplinite mai multe condiții fără de care decantarea nu este posibilă deoarece fenomenele de reținere în stratul suspensional de nămol sunt deosebit de complexe, această decantare fiind de fapt o decantare suspensională semidinamică.

a) În primul rând regimul de mișcare trebuie optimizat astfel încât în stratul suspensional trebuie să existe o mișcare agitată turbulentă, cu o delimitare fermă față de regimul liniștit al spațiului superior de limpezire.

b) Procesul care are loc în spațiul suspensional trebuie să fie un proces de coagulare intensivă, care acționează prin adsorbție. Proprietatea de adsorbție suspensională imprimă procesului caracterul unei pseudo-filtrări și este procesul de transfer de masă prin care un component aflat în fază fluidă este reținut pe suprafața unei particule, acesta fiind proces fizic în care acționează forțele de la interfața de separație a fazelor.

Coagularea se realizează prin utilizarea reactivilor chimici, de preferință cu sulfat de aluminiu.

Rezultatul proceselor de coagulare este îngreunarea și mărirea flocoanelor, ca rod al adsorbției. Pentru intensificarea procesului de coagulare se folosesc adjuvanți ai coagulării care poate fi silicea activă.

Procesul de formare a particulelor aglomerate, ușor decantabile, cuprinde de fapt, 3 faze distincte:

- neutralizarea sarcinilor electrice prin adaosul de reactivi coagulanti, amestec rapid în bazinul de amestec;
- formarea microflocoanelor, prin ciocnirea particulelor, ca urmare a mișcării browniene și a pulsațiilor;
- formarea macroflocoanelor, la care în această fază mișcarea are o singură direcție, pe verticală.

Pentru a avea un proces de coagulare complet se determină dozele de reactivi cu ajutorul jar testului, optimizându-se astfel procesul de coagulare.

c) Vitezele de cădere a particulelor trebuie micșorate prin reglajul de la intrare a factorilor care influențează acest lucru: viteză-debit a apei care intră în decantor.

La micro nivel particulele de suspensii învecinate și ca atare concentrația C are semnificația unei limitări de spațiu. Această micșorare a vitezei de cădere în stratul suspensional are o consecință favorabilă în sensul că asigură o formare mai ușoară a zonei suspensionale și o eliminare în masă a nămolului în exces la nivelul superior al stratului suspensional.

Stratul suspensional se formează într-un timp de 3-8 ore, în funcție de conținutul în suspensii și de natura lor.

Până la formarea stratului suspensional cu o concentrație optimă în echilibru, decantorul lucrează cu o eficiență foarte scăzută. Numai după formarea completă a stratului, separatorul își poate îndeplini apreciazabil funcțiile de adsorbție și aglomerare în flocoane.

În cazul unor concentrații foarte mari în apă la intrare, stratul suspensional își poate pierde stabilitatea și se produce fenomenul de decongestionare prin autospălare.

La concentrații mici în suspensii de apă brută se constată că stratul suspensional are o concentrație insuficientă în suspensii.

În primul caz trebuie luate probe din spațiul suspensional și din concentratorul de nămol pentru a putea regla (mări) debitul de evacuare a nămolului din concentratorul de nămol.

În al doilea caz trebuie micșorat chiar până la oprire o perioadă de timp debitul de evacuare a nămolului din concentratorul de nămol, până la realizarea stratului suspensional optim.

d) Spațiul suspensional pentru a putea funcționa trebuie să îndeplinească două condiții esențiale, în privința vitezelor: cea mai mică viteză ascensională a apei trebuie

să fie egală cu viteza de sprijin hidraulic a spațiului suspensional, adică forțele hidrodinamice trebuie să fie cel puțin egale cu acele forțe provenind din gravitație. A doua condiție este ca viteza maximă ascensională a apei să fie mai mică decât viteza de antrenare în spațiul suspensional. De aici rezultă că viteza de regim trebuie să fie cuprinsă între cele două viteze limite.

e) Pulsatiile care realizează mișcarea turbulentă în spațiul suspensional, sunt date de un sifon hidraulic, de concepție proprie. Trebuie reținut că numai o parte din debitul de apă vine spre spațiul suspensional cu pulsații, cealaltă parte vine în spațiul suspensional în mod continuu, acest debit fiind de fapt un debit de întreținere, care dă componenta vitezei de sprijin hidraulic în cadrul procesului de alimentare cu apă brută a decantorului. Debitul variabil realizează turbulența necesară pentru menținerea stratului suspensional și totodată evită formarea de coloane de apă brută ce străbat stratul suspensional, aceasta ducând la creerea unor zone preferențiale de trecere prin stratul suspensional, rezultând în final distrugerea spațiului suspensional.

S-a constatat [42], că cea mai bună proporție între cele două debite, de întreținere și cel variabil este de 1:1 adică într-un interval de timp suficient de lung pentru a permite mai multe pulsații, cele două debite să fie egale.

Aceasta se realizează cu ajutorul robinetilor și a debitmetrelor montate pe fiecare ramură de alimentare cu apă brută.

Pulsatiile s-au studiat în intervalul: 20-40 de secunde pentru umplerea sifonului hidraulic și golirea în intervalul 10-20 secunde, dar încă nu se poate trage o concluzie clară asupra perioadelor de pulsare.

f) Modulele lamelare se propun a fi confecționate din tuburi PVC cu diametru relativ mic, de 32 mm, cu diametre egale pentru a putea avea o viteză constantă pe toată secțiunea decantorului.

Modulul lamelar inferior ajută la formarea stratului suspensional și menține o concentrație mai ridicată în stratul suspensional, de asemenea având și o înclinare față de orizontală acele spargerii ale stratului suspensional nu mai au loc față de varianta fără modul lamelar, decât la viteze mult mai mari. Aceasta duce la mărirea debitului decantat.

Modulul lamelar superior, montat după modulul lamelar inferior, ajută în plus față de acesta la o mai bună limpezire a apei, și se pune în evidență mai bine spațiul de gardă dintre cele două module, aceasta ajutând și la evacuarea nămolului în exces.

g) Evacuarea nămolului în exces trebuie să se facă la anumite concentrații de preferat cât mai ridicate, pentru că atunci se recuperează implicit o cantitate mai mare de apă limpezită.

La efectuarea experimentelor trebuie să se ia în considerare variabilitatea următorilor parametri tehnologici:

- calitatea apei brute
- viteze ascensionale sau încărcări hidraulice
- timpii totali de decantare
- pulsațiile
- temperatura apei brute.

Obiectivele urmărite în timpul experimentelor trebuie să fie:

- durata de formare a stratului suspensional
- concentrația nămolului evacuat
- calitatea și cantitatea apei limpezite
- creșterea concentrațiilor în stratul suspensional

- raportul dintre debitul de întreținere și cel variabil în funcție de turbiditatea apei brute
- corelarea tuturor factorilor și a parametrilor pentru obținerea unor rezultate optime, pentru anumite date de intrare.

Capitolul 5. Studii experimentale efectuate pe stația pilot

Studiile experimentale efectuate pe stația pilot, au solicitat din partea autorului elaborarea unui vast program experimental în baza căruia să se poată cerceta principalii parametri care determină desfășurarea procesului de separare suspensională sau decantare suspensională, sau decantare pe pat de nămol cum este prezentat acest proces în literatura străină /23/.

Scopul principal al studiilor experimentale este determinarea eficienței maxime a unui decantor suspensional cu debit variabil. Această eficiență este condiționată în primul rând de formarea stratului suspensional, care conduce la desfășurarea procesului de decantare suspensională și apoi de viteza medie în decantor, de caracteristicile fizico-chimice a apei de limpezit, de concentrația stratului suspensional, urmărindu-se de fapt influența pe care o au acești principali parametri, ținând cont că aceștia sunt variabili în timp.

Pentru a putea obține rezultate cât mai bune și nedeformate datorită modelării la diferite scări de similitudine s-a optat pentru proiectarea și dimensionarea unui model de decantor cu debit variabil la scară industrială.

Experiențele și studiile efectuate luându-se în considerare principalii parametri care influențează procesul de decantare suspensională, au servit pentru:

- stabilirea domeniilor caracteristice de funcționare a acestor tipuri de decantoare
- stabilirea parametrilor care determină desfășurarea procesului de decantare suspensională.
- verificarea legii de decantare suspensională $G=C_0 \cdot e^{-\tau \cdot \beta}$ propusă de autor.
- verificarea relației matematice $v = \sqrt{m_s} \cdot k$ care permite controlul asupra formării și metinerii stratului suspensional în echilibru hidrodinamic
- stabilirea legăturilor dintre principalii parametri care caracterizează procesul de decantare suspensională.
- stabilirea legăturilor dintre parametrii procesului de separare suspensională și stratul suspensional.
- verificarea ipotezelor de calcul și proiectare
- stabilirea de recomandări privind proiectarea și dimensionarea decantoarelor suspensionale cu debit variabil.
- stabilirea de recomandări privind exploatarea acestor tipuri de decantoare.

Experiențele și studiile au fost efectuate pe un pilot de încercare care s-a construit și experimentat în stația de tratare a apei potabile Batiz de pe râul Strei, județul Hunedoara, în condiții reale de funcționare, cu apă brută prelevată direct din râul Strei. experiențele de laborator efectuându-se în laboratorul propriu al stației de tratare Batiz și laboratorul central al R.A.G.C.L. Deva.

Deoarece s-a proiectat, executat și experimentat un nou tip de decantor suspensional cu debit variabil, de concepție proprie, pilotul se va denumi prototip-pilot, în continuare, în prezenta teză de doctorat.

Experiențele și studiile efectuate pe prototipul pilot s-au derulat în perioada septembrie 1995 - august 1997.

5.1. Prezentarea modelului experimental.

Prototipul pilot, s-a conceput pentru studierea optimizării proceselor de limpezire a apei în separatoare suspensionale cu debit variabil. Acesta din punct de vedere al

principiului funcționării hidraulice primul de acest fel, acest tip de separator suspensional nefiind regăsit în nici o documentație română sau străină.

Datorită faptului că soluția propusă de autor pentru modelul experimental, adică de a realiza un model de încercare care să respecte în cadrul criteriului Z de similitudine

$$\frac{\alpha_b \cdot \alpha_c \cdot \alpha_l}{\alpha_v} = 1 \quad (5.1)$$

în așa fel încât $\alpha=1$, adică înălțimea modelului să fie egală cu a unui decantor industrial. Suprafața decantorului model s-a ales mult mai mică decât în realitate, dar îndeajuns de mare pentru ca influențele peretilor să fie total neglijabile. În acest fel toate procesele petrecute în modelul ales sunt identice cu cele din decantoarele industriale, rezultatele și concluziile care se trag după efectuarea studiilor și experimentărilor sunt nedeformate și se pot aplica întocmai pentru proiectarea, construcția și exploatarea decantoarelor suspensionale cu debit variabil.

Decantorul prototip pilot datorită realizării la scară industrială poate fi folosit deasemenea pentru alimentarea cu apă potabilă, în cadrul unei linii tehnologice adecvate pentru, unități mici și foarte mici, debitul realizat la parametri optimi putând varia în domeniul 0,3-0,5 l/s. În acest fel acest tip de decantor poate deservi 150 de persoane în mediu urban cu instalații centralizate de alimentare cu apă potabilă, apă caldă și încălzire, precum și 200 de persoane în mediul rural având realizată instalația centralizată de alimentare cu apă potabilă, cu prepararea locală a apei calde și a încălzirii.

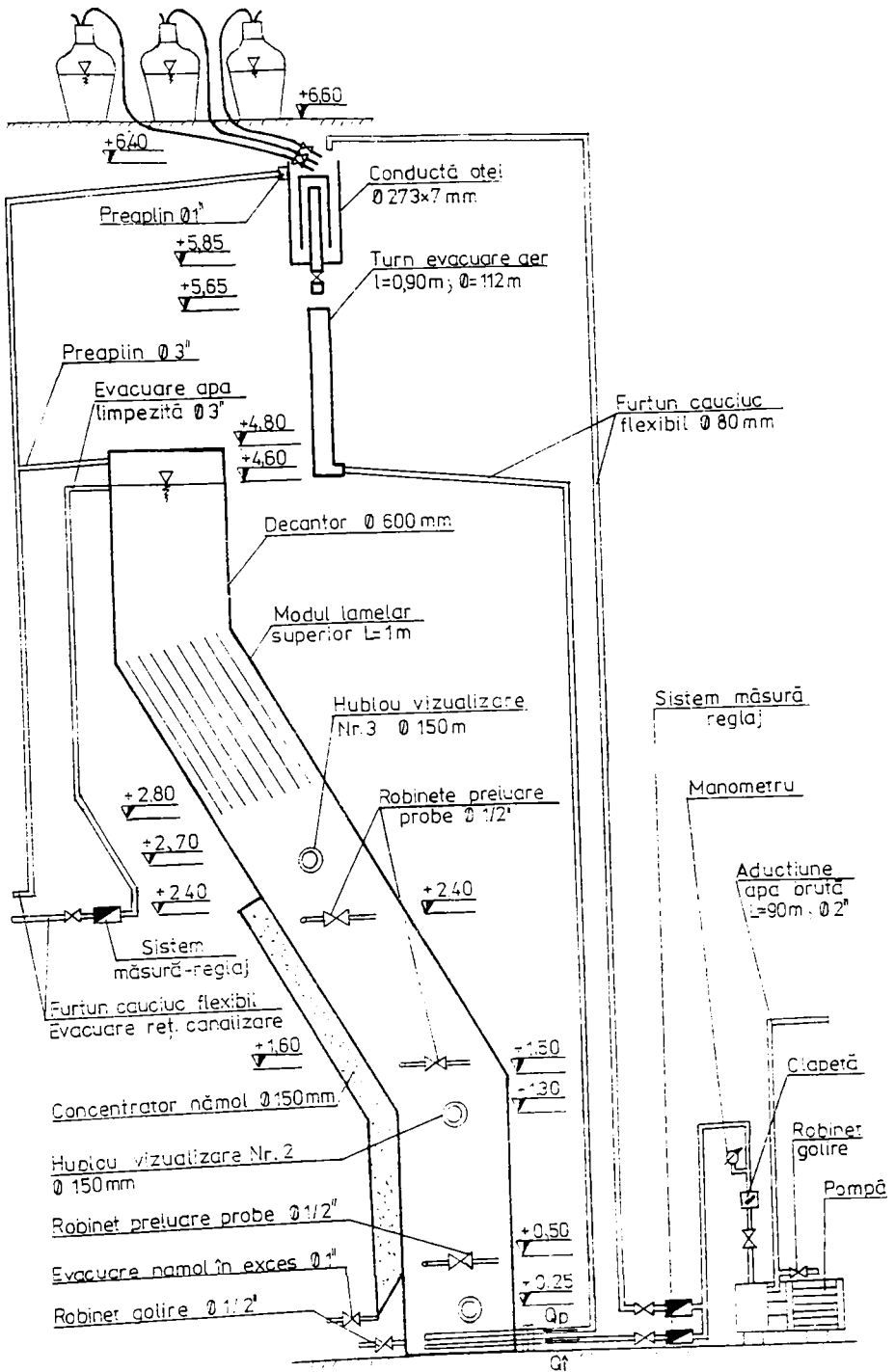
Prototipul pilot s-a realizat din conductă de oțel cu diametrul de 600 mm, și cu înălțimea de 5,25 m, fiind strâmb în spațiu, deoarece s-a conceput pentru introducerea în el a două module lamelare, inferior și superior. Prototipul pilot s-a realizat din două tronsoane, etanșate între ele cu garnitură de cauciuc și prinse cu buloane de oțel. Înclinarea decantorului în dreptul celor două module s-a realizat în mod egal sub un unghi de 60° față de orizontală.

Pentru vizualizarea fenomenelor s-au executat 6 hublouri din plexiglas cu diametrul de 15 cm, care s-au dispus câte două diametral opus (față în față) unul pentru a permite vizualizarea fenomenelor iar celălalt pentru iluminarea naturală sau artificială a spațiului vizualizat. Cele trei perechi de hublouri s-au montat la trei nivele, considerate reprezentative pentru fenomenele care au loc în spațiul suspensional, la baza stratului suspensional, la intrarea în modulul inferior și la evacuarea în concentratorul de nămol. S-au montat și ștuțuri cu robinete pentru preluarea de probe de apă din diferite părți ale decantorului.

Separarea suspensională cu debit variabil se realizează prin introducerea intermitentă a unui debit de apă brută prin intermediul unui sifon hidraulic, la baza decantorului și a stratului suspensional, care se află ținut în suspensie la un anumit nivel în decantor datorită debitului și vitezei apei introduse.

Noutatea adusă de acest decantor suspensional cu debit variabil este realizarea sistemului de alimentare cu apă brută a decantorului, în mod separat, adică din două circuite separate, unul pentru alimentarea decantorului cu un debit continuu numit de autor, debit de întreținere, iar al doilea circuit, destinat alimentării decantorului cu debitul variabil produs de sifonul hidraulic, denumit circuit pentru debit variabil. Astfel decantorul este alimentat cu apă de două debite separate, unul de întreținere și altul variabil, ele putând fi reglate independent unul de celălalt.

Prezentare grafică a acestui prototip pilot se face în figura alăturată 5.1 .



Decantar suspendat cu debit variabil, alimentare cu apă brută pe două circuite continuu și variabil. Realizat la Batiz Fig. 51

Sistemele tehnologice ale decantorului prototip-pilot sunt următoarele:

5.1.1. Sistemul de alimentare cu apă brută.

Sistemul de alimentare cu apă brută este conceput pentru a asigura la prototipul pilot apa brută, direct din râul Strei, având aceleași caracteristici fizico-chimice cu apa brută folosită la stația de tratare a apei Batiz (debit total 400 litri/sec) precum și debitul și presiunea necesară unei bune funcționări, el fiind compus din următoarele elemente:

- conductă aducțiune apă brută care realizează preluarea unui debit de apă brută direct din conducta de aducțiune apă brută ϕ 1000 mm a stației Batiz, conducta având lungimea de 90 m și diametrul 2". Ea este realizată din țevă de oțel, și este prevăzută cu vană pentru închidere-deschidere
- vane și robineti de golire în număr de 3, pentru golirea apei din sistemul de aducțiune, în anotimpul rece pentru a nu îngheța și sparge conducta, deoarece aceasta este pozată aerian pe suporti de fier.
- electropompă 1.1 kW cu tablou electric de comandă pentru pornire-oprire și pământare
- manometru pentru controlul presiunii, montat pe conducta de refulare a electropompei, tip STAS 3589-78, $P=10$ bari
- clapetă pentru reținerea apei în decantor $\phi = 1^{1/2}$ "
- conductă de refulare, prevăzută din furtun flexibil 38 x 4 mm. (interior ϕ 30 mm) cu două straturi unul de cauciuc pe interior și altul din plastic cu inserție pe exterior

5.1.2. Circuitul de alimentare a decantorului cu debit continuu (de întreținere)

Debitul continuu este asigurat, măsurat și reglat prin intermediul următoarelor componente:

- conductă oțel $\phi = 1^{1/2}$ ", $L = 0,5$ m
- debitmetru Madalena $Q = 5$ mc/h, $\phi = 30$ mm
- robinet trecere $\phi = 1^{1/2}$ ", pentru închiderea sau deschiderea circuitului precum și pentru reglarea debitului de întreținere, citirile făcându-se pe debitmetrul montat alăturat.

5.1.3 Circuitul de alimentare a decantorului cu debit variabil

Debitul variabil se realizează cu ajutorul unui sifon hidraulic care realizează acumularea debitului o perioadă de timp de 30 - 60 sec și apoi o lansează brusc la baza decantorului într-un interval de timp de 15 - 30 sec. Elementele componente sunt:

- sifonul hidraulic realizat din 3 conducte de oțel concentrice, volumul de apă acumulat precum și timpii de acumulare și lansare, împreună cu distanțele dintre elemente, calculate pentru a realiza debitele și perioadele de timp stabilite.
- robinet de 2" pentru reglajul debitului variabil la ieșirea din sifonul hidraulic
- turn eliminare aer, necesar pentru eliminarea bulelor de aer existente în debitul variabil, datorită fenomenului vortex, care apare la fiecare amorsare a clopotului hidraulic. Turnul de eliminare a aerului s-a executat din conductă de oțel cu $\phi = 112$ mm și $h = 900$ mm
- racord flexibil din furtun 38 x 4 mm (ϕ 30 mm interior)
- debitmetru Madalena $Q = 5$ mc/h, $\phi = 30$ mm, $P = 16$ atm.

- robinet trecere $\phi = 1 \frac{1}{2}$ " , pentru închiderea sau deschiderea circuitului precum și pentru reglarea debitului variabil, citirile făcându-se pe debitmetrul montat alăturat.

Sifonul hidraulic s-a construit pentru a putea modifica debitul variabil și perioadele de acumulare și lansare.

Acesta s-a conceput prin modificarea volumului de apă care se acumulează și se lansează, care se realizează prin modificarea înălțimii clopotului și deci și a volumului acumulat. Un detaliu al clopotului hidraulic se prezintă mai jos:

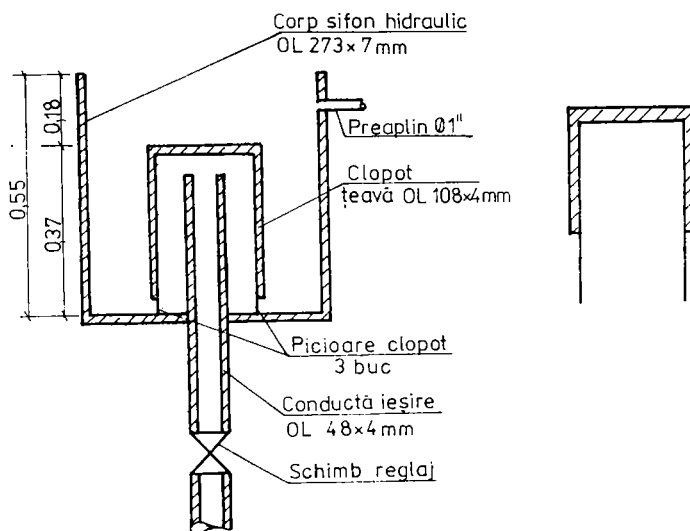


Fig.5.2

5.1.4. Sistemul de lansare a apei brute

Lansarea apei brute la baza decantorului este necesară pentru realizarea vitezei ascensionale, care ține în echilibru hidrodinamic stratul suspensional, pentru realizarea pulsațiilor cu ajutorul debitului variabil precum și pentru spălarea radiatorului decantorului astfel încât pe acesta să nu se depună suspensii. Conductele de lansare a apei brute în interiorul decantorului, sunt două, câte una pentru fiecare circuit. Elementele componente ale acestuia sunt:

- conducta de lansare a debitului de întreținere, cu $L = 550$ mm, $\phi = 1 \frac{1}{2}$ " executată din țevă de oțel
- conducta de lansare a debitului variabil cu $L = 550$ mm, $\phi = 1$ " executată din țevă de oțel
- sistemul de orificii care se găsesc în număr egal pe fiecare conductă, și care sunt orientate spre radiatorul decantorului la un unghi de 45° față de verticală. Sistemul de orificii practicat în conductele de lansare pot fi dispuse unele deasupra altora, sau decalate cu $1/2$, 1 fiind distanța dintre orificii. Deoarece suprafața decantorului este mică s-a optat pentru varianta cu orificii decalate, pentru a spăla în mod optim și cât mai uniform radiatorul decantorului

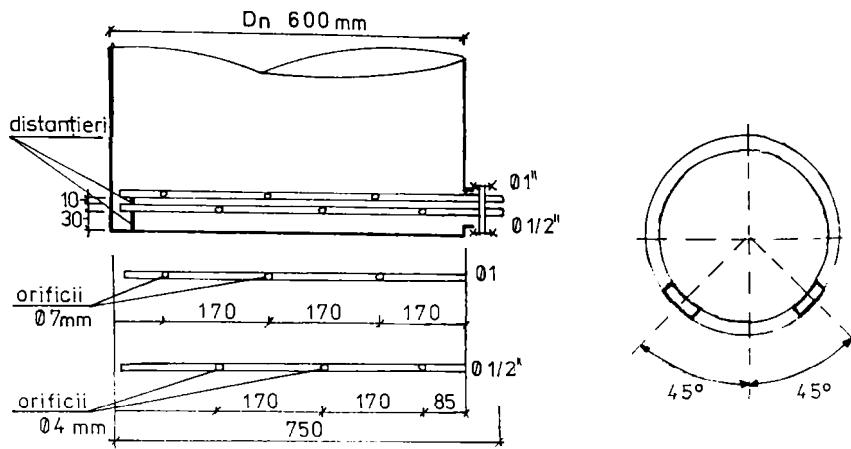


Fig.5.3

5.1.5. Decantorul suspensional cu debit variabil (corpul propriu-zis)

Decantorul a fost conceput pentru a avea 4 tronsoane care sunt: floculatorul, modulul lamelar inferior, modulul lamelar superior și stratul de limpezire, dar din motive financiare apărute ulterior, modulul lamelar inferior nu s-a mai realizat și introdus în decantor. Decantorul poate să preia oricând un modul inferior deoarece s-a construit, cu tronsonul respectiv înclinat la un unghi de 60° .

- Floculatorul este primul tronson în care ajunge apa brută tratată cu reactivi de coagulare-floculare. Aici se realizează procesul de floculare și formarea stratului suspensional. Floculatorul are înălțimea de 2.5 m, cu diametrul conductei de oțel de ϕ 600 mm. Aici sunt construite cele 3 perechi de hublouri, necesare pentru vizualizarea proceselor care au loc în interiorul decantorului, mai exact în stratul suspensional, ele sunt dispuse la înălțimea de : 0,25 m, 1,30 m și 2,70 m. Încărcările hidraulice studiate sunt cuprinse în intervalul 4 -8 m/hm², rezultând viteze ascensionale medii cuprinse între: 1,1 mm/s și 2,2 mm/s. Timpul de parcurgere a floculatorului fiind cuprins între : 11 și 20 min.

- Modulul lamelar superior este format ca un fascicul din țevi PVC de 32 mm, tip U. Elementele tehnologice generale pentru modulul superior sunt:

- lungimea tuburilor $L=1,0$ m
- unghiul de înclinare față de orizontală = 60°
- raza hidraulică - 1,41 cm
- numărul Reynolds - $Re = 2,98$

- Stratul de apă limpezită care se găsește deasupra modulului lamelar superior este ultimul tronson al decantorului, are înălțimea $h=1.0$ m, oglinda apei având suprafața de 0,282 mp.

5.1.6. Sistemul de evacuare și măsurare a apei decantate

Sistemul de evacuare este format datorită suprafeței mici a apei din decantor, dintr-un orificiu practicat în peretele lateral al decantorului cu diametrul $d_{\phi} = 3''$ la

înălțimea de $h = 4,60$ m și un tronson de 2 m de țevă de oțel cu diametrul interior egal cu al orificiului de evacuare din decantor, iar în continuare s-a montat un racord flexibil din furtun de cauciuc și plastic cu inserție, până la apometrul Madalena $Q = 5mc/h$, $\phi = 30$ mm.

S-a montat și un robinet de trecere $\phi = 1 \frac{1}{2}$ " pentru închiderea și deschiderea sistemului de evacuare a apei decantate. Acesta are rolul de a putea deversa apa de la suprafața decantorului, murdară în momentul pornirii decantorului, la gura de evacuare a preaplinului, montată la 10 cm deasupra orificiului de evacuare a apei limpezite, și având diametrul $\phi = 3$ ".

Evacuarea apei limpezite se realizează prin intermediul furtunului flexibil până la un cămin de vizitare a rețelei de canalizare din interiorul stației de tratare a apei Batiz.

5.1.7. Sistemul de evacuare și concentrare a nămolului

Decantorul prototip pilot a fost dotat cu un concentrator de nămol amplasat lateral la înălțimea de 2,5 m, situat pe generatoarea inferioară a tronsonului de decantor înclinat, și este format dintr-o conductă de oțel cu $\phi = 150$ mm care se mulează pe generatoarea inferioară a corpului decantorului.

