

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 1 a 41

NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE **PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE:** **DECANTAZIONE, FLOTTAZIONE,** **CHIARIFICAZIONE**

MODULO 4

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 2 a 41

Indice

1	Decantazione. Principi e tipologie decantatori.....	3
1.1	Chiarificazione: Cenni teorici sulla sedimentazione.	3
1.2	Chiarificatore longitudinale.	4
1.3	I decantatori a flusso verticale.	7
1.3.1	Decantatori a circolazione di fango.....	9
1.3.2	Decantatori a letto di fango pulsato.	12
1.4	Decantatori lamellari.	16
1.4.1	Esempio: sistema a controcorrente (il più utilizzato):	16
1.4.2	I decantatori lamellari con base pulsator.	18
1.5	Decantatori con fango addittivato.....	20
1.5.1	Principi.....	20
1.6	Esempio di chiarificatori con fango addittivato :	21
1.6.1	Il CYCLOFLOC®.....	21
1.6.2	L'ACTIFLO™.....	23
1.7	Manutenzione dei manufatti.	25
o	Cenni teorici sulla flottazione.	25
1.8	Flottazione.	27
1.9	Meccanismi di flottazione.	27
1.10	Sistemi di flottazione	28
1.10.1	Flottazione ad aria disciolta (DAF).....	28
1.11	Descrizione delle vasche di flottazione	32
1.12	Manutenzione dei manufatti	33
2	Il fango di supero. Valutazioni sulla produzione: aspetto, misure, spurghi e regolazioni dei diversi chiarificatori.	33
2.1	Misurazioni del fango prodotto: volume e altezza del letto di fango, percentuale di secco	33
2.2	Componenti elettromeccaniche - Estrazione fanghi	36
2.3	Estrazione del fango: modalità e frequenza	40
2.4	Regolazione dei sistemi di chiari flocculazione.....	40

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 3 a 41

1 Decantazione. Principi e tipologie decantatori.

1.1 Chiarificazione: Cenni teorici sulla sedimentazione.

Descrizione dei vari tipi di vasche: Acelator, Pulsator, Cokrane, con l'illustrazione dei chiarificatori utilizzati nel trattamento delle acque potabili rappresentando gli schemi di funzionamento delle principali tipologie in uso.

Il processo di chiarificazione è deputato alla separazione dei fanghi prodotti nella sezione di flocculazione. La massa dei fanghi è costituita da un gel di idrossidi metallici inglobanti le sostanze inquinanti originariamente presenti nell'acqua grezza quali microalghe, argille, limi, metalli ossidati e sostanze organiche incoerenti. Il processo di chiarificazione è essenzialmente fisico e si basa sui classici processi di separazione di fasi: liquida, costituita dall'acqua e dai sali solubili, e solida, costituita dai gel prima descritti.

Trattandosi di un processo puramente fisico è particolarmente influenzato da tutte i cambiamenti delle caratteristiche fisiche del mezzo quali la temperatura, che comporta mutamenti nella viscosità del mezzo, i venti, che possono produrre correnti preferenziali, moti convettivi legati all'irraggiamento e quindi a variazioni locali di temperatura, liberazione di gas dalla massa del fango, ecc.

I classici sistemi di chiarificazione si basano sulla differenza di densità delle due fasi, permettendo la decantazione del gel e la sua successiva estrazione dal manufatto nel quale avviene la chiarificazione.

Gli sviluppi tecnologici, con sistemi che permettono l'appesantimento del gel e ne aumentano la concentrazione oppure con sistemi che aumentano le superfici effettive di chiarificazione (pacchi lamellari), hanno permesso di accelerare il processo (sistemi basati sul ricircolo del fango)

Nel caso delle acque superficiali si è constatato che i sistemi basati sulla ricircolazione del fango hanno grossi limiti a causa dell'incoerenza del gel ottenuto e all'impossibilità pratica di ottenere concentrazioni di solidi sospesi nei fanghi tali da permettere il funzionamento dei chiarificatori con i parametri progettuali normalmente utilizzati.

Inoltre, la presenza di microalghe, con conseguente sviluppo di gas, portava frequentemente alla flottazione del fango, con gravi scadimenti nel funzionamento del processo di chiarificazione. L'insieme di tali osservazioni e la ricerca di sistemi più gestibili, ha fatto rivalutare il possibile ricorso alla flottazione nel processo di chiarificazione. Di seguito verranno presi in considerazione i diversi tipi di chiarificatori, finalizzati a rendere più efficiente e rapido il processo, e contenere le dimensioni di impianto.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 4 a 41

1.2 Chiarificatore longitudinale.

Sono i più semplici chiarificatori in uso, ampiamente utilizzati nella depurazione delle acque reflue, ed in qualche caso ancora in esercizio nella potabilizzazione.