Concentratorul se află în legătură directă cu partea superioară a stratului suspensiv printr-o fereastră circulară cu diametrul de $\phi = 150$ mm.

Concentratorul de nămol se descarcă în mod continuu prin intermediul unui robinet de trecere de $\frac{1}{2}$ ".

5.1.8. Sistemul de dozare și introducere a reactivilor chimici

Dozarea reactivilor se realizează cu ajutorul unei soluții cu diferite concentrații, în funcție de parametri fizici ai apei brute.

Aceste soluții sunt amplasate deasupra decantorului și a clopotului hidraulic la cota: 6,60 m și sunt ținute în recipiente de sticlă cu capacitatea de 50 l. Dozarea se realizează în mod gravitațional din recipiente în locul stabilit prin intermediul unor furtune de cauciuc cu diametrul de 5 mm, reglajul debitului realizându-se cu ajutorul clemelor Hoffman, reglabile; la debite mici a soluțiilor de reactivi se introduc în capătul furnelor de cauciuc pipete de sticlă.

Amorsarea sistemului se realizează prin intermediul unui furtun de cauciuc care face legătura între interiorul recipientului și exterior.

Etanșarea recipientelor se realizează prin intermediul unor dopuri de cauciuc găurite în două locuri pentru a permite introducerea a două tuburi subțiri de sticlă, pe care se montează tuburile de cauciuc necesare la realizarea circuitului propriu-zis de dozare și a circuitului de amorsare. Sistemul de dozare a reactivilor este prezentat în fig.5.4.

Sistemul de dozare este compus din 3 recipiente de sticlă în care pun soluții de sulfat de aluminiu, adjuvanți de coagulare-floculare precum și substanțe alcalinizante, apă de var sau alsal.

Verificarea și stabilirea dozelor soluțiilor de reactivi se face cu metoda volumetrică, reglajele realizându-se din clemele reglabile.

Introducerea reactivilor se poate realiza în diferite secțiuni, între intrarea în sifonul hidraulic și turnul pentru eliminarea bulelor de aer.

Amestecul apei brute cu soluțiile de reactivi chimici se realizează în sifonul hidraulic și turnul pentru eliminarea bulelor de aer, deoarece aici sunt prezente viteze și turbulențe mari ale apei.

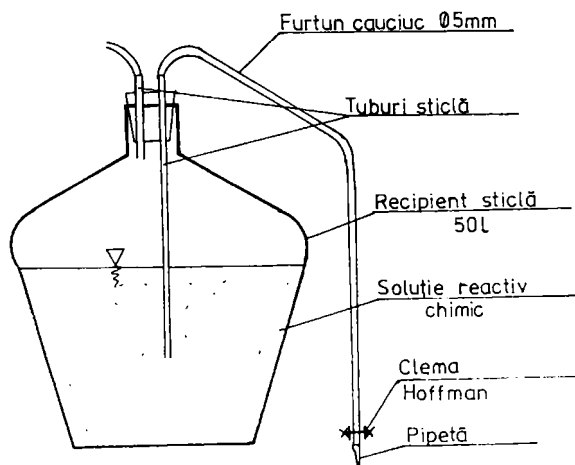


Fig.5.4

5.1.9. Caracteristici principale ale prototipului pilot

Principala sa caracteristică este realizarea pulsațiilor cu ajutorul unui sifon hidraulic, reglabil în funcție de debitul care îl vehiculează, fără consum de energie electrică și alimentarea decantorului prin două circuite - unul de alimentare cu debit de întreținere și cea de-al doilea care realizează pulsațiile. Trebuie menționat și remarcat acest lucru deoarece acest sistem de alimentare hidraulică este de concepție proprie, nefiind regăsit în nici o publicație română sau străină.

A doua caracteristică este realizarea unui sistem hidraulic la evacuarea nămolului în exces, în mod continuu.

Urmarea acestor două principale caracteristici este: acest tip de decantor poate funcționa pentru caracteristici apropiate din punct de vedere al turbidității apei brute, în mod continuu fără consum de energie electrică și fără intervenție umană, numai datorită jocului de presiuni din diferite puncte caracteristice ale acestui decantor.

Noutatea și caracteristica din punct de vedere a realizării tehnice a unui model experimental este îmbinarea dintre tronson vertical și al doilea tronson înclinat, care trebuie să se realizeze printr-un plan oblic față de orizontală cu un unghi $(90 - \alpha)/2$ și nu printr-un plan orizontal, în acest caz pierzându-se în tronsonul înclinat o secțiune de 0,134 - 0,212 % din suprafața de bază (care s-a considerat pătrată), aceasta mărind viteza artificial în primul modul lamelar (inferior) sau în spațiul de floclurare, în lipsa acestuia, ducând mai repede la atingerea vitezei de nonevadare. Această greșeală care au făcut-o alți cercetători în acest domeniu a dus la viteze maxime locale mai mari cu 15 - 20 % decât cele ce trebuiau să le obțină pe modelele lor.

Din acest motiv și această realizare tehnică este o noutate în domeniul modelării și experimentării decantoarelor suspensionale cu debit variabil.

Studiindu-se foarte meticolos hidraulica fenomenului de separare suspensională, cu alimentarea decantorului printr-un sistem hidraulic având două componente, una de întreținere și una pulsatorie s-a încercat și o nouă abordare teoretică a acestui fenomen, precum și verificarea modelului matematic pe cale experimentală.

5.2. Dispozitive, scări de măsurare și reactivi chimici folosiți.

5.2.1. Dispozitive și scări de măsurare folosite.

Prototipul pilot a fost prevăzut cu dispozitive care să permită măsurarea parametrilor caracteristici, care determină procesul de separare suspensională și să dea posibilitatea unui control riguros asupra procesului de limpezire.

Debitele de apă brută (total), pe circuitul care asigură debitul de întreținere, pe circuitul care asigură debitul variabil precum și debitul de apă limpezită sunt măsurate cu ajutorul unor debitmetre tip Madalena cu caracteristicile $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ și $\phi = 30 \text{ mm}$. Măsurarea debitelor se realizează prin diferențele de citiri într-un interval de timp, care trebuie să fie destul de lung pentru a realiza două citiri, și de a avea o eroare cât mai mică, dar deasemenea acest interval nu trebuie să fie foarte lung pentru a permite măsurarea debitelor la un moment dat și eventual corectarea lor la valoarea dorită, într-un timp real. Acest interval de timp s-a ales de 30 secunde sau 60 secunde în funcție de mărimea debitului care trebuie măsurat.

Debitele s-au măsurat în litri pe secundă, pentru a avea o valoare mai palpabilă.

Debitul evacuat din concentratorul de nămol se consideră că este rezultatul diferenței între debitul de apă brută intrat în decantor și debitul de apă limpezită.

Turbiditatea din apa brută, apa limpezită, la evacuarea din concentratorul de nămol precum și din robinetii care s-au prevăzut la diferite înălțimi pe corpul decantorului pentru determinarea concentrației în stratul suspensional s-a măsurat cu un turbidimetru electronic tip JENWAY 6035. Deasemenea și turbiditățile care s-au măsurat în laborator pentru apa brută și pentru probele de jar test, s-au măsurat cu același turbidimetru electronic.

Scara care s-a folosit pentru măsurarea turbidității la turbidimetrul electronic este gradul N.T.U., turbidimetrul fiind etalonat la această scară. În măsurătorile practice s-a transformat gradul NTU în grade silice, raportul de transformare fiind 2: adică $1 \text{ NTU} = 2^\circ \text{ SiO}_2$, conform cu datele existente în laboratorul chimic din stația de tratare Batiz.

Intervalele de timp s-au măsurat în secunde sau ore, aceasta depinzând de scopul urmărit.

Încărcarea hidraulică a decantorului suspensional cu debit variabil s-a măsurat în $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, încărcările la care s-au realizat experimentele fiind curpinse în intervalul $4 - 8 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$.

Viteza ascensională medie a curentului ascendent de apă s-a măsurat în mm/s .

Masa suspensiilor existente în diferite probe de apă s-a determinat cu ajutorul a două metode. Prima metodă a constat în filtrarea unui volum de apă determinat, de obicei 1 l, iar apoi filtrul împreună cu suspensiile rămase pe filtru s-au uscat în etuvă până la evaporarea completă a apei. Filtrul cu suspensiile uscate se măsoară la o balanță analitică, masa suspensiilor rezultând din diferența între masa filtrului cu suspensiile și masa filtrului, măsurată înainte de filtrare. Dezavantajele acestei metode sunt două. Primul este, filtrarea apei cu volumul de 1 litru printr-o hârtie de filtru fină, necesară pentru a reține și suspensiile coloidale, durează foarte mult, aproape 24 h, iar al doilea

este faptul că se produc erori importante datorită fenomenului de absorbție de apă din mediul înconjurător în hârtia de filtru.

A doua metodă folosită, considerată mai sigură, cu erori mai mici și mai rapidă este aceea de a măsura un volum de apă și de a introduce într-un vas special, în etuvă pentru evaporarea completă a apei. În urma acestui procedeu, în vas va rămâne reziduul total. Pentru determinarea reziduului fix se procedează la uscarea în etuvă a unui volum de apă egal cu cel de dinainte, dar filtrat. Prin diferența măsurată pe balanța analitică a celor două probe uscate, rezultă masa de suspensii totale din apă.

Masa de suspensii s-a considerat destul de mică și în acest fel s-a stabilit că unitatea de măsură să fie gramul.

PH-ul s-a determinat în laboratorul stației, pentru toate probele de apă, la fel ca și toate celelalte analize ale apei brute sau limpezite.

5.2.2 Reactivi chimici folosiți

Pentru experimentele care s-au efectuat pe prototipul pilot s-au realizat dozări cu diferiți reactivi chimici. Reactivul chimic care s-a folosit pe post de coagulant, este sulfatul de aluminiu tehnic ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$).

În probele de laborator de pe jar test pentru a putea avea o cât mai bună apropiere față de fenomenul de coagulare-floculare, care are loc în realitate în interiorul decantorului suspensional, în stratul suspensional, s-a folosit soluție de sulfat de aluminiu cu concentrația 5-10%, prelevată din dozatorul cu nivel constant al sulfatului de aluminiu din stația de reactivi, a stației de tratare Batiz.

Concentrația folosită în probele de laborator și pe modelul experimental au fost cuprinse în intervalul 0,5%-2,5%, în funcție de turbiditatea apei brute. S-a ajuns cu soluții de 0,5 % sulfat de aluminiu pentru apele brute cu turbiditatea foarte redusă 7 - 20° SiO_2 (3,5 - 10 ° NTU). Concentrația de 0,5 % sulfat de aluminiu s-a realizat prin diluția unei soluții de 1% sulfat de aluminiu. Concentrațiile s-au măsurat cu densimetrul, dar s-au și verificat la început prin cântărirea unei cantități echivalente de sulfat de aluminiu $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ și dizolvarea ei în apă curată, volumul de apă fiind calculat și măsurat, astfel încât să se poată verifica concentrația de referință.

Trebuie menționat că prin cele două metode de stabilire a concentrației unei soluții de sulfat de aluminiu, prin diluție și prin dizolvarea unei cantități date de sulfat de aluminiu se ajunge la același rezultat. Pentru operativitate în cursul experimentelor s-a folosit metoda de a ajunge la concentrația dorită prin diluție.

Substanțele alcalinizante folosite au fost varul și alsalul.

Varul s-a folosit pentru aducerea pH-ului la valorile apropiate de valoarea pH-ului neutru 7, acestea fiind 6,8 - 7,2. Datorită faptului că în recipientul de sticlă care s-a folosit drept rezervor pentru soluția de var, nu se putea realiza agitația necesară pentru omogenizarea soluției de var, agitație necesară la concentrația de 5 %, s-a realizat o soluție de var cu concentrația de 1%. Preluarea soluției de var din recipientul de sticlă s-a realizat în mod gravitațional, printr-un tub subțire de sticlă, din partea de jos a recipientului.

Alsarul sau aluminatul de sodiu este un produs nou pe piața românească de profil (din 1994) care reduce conținutul de aluminiu rezidual din apa tratată, elimină varul și silicea activă din tehnologia de tratare a apei.

Stabilirea dozei de alsar în soluție, care se folosește împreună cu soluția de sulfat de aluminiu presupune determinarea următorilor parametri:

- concentrația soluției de sulfat de aluminiu dozată

- concentrația soluției de aluminat de sodiu dozată
- raportul de dozare a celor doi reactivi, pentru care pH-ul apei rămâne neschimbat.
- doza de sulfat de aluminiu sau aluminat de sodiu pentru realizarea pH-ului dorit de coagulare, altul decât al apei inițiale.
- doza totală de coagulant stabilită pe baza jar-testului.

Alsarul s-a preparat la aceeași concentrație în soluție ca și sulfatul de aluminiu. Dozele care s-au folosit sau mai bine zis, raportul lor a fost de 6/10, adică șase părți alsal și zece părți sulfat de aluminiu /54/. Acest raport s-a dovedit optim, deoarece pH-ul în timpul probelor s-a păstrat constant, indiferent de cantitatea de sulfat de aluminiu și alsal introdusă în apă.

Alsarul s-a preparat în soluție cu concentrație redusă, concentrația folosită fiind aceeași cu a soluției de sulfat de aluminiu, dozarea realizându-se în mod gravitațional prin tuburi de cauciuc, cu cleme reglabile, pentru reglarea debitului, pe principiul funcționării în sifon. (la fel ca și soluția de sulfat de aluminiu).

S-a folosit în experimente și un adjuvant de coagulare, care s-a ales altul decât silicea activă deoarece acesta este greu de preparat și dozat. Adjuvantul folosit este un polielectrolit numit Fitpol FH-15, care este un acid poliactic, cu caracter puternic anionic și $\text{pH}=2,0 \pm 0,5$, la o concentrație de 15%, stabilitatea chimică fiind de 1 an. Dozele care s-au folosit au fost foarte mici, ele fiind cuprinse în intervalul 0,05 -0,6 mg/l. Având în vedere că turbiditatea apei brute a fost destul de scăzută, s-a ales doza pentru soluție de 0,05 mg/l.

Polielectrolitul s-a folosit în soluție diluată, dozarea realizându-se tot gravitațional dintr-un recipient de sticlă, funcționarea realizându-se prin sifon.

Experiențele s-au efectuat în anotimpurile ploioase, primăvara și toamna, când turbiditățile sunt mai crescute în comparație cu celelalte anotimpuri când turbiditățile apei brute sunt destul de constante în jurul valorii de 5-15 NTU.

Principalele valori ale caracteristicilor principale ale apei brute în perioada când s-au realizat experimentele sunt:

- turbiditate: $20 \pm 300^\circ \text{SiO}_2$
- pH: $7,5 \pm 8,0$
- duritate temporară: $3,6 \pm 4,2^\circ \text{G/l}$
- alcalinitate: $1,1 \pm 1,6 \text{HCl/l}$
- substanțe organice: $10 \pm 16 \text{mg/l}$
- cloruri: $6 \pm 7 \text{mg/l}$

În anexa 1 sunt prezentați indicatorii fizico-chimici ai apei brute.

Datorită faptului că apa brută se preia din râul Strei, printr-o captare cu prag deversor, și râul Strei fiind un râu destul de repede, parametrii fizico-chimici ai apei brute în anotimpurile ploioase se schimbă foarte rapid, în decursul a numai câteva ore. Astfel turbiditatea poate varia cu până la 50% din valoare, iar ceilalți parametrii fizico-chimici cu până la 10%.

5.3. Experiențe efectuate în laborator

Experiențele efectuate în laborator au fost necesare pentru a determina și afla cei mai importanți parametrii fizico-chimici care influențează procesul de separare suspensională, aceștia fiind:

- doza de coagulant (sulfat de aluminiu), exprimată în mg/l sau concentrație în procente
- doza de substanță alcalinizantă var sau alsal, exprimată în mg/l, sau concentrația exprimată în procente.
- doza de adjuvant al coagulării-floculării, exprimată în mg/l sau concentrația exprimată în procente.
- raportul optim între coagulant, substanță alcalinizantă și adjuvant al coagulării.
- pH-ul apei brute
- pH-ul optim al probelor de apă cu dozele și raportul optim de dozare, a coagulantului, substanței alcalinizante și adjuvantului de coagulare.
- durezza a apei brute și a probelor de apă, ° G/l
- alcalinitatea apei brute și a probelor de apă, HCl/l
- temperatura apei, °C
- turbiditatea apei brute, °SiO₂ sau °NTU
- turbiditatea probelor de apă, °SiO₂ sau °NTU
- determinarea mărimii optime a flocoanelor, mm
- determinarea vitezei maxime de sedimentare, mm/s
- determinarea legăturilor între diferiți parametri fizico-chimici
- determinarea concentrației de suspensii din apa brută și din probele de laborator.
- determinarea masei de suspensii din apa brută și din probele de laborator.
- determinarea legăturilor între reactivii chimici în procesul de decantare.

Dozele de reactivi chimici s-au stabilit cu ajutorul jar testului, aparatura din dotare, fiind un aparat jar test cu cinci recipiente, în care sunt introduse mici palete, antrenate de un motor electric printr-un sistem de curele și fulii.

Prin încercări succesive s-au găsit valorile optime pentru dozele de reactivi chimici. Aceste încercări au impus folosirea a 10 sau 15 recipiente cu probe de apă și reactivi chimici, în cadrul jar-testului pentru determinarea plajei optime de valori a dozelor de reactivi.

În cadrul acestor experiențe de laborator s-a încercat determinarea parametrilor care condiționează procesul de coagulare floculare, precum și măsurarea lor. Principali parametri care influențează procesul de coagulare- floculare sunt:

- turbiditatea apei brute
- natura suspensiilor din apă
- doza de coagulant
- doza de substanță alcalinizantă
- doza de adjuvant al coagulării-floculării
- pH-ul apei brute
- pH-ul apei cu reactivi chimici
- temperatura
- timpul de reacție

Experiențele din laborator pentru determinarea dozelor optime de reactivi au început cu aflarea dozelor optime de sulfat de aluminiu, reactiv chimic de coagulare-floculare și var pentru realizarea stabilității pH-ului din apa limpezită. Doza de var necesară pentru tratarea apei se va lua 33% din doza de sulfat de aluminiu folosită.

Pentru determinările din laborator s-a prevăzut o metodă pentru determinarea dozelor de coagulant, doza de substanță alcalinizantă, turbiditatea apei brute, a apei limpezite, pH-ul apei brute și limpezite, timpul de reacție, temperatura apei precum și interdependențele care apar între acești parametri, în timpul procesului de coagulare-

floculare. Aceasta constă în conceperea unui tabel cu toți acești parametrii, pentru a se putea trage mai ușor concluziile privind variația acestor parametrii precum și interdependența dintre ei.

Un exemplu concret pentru această metodă este următorul tabel cu principalii parametrii, care arată variația lor în funcție de dozele de reactivi folosite pentru studierea procesului de coagulare-floculare.

Tabelul 5.3.1.

Nr. vas jar-test	Temp apei °C	Turbiditate apă brută °SiO ₂	Doză sulfat de aluminiu mg/l	Doză var mg/l	Timp de reacție min	Turbiditate apă limpezită ° Si O ₂	pH apă brută	pH apă limpezită
1	5°C	11	10	3,3	15	6,6	8,5	7.1
2			15	5		7.4		6.9
3			20	6,6		8.2		6.8
4			25	8,3		7		6.7
5			30	10		4		6.6

În urma acestei experiențe s-a constatat că valoarea dozei de reactiv optim este de 25 - 30 mg/l sulfat de aluminiu și 8,3 mg/l var având un pH de 6,7 și flocoanele formate sunt cele mai mari. Pentru a putea trage o concluzie s-a trecut și la măsurarea turbidității stratului de apă limpezită din fiecare vas al jar-testului.

Deoarece se constată o variație destul de mare a dozelor de reactivi de la un vas la altul al jar-testului, comparația fiind relativă s-a trecut și la păstrarea unui vas martor cu apă brută în cadrul jar-testului care se va sedimenta natural fără adaos de reactivi chimici.

Observând datele din tabelul 5.3.1. se observă că pH-ul s-a schimbat la fiecare doză de reactivi chimici, respectiv sulfat de aluminiu și var. În continuare se va mări doza de var în fiecare vas pentru a se putea menține pH-ul constant. pentru aceasta se alege ca doza de var să fie de 50% din doza de sulfat de aluminiu.

Cu modificările prezentate mai sus , se mai face un jar test dar la doze mai mici de reactivi chimici, datele fiind prezentate în tabelul 5.3.2

Deoarece s-a constatat că la jar testul nr.1 , valorile scad la turbiditatea apei limpezite s-a făcut și jar-testul nr.2 care scoate în evidență comportarea apelor limpezi cu 6,6 °SiO₂ și temperaturi joase 5°C la doze foarte mici de reactivi chimici.

Observații cu ochiul liber s-au putut realiza numai la jar-testul nr.1. acestea au scos în evidență că, în vasul martor. fără doze de reactivi, suspensiile coboară încet. În al doilea vas s-au format flocoane care coboară mai repede ca și suspensiile din primul vas. În celelalte vase 3,4,5 suspensiile sunt mai mici ca în vasul nr.2 și nu se sedimentează. sau mai bine zis se sedimentează mai încet comparativ cu celelalte vase. vasul martor și vasul nr.2 unde se află cea mai mică doză de reactiv. (jar-testul nr.1).

Experiențele de laborator au continuat cu studiul procesului de coagulare-floculare pe ape mai tulburi având turbiditatea 76,6 °SiO₂. În acest caz s-a studiat influența sulfatului de aluminiu, folosit ca unic reactiv chimic în procesul de coagulare-floculare.

Parametrii care determină procesul de coagulare-floculare. împreună cu variația lor în funcție de variația dozei de reactivi se prezintă în tabelul 5.3.3.

Tabelul 5.3.2

Nr. jar test	Nr. vas jar test	Temp apei brute °C	Alcalinitatea ml HCl	Duritatea temporară °G	Turbiditatea apă brută °SiO ₂	pH apă brută	Doza de sulfat de Al mg/l	Doza var mg/l	Turbiditate apă limpezită °SiO ₂			pH apă limpezită
									Timp de reacție min			
									15'	30'	45'	
1.	1	5	14	3,92	6,6	7,5	0	0	3,8	3,6	3,4	7,5
	2						0,83	0,416	3,4	3,4	3,4	
	3						1,66	0,83	3,8	3,8	3,8	
	4						2,5	1,25	4	3,9	3,7	
	5						3,33	1,66	5	4,7	4,6	
2.	1	5	14	3,92	6,6	7,5	0	0	3,8	3,6	3,1	7,5
	2						0,2	0,1	3,1	2,8	2,6	
	3						0,416	0,2	3,8	2,8	2,7	
	4						0,625	0,31	3,6	3	2,8	
	5						0,83	0,41	3,3	3,3	3,3	

Pentru cele două jar-test care s-au realizat unul în continuarea celuilalt, de la doze de sulfat de aluminiu începând cu 0 mg/l și crescând cu câte 5 mg/l până la valoarea de 45 mg/l, s-au făcut observații vizuale pentru fiecare perioadă de timp de 15', 30' și 45' precum și pentru fiecare vas în parte. Pentru jar-testul nr.1 aceste observații vizuale au relevat:

a) după 15' flocoanele cele mai mari s-au format în vasul nr.5, iar acestea s-au depus în majoritate. Aceste flocoane au avut un diametru de aproximativ d=0.5 mm. În celelalte vase, flocoanele sunt mai mici și spațiul limpezit este mai mic ca în vasul nr.5, depunerea continuând.

b) după 30', în vasul nr.5 flocoanele coboară foarte greu, spațiul limpezit fiind cel mai mare. În celelalte vase, viteza de depunere este la fel ca și vasul nr.5, flocoanele din toate vasele având aproximativ aceeași dimensiune.

Tabelul 5.3.3

Nr. jar test	Nr. vas jar test	Temp apei brute °C	Alcalinitatea ml HCl	Duritatea temporară °G	Turbiditatea apă brută °SiO ₂	pH apă brută	Doza de sulfat de Al mg/l	Turbiditate apă limpezită SiO ₂			pH apă limpezită
								Timp de reacție min			
								15'	30'	45'	
1.	1	6	15	4,2	76,6	8	0	31	26,6	26,6	8
	2						5	33	28,6	28,6	7,3
	3						10	35	29,4	29	7,2
	4						15	29,6	21,6	21	7
	5						20	25	20	19,6	7
2.	1	6	15	4,2	76,6	8	25	29,2	17,2	16	6,9
	2						30	32,2	22,6	21	6,8
	3						35	23,6	15,2	14,8	6,7
	4						40	42	36,8	34	6,6
	5						45	44,6	37	35	6,5

c) după 45', în vasul nr.5 toate flocoanele s-au depus, în vas existând numai particule gravimetrice nelegate în flocoane, care au viteză foarte mică. Se constată că aceeași viteză mică o au și flocoanele mici din celelalte vase.

Pentru jar-testul nr.2 s-au observat următoarele:

a) după 15', în vasele 1,2,3 se constată că s-au format cele mai mari flocoane. Dintre aceste vase se observă că în vasul 3, flocoanele au cea mai mare dimensiune și cea mai mare viteză de sedimentare. În vasul 4 și flocoanele sunt mai mici comparativ cu celelalte vase, și vitezele de depunere la fel.

b) după 30', în vasul nr.3 flocoanele s-au depus aproape complet iar în celelalte vase continuă depunerea, flocoanele și viteza de sedimentare se constată mai mari în vasele 1 și 2 comparativ cu vasele 4 și 5.

c) după 45', se constată că stratul de apă limpezită este cel mai mare cu toate flocoanele depuse, în celelalte vase depunerea continuând foarte încet.

Pentru a putea determina și comportarea sulfatului de aluminiu cu alsal s-au realizat câteva jar-teste, primul pentru comparație s-a realizat numai cu sulfat de aluminiu, având doze mici de reactivi, iar apoi s-a trecut la 3 jar teste legate în care s-a folosit sulfat de aluminiu și alsal în doze crescătoare, respectându-se raportul de 6/10. cantitate alsal raportată la sulfat de aluminiu. Astfel s-a stabilit o doză de reactivi echivalentă ținând cont de cantitatea solidă de sulfat de aluminiu și alsal care ar trebui folosită.

Rezultatele acestor jar teste se regăsesc în tabelul 5.3.4 pentru dozele de sulfat de aluminiu și tabelul 5.3.5 pentru dozele de sulfat de aluminiu și alsal.

Trebuie menționat că jar-testele ai căror parametri fizico-chimici sunt prezentați în tabele 5.3.4 și 5.3.5 s-au realizat pentru aceeași apă brută, tocmai în ideea de a putea face comparații și a trage o concluzii utile în cadrul procesului de coagulare-floculare.

Tabelul 5.3.4

Nr. jar test	Nr. vas jar test	Temp ape brute °C	Alcalinitatea ml HCl	Duri tatea tempo rară °G	Turbiditate apă brută °SiO ₂	pH apa brută	Doza de sulfat de Al mg/l	Turbiditate apa limpezita SiO ₂			pH apa limpezita
								Timp de reacție min			
								15'	30'	45'	
1.	1	5	14	4,2	364	7,8	0	100,4	98	84	7,8
	2						2	108	95	91,6	7,6
	3						5	100,4	86	85,4	7,2
	4						10	80	70	67	7
	5						15	48,8	40	33	6,8

În cadrul jar-testelor realizate și prezentate în tabelele 5.3.4 și 5.3.5 se respectă corelația dintre turbiditatea redusă și mărimea flocoanelor, această corelație fiind inversă, adică la turbiditățile cele mai reduse se constată cele mai mari flocoane care au vitezele de depunere cele mai mari. Se constată că la turbidități mari și dozele de reactivi optime, coagularea și flocularea se realizează foarte rapid, după terminarea miscării de agitație lentă, care corespunde terminării procesului de coagulare-floculare. flocoanele foarte mari aproximativ $d=2$ mm, cu viteza de câțiva milimetrii pe secundă se depun într-un interval de 5 minute. După acest scurt interval de timp, apa este aproape limpede, mai rămân să se depună flocoanele cu diametru mai mici de 1 mm, care au o viteză de aproximativ 0,5 mm/s.