In queste tipologie la sezione di flocculazione è separata fisicamente dalla decantazione e quindi è possibile verificare in modo pratico la "teoria" della decantazione.

In questi sistemi, affinché una particella sia trattenuta è necessario che il tempo di caduta verso il fondo della vasca sia inferiore al tempo che liquido impiega per uscire dal sistema tramite gli stramazzi finali.

Un decantatore orizzontale è caratterizzato da:

La portata passante Q ,

La superficie S ,

L'altezza del battente idrico nella vasca.

Il Tempo di ritenzione in un sistema simile sarà dato da:

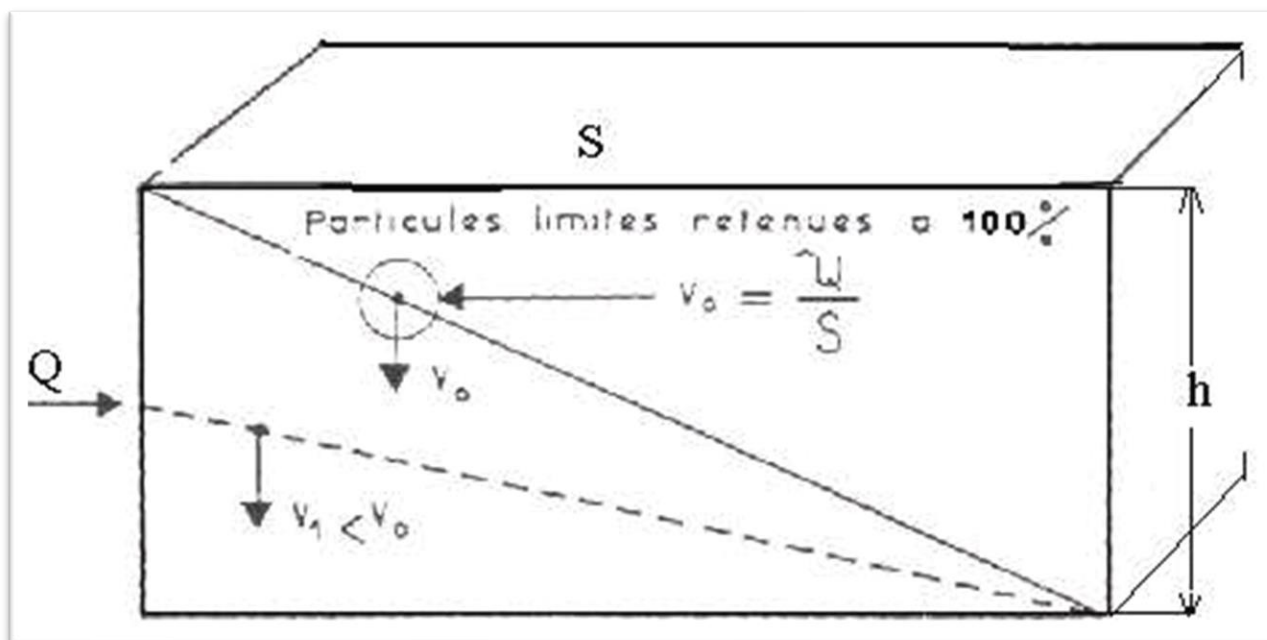
$$t = S \times h / Q.$$

Una particella in sospensione che si trova, nell'ingresso alla vasca di decantazione, sulla superficie, avrà una velocità costante V_0 . La decantazione sarà terminata quando la particella è arrivata sul fondo del decantatore; la durata del processo sarà dato da h / V .

La possibilità per le particelle d'arrivare sul fondo della vasca è evidentemente possibile solamente se $t > h / V$, o esprimendo diversamente se $V_0 > Q / S$.

Il termine Q / S è chiamato **velocità di Hazen**, e si esprime normalmente in metro cubo ora per metro quadro ($m^3/h/m^2$) o metro per ora (m/h).

Nota: Termini equivalenti individuati; velocità di decantazione, velocità superficiale, velocità ascensionale.