Tabelul 5.3.5

Nr. jar test	Nr. vas jar test	Temp apei brute °C	Alcalinitatea ml HCl	Duritatea temporară °G	Turbiditatea apă brută °SiO ₂	pH apă brută	Doză echivalentă mg/l	Doză de sulfat de Al mg/l	Doză alsal mg/l	Turbiditate apă limpezită °SiO ₂			pH apă limpezită
										Timp de reacție min			
										15'	30'	45'	
1.	1	5	14	4,2	364	7,8	20	12,5	7,5	88,2	74	70	7,3
	2									62,2	50	47,4	7,2
	3									49,6	44	43	7,2
	4									31,2	27,4	27,2	7,2
	5									29,8	26	24	7,2
2.	1	5	14	4,2	364	7,8	45	28,2	16,8	16,4	13,4	13,4	7,2
	2									12,4	11	10,2	7,2
	3									10,2	10	9,1	7,2
	4									8,2	7,4	6,8	7,1
	5									8	7,4	7,2	7,1
3.	1	5	14	4,2	364	7,8	70	43,75	26,25	6,1	5,6	5,2	7,1
	2									4,4	3,8	3,6	7,1
	3									6	4,8	4,4	7,1
	4									5,8	4	3,8	7,1
	5									5,4	4,6	4,3	7,1

Se observă că cu cât dozele de reactivi ajung la doza optimă diametrul flocoanelor rămase după depunerea masivă a flocoanelor mari (după 5 min) cu atât se micșorează și diametrul acestora.

Accasta duce la concluzia că cu cât doza se apropie de doza optimă, depunerile cresc într-un interval scurt de timp după terminarea agitării, și după aceea rămân să se depună flocoane din ce în ce mai mici.

În continuare s-au realizat experiențe de laborator care să fie relevante pentru curba de coagulare-floculare a suspensiilor din apa brută, mai ales pentru partea a doua a curbei, care s-a presupus a fi ușor ascendentă.

Pentru a realiza aceste experiențe cu ajutorul jar-testului s-a trecut la un alt raport între doza de alsal și sulfat de aluminiu, deoarece s-a constatat că raportul 6/10, permite variația pH-ului în apa limpezită în limite de până la 0,5 unități pH, la doze mari de sulfat de aluminiu.

Tabelul 5.3.6

Nr. jar test	Nr. vas jar test	Temp apei brute °C	Alcalinitatea ml HCl	Duritatea temporară °G	Turbiditatea apă brută °SiO ₂	pH apă brută	Doza echivalentă mg/l	Doza de sulfat de Al mg/l	Doza alsal mg/l	Turbiditate apă limpezită °SiO ₂			pH apă limpezită
										Timp de reacție min			
										15'	30'	45'	
1.	1	4	14	4,0	82	7,8	0	0	0	56,4	51,4	47,8	7,8
	2									39,6	35,2	30,4	7,1
	3									35,4	31,2	27,2	7,0
	4									19,6	16,8	14,2	7,0
	5									33,6	29,8	25,4	6,9

Tabelul 5.3.7

Nr. jar test	Nr. vas jar test	Temp apei brute °C	Alcalinitatea ml HCl	Duritatea temporară °G	Turbiditatea apă brută °SiO ₂	pH apă brută	Doză echivalentă mg/l	Doză de sulfat de Al mg/l	Doză alsal mg/l	Turbiditate apă limpezită °SiO ₂			pH apă limpezită
										Timp de reacție min			
										15'	30'	45'	
1.	1	4	14	4,0	107,6	7,8	0	0	0	71,6	57,2	45,6	7,8
	2						30	20,61	9,39	58,6	47,2	41,8	7,3
	3						45	30,91	14,09	54	40,4	35,2	7,3
	4						80	54,96	25,04	20	16	12	7,2
	5						150	103,05	46,95	30,4	29,6	27,2	7,2

Raportul care s-a ales și a fost verificat în practică prin efectuarea de jar-teste este de 5/11. Acest raport permite variația largă a dozelor de sulfat de aluminiu și alsal, valorile absolute fiind cuprinse între 25 și 140 mg/l, variația cantității procentual fiind de peste 550%, aceste date rezultând dintr-o experiență care este prezentată în tabelul 5.3.6. Pentru confirmarea rezultatelor s-au continuat încercările, în același mod prin variația largă a dozelor de reactivi chimici, între valorile 30 și 150 mg/l, procentual variația cantitativă reprezentând 500%, aceste încercări fiind prezentate în tabelul 5.3.7.

S-a observat pentru prima dată faptul următor: creșterea dozelor de reactivi peste anumite valori, care se pot numi în exces, duc la creșterea turbidității în apa limpezită.

Având aceste date se poate prezenta un grafic de coagulare - floclare al suspensiilor din apa brută, care se poate diferenția în funcție de turbiditatea apei brute.

Trebuie menționat că în baza experiențelor de laborator cu jar testul au constituit-o foarte multe încercări, de ordinul zecilor, dar în prezenta teză de doctorat s-au prezentat numai câteva, considerate de autor ca reprezentative pentru anumite aspecte ale procesului de coagulare-floclare a suspensiilor din apa brută.

Altă parte a experiențelor de laborator a constituit-o încercările jar-test cu toate 3 tipurile de reactivi chimici: coagulant, substanță alcalinizantă și adjuvant de coagulare.

Reactivii chimici folosiți au fost sulfat de aluminiu-coagulant, alsal, folosit pe post de substanță alcalinizantă și Fitpol, (polielectrolit de sinteză), ca adjuvant de coagulare.

Aceste experiențe au arătat că este foarte greu de a realiza aflarea dozelor optime pentru fiecare din cei trei reactivi, astfel încât este foarte greu să se păstreze și pH-ul probelor de apă limpezită la valori constante sau relativ constante, pentru a putea trage apoi concluzii clare cu privire la folosirea acestor trei reactivi chimici concomitent. S-a observat că nu se poate stabili raportul a doi reactivi chimici de exemplu sulfat de aluminiu și alsal și apoi să se introducă al treilea reactiv chimic, adjuvantul, deoarece la introducerea celui de-al treilea reactiv chimic, se schimbă brutal turbiditatea apei limpezite, adică crește la valori necontrolabile, aceasta corelat cu scăderea bruscă a pH-ului apei limpezite. Aceste fenomene s-au observat pe apă brută cu turbiditatea de 40°SiO₂, iar cantitatea de adjuvant a fost infimă de 0.1 mg/l.

Alte experiențe de laborator au avut scopul de a determina masa suspensiilor din apa brută la diferite turbidități. Metodologia folosită s-a arătat la capitolul 5.2.1, pentru aceste determinări.

Determinările realizate sunt prezentate mai jos:

Turbiditate apă brută $^{\circ}\text{SiO}_2$	Masa suspensiilor mg
5,8	11,5
33	59,1
86,8	96,3
450	581

Aceste determinări arată faptul că la turbidități mici, masa suspensiilor este destul de mare, iar la turbidități medii creșterea masei nu mai este așa importantă, ceea ce denotă faptul că la turbidități mici particulele au caracter gravimetric, iar pe măsură ce turbiditatea crește apar în apă brută și suspensii coloidale, care deși nu sunt grele, sunt foarte multe și acestea dau de fapt turbiditatea apei. La turbidități mari se constată creșterea semnificativă a masei suspensiilor, ceea ce arată că, aceste ape cu turbidități mari, sunt ape de viitură cu încărcătură mare de particule gravimetrice.

5.4. Rezultatele din laborator și interpretarea lor.

Având în vedere determinările efectuate pentru determinarea masei de suspensii din apa brută se poate construi un grafic care să redea dependența masei suspensiilor de turbiditatea apei brute.

Acest grafic este redat mai jos:

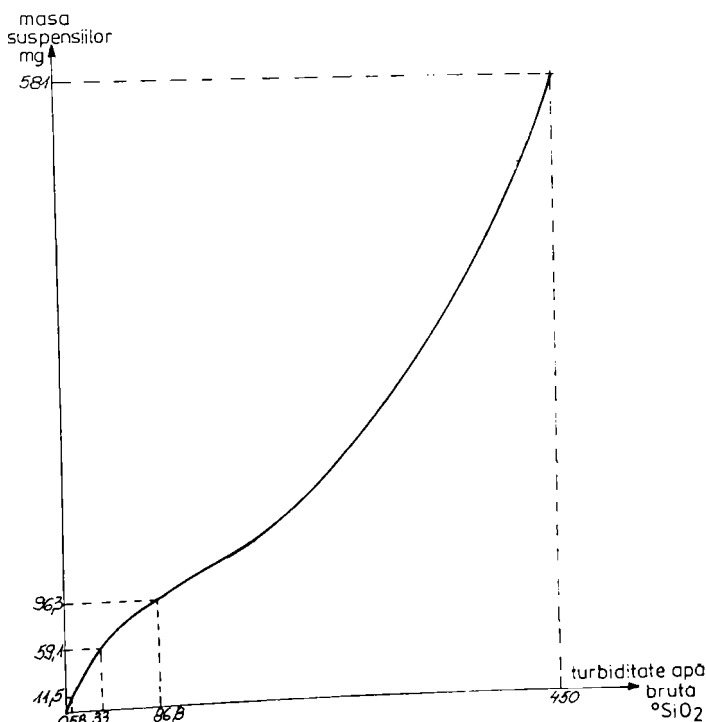


Fig.5.5.

Pentru aflarea valorii masei suspensiilor unei ape brute cu o anumită turbiditate se folosește graficul întocmit mai sus. Pentru determinări de mai mare precizie a valorii masei suspensiilor funcție de turbiditatea apei brute, care se pot folosi în exploatarea decantoarelor suspensionale cu debit variabil, graficul trebuie întocmit din mai multe date respectiv determinări.

Aceste rezultate privitoare la dependența masei suspensiilor de turbiditatea apei brute, confirmă faptul că decantoarele suspensionale pot funcționa numai cu turbidități ale apei brute mai mari de 50°SiO_2 , deoarece, numai peste aceste valori apar în componența suspensiilor din apa brută, suspensiile coloidale, care prin procesul de coagulare-floculare vor forma flocoane, care sub acțiunea curentului ascensional de apă brută din decantor și a debitului variabil vor putea să formeze stratul suspensional, strat necesar procesului de separare suspensională.

Din experiența de laborator, jar-test, prezentată în tabelul 5.3.1 se observă că turbiditatea scade pe măsură ce se mărește doza de coagulant, acest lucru fiind petrecut în paralel cu scăderea pH-ului din probele de apă limpezită. Concluziile care se pot trage sunt următoarele:

- pentru a putea doza corect cantitatea de coagulant trebuie să se păstreze pH-ul la un nivel constant pentru că altfel, procesul de coagulare-floculare scapă de sub control.
- doza de var care trebuie introdusă în apă se constată că este variabilă, ea mărindu-se la creșterea dozei de coagulant, care este sulfatul de aluminiu, doza de var necesară pentru menținerea pH-ului constant la o valoare dorită, trebuind să se stabilească prin încercări, înainte de începerea experiențelor de laborator cu jar-testul pentru stabilirea dozelor de coagulant.
- este necesară stabilirea unui vas la încercările de jar-test, ca vas martor în care să se introducă numai apă brută, fără reactivi, pentru a putea avea o valoare de referință privind turbiditatea apei limpezite și a vitezei de sedimentare. Toate valorile turbidității apei limpezite din vasele jar-testului în care s-au introdus reactivi chimici se vor compara cu valorile turbidității din vasul martor.

Ținând cont de concluziile trase și prezentate mai sus, se va experimenta în continuare, cu jar-testul dozele optime de reactivi chimici astfel:

- se va determina doza de var, astfel încât la creșterea dozelor de sulfat de aluminiu, pH-ul din vasele cu probe de apă limpezită să rămână constant.
- se va menține un vas numai cu apă brută, care se va sedimenta natural, după perioadele de agitare, care vor fi identice cu cele din celelalte vase ale jar-testului.
- se vor efectua mai multe jar-teste cu aceeași apă brută pentru a se putea observa mai bine procesul de coagulare-floculare, la o plajă mai largă de doze de reactivi chimici.

Rezultatele a două jar-teste legate, cu aceeași apă brută, folosind sulfat de aluminiu și var, pH-ul din probele de apă limpezită fiind constant, sunt prezentate în tabelul 5.3.2.

Pentru o mai bună apreciere a rezultatelor s-a construit un grafic care reprezintă turbiditatea apei limpezite la diferite doze de reactivi. Acest grafic este prezentat alăturat în fig.5.6 și 5.7.

Analizând cele două grafice de mai sus prezentate în fig.5.6 și 5.7, se observă că la turbidități mari și pentru intervale scurte de timp apar unele aspecte neremarcate până în prezent, între doza de reactiv chimic de coagulare și timpul de începere a procesului de coagulare-floculare.

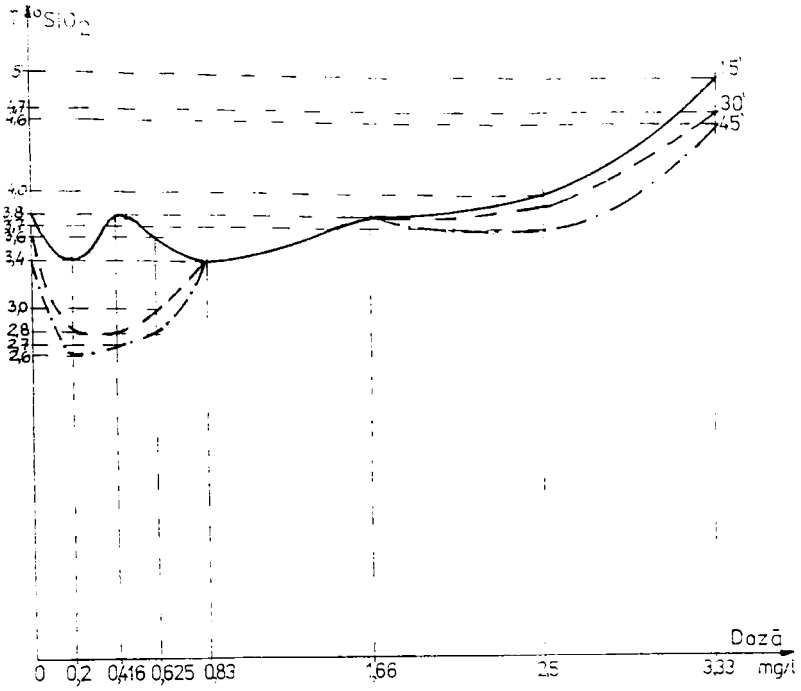


Fig.5.6

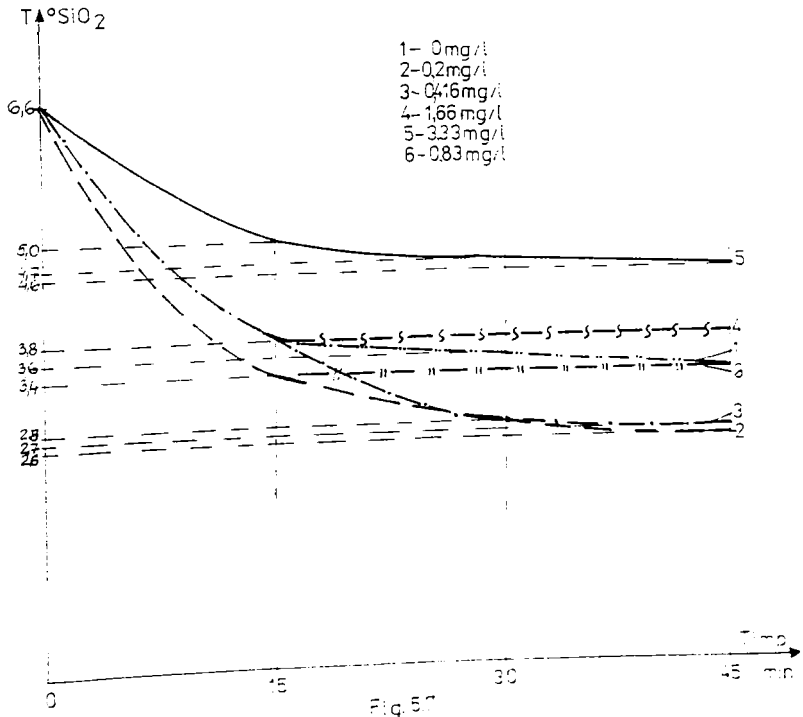


Fig. 5.7

Se constată că în graficul din fig.5.6 pentru curba reprezentând durata procesului de coagulare-floculare de 15 minute, apare un maxim local la doza de 0,416 mg/l, între două minime reprezentând dozele de 0,2 mg/l și 0,83 mg/l, după care curba turbidității începe să crească cu mărirea dozei de reactiv chimic de coagulare.

În graficul din fig.5.7. se constată că turbiditatea probelor de apă scade cel mai rapid, atingând cele mai joase valori pentru doza de reactiv de 0,2 mg/l, valoare minimă care corespunde și în graficul din fig.5.6. Curbele trasate pentru dozele de reactivi de 0,416 mg/l, 0,625 mg/l și 0,83 mg/l se situează între curbele de sedimentare a apei brute fără reactivi și curba de sedimentare cu doza de coagulant de 0,2 mg/l. După aceste valori ale dozelor, pentru doze mai mari decât 0,83 mg/l al cărei grafic este o dreaptă, se constată că în timp turbiditatea probelor de apă cu doze mari de reactiv de coagulare, crește odată cu creșterea dozelor de reactiv.

Curba desenată pentru doza de 0,83 mg/l se constată că este o dreaptă. adică turbiditatea se menține constantă în timp nemaexistând depuneri de particule. turbiditatea după 45 minute a acestei probe de apă fiind aceeași cu aceea a apei brute.

Concluzia care se poate trage este următoarea: pentru turbiditatea dată de $6,6^{\circ}\text{SiO}_2$, doza de 0,83 mg/l reprezintă doza limită prin care se anulează toate sarcinile negative din apă, ajungând la sarcină nulă din punct de vedere electrostatic al particulelor din apă. Dozele situate sub această valoare limită reușesc să grăbească procesul de decantare, iar cele situate peste această valoare, provoacă o turbiditate crescută în comparație cu procesul de decantare al apei brute.

Această creștere a turbidității se poate explica prin faptul că valoarea dozei limită produce în apa brută anularea tuturor sarcinilor negative și deci ajungerea la o sarcină nulă din punct de vedere electrostatic al tuturor particulelor din apă, iar valoarea dozei care depășește această valoare limită produce o pozitivare a particulelor din apă datorită ionilor de aluminiu Al^{3+} aflați de acum în exces în apă.

Se consideră că particulele gravimetrice și flocoanele mai mari care s-au putut forma cu ușurință s-au decantat în primele 15 minute, după acest timp rămânând să se depună particulele coloidale foarte fine. Pentru a confirma aceste concluzii referitoare la creșterea turbidității pentru perioade scurte de timp, la doze mici de reactivi de coagulare s-au făcut numeroase jar-teste și pentru alte turbidități. Rezultatele unui asemenea jar-test realizat pentru turbiditatea apei brute de 36f SiO_2 sunt prezentate în tabelul 5.3.4.

Graficele care se construiesc pe baza acestui tabel sunt graficul din fig.5.8 care prezintă variația turbidității în funcție de doza de reactiv de coagulare, în speta sulfat de aluminiu, și graficul din fig.5.9, care prezintă variația turbidității în funcție de timp.

Trebuie menționat că aceste date au ca bază folosirea numai a unui reactiv chimic - sulfatul de aluminiu, pentru a studia variația turbidității și la pH variabil.

Aceste grafice fig.5.8 și 5.9 confirmă că și la turbidități ridicate, precum și în condițiile unui pH variabil, există un salt al turbidității pentru doze mici și perioade scurte de timp.

Se constată că în graficul în care turbiditatea este funcție de timp există o valoare a dozei de reactivi pentru care depunerea este aproape constantă după 15 minute, aceea fiind doza de 2 mg/l sulfat de aluminiu.

Această valoare mică a dozei de reactivi care provoacă creșterea temporară a turbidității se propune să se numească doză de instabilitate.

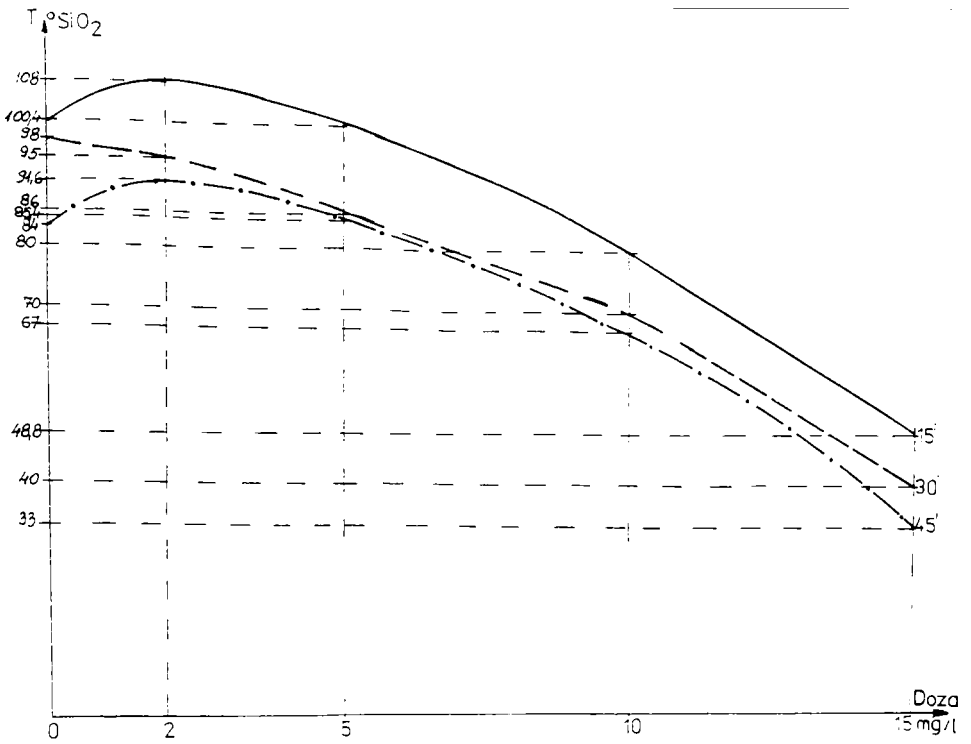


Fig. 5.8

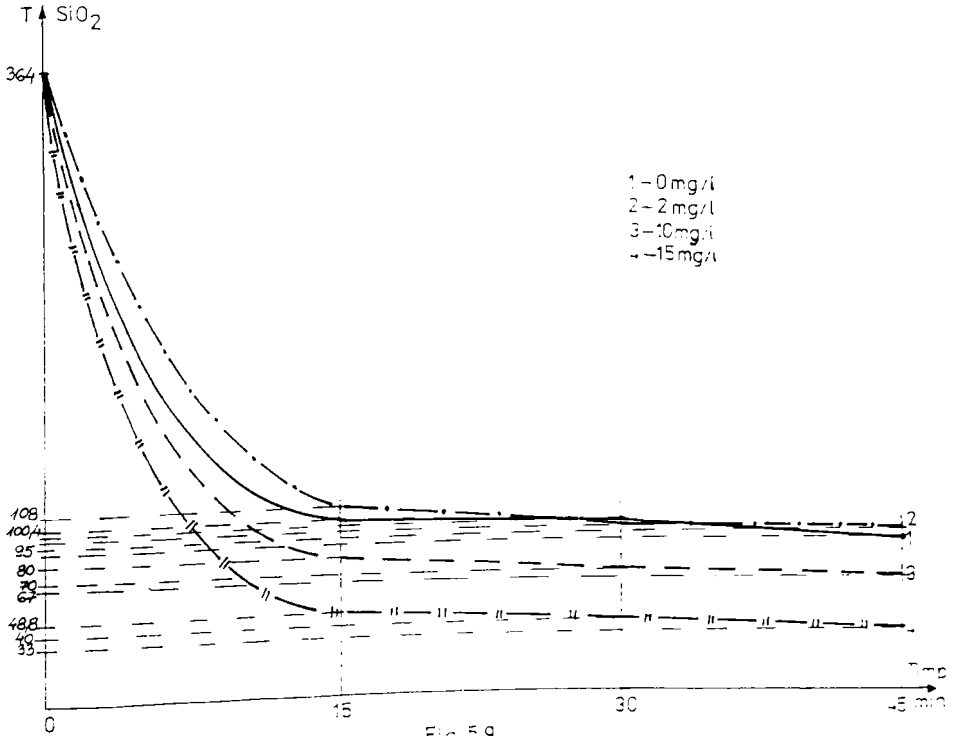


Fig. 5.9

Pentru studiul variației complete a turbidității funcție de doza de coagulant și timp în condițiile variației pH-ului se trasează graficele din fig.5.10 și 5.11 pentru datele din tabelul 5.3.3.

Analizând cele două grafice se constată că la început pentru toate perioadele de timp de 15', 30' și 45', pentru dozele de 5 și 10 mg/l turbiditatea apei decantate cu aceste doze de sulfat de aluminiu este mai mare ca cea a apei brute după aceleași perioade de timp.

Se constată că doza de instabilitate se găsește în jurul dozei de 10 mg/l. Observând în continuare cele două grafice se observă că același fenomen de instabilitate își mai face apariția în jurul dozei de 30 mg/l, la un pH=6,8.

Dar se remarcă că de această dată la perioadele de timp de 30' și 45', turbiditatea apei decantate la doza de 30 mg/l, este totuși mai mică decât turbiditatea apei brute, care este fără reactivi chimici de coagulare. Aceasta întărește convingerea că doza de instabilitate duce la instabilitatea pronunțată a turbidității apei, numai în prima parte a procesului de decantare, mai exact în primele 15 minute după terminarea procesului de coagulare-floculare și începerea decantării suspensiilor din apă, care sunt sub formă de flocoane.

În graficele din fig.5.10 și 5.11 se mai constată că între dozele de 15 mg/l și 35 mg/l, cu excepția maximumului de instabilitate la doza de 30 mg/l, există un palier relativ constant în care se pot găsi doze de reactiv de coagulare - (sulfat de aluminiu) - , care se pot folosi pentru tratarea apelor brute în situațiile de tratare a apei. După doza de 40 mg/l se constată creșterea bruscă a turbidității apei decantate la probele unde s-au folosit aceste doze. Aceasta duce la concluzia că doza limită pentru turbiditatea de 76.6 SiO₂ este situată între 35 și 40 mg/l.

Experiențele în laborator au continuat cu studiul dozelor optime de coagulant în condiția păstrării pH-ului constant la toate probele de apă limpezită. Datele rezultate din aceste experiențe sunt cuprinse în tabelul 5.3.5. Experiențele au continuat cu folosirea reactivilor chimici sulfat de aluminiu și alsal. Acești reactivi în combinație dau un pH constant, la o variație mare a dozelor de reactivi chimici, păstrând un raport constant de dozare între cei doi reactivi, folosindu-se aici raportul 6/10.

Pentru acest set de experiențe s-au folosit trei jar- teste legate, cu aceeași apă brută, având posibilitatea de a lega acest set de experiențe cu datele din tabelul 5.3.4. deoarece s-a folosit în amândouă seturile de experiențe aceeași apă brută cu turbiditatea de 364°SiO₂. Rezultatele acestor experiențe se pot vedea și interpreta după graficele din fig.5.12 și 5.13, în care se prezintă variația turbidității în funcție de doza echivalentă de reactivi chimici introduși în apă, sulfat de aluminiu și alsal precum și în funcție de timpul de decantare. Trebuie menționat că s-au trasat doar curbele caracteristice, deoarece trasarea celor 15 curbe ar fi îngreunat citirea graficelor, dar oricum toate rezultatele se regăsesc în tabelul 5.3.4.