Normalmente, le particelle contenute nell'acqua flocculata in ingresso nel decantatore presentano tutta una gamma di dimensioni. Durante il percorso le particelle più piccole tendono comunque ad aggregarsi, avviene un processo di coalescenza. La dimensione delle particelle aumenta e con essa la velocità di decantazione. La traiettoria diviene curvilinea ; in presenza di questi fenomeni, legati alla natura del materiale in sospensione anche il tempo di ritenzione gioca un ruolo importante.

Per ottimizzare i rendimenti dei decantatori questi sono normalmente preceduti da un comparto di calma dove, grazie ad una sensibile diminuzione della velocità e delle turbolenze, si permette la decantazione delle particelle più grosse e la coalescenza di quelle fini. I decantatori orizzontali a più stadi (denominati in qualche caso "couloirs") necessitano di alcuni accorgimenti indispensabili per ottenere il rendimento migliore possibile. In pratica è necessario che vengano garantiti e seguenti aspetti:

Ripartire uniformemente l'acqua in ingresso ed in uscita dal decantatore

Evitare la formazione di zone di ristagno, con poco flusso

Eliminare tutti gli elementi che possono portare a turbolenze.

Questi chiarificatori possono avere più componenti, e precisamente, da monte a valle:

Una camera di miscelazione rapida dei reattivi;

Un flocculatore;

Una camera di coalescenza

Un sistema di immissione che permetta all'acqua di entrare dalla parte superiore con adeguati stramazzi sommersi

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 6 a 41

L'acqua decantata è ripresa nel punto di uscita a valle di diversori di flusso longitudinali; lo spurgo dei fanghi è assicurata da tubi perforati posti sul fondo, e da un raschiatore con funzionamento continuo.

L'immagine seguente (fonte Suez), rappresenta tre tipici sistemi di flocculazione posti a monte delle vasche di decantazione.



Nell'immagine successiva, sempre tratta da una pubblicazione Suez, viene illustrato il funzionamento di un chiarificatore di tipo statico longitudinale.

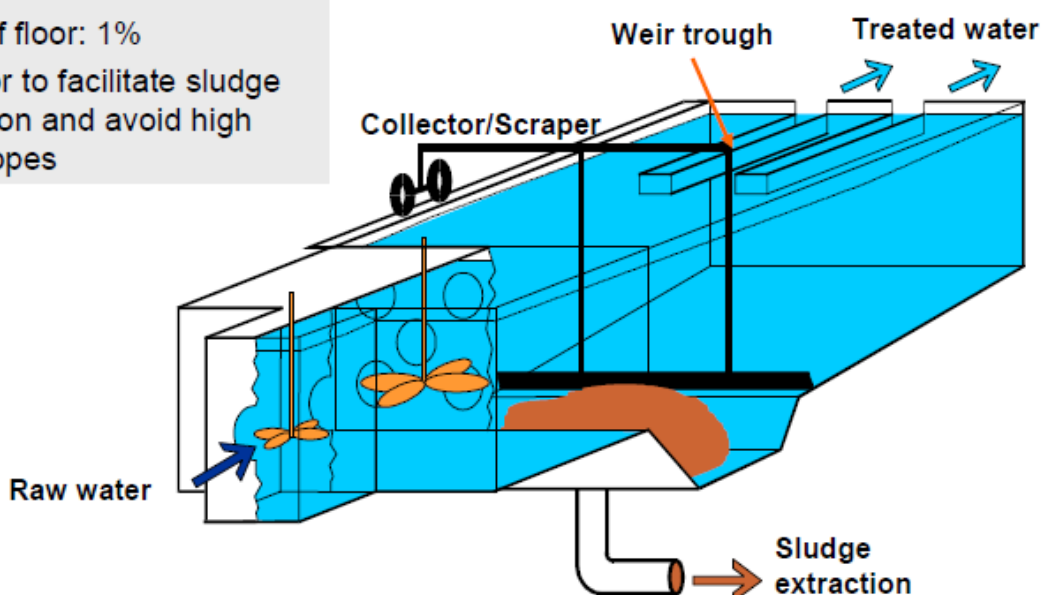
In questa tipologia di chiarificatori il fango viene estratto in genere con l'ausilio di raschiatori di fondo che trasportano il decantato verso un pozzetto, di norma in testa alla vasca, provvedendo allo scarico discontinuo

Settling: Static settling tanks

Horizontal flow tank with sludge collector

Main characteristics:

- ♦ length/width ratio: 3 to 6
- ♦ depth: 2.5 to 4 m
- ♦ slope of floor: 1%
- ♦ collector to facilitate sludge extraction and avoid high floor slopes



La didascalia illustra che:

- Il rapporto larghezza / lunghezza deve essere almeno 3/6;
- La profondità va da 2,5 a 4 metri;
- La pendenza dell'1%;
- Deve essere presente un sistema di estrazione del fango.