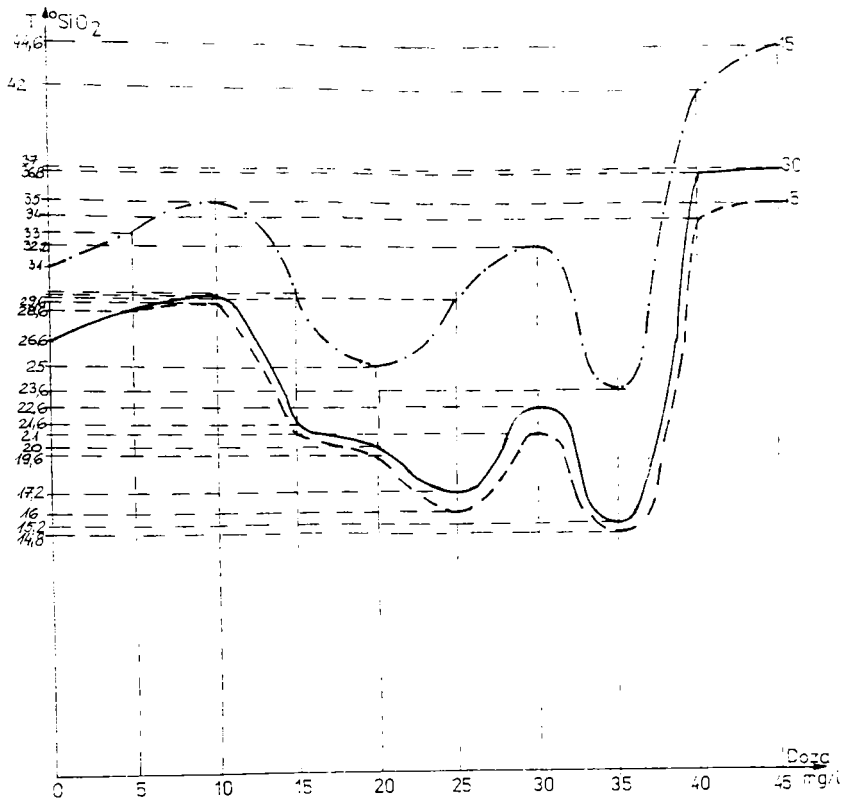


Fig. 5 10

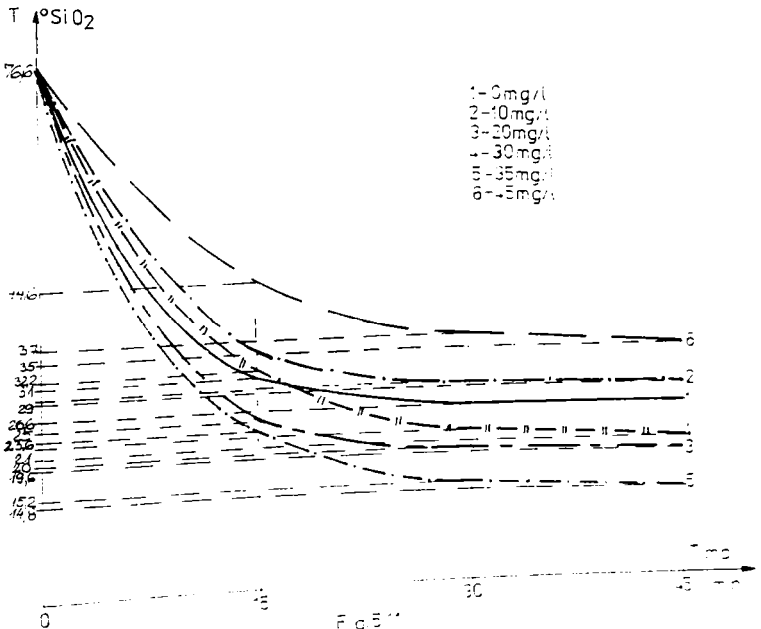


Fig 5 11

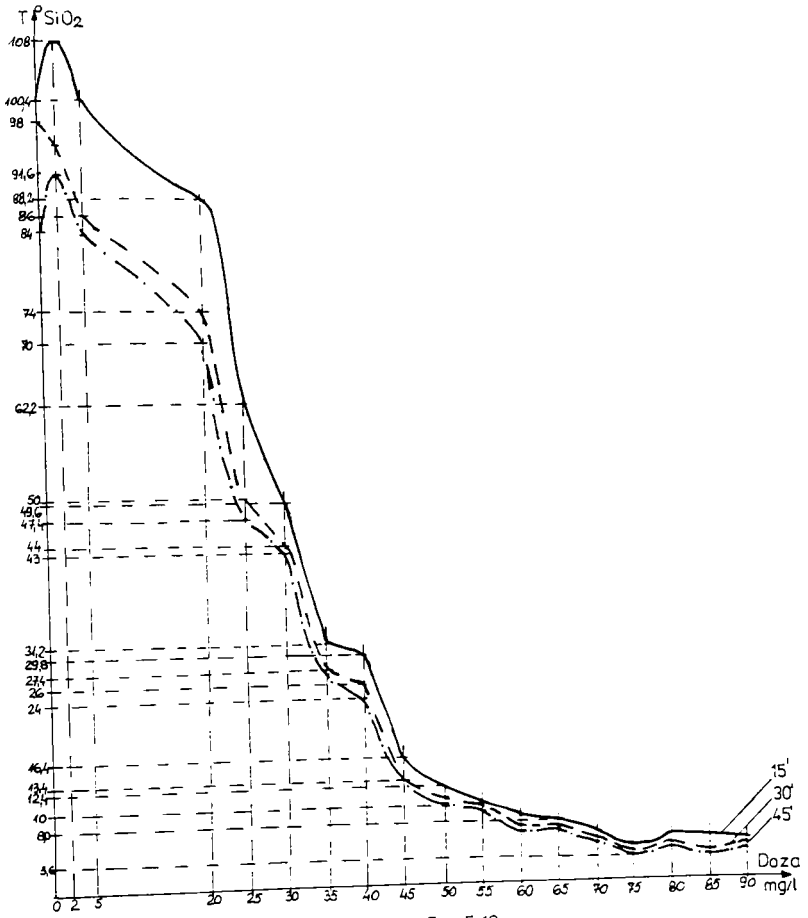


Fig 5.12

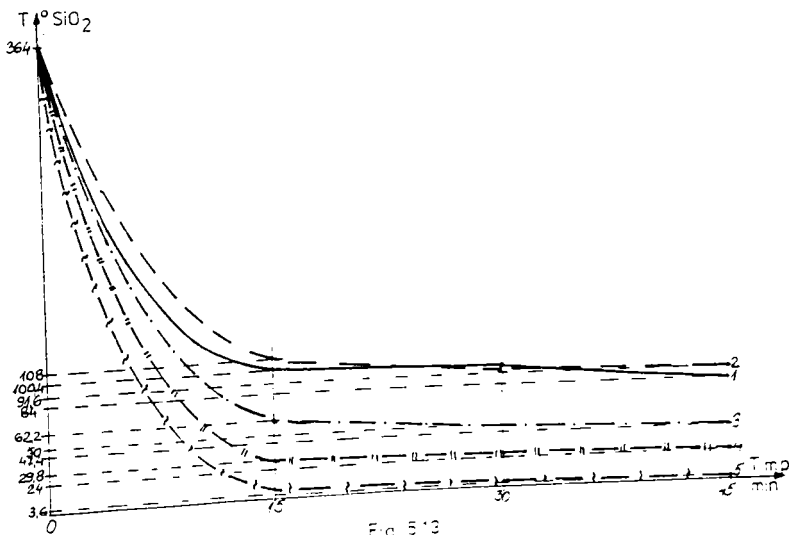


Fig 5.13

În graficele din fig.5.12 și 5.13 se observă că și în acest caz apare un interval de instabilitate a turbidității pentru apa decantată cu reactivi chimici comparativ cu decantarea naturală a apei brute. Se constată că doza de instabilitate este de aproximativ 2 mg/l sulfat de aluminiu, folosit fără alsal, aceasta producând o creștere cu 8 grade turbiditate la apa decantată cu reactivi chimici față de apa brută decantată în mod natural.

Se constată deasemenea existența palierului aproximativ constant pentru această turbiditate la dozele de reactivi cuprinse în intervalul 70-90 mg/l. La acest palier se constată deasemenea că el este relativ constant deoarece la diferențe mici ale dozelor apar foarte mici variații la turbiditatea apei decantate. În mod practic acest palier se poate considera constant până la valoarea dozei limită când începe creșterea turbidității odată cu creșterea dozei de reactiv chimic de coagulare.

Pentru a demonstra existența unei doze limită, după care turbiditatea apei limpezite crește odată cu creșterea dozei de reactivi s-au realizat mai multe experiențe. Două dintre acestea sunt prezentate în tabelele 5.3.6 și 5.3.7. Experiențele s-au efectuat cu sulfat de aluminiu și alsal pentru a crea un pH la apa decantată relativ constant.

În aceste grafice 5.14, 5.15, 5.16 și 5.17 s-a trasat variația turbidității apei limpezite în funcție de doza de reactivi chimici folosiți. Se constată că pentru cele două turbidități ale apei limpezite de 82 ° SiO₂ și 107.6 ° SiO₂ dozele optime se găsesc în jurul valorii de 80 mg/l. După această doză se constată creșterea turbidității apei decantate odată cu creșterea dozei de reactivi chimici; aceasta presupune că doza limită se găsește între valoarea dozei de 80 mg/l și 140 mg/l (150 mg/l).

Se mai constată că la turbiditate mai mare, doza limită este mai mare.

În urma acestei experiențe se pot trage următoarele concluzii:

- a) doza optimă crește cu creșterea turbidității apei brute
- b) doza optimă se poate lua în interiorul unui interval optim unde turbiditatea apei decantate cu reactivi chimici se păstrează aproape constantă odată cu creșterea dozelor de reactivi chimici.
- c) intervalul optim de dozare este cu atât mai larg cu cât turbiditatea apei brute este mai mare.
- d) există o valoare foarte mică a dozei de reactivi chimici, indiferent de pH-ul apei, decantate cu ajutorul reactivilor chimici, care provoacă instabilitatea turbidității comparativ cu decantarea apei în mod natural, care s-a denumit doză de instabilitate. Această instabilitate este mai pronunțată în perioada imediat următoare terminării procesului de coagulare-floculare.
- e) există o valoare a dozei de reactivi chimici, după care turbiditatea apei decantate crește odată cu creșterea dozei de reactivi. Această valoare se numește doză limită, a cărei valoare crește cu creșterea turbidității apei brute.

În urma acestor concluzii se poate prezenta o diagramă cu caracter general care reprezintă variația turbidității apei decantate în funcție de doza de reactivi chimici folosiți.

Pe această diagramă trebuie să se evidențieze punctul de plecare a graficului care reprezintă valoarea turbidității apei brute decantate în mod natural, fără adaos de reactivi chimici.

A doua valoare importantă este valoarea dozei de instabilitate care reprezintă un maxim al curbei trasate.

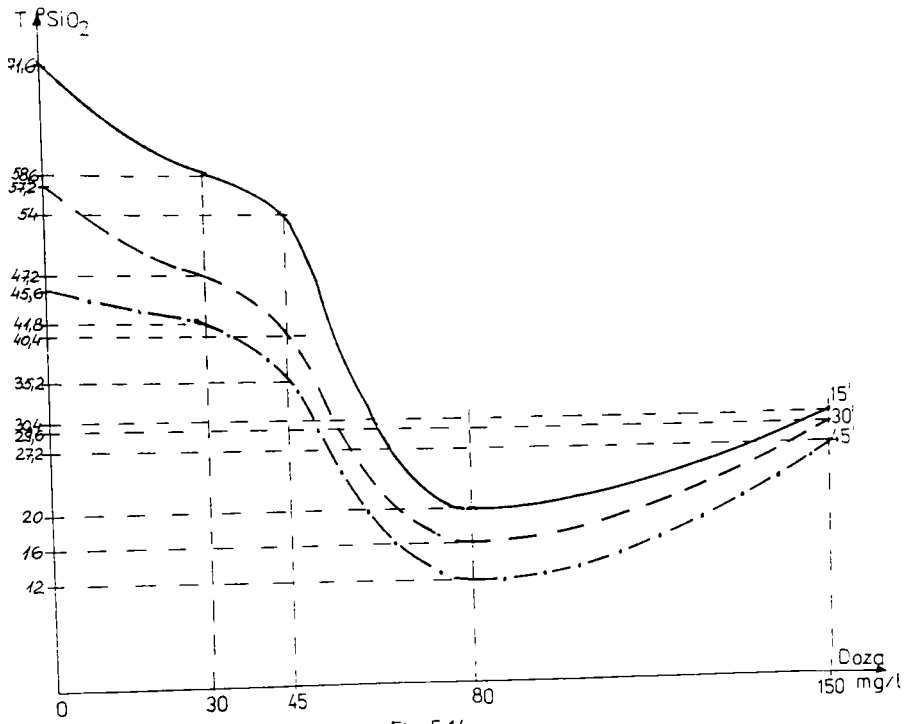


Fig. 5.14

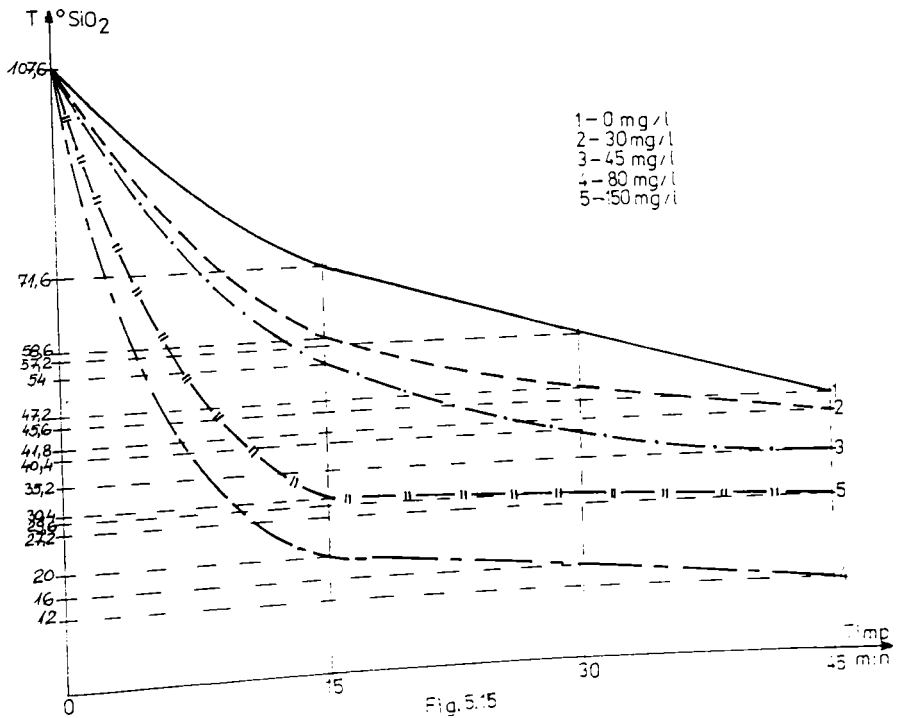


Fig. 5.15

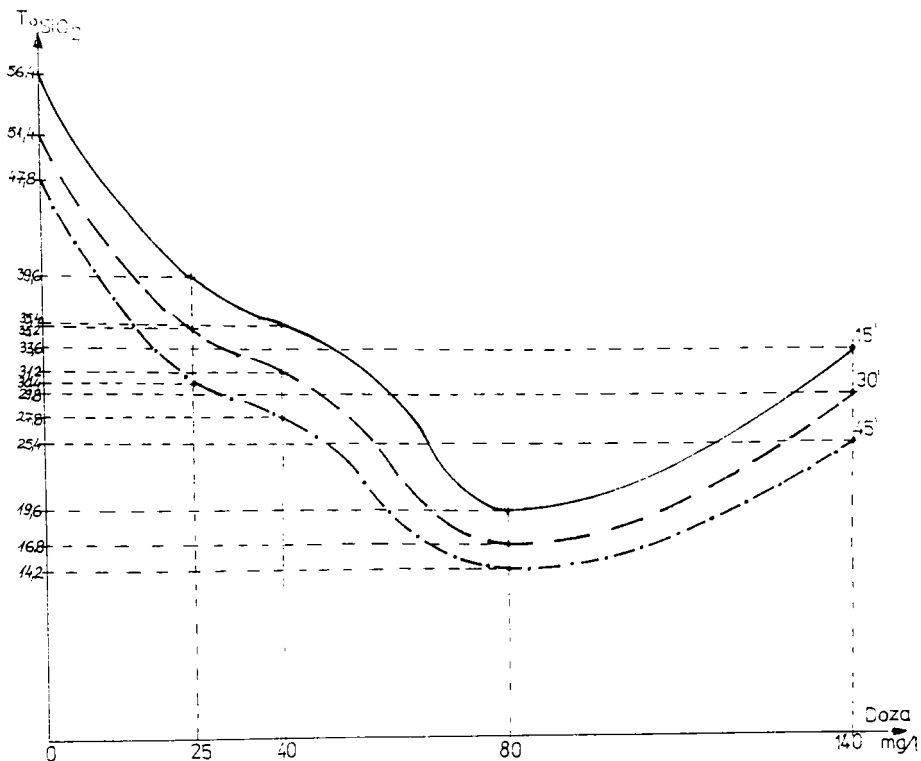


Fig. 5.16

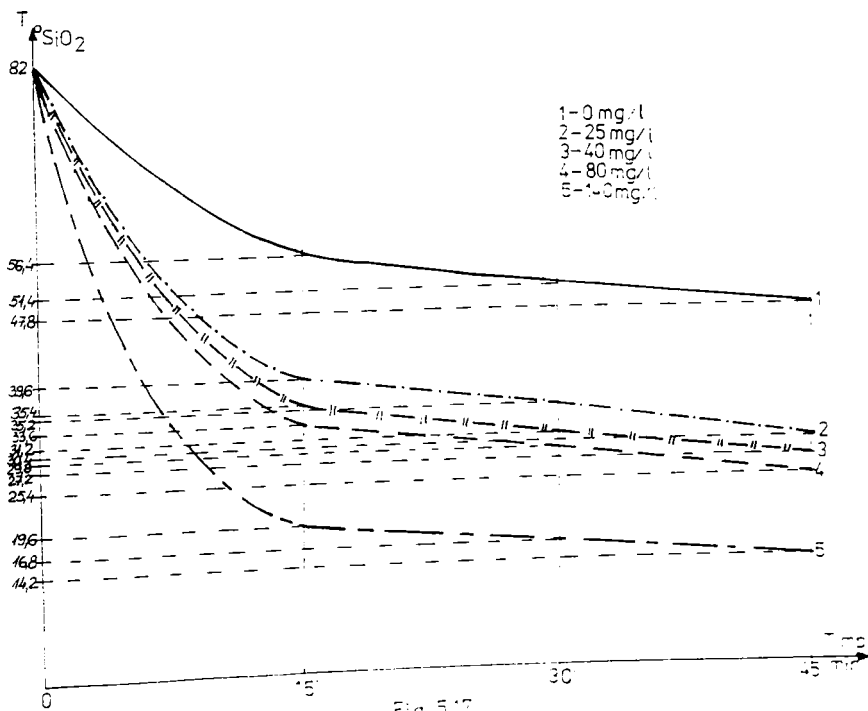


Fig. 5.17

A treia valoare reprezintă doza de reactivi chimici care marchează începutul intervalului optim de dozare. A patra valoare caracteristică este doza limită, după care turbiditatea crește.

Diagrama decantării unei ape brute care arată variația turbidității apei decantate în funcție de dozele de reactivi chimici, împreună cu valorile sale caracteristice este prezentată în graficul din fig.5.18.

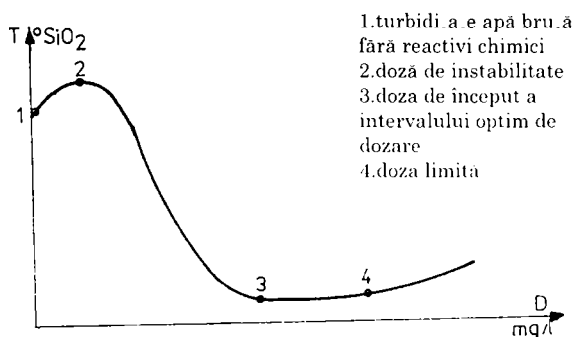


Fig.5.18

Având în vedere concluziile trase la experiențele efectuate în laborator pentru determinarea dozei optime de reactivi precum și diagrama din fig.5.18 care arată variația turbidității apei decantate în funcție de doza acestora se poate construi un grafic (fig.5.19) care arată variația intervalului optim pentru dozele de reactivi chimici în funcție de turbiditatea apei brute și doza de reactivi.

Acest grafic s-a construit pe baza datelor cuprinse în tabelele : 5.3.1 - 5.3.7.

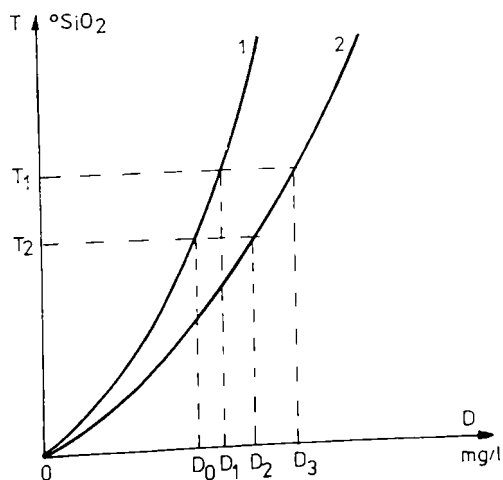


fig. 5.19

Graficul din fig.5.19 arată că intervalul optim pentru dozele de reactivi crește odată cu creșterea turbidității.

Se observă pe grafic că pentru turbiditatea T_1 se poate folosi intervalul optim de dozare $D_0 - D_2$ și pentru turbiditatea T_2 ca valoare fixă dată se poate folosi intervalul optim de dozare $D_1 - D_3$.

Rezultă că pentru o turbiditate dată se poate folosi un interval de valori pentru dozele optime. Condiția dozării optime este situarea dozei de reactivi între curba 1, care reprezintă prima valoare a intervalului optim de dozare și curba 2 care reprezintă doza limită, adică pe cât posibil pentru ape cu turbidități variabile în timp, turbiditatea la un moment dat să fie la mijlocul intervalului optim de dozare. Aceasta implică și folosirea unei aceeași doze de reactivi pentru un interval de turbidități, cum se vede pe grafic cu doza $D_1 - D_2$ se poate trata apa brută a căror turbidități sunt cuprinse în intervalul T_1 și T_2 .

Trebuie evitat ca doza aplicată să se găsească la limita intervalului, deoarece există pericolul ca la cea mai mică schimbare a turbidității apei brute să se deterioreze procesul de decantare, în prima fază obținând o apă decantată cu o turbiditate cuprinsă între turbiditatea care ar fi fost obținută cu doza optimă de reactivi chimici și turbiditatea dată de decantarea apei brute în mod natural fără adaos de reactivi chimici. În a doua fază există pericolul de a obține o apă decantată cu o turbiditate mai mare ca cea a apei brute. Această a doua fază are o probabilitate mai mare să se producă la ape cu turbidități destul de mici (mai mici decât 100 SiO_2) și când se depășește doza limită.

În concluzie pentru dozarea corectă și optimă a reactivilor chimici trebuie ca pentru o apă brută să se construiască un asemenea grafic și dozele care se vor folosi pentru tratarea apei în stația de tratare sau pe un pilot trebuie să se aleagă la mijlocul intervalului optim de dozare.

Asemenea grafic este foarte util în dozarea efectuată în stațiile de tratare sau pe piloți de încercare, deoarece măsurând turbiditatea apei brute, din grafic rezulta imediat ce doză trebuie folosită, astfel dozarea putându-se realiza în timp real, excluzând folosirea jar-testului.

Totuși datorită modificării calităților fizico-chimice a apei brute în timp, acest grafic cu intervalul optim de dozare trebuie refăcut periodic.

5.5. Propunerea unei noi metode de stabilire a dozelor reactivilor chimici

Prezenta metodă se referă la determinarea dozelor de reactivi chimici necesare pentru procesul de decantare a apelor, proces folosit în stațiile de tratare a apelor potabile, a apelor reziduale menajere și a apelor reziduale industriale, unde este necesară decantarea apei, proces realizat cu ajutorul reactivilor chimici.

Este cunoscut faptul că procesul de decantare în stațiile de tratare a apelor este realizat cu ajutorul reactivilor chimici de decantare, coagulanți, alcalinizanți și adjuvanți de coagulare iar stabilirea dozelor de reactivi chimici se realizează în laborator cu jar-testul astfel: în 5-6 vase de 1 l se introduce apa brută care urmează a fi decantată, iar dozele de coagulant măsurate în miligrame, se introduc în cantități progresive de la primul vas la ultimul, după care se începe agitarea apei în vase, mai întâi mai repede o perioadă de timp, iar apoi altă perioadă de timp mai încet, după care o altă perioadă de timp se lasă în repaos conținutul vaselor. Prin observare cu ochiul liber se alege vasul care are flocoanele și depunerile cele mai mari, iar doza de reactivi chimici care se aplică în fluxul tehnologic al stației de tratare, este doza exprimată în miligrame pe litru care a fost pusă în vasul cu flocoanele și depunerile cele mai mari. Dezavantajul principal al

metodei consacrate pentru stabilirea dozelor de reactivi este stabilirea cu ochiul liber al vasului cu flocoanele și depunerea cea mai mare și deci stabilirea dozei de reactiv se realizează vizual, precum și compararea între ele a vaselor cu diferite doze de reactivi este relativă.

Problema tehnică care o rezolvă prezenta metodă este stabilirea dozelor de reactivi chimici, necesare pentru procesul de decantare al apei în mod obiectiv, prin măsurarea turbidității apei la stratul superior din vase după decantare cu apă brută și reactivi chimici, cu ajutorul unui turbidimetru electronic și compararea acestor rezultate cu un vas martor în care s-a introdus numai apă brută fără coagulanți, apa din vasele cu coagulanți și vasul martor având același regim de mișcare și repaos. Metoda înlătură din dezavantajele menționate mai sus pentru metoda consacrată și stabilește în mod obiectiv cu ajutorul unui turbidimetru electronic vasul în care apa este cea mai decantată, mai lipsită de suspensii, în comparație cu vasul martor care conține apă brută fără reactivi, putându-se realiza astfel o comparație stabilă față de vasul martor și nu o comparație relativă la vasele alăturate, cum se face în prezent.

Prin aplicarea metodei se obține avantajul de a putea determina dozele de reactivi chimici pentru decantarea apei, în mod obiectiv și riguros, indiferent de turbiditatea apei brute, dar mai ales la turbidități mici deoarece la turbidități mici aproximativ sub 50 turbiditate în grade silice, ochiul nu mai poate face diferențe. Această metodă permite stabilirea dozelor de reactivi chimici la ape cu turbidități mici, metoda cunoscută nu putea realiza stabilirea dozelor mici și deci procesul tehnologic de decantare a apelor din stațiile de tratare a apelor nu se poate realiza o bună dozare și deci, nici o bună decantare. În concluzie metoda propusă poate realiza stabilirea dozelor de reactivi chimici pentru decantarea apei, în mod optim, obiectiv și riguros pentru toate turbiditățile posibile a apărea într-un flux tehnologic de decantare.

În continuare metoda va fi descrisă în detaliu. Ea constă din umplerea a 5-6 vase cu capacitatea de 1 l apă brută, care sunt probe din apa brută ce urmează a se decanta în stația de tratare și introducerea simultan a unor doze de reactivi chimici, în cantități progresive în toate vasele, mai puțin în unul care fi probă martor. Se agită apa simultan în toate vasele o perioadă de timp egală cu 3 minute cu o turată de 160 -180 rotații pe minut cu ajutorul unei mici palete, după care o altă perioadă de 5 minute se agită apa din toate vasele cu 40-60 rotații pe minut, după care urmează o perioadă de repaos de 15 minute. Se iau probe de apă de la suprafața fiecărui vas și se măsoară turbiditatea cu un turbidimetru electronic, această operație se realizează după o perioadă de repaos și la trei intervale de timp de 15 minute după aceea. Rezultatele se consemnează într-un tabel și doza optimă este aceea în care vasul prezintă cea mai mică turbiditate comparativ cu proba martor.

În concluzie metoda propune măsurarea turbidității din stratul de suprafața de apă decantată a probelor de apă brută cu reactivi chimici și compararea acestor turbidități cu cea măsurată din stratul de suprafața a probei de apă martor în care se găsește numai apă brută, care s-a decantat în mod natural. Aceste rezultate se vor consemna într-un tabel și doza optimă sau intervalul optim pentru dozele de reactivi sunt acele turbidități care reprezintă un minim față de turbiditatea probei martor.

Trebuie menționat că turbiditățile se măsoară la intervale de 15 minute, 30 minute și 45 minute după terminarea agitării probelor de apă. Se mai măsoară și turbiditățile la 45 de minute deoarece se consideră că după 45 de minute în medie, particulele din apă se mai pot decanta într-un modulul lamelar superior, aceasta pentru o parcurgere a decantorului de către particulele din apă într-un interval mediu de timp de 1 oră.

Prezenta metodă se propune a se folosi în stațiile de tratare deoarece a rezultat din experiențele efectuate și rezultatele obținute, că această metodă este mai exactă și că posibilitatea obținerii unei cantități și calități sporite la apa decantată.

5.6. Experiențele efectuate pe prototipul pilot.

Experiențele efectuate pe prototipul pilot au cuprins trei părți, prima parte a constat în reglarea instalației din punct de vedere hidraulic deoarece, fiind un prototip pilot, a cărui construcție a fost realizată prima dată, au intervenit diferite mici probleme, care au trebuit rezolvate, astfel încât prototipul pilot să corespundă în funcționare cu parametrii care au fost proiectați.

A doua parte a constat din dozarea corectă și optimă a reactivilor chimici. Această parte a decurs în paralel cu experiențele de laborator, care au dus la concluziile prezentate în capitolele 5.4 și 5.5.

S-a constatat că dozarea gravimetrică din recipiente de sticlă este cea mai bună, dezavantajul acesteia, care constă în variația debitului cu înălțimea soluției de reactivi chimici din recipientele de sticlă, se compensează printr-un reglaj la intervale de timp mai scurt, aproximativ o oră. Această dozare se consideră corectă deoarece, variația înălțimii soluției de reactivi chimici în recipientele de sticlă este foarte mică, ea putând fi considerată neglijabilă pentru reglajele efectuate la intervale de o oră. Acest reglaj al dozelor de reactivi trebuie să se realizeze deoarece și turbiditatea apei variază destul de mult, reglajul fiind absolut necesar la un interval de câteva ore, iar uneori în perioade de viituri reglajele s-au realizat mult mai des, chiar de câteva ori pe oră.

A treia parte a experiențelor a constat în realizarea și buna funcționare a celor două elemente complementare, reglarea decantorului din punct de vedere hidraulic și dozarea reactivilor chimici, în funcție de caracteristicile apei brute.

Conform observațiilor făcute în timpul funcționării prototipului pilot, trebuie ca încărcarea hidraulică a decantorului exprimată în $m^3/h \cdot m^2$ să fie direct proporțională cu turbiditatea apei brute, adică se poate atinge o încărcare hidraulică mare, care dă bineînțeles și o viteză medie în decantor mare, dar numai la turbidități ridicate.

Reactivii chimici folosiți în timpul funcționării prototipului pilot au fost:

- sulfat de aluminiu
- sulfat de aluminiu și var
- sulfat de aluminiu și alsal

Concentrațiile folosite pentru soluțiile acestor reactivi chimici au fost cuprinse între 1% și 5%, aceasta în funcție de turbiditatea apei brute. Folosirea diferitelor concentrații pentru soluțiile de reactivi chimici a fost impusă de necesitatea realizării unor doze corespunzătoare cu turbiditatea apei brute, doză mică care corespunde unei turbidități a apei brute mici și doze mari pentru turbidități ridicate. Problema a apărut la măsurarea volumetrică a dozelor mici de reactivi, care la concentrația de 5% trebuiau să fie de câțiva mililitri pe minut înălțime măsurată într-un cilindru gradat de 25 ml, și de aici a rezultat micșorarea concentrației, care are ca scop mărirea volumului măsurat în unitatea de timp, și deci posibilitatea de a măsura și controla în mod corect dozele de reactivi necesare tratării apei brute.

Prototipul pilot a funcționat cu debite cuprinse între 0,23 l/s și 0,62 l/s și cu viteze ascensionale cuprinse între 0,83 mm/s și 2,22 mm/s, iar încărcările hidraulice au fost cuprinse în intervalul 3-8 $m^3/h \cdot m^2$.

Au fost efectuate cicluri experimentale care au luat în considerare variabilitatea următorilor parametri tehnologici:

- calitatea apei brute caracterizată prin turbiditate exprimată în $^{\circ}$ SiO₂ și masa suspensiilor exprimată în grame
- viteze ascensionale sau încărcări hidraulice exprimate în mm/s sau m³/h·m².
- timpi totali de decantare cuprinși între 40' și 100'.
- pulsații diferite determinate de timpul de acumulare de 30" + 60" și timpul de coborâre (lansare) de 15" + 30".

Obiectivele urmărite în timpul experimentărilor au fost următoarele:

- durata de formare a stratului suspensional
- debitul continuu a nămolului în exces
- concentrațiile stratului suspensional la diferite înălțimi și concentrații ale apei brute.
- creșterea concentrațiilor în stratul suspensional și în concentratorul de nămol
- turbiditatea apei limpezite corelată cu turbiditatea apei brute și a apei cu nămol la evacuarea din concentratorul de nămol.
- influența modulului lamelar superior asupra procesului de limpezire a apei.
- corelația care există între parametrii principali de funcționare a prototipului pilot și procesul de limpezire a apei.

Prima parte a experiențelor efectuate pe prototipul pilot, în care s-a realizat punerea la punct a instalației astfel încât ea să funcționeze la parametrii proiectați, a fost destul de grea și anevoioasă, dar în urma ei s-au desprins următoarele concluzii:

- necesitatea realizării unui turn de eliminare a aerului din debitul variabil.
- necesitatea realizării unui clopot hidraulic cu posibilitatea reglării timpilor de acumulare și lansare
- necesitatea realizării unui suport pentru sifonul hidraulic cu posibilitatea prinderii lui la diferite înălțimi.

Aceste lucruri necesare pentru buna desfășurare și funcționare a experimentărilor s-au realizat astfel:

- turnul de eliminare a aerului din debitul variabil s-a realizat din țevă de oțel cu $\phi = 112$ mm și $h = 900$ mm, și s-a montat chiar sub sifonul hidraulic.
- sifonul hidraulic variabil s-a realizat prin construirea a două sifone, confecționate din țevă de oțel cu capac la un capăt și cu trei picioare din oțel de înălțime diferită la celălalt capăt. Acestea au rolul de a putea acumula un volum mai mic sau mai mare de apă, aceasta determinând modificarea timpului de acumulare în sifonul hidraulic precum și timpul de lansare a debitului variabil. În timpul funcționării la diferite debite a prototipului pilot s-au obținut:

a) pentru primul sifon

- timpi de acumulare cuprinși între 25" și 40"
- timpi de lansare cuprinși între 12" și 20"

b) pentru al doilea sifon

- timpi de acumulare cuprinși între 40" și 60"
- timpi de lansare cuprinși între 20" și 30"

- suportul pentru poziționarea sifonului hidraulic la diferite înălțimi a fost realizat din metal (oțel cornier cu aripi egale 25x25 mm), cu posibilitatea reglării înălțimii sifonului în trepte, fiecare treaptă având înălțimea de 150 mm, aproximativ egală cu pierderea de sarcină calculată pe circuitul de debit variabil.

În această primă parte a experiențelor efectuate pe prototipul pilot s-a constatat necesitatea de evacuare continuă a debitului de apă cu nămol din concentratorul de

nămol, încă de la pornirea decantorului. Dacă nu se realizează acest lucru se constată că turbiditatea apei limpezite este mai mare ca turbiditatea apei brute, indiferent de valoarea acesteia. Explicația este următoarea: din lipsa unei viteze la intrarea în concentratorul de nămol, care duce la lipsa unui debit în concentratorul de nămol, tot decantorul se comportă ca un floculator, în acest caz, înălțimea stratului suspensional urcând până la orificiul de evacuare a apei limpezite.

S-a mai constatat că după anumite perioade de timp pulsațiile nu se mai realizează în sifonul hidraulic. Explicația acestui lucru este că datorită variației debitului de apă brută de pe circuitul de alimentare cu apă brută, ca urmare a variației debitului pe conducta de apă brută care alimentează stația de tratare Batiz, datorită variației nivelului de apă la priza de apă, debitul care alimentează sifonul hidraulic nu se mai păstrează în limitele pentru care a fost proiectat sifonul hidraulic. Pentru remedierea acestei probleme de funcționare, s-a găsit soluția, care constă în verificarea și eventual corectarea debitului pe cele două circuite de alimentare cu apă brută, continuu și variabil, la intervale de timp mici (15'-30'), astfel ca acest debit să corespundă cu debitul calculat și stabilit pentru respectivul ciclu de funcționare a decantorului.

În partea a doua a experiențelor, care constă în realizarea dozării reactivilor în mod optim s-au constatat următoarele:

- la dozarea reactivilor cu valori sub doza optimă, se constată la apa limpezită o turbiditate mai mică comparativ cu turbiditatea apei brute, dar eficiența decantorului este destul de mică.

- la dozarea reactivilor cu valori mai mari ca doza optimă, sau depășirea dozei limită din cadrul intervalului optim de doze de reactivi, apa limpezită are o turbiditate puțin mai mare comparativ cu apa brută, acest lucru datorându-se unei culori albicioase a apei limpezite. În apa limpezită se constată că există numai particule foarte mici de suspensii, suspensiile mari decantându-se, iar turbiditatea crescută este dată mai ales de culoarea albicioasă prezenta în apa limpezită.

Aceste constatări duc la concluzia că la doze mai mici decât cele optime de reactivi, eficiența decantorului este scăzută, iar la doze mai mari, care depășesc dozele optime, decantorul suspensional cu debit variabil nu mai funcționează în mod corespunzător. Se poate trage concluzia că apariția culorii albicioase în apa limpezită, face dovada supradozării cu reactivi chimici a decantorului.

Tot în această parte a studierii modului de funcționare a decantorului suspensional cu debit variabil s-a constatat că după formarea stratului suspensional dozele de reactivi chimici necesare procesului de coagulare-floculare și deci funcționării decantorului sunt mai mici cu 5-10% față de dozele care se constată în laborator cu ajutorul jar-testului pentru aceeași apă brută.

În continuare se prezintă selectiv din experiențele efectuate rezultatele caracteristice obținute în urma funcționării decantorului suspensional pentru trei categorii ale turbidității apei brute:

- turbidități mici ($< 10^{\circ} \text{SiO}_2$)
- turbidități medii ($10^{\circ} + 100^{\circ} \text{SiO}_2$)
- turbidități mari ($> 100^{\circ} \text{SiO}_2$)

Probe de laborator și reglaje hidraulice la prototipul pilot

Tabel 5.6.1

DATA:29.11.1996			ORA				
Denumire probe și reglaje			10 ⁰⁰	12 ⁰⁰	14 ⁰⁰	16 ⁰⁰	18 ⁰⁰
Temperatura aerului °C			8	10	11	8	8
Temperatura apei °C			4	4	5	5	5
Apă brută	Turbiditate °SiO ₂		6,6	6,8	6,6	6,4	6,0
	pH		7,5	7,5	7,6	7,7	7,7
	Duritate temporară °G/l		3,9	4	4	4	4
	Alcalinitate HCl/l		1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
	Substanțe organice mg/l		5,2	5,2	5,4	5,2	5,2
	Cloruri mg/l		7,1	6,9	6,9	6,8	6,8
Apă limpezită	Turbiditate °SiO ₂		6	5,5	4,5	3,7	3,2
	pH		7,3	7,2	7,3	7,2	7,2
	Duritate temporară °G/l		3,9	4	4	4	4
	Alcalinitate HCl/l		1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
	Substanțe organice mg/l		5,2	5,2	5,4	5,2	5,2
	Cloruri mg/l		7,1	6,9	6,9	6,8	6,8
Apă din concentratorul de nămol	Turbiditate °SiO ₂		120	110	140	140	140
	pH		7,3	7,2	7,3	7,2	7,2
	Duritate temporară °G/l		3,9	4	4	4	4
	Alcalinitate HCl/l		1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
	Substanțe organice mg/l		5,2	5,2	5,4	5,2	5,2
	Cloruri mg/l		7,1	6,9	6,9	6,8	6,8
Apă din stratul suspensional	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 1		100	140	230	250	270
	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 2		80	110	150	170	180
	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 3		90	90	120	140	140
Reactivi chimici	Sulfat de aluminiu mg/l		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Var mg/l		0,415	0,415	0,415	0,415	0,415
	Alsal mg/l		-	-	-	-	-
Apă brută	debit total	reglaj l/s	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
		citire pe apometru m ³	76,89	79,19	81,49	83,80	86,10
	debit continuu	reglaj l/s	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
		citire pe apometru m ³	41,76	42,91	44,06	45,22	46,36
	debit pulsator	reglaj l/s	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
		citire pe apometru m ³	35,13	36,28	37,43	38,58	39,74
Apă limpezită	reglaj l/s	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	
	citire pe apometru m ³	65,27	67,34	69,41	71,49	73,56	
Apă din conc. de nămol	reglaj l/s	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	
	citire pe apometru m ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
Pulsații	timp de umplere s		60	60	60	60	60
	timp golire s		30	30	30	30	30
	timp total s		90	90	90	90	90

Probe de laborator și reglaje hidraulice la prototipul pilot

Tabel 5.6.2

DATA:17.04.1997			ORA				
Denumire probe și reglaje			8 ⁰⁰	12 ⁰⁰	16 ⁰⁰	20 ⁰⁰	24 ⁰⁰
Temperatura aerului °C			6	10	12	9	7
Temperatura apei °C			4	3,8	3,8	4	4
Apă brută	Turbiditate °SiO ₂		80	78	78	75	70
	pH		7,5	8	8	7,5	7,5
	Duritate temporară °G/l		4,2	4,2	3,92	3,92	3,92
	Alcalinitate HCl/l		1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
	Substanțe organice mg/l		15,8	11,06	120	1327	1264
	Cloruri mg/l		7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Apă limpezită	Turbiditate °SiO ₂		8,8	10,5	8	8,3	7,8
	pH		7,0	7,3	7,3	7,2	6,9
	Duritate temporară °G/l		4,2	4,2	3,6	3,92	3,6
	Alcalinitate HCl/l		1,5	1,3	1,3	1,4	1,3
	Substanțe organice mg/l		12	9,48	8,84	8,21	9,16
	Cloruri mg/l		7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Apă din concentratorul de nămol	Turbiditate °SiO ₂		542	730	652	620	612
	pH		7,0	7,3	7,3	7,2	6,9
	Duritate temporară °G/l		4,2	4,2	3,6	3,92	3,6
	Alcalinitate HCl/l		1,5	1,3	1,3	1,4	1,3
	Substanțe organice mg/l		30,82	22,47	25,42	20,72	22,54
	Cloruri mg/l		7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Apă din stratul suspensional	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 1		1356	1250	1380	1410	1340
	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 2		682	650	695	710	670
	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 3		540	525	575	594	530
Reactivi chimici	Sulfat de aluminiu mg/l		6	6	6	6	6
	Var mg/l		-	-	-	-	-
	Alsal mg/l		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Apă brută	debit total	reglaj l/s	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
		citire pe apometru m ³	968	1018	1076	1124	1172
	debit continuu	reglaj l/s	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
		citire pe apometru m ³	557	5829	6088	6347	6606
	debit pulsator	reglaj l/s	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
		citire pe apometru m ³	411	4309	4628	4887	5146
Apă limpezită	reglaj l/s	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	
	citire pe apometru m ³	743	7908	8386	8864	9342	
Apă din conc. de nămol	reglaj l/s	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	
	citire pe apometru m ³	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Pulsații	timp de umplere s		40	40	40	40	40
	timp golire s		20	20	20	20	20
	timp total s		60	60	60	60	60

Probe de laborator și reglaje hidraulice la prototipul pilot

Tabel 5.6.3

DATA:22.04.1997			ORA				
Denumire probe și reglaje			8 ⁰⁰	12 ⁰⁰	16 ⁰⁰	20 ⁰⁰	24 ⁰⁰
Temperatura aerului °C			9	11	13	10	9
Temperatura apei °C			5	6	6	5	5
Apă brută	Turbiditate °SiO ₂		260	300	280	270	265
	pH		7,8	7,9	7,9	7,8	7,8
	Duritate temporară °G/l		4,12	4,12	4,12	4,05	4,05
	Alcalinitate HCl/l		1,6	1,5	1,4	1,4	1,5
	Substanțe organice mg/l		1358	142	1378	1365	1362
Cloruri mg/l		7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	
Apă limpezită	Turbiditate °SiO ₂		50	35	27	24	22
	pH		7,1	7,2	7,2	7,2	7,1
	Duritate temporară °G/l		4,1	4,1	4,1	3,9	3,9
	Alcalinitate HCl/l		1,6	1,4	1,4	1,4	1,5
	Substanțe organice mg/l		1264	1137	1042	1021	972
Cloruri mg/l		7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	
Apă din concentratorul de nămol	Turbiditate °SiO ₂		1700	1300	1000	1500	1400
	pH		7,1	7,2	7,2	7,2	7,1
	Duritate temporară °G/l		1,68	1,7	2,8	2,8	2,6
	Alcalinitate HCl/l		0,6	0,8	1	1	0,9
	Substanțe organice mg/l		4928	2304	3002	2872	2623
Cloruri mg/l		1264	1170	1170	1165	1165	
Apă din stratul suspensional	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 1		4575	5120	5052	4700	4620
	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 2		1528	2100	1962	1878	1857
	Turbiditate °SiO ₂ - robinet 3		1325	1420	1375	1380	1352
Reactivi chimici	Sulfat de aluminiu mg/l		65	65	65	65	65
	Var mg/l		-	-	-	-	-
	Alsal mg/l		39	39	39	39	39
Apă brută	debit total	reglaj l/s	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
		citire pe apometru m ³	2326	2364	2468	2507	2678
	debit continuu	reglaj l/s	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
		citire pe apometru m ³	1410	1402	1470	1507	1549
	debit pulsator	reglaj l/s	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
		citire pe apometru m ³	916	9462	9764	10067	10369
Apă limpezită	reglaj l/s	0,309	0,309	0,309	0,309	0,309	
	citire pe apometru m ³	1412	1409	1520	1543	1642	
Apă din conc. de nămol	reglaj l/s	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	
	citire pe apometru m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Pulsații	timp de umplere s		30	30	30	30	30
	timp golire s		15	15	15	15	15
	timp total s		45	45	45	45	45

5.7. Rezultatele experimentelor efectuate pe prototipul pilot și interpretarea lor

Analizând rezultatele experimentelor realizate pe prototipul pilot rezultă următoarele:

- pentru turbidități mici ($< 10^\circ \text{ SiO}_2$), decantorul suspensional cu debit variabil are eficiență, dar numai după o perioadă mai îndelungată de funcționare, de circa 6 ore. În acest caz nu se formează stratul suspensional, dar în partea inferioară a decantorului, până la evacuarea în concentratorul de nămol, concentrația suspensiilor din apă, la diferite nivele respectă modul de creștere și descreștere conform modelului matematic propus de autor. La nivelul superior aproape de evacuarea în concentratorul de nămol se constată o creștere a concentrației în suspensie, care se datorează existenței în această zonă a suspensiilor decantate de modulul lamelar.

- pentru turbidități medii ($10^\circ + 100^\circ \text{ SiO}_2$), se constată formarea unui strat suspensional, cu concentrații relativ mici.

În interiorul acestui strat suspensional se constată, deasemenea asemănarea dintre creșterea și descreșterea concentrațiilor suspensiilor din decantor și cu cea din modelul matematic. Deasemenea și în acest caz se constată existența unei concentrații sporite la nivelul concentratorului de nămol ca urmare a existenței în această zonă a suspensiilor decantate de modulul lamelar.

- pentru turbidități ridicate ($> 100^\circ \text{ SiO}_2$), se constată formarea unui strat suspensional dens și cu valori mari ale concentrației în concentratorul de nămol. Se constată deasemenea asemănarea dintre modul de dispunere a concentrațiilor de suspensii la diferite nivele existente în decantor și cele date de modelul matematic.

În decursul experimentelor s-a constatat că eficiența decantorului a fost influențată negativ de variația debitului de apă brută, variația concentrației suspensiilor din apă brută, variația pH-ului, variația temperaturii apei brute și a mediului înconjurător. Datorită acestor motive valorile concentrației suspensiilor la diferite nivele în stratul suspensional nu poate corespunde cu valorile concentrațiilor suspensiilor rezultate din modelul matematic, corespunzând doar curbele variației concentrațiilor pe înălțime în stratul suspensional, la decantorul prototip pilot și modelul matematic.

Pentru turbiditatea apei brute de 100° SiO_2 s-a construit graficul care reprezintă variația concentrațiilor în suspensii la diferite înălțimi în stratul suspensional, rezultat din modelul matematic.

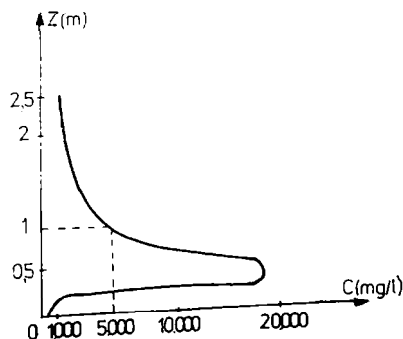


Fig.5.20

Valorile pentru care s-a construit graficul sunt:

X	0	0,5	1	1,5	2	2,5
C	100	17.000	7.000	4.100	2.800	2.000

Modelul matematic propus de autor și folosit este:

$$C = C_0 \cdot e^{-\tau \beta \cdot z} \quad (5.2)$$

sau

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{v}{v_a}(C - C_0)\beta \cdot z} \quad (5.3)$$

Din calcule rezultă că greutatea stratului suspensional din decantorul prototip pilot astfel format este de 9.226 mg.

Relația matematică care descrie legătura dintre masa suspensiilor și viteza medie ascensională în decantor, propusă de autor este:

$$v = \sqrt{m_s} \cdot k \quad (5.4)$$

sau

$$v = \sqrt{m_s} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}{\rho_a \cdot S_{dec}}} \quad (5.5)$$

unde : $\rho_a=1000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_s=1200 \text{ kg/m}^3$, $g=9.81 \text{ m/s}^2$, $S_{dec}=0.28 \text{ m}^2$

După atribuirea datelor de mai sus în relația matematică rezultă:

$$v = 0,73 \text{ mm/s}$$

Acest rezultat conduce la concluzia că încărcarea hidraulică pentru decantorul prototip-pilot trebuie să fie de $2,62 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$.

În câteva experiențe s-au folosit încărcări hidraulice cuprinse între 3 și $8 \text{ m}^3/\text{h}$, dar pentru turbidități mici și medii s-au realizat reglaje care au permis realizarea unor încărcări hidraulice cuprinse între 4 și $5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$. Eficiență există și la aceste încărcări hidraulice pentru decantorul prototip-pilot, dar relația matematică recomandă folosirea unor încărcări hidraulice mai mici. Datorită construcției decantorului prototip pilot, acesta poate realiza doar încărcări hidraulice cuprinse în intervalul $4\text{-}8 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, neputând fi astfel realizate experiențe cu încărcări hidraulice mai mici.

Pentru situațiile când viteza ascensională medie se schimbă modelarea matematică a procesului de separare suspensională, prezintă graficul din fig.5.21.

Analizând graficul din fig.5.21 se constată că la viteze ascensionale mai mari decât viteza optimă concentrațiile în suspensii la toate nivelurile se reduc, aceasta ducând la scăderea eficienței decantorului suspensional.

La viteze ascensionale mai mici decât viteza optimă stratul de suspensii devine mai dens, mai greu și există pericolul ca acesta să se prăbușească, aceasta ducând

implicit la dereglarea procesului de separare suspensională și la scoaterea din funcțiune a decantorului suspensional.

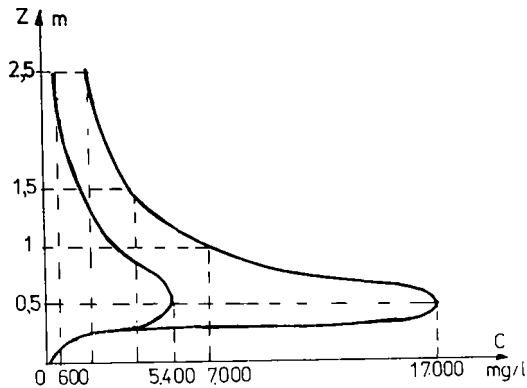


Fig.5.21

Viteza optimă se consideră viteza calculată cu relația matematică propusă de autor. $v = \sqrt{m_s} \cdot k$.

Analizând rezultatele obținute în urma experiențelor pe prototipul pilot se constată următoarele:

- procesul de separare suspensională se realizează cu eficiența ridicată în cadrul apelor brute cu turbiditatea mai mare de 100 SiO_2 .
- turbiditatea ridicată a apei brute trebuie să fie asigurată tot timpul pentru a permite eficiența mare a acestor tipuri de decantare.
- în timpul funcționării după formarea stratului suspensional se pot reduce dozele de reactivi de la 5% la 10%
- trebuie asigurat un debit de alimentare constant pentru a permite buna dozare a reactivilor chimici și funcționarea hidraulică nesupravegheată, continuă, a acestui tip de decantor.
- trebuie să se realizeze corelarea parametrilor principali de funcționare: turbiditate apă brută, doză reactivi, viteză ascensională medie și masa de suspensii a stratului suspensional pentru obținerea unei eficiențe maxime.

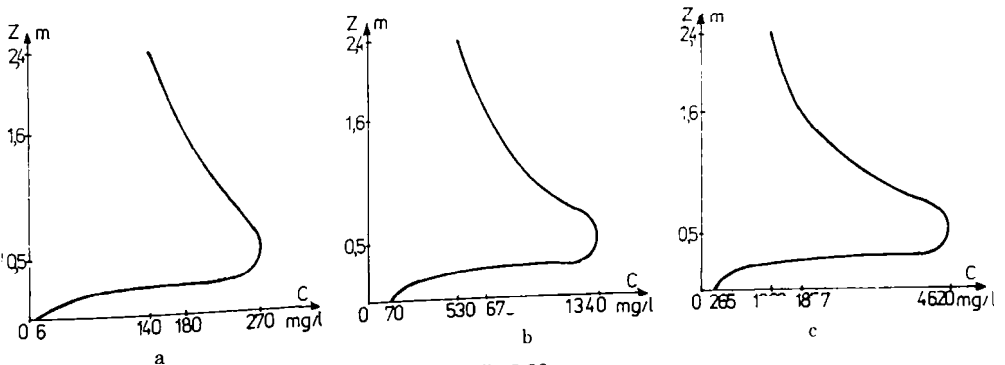


Fig.5.22

Comparând rezultatele obținute din experiențe cu cele din modelarea matematică, se constată următoarele:

- modelul matematic reușește să descrie cu precizie ridicată procesul de separare suspensională.
- din relația matematică care determină viteza medie ascensională funcție de masa stratului suspensional, rezultă valori care arată cu mare precizie valoarea vitezei medii ascensionale optime.

În concluzie se poate spune că experiențele efectuate pe prototipul pilot care este un decantor suspensional cu debit variabil se îmbină armonios cu rezultatele modelării matematice a procesului de separare suspensională cu debit variabil.

Capitolul 6. Recomandări privind calculul de dimensionare a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare.

6.1. Studii necesare și utilizarea lor în calculul de dimensionare.

Decantorul suspensional cu debit variabil poate fi prevăzut în cadrul stațiilor de decantare a apei din surse de suprafață, în vederea asigurării unei ape de calitate pentru centrele populate sau industrii.

Decantorul poate fi amplasat în schema generală a stațiilor de tratare a apei între un deznisipator, necesar reținerii particulelor gravimetrice din apa brută și stația de filtrare a apei.

Domeniul de aplicare a decantorului cu debit variabil se recomandă pentru concentrații în suspensii în apa brută cuprinse între 100 - 2.000 mg/l.

Studiile necesare pentru a putea folosi în cadrul schemelor stațiilor de tratare un decantor suspensional cu debit variabil se referă în principal la calitățile fizice ale apei brute.

În primul rând trebuie să se determine prin studii hidrologice concentrația în suspensii a apei brute pentru perioadele caracteristice, ape cu turbiditate mai redusă în perioada vară-iarnă și ape cu turbiditate crescută în perioada primăvară-toamnă, aceste studii acoperind o perioadă de cel puțin 1-2 ani.

Deasemenea trebuie să se verifice și să se ia în calcul posibilitatea modificării calităților fizice ale apei brute în timp.

În al doilea rând trebuie analizate elementele tehnico-economice impuse de: natura consumatorului, configurația terenului, condițiile materiale, energia consumată și siguranța în exploatare.

În al treilea rând trebuie realizate studii de laborator și studiu pe un model pentru determinarea comportării decantorului suspensional cu debit variabil în condițiile respective de folosire a apei brute, precum și a eficienței acestuia. Aceste studii se recomandă să se realizeze în cele două perioade caracteristice ale anului, din punct de vedere al turbidității apei brute: vară-iarnă și primăvară-toamnă.

6.2. Determinarea principalelor dimensiuni constructive.

6.2.1. Debitul de calcul.

Debitul de calcul al decantorului se ia cu 10% mai mare decât cel necesar, avându-se în vedere consumul de apă pentru funcționarea tehnologiei la evacuarea nămolului în exces din stratul suspensional.

$$Q_c = 1.1 \times Q_N \quad [m^3] \quad (6.1)$$

6.2.2. Numărul de unități și forma în plan

Din punct de vedere tehnologic se recomandă folosirea a două decantoare, care să funcționeze în paralel, fiecare dimensionat pentru $0.5 \cdot Q_c$. Revizia și verificarea prin scoaterea din funcțiune a fiecărei unități se va realiza în perioade de ape mai limpezi.

aceste perioade diferind de la sursă la sursă, când se poate încărca o unitate până la $0,75 \cdot Q_c$.

Forma decantoarelor se recomandă rectangulară pentru debite mari și circulară pentru debite mici și foarte mici.

6.2.3. Suprafața de limpezire

Suprafața de limpezire se stabilește pe baza vitezei ascensionale medii sau a încărcării hidraulice.

- viteza ascensională se recomandă a fi $v_a = 1,1 - 1,6$ mm/s
- încărcarea hidraulică rezultă $I_h = 3,96 - 5,76$ m³/h·m²

$$S_c = \frac{Q_c}{I_h} \quad [\text{m}^2] \quad (6.2)$$

în care:

- Q_c este debitul de calcul în m³/h
- I_h este încărcarea hidraulică, m³/h·m².

6.2.4. Înălțimea decantorului

Înălțimea totală a decantorului, H este:

$$H = H_F + H_{MLI} + H_{IM} + H_{MLS} + H_{AL} + H_G \quad [\text{m}] \quad (6.3)$$

unde:

- H_F este înălțimea floclatorului, în m
- H_{MLI} este înălțimea modulului lamelar inferior, în m
- H_{IM} este înălțimea spațiului dintre module, în m
- H_{MLS} este înălțimea modulului lamelar superior, în m
- H_{AL} este înălțimea stratului de apă limpezită, în m
- H_G este înălțimea spațiului de gardă, în m.

Valorile orientative pentru aceste înălțimi sunt: $H_F=1,50$ m, $H_{MLI}=1,0$ m, $H_{IM}=0,50$ m, $H_{MLS}=1,0$ m, $H_{AL}=1,50$ m, $H_G=0,25-0,40$ m.

Aceste valori sunt necesare pentru a aprecia gabaritul decantorului, valorile finale fiind cele rezultate în urma calculului hidraulic, sau date de condițiile de amplasare.

6.3. Calculul sistemului hidraulic

6.3.1. Dimensionarea floclatorului

Înălțimea floclatorului se va stabili în funcție de viteza ascensionala medie și timpul de floclare, considerând mișcarea permanentă și uniformă.

Se impune timpul de floclare t_f , în cazul utilizării pulsatiilor și a apelor cu turbiditate medie, cu coeficientul de coeziune a nămolului, cuprins între 0,8 și 0,9 mm/s. Acest timp de floclare depinde și de calitățile reactivilor chimici care se vor folosi pentru procesul de coagulare-floclare.

$$t_f = 8-15 \text{ min}$$

Înălțimea floclatorului H_F va fi:

$$H_F = t_f \cdot v_a \quad [\text{m}] \quad (6.4)$$

unde:

- t_f - timpul de floculare în ore
- v_a - viteza ascensională medie în m/h.

Volumul floculatorului V_F se determină cu relația:

$$V_F = Q_c \cdot t_f = A_F \cdot H_F \quad (6.5)$$

Înălțimea minimă constructivă adoptată pentru floculator, rezultată și din condiția de acces sub modulul lamelar este:

$$H_F \geq 1,50 \text{ m} \quad (6.6)$$

6.3.2. Modulul lamelar inferior

Pentru dimensionarea modulului lamelar, care are rolul de a asigura laminarizarea mișcării prin impunerea unei valori a numărului Reynolds, se cunosc valorile numărului Reynolds, $Re \leq 100$ și viteza de curgere în modul, care este egală cu viteza ascensională, presupunând mișcarea permanentă și uniformă.

Deoarece lucrările /67/ și /96/, recomandă folosirea deflectorilor pentru eficiența decantării în modulul lamelar inferior, acest calcul se va prezenta în continuare.

Schema geometrică a modulului lamelar inferior este prezentată în figura 6.1:

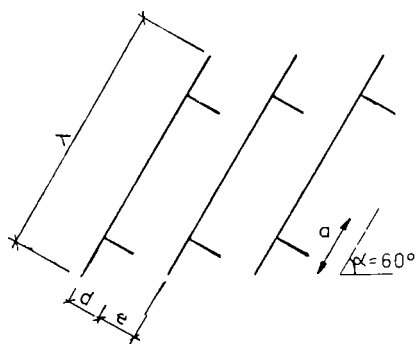


Fig.6.1

unde:

- λ este lungimea modulului
 - d este înălțimea deflectorului
 - e este distanța dintre deflector și placa alăturată
 - a este lățimea modulului
 - α este unghiul de înclinație a lamelelor în raport cu un plan orizontal.
- Elementele caracteristice recomandate, ale modulului lamelar inferior sunt următoarele:

- raza hidraulică minimă:

$$R_{h\min} = \frac{e \cdot a}{2e + 2a} \leq 5 \text{ cm} \quad (6.7)$$

- raza hidraulică maximă:

$$R_{h\max} = \frac{(e + d) \cdot a}{2(e + d) + 2a} \leq 7,5 \text{ cm} \quad (6.8)$$

- debitul unitar pe o lamelă

$$q_l = \frac{v_a}{n} \quad (6.9)$$

unde : v_a - viteza ascensională medie

n - nr. de lamele pe m^2 .

- viteza medie în secțiunea liberă a lamelei, care reprezintă o viteză medie maximă admisă:

$$v_{\text{med}}^{\max} = \frac{v_a}{(e + d) \cdot a} = \frac{q_l}{(e + d) \cdot a} \leq 0,004 \text{ m/s} \quad (6.10)$$

- valoarea numărului Reynolds al mișcării, se calculează pentru vitezele minime și maxime admisibile, corespunzătoare razelor hidraulice minime și maxime.

$$Re^{\min} = \frac{v_{\text{med}} \cdot Rh_{\min}}{\nu} \leq 100 \quad (6.11)$$

$$Re^{\max} = \frac{v_{\text{med}} \cdot Rh_{\max}}{\nu} \leq 200 \quad (6.12)$$

- viteza de separare suspensională u_i , sau viteza de cădere a particulei:

$$u_i = \frac{c \cdot v_{\text{med}}}{\lambda \cdot \cos \alpha} = 0,3 \dots 0,4 \text{ mm/s} \quad (6.13)$$

Cei mai importanți parametri în calculul modulului lamelar inferior, care trebuie respectați cu prioritate sunt: viteza de separare suspensională u_i și valoarea numărului Re al mișcării. Pentru cazul când modulul lamelar inferior nu se prevede cu deflectorii acesta se va calcula ca și modulul lamelar superior, dar cu respectarea valorilor maxime ale parametrilor de calcul prezentați mai sus.

6.3.3. Modulul lamelar superior

Rolul modulului lamelar superior este acela de a mări eficiența de decantare, prin laminizarea curentului ascendent de apă. Caracteristica acestui modul este un număr Reynolds cât mai redus ($Re \leq 20$).

Acest modul are schema constructivă prezentată în fig.6.2.

Elementele caracteristice, recomandate, ale modulului lamelar superior sunt următoarele:

- raza hidraulică:

$$Rh = \frac{c \cdot a}{2e + 2a} = 9 \dots 11 \text{ mm} \quad (6.14)$$

- debitul unitar pe lamelă

$$q_l = \frac{v_a}{n} \quad (6.15)$$

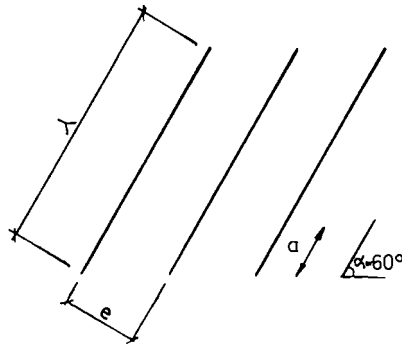


Fig.6.2

unde: v_a este viteza medie ascensională

n este numărul de lamele pe m^2 .

- viteza medie între lamele:

$$v_{med} = \frac{v_a}{e \cdot a} = \frac{q_l}{e \cdot a} \leq 2 \text{ mm / s} \quad (6.16)$$

- viteza de separare suspensională u_s pentru o lungime de modul lamelar:

$$u_s = \frac{l \cdot v_{med}}{l_m \cdot \cos \alpha} \leq 0,1 \text{ mm / s} \quad (6.17)$$

- valoarea numărului Reynolds:

$$Re = \frac{v_{med} \cdot R_h}{\nu} \leq 20 \quad (6.18)$$

Pentru o mai bună funcționare, eficiența modului lamelar E trebuie să fie:

$$E = \frac{v_{med}}{u_s} \geq 10 \quad (6.19)$$

Elementele principale care trebuie asigurate în dimensionarea modului lamelar superior este viteza suspensională u_s și eficiența modului E .

6.3.4. Spații și înălțimi tehnologice.

Între modulele lamelare inferior și superior se prevede un spațiu liber $H_M \geq 50$ cm, care să permită curgerea liberă a nămolului în exces spre ferestrele de transvazare în concentratoarele de nămol. De asemenea acest spațiu permite oscilația liberă a părții superioare a stratului suspensional.

Deasupra modului lamelar superior, se prevede un strat de apă limpezită $H_{M1} \geq 1,50$ m, care constituie înălțimea de siguranță pentru neantrenarea microfloanelor trecute de modulul superior.

La partea superioară a decantorului, deasupra stratului de apă limpezită, nivel care corespunde cu nivelul liber al apei în decantor se prevede o înălțime de gardă, care se adoptă în funcție de temperaturile minime din zonă, această înălțime de gardă poate fi luată în intervalul 0,25 - 0,40 m.

6.3.5. Timpi tehnologici

Calculul compartimentelor decantorului impune verificare timpului total de reținere la debitul nominal astfel încât:

$$T \geq 50 \text{ minute}$$

Timpul total de parcurgere al decantorului este:

$$T = T_F + T_{MLI} + T_{IM} + T_{MLS} + T_{AL} \quad (6.20)$$

unde:

- T_F este timpul de parcurgere al floculatorului, exprimat ca raport între viteza ascensională medie și lungimea floculatorului L_F .

$$T_F = \frac{L_F}{V_a} \quad (6.21)$$

- T_{MLI} este timpul de parcurgere a modului lamelar inferior

$$T_{MLI} = \frac{\lambda_{MLI}}{V_a} \quad (6.22)$$

- T_{IM} este timpul de parcurgere a spațiului aflat între modulele lamelare

$$T_{IM} = \frac{L_{IM}}{V_a} \quad (6.23)$$

- T_{MLS} este timpul de parcurgere a modului lamelar superior

$$T_{MLS} = \frac{\lambda_{MLS}}{V_a} \quad (6.24)$$

- T_{AL} este timpul de parcurgere a spațiului de apă limpezită

$$T_{AL} = \frac{H_{AL}}{V_a} \quad (6.25)$$

6.3.6. Calculul sistemului de introducere a apei brute în decantor.

Conductele de apă care conduc debitul de apă în partea de jos a decantorului se dimensionează la viteza economică corespunzătoare debitului și sistemului de funcționare: 0,8 ... 1,5 m/s.

Pentru buna desfășurare a procesului de coagulare-floculare, este recomandat ca introducerea reactivilor chimici în apa brută să se realizeze pe traseul acesteia până la dispozitivul de realizare a debitului variabil.

6.3.7. Calculul sistemului de alimentare cu apă brută (circuitele de alimentare cu debit variabil și continuu)

Deoarece decantorul suspensional cu debit variabil propus de autor constă în principal din realizarea sistemului de alimentare cu apă brută a decantorului prin intermediul a două circuite, unul care realizează alimentarea cu debit variabil, iar

celălalt care realizează alimentarea decantorului cu debit continuu sau de întreținere, calculul acestor circuite se va prezenta în continuare.

Conductele ce realizează legătura între punctul de plecare al fiecărui circuit, sifonul hidraulic în cazul circuitului cu debit variabil și punctul final al circuitelor, care corespunde cu începutul sistemului de lansare a apei brute în interiorul decantorului, trebuie să se dimensioneze astfel încât:

- să asigure o pierdere de sarcină cât mai redusă ca valoare
- realizarea unor viteze astfel încât să poată spăla eventualele depuneri de pe conductă.

Sifonul hidraulic se prezintă schematic în figura de mai jos:

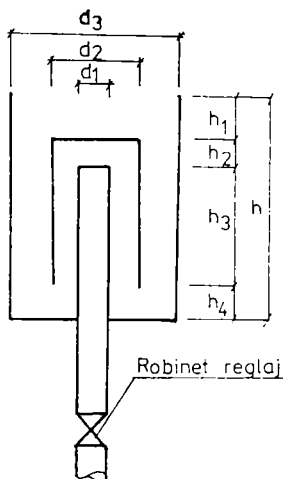


Fig.6.3.

notațiile reprezentând în cazul realizării unui clopot hidraulic din conducte circulare:

- d_1 - diametrul rezervorului de apă
- d_2 - diametrul clopotului
- d_3 - diametrul conductei de evacuare a debitului variabil
- h_1 - spațiul de garda al sifonului hidraulic
- h_2 - înălțimea dintre clopot și conducta de evacuare
- h_3 - înălțimea care determină volumul util de apă
- h_4 - spațiul de patrundere a apei în interiorul clopotului

Pentru a cunoaște debitul care alimentează sifonul hidraulic trebuie să se impună raportul dintre debitul continuu și cel variabil. De obicei acest raport se ia egal cu 1 adică debitul continuu Q_c este egal cu debitul pulsator sau variabil Q_v .

$$Q_c = Q_v \cdot \frac{Q_c}{2} \quad (6.26)$$

Volumul acumulat într-un timp de acumulare t_a este:

$$V_a = Q_v \cdot t_a \quad (6.27)$$

Timpul de acumulare se stabilește între 20 și 40 secunde, iar volumul acumulat în sifonul hidraulic, neglijând grosimea pereților, este:

$$V_a = (d_1 - d_3)^2 \pi \cdot h_3 \quad (6.28)$$

Timpul de lansare t_l se ia de obicei (0,5 ÷ 0,7) t_a . Trebuie să se țină cont de faptul că volumul de apă lansat în timpul t_l este compus din volumul V_a , plus volumul de apă colectat de clopotul hidraulic în aceeași perioadă de timp:

$$V_{tot} = Q_p \cdot t_a + Q_p \cdot t_l = Q_p \cdot (t_a + t_l) \quad (6.29)$$

Debitul de lansare este:

$$Q_l = \frac{V_{tot}}{t_l} = \frac{Q_p (t_a + t_l)}{t_l} = Q_p \cdot \frac{t_a}{t_l} + Q_p \quad (6.30)$$

sau

$$Q_l = \frac{Q_c}{2} \cdot \frac{t_a}{t_l} + \frac{Q_c}{2} \quad (6.31)$$

Diametrul conductei de evacuare se stabilește astfel încât viteza în conductă să fie cuprinsă între 0,9 ... 1,1 m/s.

Din relația:

$$Q_p \cdot t_a = (d_1 - d_3)^2 \pi \cdot h \quad (6.32)$$

impunându-se înălțimea clopotului hidraulic h , rezultă diametrul rezervorului.

Înălțimea h_2 se recomandă să fie cuprinsă în intervalul $\frac{d_1}{2} \dots d_3$, același interval fiind recomandat și pentru valoarea minimă a lui h_1 .

Timpul de lansare poate fi reglat din robinetul de reglaj, montat pe conducta de evacuare a debitului variabil din clopotul hidraulic.

Diametrul d_2 a clopotului hidraulic poate fi ales cu relația:

$$d_2 = \left(\frac{d_1}{2} - \frac{d_3}{2} \right) + d_3 \quad [\text{m}] \quad (6.33)$$

sau

$$d_2 = \frac{d_1 + d_3}{2} \quad [\text{m}] \quad (6.34)$$

Sifonul hidraulic se montează astfel încât să fie deasupra turnului de evacuare a aerului din debitul variabil. Turnul de evacuare se calculează astfel încât să preia tot debitul variabil din clopotul hidraulic. Se recomandă ca distanța între nivelul apei în decantor și capătul de sus, din clopotul hidraulic al conductei de evacuare să fie de minim 1 m.

6.3.8. Dimensionarea conductelor de lansare a apei brute.

Condițiile tehnice care trebuie asigurate în funcționarea conductelor de lansare de la baza floclatorului sunt:

- uniformitatea distribuției debitului lansat pentru realizarea autospălării radiatorului floculatorului și evitarea concentrațiilor excesive în anumite zone ale stratului suspensional.
- evitarea depunerilor pe conducte care pot conduce la blocarea unor zone ale acestora.

Secțiunea necesară de conducte:

$$S_{nec} = \frac{Q_1}{V_{cp}} = n_{cp} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{cp}^2 \quad [m^2] \quad (6.35)$$

$$D_{cp} = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi \cdot n_{cp} \cdot V_{cp}}} \quad [m] \quad (6.36)$$

în care:

n_{cp} este numărul de conducte perforate, distanța între două conducte perforate paralele, dispuse pe lungimea decantorului, se recomandă să fie de 0.4 ... 0.5 m.

V_{cp} este viteza maximă la capătul amonte, cercetările experimentale au indicat 0.9 ... 1.1 m/s.

D_{cp} este diametrul nominal al unei conducte perforate.

Numărul de conducte, distanța dintre ele, numărul de orificii, diametrul lor precum și distanța dintre orificii, trebuie considerate în ansamblul lor, toate aflându-se în interdependență. Jetul de apă lansat de un orificiu trebuie să fie individualizat până la atingerea radiatorului, să fie capabil să spele nămolul depus pentru al antrena în spațiul suspensional și să mai deaște spre concentratoare. În același timp jetul dat de un orificiu trebuie să se întâlnească pe radiator cu jetul dat de orificiul vecin situat pe aceeași conductă precum și cu cel dat de orificiul de pe conducta vecină.

Datorită acestui lucru, conductele de lansare sunt prevăzute cu orificii amplasate pe suprafața laterală a lor, la un unghi de 45° cu diametrul vertical, amplasate decalat pe lungimea conductei astfel ca suprafața orizontală de radiator aferentă fiecărui orificiu să fie egală.

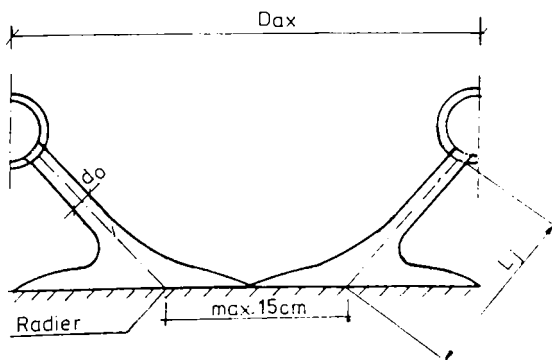


Fig. 6.4

Calculul diametrelor orificiilor se stabilește respectând următoarele criterii:

- parametrul geometric definit ca raportul între secțiunea conductei A și secțiunea orificiului A_{or} se definește astfel:

$$\phi_{or} = \frac{A_c}{A_{or}} = 20 \dots 25 \quad (6.37)$$

- numărul de orificii se stabilește astfel încât viteza medie a orificiului înecat să fie mai mare sau egală cu 2,5 m/s.

$$v \geq 2,5 \text{ m/s}$$

- distanța între orificii se poate adopta ca jumătate din distanța dintre conductele perforate.

La pereți se pot prevedea vute pentru a împiedica depozitarea nămolului. Pentru o spălare cât mai bună a radiatorului și din condiția de întâlnire a jetului, distanța de la radiator la axul conductei poate fi aleasă 0,15 m.

Se poate stabili distanța față de radiator a conductei perforate de lansare conform relației, $e_j = (7 \dots 8) d_n$, distanța până la care jetul de apă rămâne compact.

6.3.9. Sistemul de colectare al apei decantate:

Sistemul de colectare al apei decantate care se află situat la partea superioară a stratului de apă limpezită se poate realiza în două variante:

A) Varianta cu conducte perforate de oțel.

- debitul de calcul pentru sistemul de colectare a apei decantate se consideră dublul debitului de calcul al decantorului.

- numărul de conducte perforate de colectare se stabilește ca raport între lungimea maximă a suprafeței de apă limpezită la înălțimea stratului de apă limpezită. Se poate adopta o distanță interax de 1,50...2,0 m.

- partea longitudinală a conductelor I, se va adopta din condiția realizării unei diferențe maxime între debitele orificiilor externe ale conductei de maxim 5% și va fi:

$$I \leq \frac{0,1 \cdot h}{L} \quad (6.38)$$

unde:

h este sarcina hidraulică pentru orificiul de la capătul amonte al conductei, și se va adopta 20 ...25 cm.

- gradul de umplere a pentru asigurarea unei bune funcționări trebuie să fie:

$$a = \frac{h}{D} \leq 0,7 \quad (6.39)$$

Orificiile de colectare vor fi amplasate în sah, decalate unele față de celelalte, pe suprafața laterală de deasupra diametrului orizontal. Stabilirea diametrului orificiilor se va realiza adoptând un raport între secțiunea conductei și cea a orificiului de 30 ...50.

Conductele perforate debușează într-un canal de colectare a apei decantate, care se va dimensiona pe principiul canalelor cu mișcare permanentă și uniformă. Condițiile care se impun se referă la asigurarea neînecării la debușarea conductelor în canalul colector și asigurarea pantei de funcționare hidraulică.

B) Sistem de colectare format din jgheaburi.

În această variantă, sistemul este constituit din jgheaburi metalice sau beton precomprimat, care au prevăzute în pereții laterali deversori cu funcționare neînecată, cu contracție laterală.

Sistemul poate asigura o funcționare corectă prin prevederea unor plăci de material plastic, care sunt atașate ferestrelor laterale deversoare, după montarea jgheaburilor. Acestea lucrează ca deversori cu pereți subțiri și pot fi concepute astfel încât să fie reglabile, pentru asigurarea unei cote unice de deversare pe toată suprafața bazinului.

6.3.10 Concentratorul de nămol

Concentratorul de nămol realizează următoarele funcțiuni:

- preiau nămolul în exces din stratul suspensional concentrat situat la baza modulului lamelar superior.
- asigură concentrarea acestuia prin decantare statică

Pentru evacuare intermitentă volumul concentratorului de nămol se calculează cu expresia:

$$V_{CN} = Q_C \cdot T \cdot \frac{C_{AB} + C_{SS}}{C_{CN}} \quad [m^3] \quad (6.40)$$

unde :

T este perioada între două evacuări, în h (ore)

C_{AB}, C_{SS} și C_{CN} sunt concentrațiile în suspensii ale apei brute, stratului suspensional și a concentratorului de nămol.

Volumul concentratorului de nămol poate reprezenta 5% din volumul de decantare.

Pentru evacuarea nămolului în mod continuu (în concentratorul de nămol se recomandă ca volumul concentratorului de nămol să reprezinte 5% din volumul de decantare.

6.3.11. Sistemul de evacuare a nămolului

Sistemul hidraulic de evacuare a nămolului pentru evacuarea intermitentă a excesului de nămol, se poate constitui din conducte de forma literei U întors, (funcționare în sifon), ce funcționează ca un sistem hidraulic scurt. În funcție de debitele evacuate, concentratoarele pot fi golite independent sau simultan.

Evacuarea continuă a excesului de nămol se poate realiza în mod gravitațional din concentratoarele de nămol prin intermediul unor vane, care pot regla debitul evacuat.

Particularitățile dimensionării sistemului de evacuare sunt:

- nămolurile concentrate evacuate cu concentrații în suspensii cuprinse între 50 ... 100 g/dm³ (umiditate 90-95%)
- vitezele minime necesare pentru evitarea depunerilor sau blocarea sistemului hidraulic sunt 4...5m/s.

Parametrii de proiectare recomandați în aceste capitole 6.2 și 6.3 vor trebui verificați pe stații pilot, în special pentru decantare cu debite mari, pentru fiecare caz în parte, când se va introduce în fluxul tehnologic al unei stații de tratare, acest tip de decantor suspensional cu debit variabil.

6.4. Propunerea unei scheme tehnologice de limpezire

Pe baza experimentărilor prezentate în capitolul 5, a lucrărilor /75/,/76/,/88/ și a concluziilor trase în urma acestora se propune o schemă tehnologică pentru o stație de tratare a apei pentru populație și industrie:

- treaptă de predecantare, constituită dintr-un deznisipator pentru reținerea particulelor gravimetrice, astfel încât suspensiile ajunse în decantorul suspensional să fie cu predilecție suspensii coloidale.
- gospodărie de var, cu dozare în soluție sau uscată
- gospodărie de reactivi care cuprinde instalații de depozitare, instalații de realizare a soluțiilor cu concentrația stabilită, instalații de dozare pentru:
 - reactivi chimici de coagulare-floculare, care poate să fie sulfat de aluminiu
 - substanță alcalinizantă - alsal
 - adjuvanți ai procesului de coagulare-floculare, care sunt polielectrolitii.
- decantor suspensional cu debit variabil
- stație de filtrare pentru definitivarea procesului de limpezire.

În schema propusă nouă reprezintă instalațiile de depozitare, realizare a soluțiilor și dozare a alsalului din cadrul gospodăriei de reactivi chimici, care reprezintă o alternativă pentru realizarea pH-ului dorit în procesul de decantare, precum și decantorul cu debit variabil.

Această schemă propusă duce la mărirea eficienței procesului de decantare, ducând la atingerea unor parametri calitativi și cantitativi superiori față de alte scheme de tratarea apei.

Promovarea unei astfel de scheme, propusă ca urmare a experimentărilor, este de natură să aducă importante economii costului investiției realizând deasemeni economii și în cursul exploatarei.

6.5. Eficiența tehnico-economică a decantorului suspensional cu debit variabil echipat cu module lamelare.

Eficiența tehnică și economică a unui decantor suspensional cu debit variabil echipat cu modul lamelar este dată de vitezele medii ascensionale mari, la care poate să funcționeze, în condiții destul de largi ale turbidității apei.

Viteza mare de funcționare se datorează celor două caracteristici ale sale – stratul suspensional și modulul lamelar.

Rezultatele obținute prin experimentarea funcționării prototipului-pilot confirmă faptul că decantoarele suspensionale cu debit variabil, pot funcționa cu eficiența ridicată 0,8...0,95, în domeniul de turbiditate ale apei brute între 50 SiO₂ și 2000 SiO₂. În acest caz se formează stratul suspensional care produce decantarea apei brute, iar modulul lamelar prin laminizarea curentului de apă din partea superioară a decantorului determină o decantare suplimentară a particulelor evadate din stratul suspensional, mărind astfel viteza medie ascensională de funcționare a decantorului, precum și calitatea apei decantate.

Pentru turbidități sub 50 SiO₂ se constată o scădere a eficienței decantorului, care este cuprinsă între 0.4 și 0.5. Această scădere se datorează faptului că stratul suspensional nu se mai formează, ci numai o aglomerare de flocoane, dar care totuși reușește interceptarea flocoanelor mari existente în curentul ascensional de apă brută. La turbidități mici se constată că funcționarea decantorului este posibilă datorită modulului lamelar, care reușește decantarea particulelor mici din apa brută,

funcționarea decantorului făcându-se cu ajutorul unor viteze medii ascensionale mai mici.

La turbidități mici nu se poate realiza stratul suspensional datorită faptului că în decantor nu se poate realiza o concentrație mare de suspensii, precum și datorită faptului că la turbidități mici sunt predominante particulele gravimetrice, iar suspensiile coloidale care sunt necesare pentru formarea stratului suspensional sunt foarte puține.

Eficiența maximă pentru o anumită apă brută se poate atinge conform studiilor și cercetărilor din prezenta teză de doctorat, numai prin optimizarea parametrilor determinați pentru aceste tipuri de decantoare suspensionale, care sunt:

- optimizarea reglajelor hidraulice a decantorului
- optimizarea dozării cu reactivi chimici
- realizarea unei viteze ascensionale medii corelată cu masa stratului suspensional, strat care trebuie menținut cât mai dens, în echilibru hidrodinamic.

Avantajele suplimentare ale decantorului suspensional cu debit variabil, echipat cu modul lamelar, debitul variabil realizându-se cu un sifon hidraulic reglabil, realizat ca prototip pilot, experimentat și prezentat în această teză de doctorat, sunt:

- posibilitatea realizării reglajelor hidraulice complexe datorită sistemului său de alimentare cu apă brută, care este realizat din două circuite separate, cu reglaje independente, circuitul de alimentare cu debit continuu și circuitul de alimentare cu debit variabil.
- posibilitatea reglării vitezei medii ascensionale, în funcție de masa stratului suspensional
- posibilitatea reglării debitului variabil prin realizarea unui sifon hidraulic reglabil.

Trebuie menționat că acest tip de decantor suspensional cu debit variabil, nu are piese mecanice în mișcare sau dispozitive electrice sau electronice pentru reglaj sau acționare, prin urmare nu există consum de energie electrică la funcționarea lui.

Pe lângă avantajele specifice tipului de decantor suspensional cu debit variabil prezentat, se adaugă avantajele date de aceste tipuri de decantoare:

- suprafața construită poate fi redusă până la jumătate comparativ cu decantoarele suspensionale cu recircularea nămolului
- volum construit mai mic
- micșorarea dozei de coagulant cu până 10 % după formarea stratului suspensional.

Aceste avantaje se concretizează în reducerea investiției specifice pe mc de apă, și costuri de exploatare mai mici comparativ cu celelalte tipuri de decantoare suspensionale.

În concluzie acest tip de decantor suspensional cu debit variabil se impune a se folosi cu succes pentru ape brute cu turbiditate destul de ridicată ($\approx 50 \text{ SiO}_2$), având avantaje tehnice caracterizate prin eficiență ridicată, viteza medie ascensională ridicată 4-6m/h, parametri calitativi și cantitativi mai mari comparativ cu alte tipuri de decantoare suspensionale precum și avantaje economice majore, cum ar fi cheltuielile pentru investiție și în exploatare mai mici decât la alte tipuri de decantoare suspensionale, având deasemenea și un domeniu de utilizare larg, de la consumatori mici la stațiile de tratare cu debite mari, folosite pentru centrele urbane.

6.6. Recomandări privind exploatarea.

Eficiența procesului de decantare este condiționată în cea mai mare măsură de respectarea regulilor de exploatare și de întreținere, situație comună tuturor instalațiilor

din cadrul unui sistem de alimentare cu apă. Din acest motiv pentru fiecare instalație de decantare este necesară întocmirea și aplicarea continuă a unui regulament de funcționare, corelat cu celelalte obiecte tehnologice ale stației de tratare, din care face parte, regulament care să conțină toate datele privitor la exploatarea corectă a decantoarelor, începând cu descrierea acestora, a modului de funcționare în condiții normale și deosebite, a manevrelor care se execută în anumite situații, sarcinile personalului afectat instalațiilor respective.

Pentru aceste tipuri de decantare suspensionale folosite în practică, în exploatarea acestora trebuie respectate anumite reguli comune cum ar fi:

- controlul din oră în oră a debitelor apei brute, apei limpezite și a nămolului în exces și dacă este cazul reglarea corespunzătoare a acestora
- îndepărtarea eventualelor corpuri plutitoare.
- controlul la intervale de timp prestabilite și analizarea în laborator a probelor de apă brută, limpezită și a apei cu nămol în exces.
- controlul vizual al eficienței procesului de limpezire și semnalarea la personalul din laborator și a șefului de tură, a oricăror abateri de la funcționarea normală
- ținerea evidenței în ceea ce privește debitele apei brute, tratate și a apei cu nămol în exces precum și a caracteristicilor fizico-chimice ale acestora.
- ținerea evidenței în ceea ce privește dozele și dozarea reactivilor chimici, în funcție de caracteristicile apei brute.
- întreținerea curățeniei în jurul decantoarelor.

În cadrul acestor reguli comune se încadrează revizia anuală precum și reparația capitală.

Revizia anuală trebuie să se execute în sezonul cald și cuprinde în mare:

- verificarea elementelor de construcție și remedierea deteriorărilor constatate
- demontarea, verificarea și eventual înlocuirea, dacă este cazul, a vanelor de închidere și reglaj, precum și a sistemului de măsurare
- spălarea decantorului și curățirea unor piese dacă este cazul.

Reparația capitală se recomandă să se execute odată la 3-5 ani și constă în principal din:

- verificarea și remedierea defectiunilor apărute la elementele de construcție.
- schimbarea în totalitate a vanelor de închidere, reglaj precum și a sistemelor de măsurare.
- spălarea decantorului și înlocuirea pieselor componente cu grad de uzură ridicat.

Regulile specifice pentru aceste tipuri de decantare se referă cu predilecție la formarea și menținerea stratului suspensional în echilibru hidrodinamic în interiorul decantorului.

Pentru a realiza eficiența maximă la aceste tipuri de decantare trebuie să se optimizeze trei componente majore ale procesului de decantare suspensională:

- stabilirea dozelor și dozarea reactivilor chimici
- efectuarea reglajelor hidraulice pentru apa brută, apa limpezită și evacuarea apei cu nămol în exces
- corelarea vitezei medii ascensionale cu masa stratului suspensional.

Stabilirea dozelor de reactivi se recomandă să se efectueze cu metoda de stabilire a dozelor de reactivi, prezentată în capitolul 5.5, precum și întocmirea unui grafic cu intervale optime de dozare.

Efectuarea reglajelor hidraulice se recomandă să se efectueze în funcție de caracteristicile apei brute, debit și turbiditate, având ca obiectiv menținerea stratului

suspensional în echilibru hidrodinamic, și corelate aceste reglaje cu datele din evidențele ținute pentru decantor.

Corelarea vitezei medii ascensionale cu masa stratului suspensional se recomandă să se efectueze pe baza metodei matematice propuse în capitolul 3.5.2.

Pornirea decantorului suspensional cu debit variabil se recomandă să se execute cu debite progresive până la atingerea debitului nominal, având ca scop formarea stratului suspensional.

Exploatarea acestui tip de decantor suspensional cu debit variabil, debit variabil produs cu ajutorul unui sifon hidraulic, este foarte ușoară, deoarece nu are piese mecanice în mișcare, nu este acționat și reglat cu ajutorul motoarelor electrice. Prin metodele de stabilire a dozelor de reactivi și de corelare a vitezei medii ascensionale cu masa stratului suspensional, în exploatare se poate atinge optimul funcționării și deci obținerea unei eficiențe maxime.

6.7. Criterii de eficiență comparată a indicatorilor de calitate.

Pentru a putea evalua și compara rezultatele obținute prin reducerea indicatorilor de calitate de la apa brută la apa potabilă s-a încercat de către autor folosirea unor criterii de eficiență pentru valoarea indicatorilor de calitate și compararea cu eficiența stabilită inițial prin proiectarea și dimensionarea proceselor tehnologice respective.

Trebuie verificat că aceste criterii se pot aplica pentru toți indicatorii prezenți în STAS-ul pentru calitatea apei potabile, rezultatul arătând procentual eficiența unui proces care se folosește pentru reducerea valorii unui indicator sub limita admisibilă, comparată cu eficiența teoretică a aceluiași proces, eficiența la care s-a dimensionat și proiectat respectivul proces tehnologic de tratare a apei.

Criteriile care se propun pentru evaluarea și compararea eficienței unui proces tehnologic din stația de tratare a apei cu eficiența proiectată, sunt:

1. Asigurarea indicatorului de calitate (%)

$$A_i = 100 - \frac{i_p}{i_s} \times 100 \quad (\%) \quad (6.41)$$

condiție $A_i \geq 0$

pentru $A_i < 0$ rezultă neasigurarea indicatorului de calitate.

i_p – valoarea indicatorului de calitate a apei potabile (după tratare sau după caz, după treapta de tratare)

i_s – valoarea indicatorului de calitate maximum admisă (conform STAS)

2. Eficiența reducerii valorii indicatorului

$$E_r = \frac{i_b - i_p}{i_{br}} \times 100 \quad (\%) \quad (6.42)$$

i_b – valoarea indicatorului de calitate a apei brute

i_{br} – valoarea indicatorului de calitate a apei brute de referință

3. Gradul de solicitare a instalației pentru reducerea valorii indicatorului.

$$G_i = \frac{Q_i}{Q_n} \times 100 \quad (\%) \quad (6.43)$$

Q_i – debitul cu care se tratează la momentul considerat

Q_n – debitul nominal al stației de tratare

4. Eficiența totală a procesului de tratare pentru un indicator dat

$$E_T = \frac{A_i + E_i + G_i}{300} \times 100 \quad (\%) \quad (6.44)$$

5. Eficiența totală proiectată maximă a procesului de tratare

$$E_{T_{pmax}} = \frac{A_{ipmax} + E_{ipmax} + G_{ipmax}}{300} \times 100 \quad (\%) \quad (6.45)$$

unde: $E_{T_{pmax}}, A_{ipmax}, E_{ipmax}, G_{ipmax}$, sunt procente maxime la care pot ajunge criteriile mai sus menționate

6. Eficiența totală proiectată minimă a procesului de tratare

$$E_{T_{pmin}} = \frac{A_{ipmin} + E_{ipmin} + G_{ipmin}}{300} \times 100 \quad (\%) \quad (6.46)$$

unde: $E_{T_{pmin}}, A_{ipmin}, E_{ipmin}, G_{ipmin}$, sunt procente minime la care pot ajunge criteriile mai sus menționate.

7. Eficiența totală comparată cu limitele minime și maxime ale eficienței proiectate a procesului de tratare, a unui indicator de calitate.

$$E_{T_{pmin}} \leq E_{Tc} \leq E_{T_{pmax}} \quad (6.47)$$

$$E_{Tc} = \frac{E_T - E_{T_{pmin}}}{E_{T_{pmax}} - E_{T_{pmin}}} \times 100 \quad (\%) \quad (6.48)$$

Pentru a putea arăta cum se poate ajunge la eficiența totală comparată pentru un proces din stația de tratare, se consideră situații posibile pentru două stații de tratare.

Stațiile de tratare din exemplul de mai jos sunt concepute pentru treapta de limpezire cu decantor static și filtru rapid deschis precum și cu treapta de clorinare a apei. Se consideră situațiile când variază turbiditatea apei la intrare și debitul tratat.

Pentru treapta de decantare:

Nr. crt.	Criteriul	Stația de tratare 1 ‰	Stația de tratare 2 ‰	Valori indicatori
1.	Asigurarea criteriului de calitate $A_i = 100 - \frac{i_p}{i_s} \times 100 \quad (\%)$	30	10	$I_s = 10^\circ \text{SiO}_2$ $i_{p1} = 7^\circ \text{SiO}_2$ $i_{p2} = 9^\circ \text{SiO}_2$
2.	Eficiența reducerii $E_i = \frac{i_b - i_p}{i_{br}} \times 100 \quad (\%)$	94	96	$i_b = 250^\circ \text{SiO}_2$

3.	Gradul de solicitare a instalației $G_i = \frac{Q_i}{Q_n} \times 100$ (%)	92	98	$Q_{i1}=460l/s$ $Q_{i2}=490l/s$
4.	Eficiența totală $E_T = \frac{A_i + E_i + G_i}{300} \times 100$ (%)	72	68	
5.	Eficiența totală proiectată maximă $E_{T_{pmax}} = \frac{A_{ipmax} + E_{ipmax} + G_{ipmax}}{300} \times 100$ (%)	88	82	$A_{imax}=50$ $E_{imax}=96$ $G_{imax}=100$
6.	Eficiența totală proiectată minimă $E_{T_{pmin}} = \frac{A_{ipmin} + E_{ipmin} + G_{ipmin}}{300} \times 100$ (%)	33,3	33,3	$A_{imin}=0$ $E_{imin}=0$ $G_{imin}=100$
7.	Eficiența totală comparată $E_{Tc} = \frac{E_T - E_{T_{pmin}}}{E_{T_{pmax}} - E_{T_{pmin}}} \times 100$ (%)	79,5	71,2	

Se poate trage concluzia că stația de tratare nr.2 atinge doar o eficiență de 71,2% în comparație cu stația de tratare nr.1 care are 79,5 din eficiența proiectată pe treapta de decantare.

Același tabel se poate întocmi pentru treapta de filtrare, precum și pentru treapta de dezinfectare cu clor.

La aceste eficiențe totale sau comparate pentru toate procesele tehnologice existente într-o stație de tratare, se poate afla media aritmetică, putându-se afla astfel eficiența totală sau comparată a întregii stații de tratare.

Aceste criterii se pot utiliza pentru a putea compara eficiența a două sau mai multe stații de tratare, cu apa cerută, având aceleași caracteristici, în funcție de eficiența proiectată. Mai mult, ele se pot utiliza la orice stație de tratare, având orice procese tehnologice de tratare a apei, pentru a se determina eficiența la un moment dat față de eficiența proiectată. Criteriile mai sus menționate, se pot aplica pentru orice proces tehnologic existent în stația de tratare deoarece ele țin cont de limitele minime și maxime în care se poate desfășura acest proces și situează eficiența procesului pe această plajă.

Eficiența totală a proceselor din stațiile de tratare așa cum este prezentată de aceste criterii este completă, ea ținând cont simultan de încadrarea în limita indicatorului de calitate prin asigurarea indicatorului de calitate (A), de gradul de reducere a valorii indicatorului prin eficiența reducerii valorii indicatorului (E), precum și prin folosirea debitelor la capacitatea proiectată prin gradul de solicitare a instalației (G).

Eficiența totală comparată situează de fapt eficiența determinată la un moment dat pentru un proces tehnologic din stația de tratare în palierul eficiențelor posibile, dat de eficiența minimă și eficiența maximă, proprie fiecărui proces tehnologic existent în stațiile de tratare.

În concluzie, aceste criterii se pot folosi pentru evaluarea și compararea eficienței unei stații de tratare în ansamblu sau pe procese tehnologice componente.

Capitolul 7. Concluzii

7.1. Continutul lucrării.

Tema abordată în prezenta lucrare de doctorat se referă la optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil.

Pentru a reuși optimizarea separatoarelor suspensionale cu debit variabil, s-a efectuat în primul rând un studiu a procesului de limpezire din cadrul stațiilor de tratare și apoi s-a trecut la studierea aprofundată a proceselor de separare suspensională.

Aceste studii au necesitat o muncă asiduă de strângere a materialelor și documentațiilor, care au fost baza materialului bibliografic și în același timp fiind baza studiului care s-a făcut în problemele separării suspensionale.

Principalele surse ale materialelor și documentațiilor strânse au fost: Facultatea de Hidrotehnică Timișoara, Facultatea de Hidrotehnică București, PROED S.A. București, Facultatea de Chimie Timișoara, Oficiul de de Stat pentru Inventii și Mărci, Institutul Național de Documentare și Informare, Biblioteca Franceză din București, Biblioteca Asociației Generale a Inginerilor din România și nu în ultimul rând corespondențe purtate cu facultăți de profil din Franța și firme mari specializate în tratarea apei din Franța.

În urma studiului teoretic realizat s-au cristalizat idei noi care s-au materializat într-un model matematic al procesului de separare suspensională, o metodă care permite realizarea controlului formării și menținerii stratului suspensional în echilibru hidrodinamic în decantor, precum și o metodă pentru stabilirea dozelor de reactivi chimici necesare în procesul de decantare.

Pentru a verifica pe cale experimentală modelul matematic și cele două metode s-a trecut la proiectarea și realizarea unui pilot de încercare. Deoarece în urma studiului teoretic s-a conturat un nou sistem de alimentare cu apă brută a decantorului suspensional cu debit variabil, în ideea de a putea optimiza și regla hidrodinamica procesului de separare suspensională, de fapt s-a proiectat și realizat un prototip-pilot.

Rezultatele și experimentele efectuate au confirmat veridicitatea contribuțiilor teoretice și practice, iar datorită acestor lucruri s-au putut prezenta noi date și informații în sensul optimizării proceselor de separare suspensională cu debit variabil.

În primul capitol s-a prezentat cadrul general al aplicării proceselor de limpezire a apei, având în vedere importanța acestor procese în schemele clasice și noi ale tratării apelor de suprafață.

În capitolul al doilea s-a aprofundat procesul de decantare a apelor de suprafață, începând cu propunerea unor noi scheme de clasificare a decantoarelor folosite în fluxul tehnologic al tratării apei. În acest capitol s-a prezentat stadiul actual al cunoștințelor teoretice legate de procesul de decantare a apei, folosind reactivii chimici. Tot în acest capitol s-au prezentat metodele noi, eficiente de decantare, care folosesc diferite procedee fizico-chimice, mai puțin cunoscute la noi în țară, pentru a realiza decantarea apei.

Capitolul al treilea a fost dedicat analizei și prezentării teoriilor referitoare la decantarea suspensională și lamelară, împreună cu modelele matematice aferente. S-a prezentat deasemeni și modelul matematic propus de autor pentru procesul de separare suspensională.

În capitolul al patrulea s-a prezentat abordarea teoretică cunoscută a separării suspensionale cu debit variabil, împreună cu noile propuneri de abordare teoretică a separării suspensionale: statică, cu recircularea nămolului și cu debit variabil. Tot aici s-

a prezentat progresul cercetării separării suspensionale pe modele experimentale, împreună cu condițiile de verificare în tehnica experimentală a principiului de funcționare a separatoarelor suspensionale cu debit variabil.

Capitolul cinci cuprinde prezentarea modelului experimental prototip-pilot, dispozitivele de măsură, descrierea experiențelor din laborator și experiențelor efectuate pe prototipul pilot împreună cu rezultatele și interpretările acestora.

Capitolul șase cuprinde rezultatele studiilor teoretice și experimentale, concretizându-se în recomandări privind calculul de dimensionare a separatoarelor suspensionale cu debit variabil și module lamelare, împreună cu recomandările privind modul de exploatare a acestor tipuri de decantoare. La finalul capitolului se găsește o propunere de criterii de eficiență comparată a indicatorilor de calitate, necesari a se respecta în stațiile de tratare în funcțiune.

Capitolul șapte încheie teza de doctorat prin prezentarea pe scurt a problemelor expuse în fiecare capitol precum și a contribuțiilor personale aduse la studiul separatoarelor suspensionale cu debit variabil, împreună cu concluziile desprinse din studiile teoretice și practice efectuate în prezenta teză de doctorat.

7.2. Contribuții personale aduse la studiul separării suspensionale cu debit variabil.

Contribuțiile personale care s-au adus la studiul separării suspensionale cu debit variabil, prezentate pe parcurs în teza de doctorat se pot împărți în funcție de specificul lor, în contribuții cu privire la:

- documentarea, prezentarea și sistematizarea materialelor și documentațiilor privitoare la problema studiată
- prezentarea contribuțiilor teoretice referitoare la separarea suspensională
- prezentarea contribuțiilor cu caracter aplicativ în domeniul dozării reactivilor chimici.
- proiectarea unui nou tip de decantor suspensional cu debit variabil
- realizarea unor studii de laborator privind dozarea reactivilor chimici
- optimizarea funcționării decantoarelor suspensionale cu debit variabil, echipate cu module lamelare
- recomandări privind exploatarea optimizată a decantoarelor suspensionale
- depunerea a trei cereri de brevet de invenție privind, noul tip de decantor suspensional, metoda și metoda privind realizarea controlului formării și metinerii stratului suspensional și metoda de stabilire a dozelor optime a reactivilor chimici.

Documentarea, prezentarea și sistematizarea materialelor și documentațiilor au avut în vedere:

- stadiul actual al cercetării în problemele limpezirii apei, scheme de tratare (cap.1.2, 1.3, 2.1)
- teoria decantării prin procesul de coagulare- floculare cu ajutorul reactivilor chimici (cap.2.2, 2.3)
- metode și procedee noi, fizico-chimice de realizare a decantării apei (cap.2.4, 2.5)
- teoria decantării suspensionale și lamelare (cap.3.1, 3.2)
- modele de calcul ale decantării suspensionale și lamelare împreună cu caracteristicile lor. (cap.3.3, 3.4)
- nivelul cercetării actuale pe modele experimentale (cap.4.1)

- calculul decantoarelor suspensionale și lamelare (cap.4.3)

Contribuțiile teoretice prezentate, cu privire la separarea suspensională constau în:

- o nouă clasificare a tipurilor de decantoare în funcție de tipul mișcării apei în decantoare și tipul de decantare a suspensiilor în decantoare (cap.2.1)
- un nou model matematic privind caracterizarea procesului de separare suspensională (cap.3.5.1)
- modele matematice ale procesului de separare suspensională pentru fiecare tip existent, separare suspensională statică, cu recircularea nămolului și cu debit variabil (cap. 4.2.3)
- metodă matematică care realizează controlul formării și menținerii stratului suspensional în decantoarele suspensionale (cerere brevet de invenție) (cap.3.5.2)

Caracterul aplicativ al contribuțiilor personale este dat de :

- metodă privind stabilirea dozelor optime de reactivi chimici în procesul de decantare (cerere pentru brevet de invenție) (cap.5.5)
- întocmirea unui grafic care cuprinde intervalul de doze optime în funcție de turbiditatea apei brute și precizarea punctelor sale caracteristice. (cap.5.4)

Contribuțiile privind proiectarea unui nou tip de decantor suspensional cu debit variabil sunt:

- sistem de alimentare cu apă brută având două circuite, unul pentru debitul continuu iar celălalt pentru debitul variabil (cerere pentru brevet de invenție) (cap.6.3.7)
- criterii de eficiență comparată a indicatorilor de calitate.

Realizarea de studii de laborator privind dozarea reactivilor sunt contribuții care constau în materializarea metodei privind stabilirea dozelor optime de reactivi chimici precum și întocmirea graficelor privind intervalele optime de dozare.(cap.5.3, 5.4)

Optimizarea funcționării și exploatarea decantoarelor suspensionale cu debit variabil echipate cu modul lamelar sunt contribuții care reunesc cunoștințele teoretice cu experimentările realizate pe prototipul pilot realizat la o scară de înălțime reală. (cap.3, 4, 5, 6)

Depunerea a trei cereri de brevet de invenție, împreună cu toată documentația necesară, s-a făcut deoarece aceste idei au caracter de noutate și de mare importanță pentru optimizarea funcționării și atingerea unei eficiențe maxime în raport cu caracteristicile apei brute, la decantoarele suspensionale cu debit variabil și nu numai, acestea fiind:

- sistem de alimentare separat: continuu și pulsator, pentru decantoarele suspensionale cu debit variabil (cap.6.3.7)
- metodă matematică privind realizarea controlului formării și menținerii stratului suspensional în decantoarele suspensionale (cap. 3.5.2)
- metodă pentru determinarea dozelor optime de reactivi în procesul de decantare (cap.5.5)

7.3. Concluzii

Prezenta teză de doctorat promovează elaborarea și materializarea de noi proiecte pentru decantoarele suspensionale cu debit variabil, cu funcționare optimizată, pentru integrarea lor în fluxurile tehnologice ale stațiilor de tratare, acolo unde sunt asigurate

condițiile caracteristicilor apei brute, în principal turbidități relativ constante mai mari de 50°SiO_2 .

Deasemenea se prezintă în cadrul tehnicii tratării apelor de suprafață un instrument foarte util cu posibilități de a atinge eficiențe mai mari ca până în prezent acestea fiind eficiențe maxime în raport cu caracteristicile apei brute, în acord cu tehnica de vârf din acest domeniu, pe plan mondial.

Avantajele tehnico-economice pe care le posedă aceste decantoare suspensionale cu debit variabil, le impun a se folosi cât mai mult în viitor în țara noastră, atât pentru consumatori mici, cât și pentru marile stații de tratare. În cazul unor decantoare existente îmbunătățirea performanțelor se poate realiza prin utilizarea modulelor lamelare superioare.

În concluzie prin punerea la dispoziția tehnicii a unui nou tip de decantor suspensional cu debit variabil, precum și a unor metode noi ce pot realiza optimizarea tuturor decantoarelor, statice sau suspensionale, cu certe avantaje de ordin tehnic și economic, prezenta teză de doctorat promovează noi elemente pentru dezvoltarea tehnicii în domeniul tratării apei, pentru a asigura un nivel cât mai ridicat pentru consumatori din punct de vedere al calității apei.

BIBLIOGRAFIE

1. Bălan,A.,G. - Condiții prealabile pentru studiul experimental al eficienței separării suspensionale cu debit variabil, în Sesiunea jubiliară de comunicări științifice, vol.4, Timișoara, 1995.
2. Bălan,A.,G. - Stadiul actual al cercetării în problemele limpezirii apei, referat în cadrul pregătirii tezei de doctorat. Timișoara 1996
3. Bălan,A.,G. - Posibilități de verificare în tehnica experimentală a principiilor aplicate în procesele de limpezire a apei, referat în cadrul pregătirii tezei de doctorat. Timișoara 1996
4. Bălan,A.,G., Ardelean,N. - Aspecte privind modernizarea sistemului de alimentare cu apă potabilă a municipiului Deva. Conferința tehnico-științifică "Instalații pentru construcții și economia de energie" pag. 89-93, Iași, 3-5 iulie 1996
5. Bălan,A.,G. - Aspecte privind modernizarea sistemului regional de alimentare cu apă potabilă Valca Jiului . conferința cu participare internațională "Instalații pentru construcții și confortul ambiental", Timișoara, 16-18 aprilie 1997
6. Bălan,A.,G. - Metodă matematică care realizează controlul formării și menținerii stratului suspensional în decantoarele suspensionale. Sesiunea de comunicări științifice, Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de inginerie Hunedoara, Hunedoara, octombrie 1997.
7. Bălan,A.,G. - Model matematic pentru decantoarele suspensionale. Sesiunea de comunicări științifice, Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de inginerie Hunedoara, Hunedoara, octombrie 1997.
8. Bălan,A.,G. - Considerații asupra unor criterii de eficiență a stațiilor de tratare a apei potabile, existente; Conferința tehnico-științifică "Instalații pentru construcții și economia de energie", Iași, iulie 1997
9. Bălan,A.,G. - Contribuții la abordarea teoretică a separării suspensionale cu debit variabil. Sesiunea de comunicări științifice, Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de inginerie Hunedoara, Hunedoara, octombrie 1997.
10. Bogatu,C.,Barna,R. - Cercetări în faze de laborator asupra unor procese tehnologice a apelor în scop potabil, vol I AIIR. Simpozionul național cu participare interantionale "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental". Timișoara, Aprilie 1995.
11. Black,A. - Mechanism of coagulation in water treatment. Journal of Sanitary Engineering Division, vol. 89, nr.8A, 1 ianuarie 1963

12. Bucur,A. - Chimia și biologia apei I.C.B. 1981
13. Caraba,A.,Ioan - Construcții metalice hidrotehnice, I.P.T.V.Timișoara 1985
14. Caraba,A.,Ioan,Breb, T. - Îndrumător pentru proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice, I.P.T.V.Timișoara 1988
15. Cioc,D. - Hidraulică, Ed. Didactică și Pedagogică, București 1983
16. C.E.M.A.G.R.E.F. - Qualité des Boues Activées et Dimensionnement des Decanteurs Secondaires, nr.14, mars 1980
17. Cornet,J.,C. - Etudes sur le procedes modernes de traitement d'eau de surface par unite pilote, în La technique de l'eau et l'arsainissement, nr.362/1977
18. Costa-Fora,Ghe.,Rojanschi, V. - Un nou tip de decantor "Decantorul lamelar elicoidal", în volumul C.N.A. " Folosirea rațională și protecția apelor în localități, industrie și agricultură" Constanța .1982
19. Crețu,Ghe.,Jura,C., Preluschek.E. - Problemele optimizării separatoarelor suspensionale în creșterea eficienței limpezirii apelor de suprafață, în volumul C.N.A. " Folosirea rațională și protecția apelor în localități, industrie și agricultură" Constanța .1982
20. Crețu,Ghe. - Contribuții la studiul și dimensionarea separatoarelor suspensionale cu secțiune progresivă, pentru limpezirea apei, Teză de doctorat, Timișoara 1971
21. C.T.G.R.E.F. - Etude experimentale des decanteurs secondaires de station d'epuration situes en zone rurale, no.45, novembre 1979
22. Degremont - Le pulsator, Paris 1970
23. Degremont - Memento technique de l'eau, Paris 1989
24. Demaucourt,J.C., Dianous,F.,Druoton,J.,C.,Grimaud,A. - Un nouveau procédé de clarification à très haute compacité, în L'eau, l'industrie, les Nuisances, No.135 Mars 1990.
25. Dianous,F.,Trancart,J.,L.,Dernaucourt,J.C., Druoton,J.C. - Le decanteur "Actiflo": L'alliance de la flocculation lestee et de la decantation lamellaire.
26. Edeline,F. - Sedimentation d'un dispersion. Theorie de Kynch, commentaires et essais, CEBEDEAU, nr. 45 mars 1959
27. Fitch,E. - Les principes fondamentaux du processus de sedimentation, Techniques et Sciences Municipales, Nr.11 nov 1963
28. Giurcoiu,M.,Mirel,I., Retezan,A.,Sârbu,I. -Îndrumar pentru calculul construcțiilor și instalațiilor hidroedilitare, I.P.V.T. Timișoara, 1982
29. Giurcoiu,M.,Mirel,I., Retezan,A.,Sârbu,I. - Hidraulica construcțiilor și instalațiilor hidroedilitare, Ed. Facla 1989.
30. Gomella,C., -Clarification avant filtration ses progres recents, Raport general la Congresul AIDE, Brighton 1974.
31. Iamandi,C.,Petrescu, V., - Mecanica fluidelor, Bucuresti, 1978
32. Ives,K.,J. - Theory of operation of sludge blanket clarifiers procedings, febr.1968, vol. 39, pag. 243-260
33. Kurgaev,E.,F. - Osnovii i rasciota esteliteli, Moskva, 1962
34. Jura,Cornel - Alimentări cu apă, Capitole speciale, I.P.T.V.T. Timișoara 1974

35. Jura, Cornel - Curs de alimentări cu apă, I.P.T.V.T. Timișoara 1984
36. Jura, C., și colectiv - Unele probleme ale studiului pe model al decantării apei de alimentare, Hidrotehnica, nr.5, mai 1967
37. Jura, C. - Calitatea apei-calitatea vieții, în sesiunea jubiliară de comunicări științifice, vol.4, Timișoara, 1995
38. Jura, C., Levițchi, S. - Probleme ale optimizării sistemelor regionale de alimentare cu apă, în vol.I al AIIR, Simpozionul național cu participare internațională: "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental", Timișoara, martie 1996
39. Jura, C., Giurcoiu, M., Crețu, Ghe., Mirel, I. - Unele probleme ale studiului pe model al decantării apei de alimentare, HGAM, nr.5, 1967.
40. Laplace, Ch., Desbos, G., Ranchin, G. - Ameloration de la clarification d'une eau par creation de turbulence adaptes au cours d'une phase de coagulation prolongée. Conférences Congrès Forum d'Agitation Industrielle, PROGEC-ENSIGC. Toulouse. 27-28 Janvier 1992
41. Mateescu, D., Roșu, D., Caraba, I. - Construcții metalice, exemple de calcul. Ed. Didactică și Pedagogică, București 1972
42. Mănescu, Al., Sandu, M., Ianculescu, O. - Alimentări cu apă. Ed. Didactică și Pedagogică. București, 1994
43. Mirel, I. - Contribuții la studiul procesului de filtrare rapidă în perioada inițială de reținere. Teză de doctorat. Timișoara 1974.
44. Mirel, I. - Hidraulică și construcții edilitare. I.P.T.V. Timișoara 1986
45. Mirel, I. - Alimentări cu apă și canalizări în agricultura. U.T. Timișoara, 1992
46. Mirel, I., Ciucudean, M., Carabeș, A., Mirel, I., A. - Automatizare electronică a proceselor de limpezire prin filtrele rapide cu nisip, destinate alimentării cu apă a consumatorilor cu debite mici și foarte mici. Simpozionul AIIR: "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental", pag. 222-228. Timișoara, aprilie 1994
47. Moraru, Ghe. - Contribuții la soluționarea tehnică și economică a proceselor de tratare a apelor industriale a apelor industriale. Teză doctorat. București 1992
48. Moraru, Ghe. - Perfecționări în tehnologia decantoarelor din stațiile de tratare a apelor. în volumul simpozionului ISLGC. "Realizări și perspective în dezvoltarea alimentărilor cu apă, în protecția calității apelor și a mediului ambiant" Sinaia 1987
49. Nicoară, T. - Hidraulică și mașini hidraulice I.P.T.V. Timișoara. 1985
50. Nicoară, T., David, I., Boeriu, P., Răcelescu, M., Orlescu, M. - Hidraulică. îndrumător pentru lucrări de laborator. I.P.T.V. Timișoara. 1984
51. Norris, D. - Solids - Contact Clarification. Best of Trickling Filters. in Water & Sewrage Works. No.2. November 1980
52. Parker, D.S. - Assessment of secondary clarification design concepts. in Journal W.P.C.F.. Volume 55 No 4. pag.349-359. april 1983

53. Pârvulescu,C. - Economisirea și valorificarea intensivă a apelor, Ed. Ceres, București 1978.
54. Petca,Ghe. - Aluminatul de sodiu, un înlocuitor al hidroxidului de calciu la coagularea suspensiilor din apă cu sulfat de aluminiu; în vol. I AIIR. Simpozionul național cu participare internațională: "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental", Timișoara, aprilie 1995
55. Petrescu,V., Moraru,Ghe. - Mișcarea laminară între două plăci cu discontinuități geometrice, cu aplicații la decantoarele suspensionale, în vol. simpozionului ISLGC "Realizări și perspective în dezvoltarea alimentărilor cu apă, în protecția calității apelor și a mediului ambiant" Sinaia 1987
56. Pitman,A.,R. - Settling properties of extended aeration sludge. in Journal W.P.C.F. Vol 52, No 3, mars 1980
57. Pâslărașu,I.,Rotaru,N.,Teodorescu,M. - Alimentări cu apă. Ed. Tehnică 1981
58. Retezan,A.,Dună,S., Balint,A.,Creangă, C. - Aspecte privind decantarea apei de Bega la uzinele de apă din Timișoara. în volumul AIIR Simpozionul național cu participare internațională : "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental", Timișoara, aprilie 1994
59. Retezan,M., Retezan,R. - Studiul fluorării în potabilizarea apei pentru municipiul Timișoara, în vol. I AIIR. Simpozionul național cu participare internațională : "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental", Timișoara, aprilie 1995
60. Retezan,M., Marșanina,D., Angheluș,A. - Aspecte privind concentrația aluminiului rezidual în apa potabilă în vol. I al AIIR. Simpozionul național cu participare internațională : "Instalațiile pentru construcții și confortul ambiental", Timișoara, martie 1996
61. Richard,Y. - La decantation lamellaire et ses nouveaux developpment. Techniques et Sciences Municipales - martie 1974
62. Richard,Y. - Un decanteur a la pointe du progress. Le superpulsator. L'eau et l'industrie 9/1976
63. Richard,Y. - Traitement de baues de stations d'eau potable avec au sans recuperation des coagulants. in Techniques et Sciences Municipales - L'eau. Franța ,65. nr.1 1970
64. Rojanschi,V.,Oprean, T. - Cartea operatorului din stații de tratare și epurare a apelor. Ed. Tehnică București 1989
65. Sandu,M. - Concepte noi privind realizarea construcțiilor pentru reținerea suspensiilor din apă. în volumul C.N.A.. "Folosirea rațională și protecția apelor în localități, industrie și agricultură". Constanta 1982
66. Sandu,M. - Contribuții la soluționarea tehnică și la calculul decantoarelor suspensionale de concepție românească. Teză de doctorat. București 1975
67. Sandu,M., Moraru,Ghe., Furis,D. - Probleme privind concepția și proiectarea decantoarelor cu pulsații și lamele în RSR. în volumul Simpozion "Probleme actuale ale protecției, tratării și epurării apelor în RSR" Timișoara, 1984

68. Sandu,M., Moraru,Ghe., Furis,Ghe.,Chișcu,V. - Instalație pentru decarbonatarea apei industriale, Brevet de invenție nr. 92546/1987 acordat de OSIM titularului CICH Năvodari.
69. Sandu,M.,Rusu,Ghe., Furis,D.,Tăriceanu,C. - Aspecte privind modernizarea decantoarelor existente prin echiparea cu module lamelare, în vol. simpozionului ISLGC " Realizări și perspective în dezvoltarea alimentărilor cu apă, în protecția calității apelor și a mediului ambiant" Sinaia 1987
70. Sandu,M. Decantor pulsator rectangular echipat cu modul lamelar inferior și superior $Q=500 \text{ dm}^3/\text{s}$ - dimensionare (manuscris)
71. Smethurst,G. - Basic water treatment for application - wide, London 1988
72. Stuckenberg,J.R., Rodman,L.,C.,Touslee,J.,E. - Activated sludge clarifier design improvements in Journal W.P.C.F. volume 55, No.4 p.341-348. April 1983
73. Teodorescu,M. - Optimizarea proceselor tehnologice de deferizare și demanganizare a apei și a stațiilor de tratare aferente, în condițiile din RSR. Teză de doctorat. Bucuresti 1976.
74. Teodorescu,M. - Optimizarea deferizării și demanganizării apei. Bucuresti 1979
75. Teodorescu,M.,Bălan, A.,G. - Prezentarea modelului experimental prototip pilot pentru tema program: "Optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil pentru unități mici și foarte mici", august 1995.
76. Teodorescu,M.,Bălan, A.,G. - Experimentarea instalației prototip pilot în cadrul temei program: "Optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil pentru unități mici și foarte mici", septembrie 1995
77. Tesarik,L. - Flow in sludge-blanket clarifiers. in Journal Of Sanitary Engineering Division. vol.93. nr.SA6.dec.1967. pag 105-120.
78. Tilenschi,S. - Chimie coloidală. Bucuresti 1964.
79. Treyssac,O.,Maes,M. - Maitrise de la separations lamellaire. Experimentations et performances. L'eau et l'industrie, nr.14 martie 1977
80. Trofin,P. - Alimentări cu apă, Ed. Didactică și Pedagogică, Bucuresti 1983
81. Trofin,P.,Sandu,M. - Optimizarea construcțiilor și instalațiilor pentru tratarea și epurarea apelor. Curs postuniversitar. I.C.B. 1979
82. Tuntoolavest,M., Miller,E.,Grody,L. - Factors affecting the clarification performance of activated sludge final settlers. in Journal W.P.C.F. Volume 55, No. 3. p.234-248. march 1983.
83. Vaicum,L. - Chimia și biologia apei. I.S.B. 1974
84. Vladimirescu,I. - Hidrologie, Ed. Didactică și Pedagogică, București . 1978
85. Wood,O. - Selecting a Softening Process. in Journal American Water Works Association, dec.1972
86. *** - Proiect nr.85/1978, Proiect și machetă model de studiu decantor cu pulsație și lamele. I.C.B. Facultatea de Hidrotehnică, București. 1978.

87. *** - Contract nr.154/1983, Proiect tip experimental "Decantor tip pulsator pentru alimentări cu apă" I.C.B., Facultatea de hidrotehnică, București, 1978.
88. *** - Contract 5819/1995 PROED S.A. București pentru realizarea temei program: "Optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil pentru unități mici și foarte mici.
89. *** - Contract 167/1995, Universitatea "Politehnica" Timișoara, privind: Experimentarea instalației pilot, la tema program: "Optimizarea proceselor de limpezire a apei în separatoarele suspensionale cu debit variabil pentru unități mici și foarte mici" (Mirel I., Jura C., Bălan A.)
90. *** - Le procédé: Ozoflot, Omnium de Traitements et de Valorisation, France, 1992
91. *** - Le procédé: Actiflo, Omnium de Traitements et de Valorisation, France, 1992
92. *** - Le décanteur: Multiflo, Omnium de Traitements et de Valorisation, France, 1992
93. *** - Le flocculateur-décanteur: Cyclofloc, Omnium de Traitements et de Valorisation, France, 1992
94. *** - Revista "Instalatorul" colecția 1994-1997
95. *** - Demande de brevet d'invention. No 2196832. Franța, 1972, Procédé et appareil perfectionnés de decantation à lit de baue.
96. *** - Brevet d'invention no.7230328 Franța, 1973. Procédé et appareil perfectionnés de decantation à lit de baue de nature, en particulier d'eaux
97. *** - Demande de brevet d'invention No. 80.05543. Franța din 1980, Procédé et dispositif d'épuration de liquides par décantation en lit de lioue
98. *** - Demande de brevet d'invention No. 8012448. Franța din 1980, Procédé et dispositif pour la séparation par décantation
99. *** - Demande de brevet d'invention No. 2598331-A1. Franța din 1986, Décanteur lamellaire
100. *** - U.S. Patent nr.4927543/1990. Method and intalation for treating liquid by sedimentation using fine sand
101. *** - Water quality treatement. a handbook of community water supplies. American Water Works Association. Editor Frederick W.Pontius. ad.IV. Technic editor McGraw-Hill inc.,1990

* Notă:

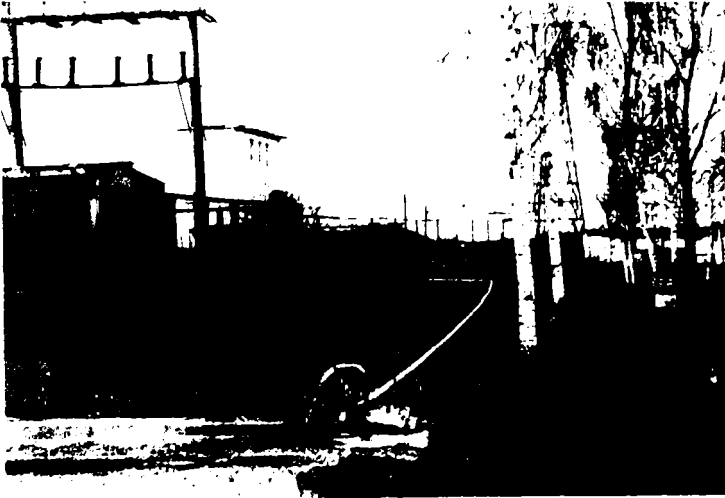
Pentru tema prezentată în teza de doctorat s-au studiat brevete de invenție, care nu au mai fost trecute la bibliografie, deoarece s-au trecut numai cele foarte importante. Celelalte brevete de invenție, multe la număr care s-au studiat, sunt brevete din Franța, SUA, Marea Britanie, Germania și ex-URSS.

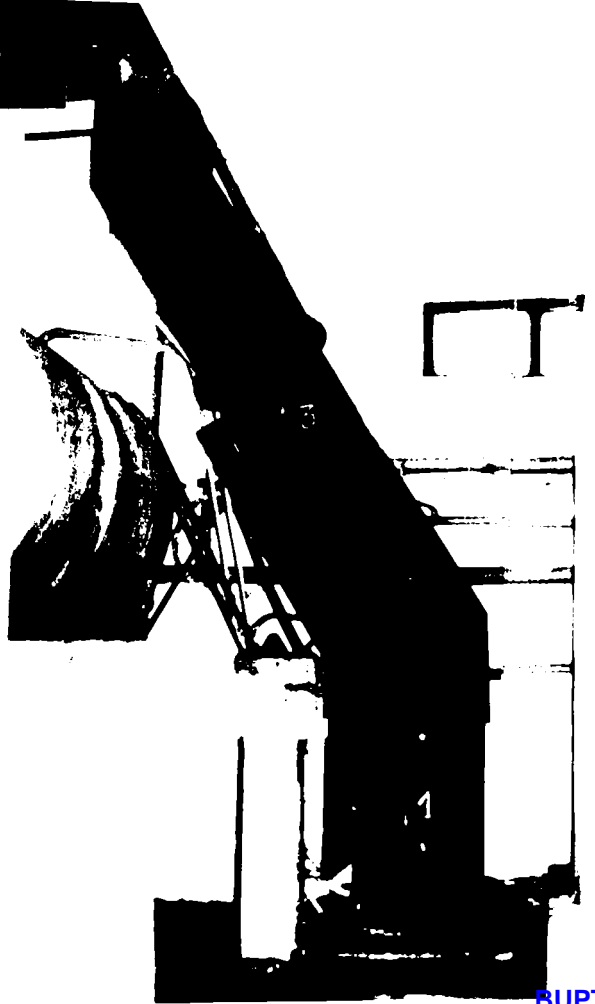
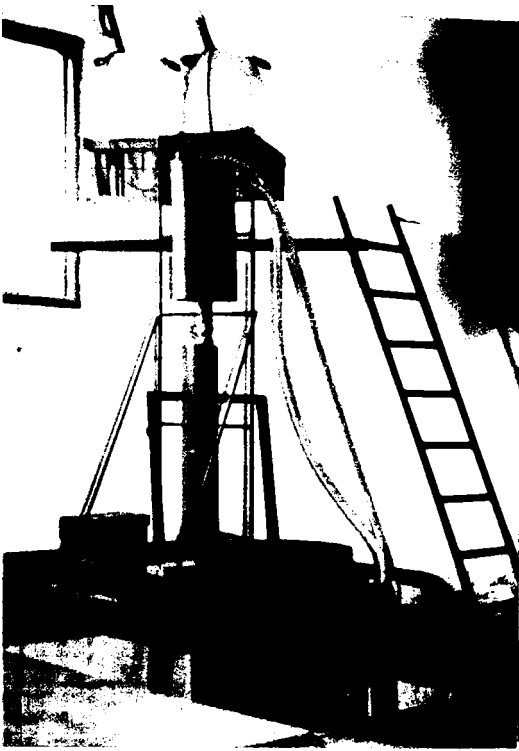
ANALIZA FIZICO-CHIMICĂ A APEI BRUTE
- stația de tratare Batiz iulie 1997 -

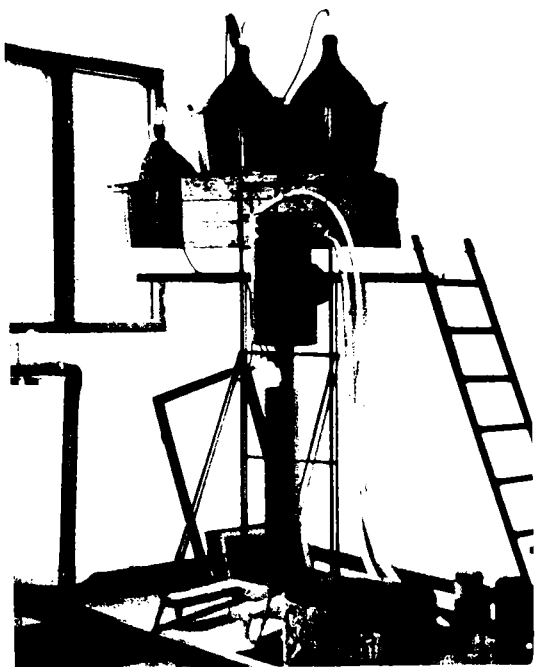
Nr.crt.	Indicatori fizico-chimici	U/M	apă brută
0	1	2	3
1	Turbiditate	N.T.U.	20,5
2	Culoare	grade	28,1
3	pH	unități	7.0
4	Materii în suspensii	mg/l	37
5	Reziduu fix	mg/l	196
6	Alcalinitate "m"	mval/l	3.1
7	Alcalinitate "p"	mval/l	0
8	Duritate totală	grade	4.40
9	Duritate temporară	grade	4.40
10	Duritatea permanentă	grade	0
11	CO ₂ liber	mg/l	28.7
12	Hidrogen sulfurat + sulfuri (H ₂ S)	mg/l	0
13	CCO-Mn	mg KMnO ₄ /l	15.48
14	CCO-Mn	mg O ₂ /l	3.87
15	Calciu (Ca ²⁺)	mg/l	26.1
16	Magneziu (Mg ²⁺)	mg/l	5.5
17	Sodiu (Na ⁺)	mg/l	13.8
18	Potasiu (K ⁺)	mg/l	2.4
19	Fier total	mg/l	0.70
20	Mangan total	mg/l	0.030
21	Cloruri (Cl ⁻)	mg/l	24
22	Sulfati (SO ₄ ²⁻)	mg/l	20.9
23	Dicarbonati(HCO ₃ ⁻)	mg/l	189
24	Carbonati (CO ₃ ²⁻)	mg/l	0
25	Amoniu (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.162
26	Azotiti (NO ₂ ⁻)	mg/l	0.053
27	Azotati (NO ₃ ⁻)	mg/l	1.024
28	Fosfati (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0.035
29	Silice dizolvată(SiO ₂)	mg/l	7.64
30	Cupru(Cu ²⁺)	mg/l	0.0005
31	Zinc(Zn ²⁺)	mg/l	0.0074
32	Crom total	mg/l	0
33	Plumb(Pb ²⁺)	mg/l	0
34	Nichel(Ni ²⁺)	mg/l	0
35	Cadmium(Cd ²⁺)	mg/l	0.0005

Fotografii realizate în timpul efectuării experimentelor la prototipul pilot, în stația de tratare a apei Batiz.

1. Imaginea de ansamblu a văii Streiului
2. Preluare apă brută pentru prototipul pilot din conducta de apă brută ϕ 1000 mm, ce alimentează stația de tratare.
3. Intrarea în subsolul stației de reactivi, unde a fost amplasat prototipul pilot
4. Decantorul prototip-pilot, corpul decantorului se află în subsolul stației de reactivi, în timp ce partea de deasupra se află la parter.
5. Detaliu sifon hidraulic
6. Detaliu sistem măsură și reglaj, al celor două circuite de alimentare cu apă brută, continuu și variabil
7. Detaliu concentrator de nămol și partea de jos a decantorului: se observă robinetul ϕ 2" de golire a decantorului, hubloul de vizualizare și robinetul nr.1 de preluare a probelor.
8. Pompa de apă brută împreună cu robinetii tehnologici, clapeta și manometrul
9. Sistemul de dozare a reactivilor, recipiente cu sulfat de aluminiu, soluție de var și alsal
10. Detaliu cu cele două variante a clopotului din cadrul sifonului hidraulic
11. Detaliu modul lamelar superior
12. Detaliu evacuare apă limpezită, prin peretele subsolului stației de reactivi, la un cămin de vizitare al rețelei de canalizare din cadrul stației de tratare
13. Detaliu evacuare apă limpezită
14. Discuții în subsolul stației de reactivi cu ocazia vizitei prof.dr.ing.Mirel Ioan și a dr.ing. Teodorescu Mihai
15. Fotografie de grup în subsolul stației de reactivi împreună cu viceprimarul mun. Deva și conducerea R.A.G.C.L. Deva
16. Discuții la sifonul hidraulic
17. Dezbateri asupra prototipului pilot
18. Fotografie de grup împreună cu prof.dr.ing. Mirel Ioan, dr.ing. Teodorescu Mihai și conducerea R.A.G.C.L. Deva, în incinta stației de tratare Batiz
19. Fotografie de grup împreună cu conducerea Consiliului Județean Hunedoara, președinte, vicepreședinte, director DUATLP, conducerea R.A.G.C.L. Deva și reprezentantul Consiliului Local Deva, în incinta stației de tratare a apei Batiz.







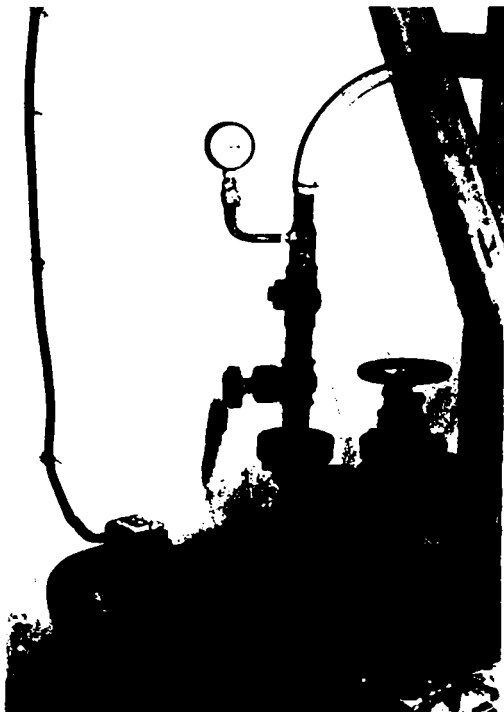
5



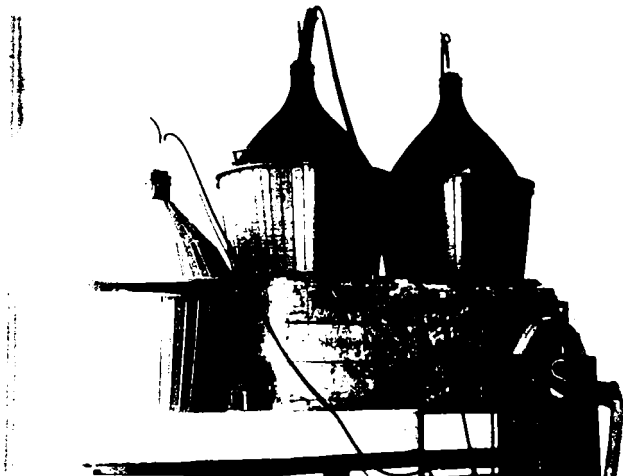
6



7



8



9



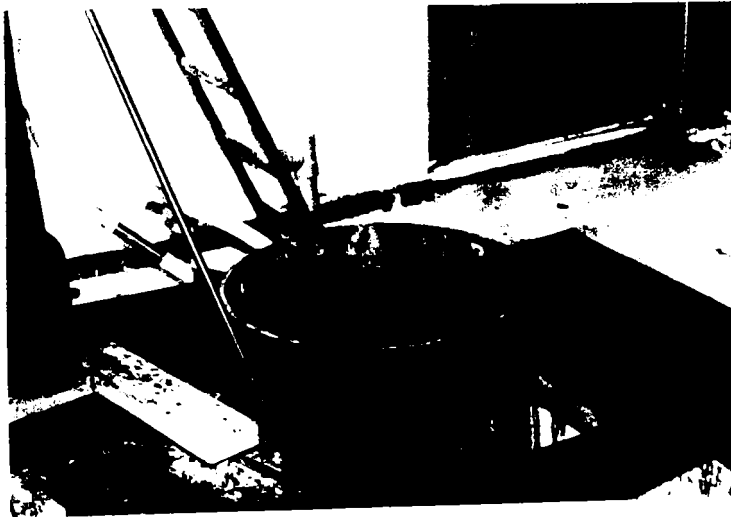
10



11



12



13



14



15



16



17



18



19