1.3 I decantatori a flusso verticale.

In questi tipi di chiarificatori l'acqua effettua un percorso verticale. La velocità di caduta è contrastata dalla velocità di risalita dell'acqua. Costituiscono quindi un'evoluzione del sistema descritto precedentemente ed anch'essi sono ampiamente utilizzati nel campo della depurazione delle acque reflue.

Nei potabilizzatori gestiti da Abbanoa non vi sono applicazioni di tale genere, anche se, con una analisi attenta dei meccanismi di funzionamento, si potrebbero assimilare a queste tipologie tutti i chiarificatori funzionanti secondo il principio del letto di fango.

ABBANO	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 8 a 41

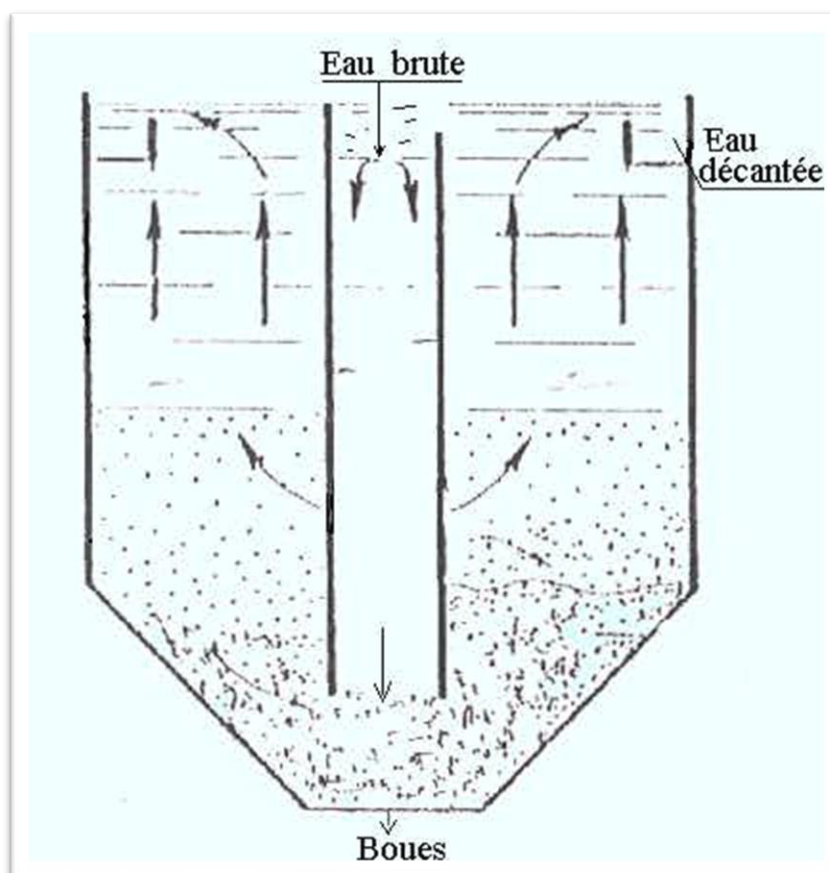
Tutti i decantatori verticali si basano sulla capacità dei fanghi di creare una interfaccia stabile legata alla velocità di risalita dell'acqua.

Questo è il limite del "letto di fango". Per far ciò è necessario ottenere adeguate concentrazioni di fango, garantite dalle geometrie dei flocculatori o dai ricircoli.

Il ruolo del letto di fango è fondamentale in questi tipi di chiarificatori in quanto costituisce un "filtro" atto a garantire un maggior contatto tra i fiocchi e, di conseguenza, la loro crescita continua.

In genere le geometrie delle vasche sono di tipo conico o piramidale. Possiamo differenziare queste tipologie di chiarificatori in tre principali gruppi:

- Decantatori statici (utilizzati per lo più nella depurazione delle acque di scarico),**
- Decantatori a ricircolazione di fango,**
- Decantatori a letto di fango.**



	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 9 a 41

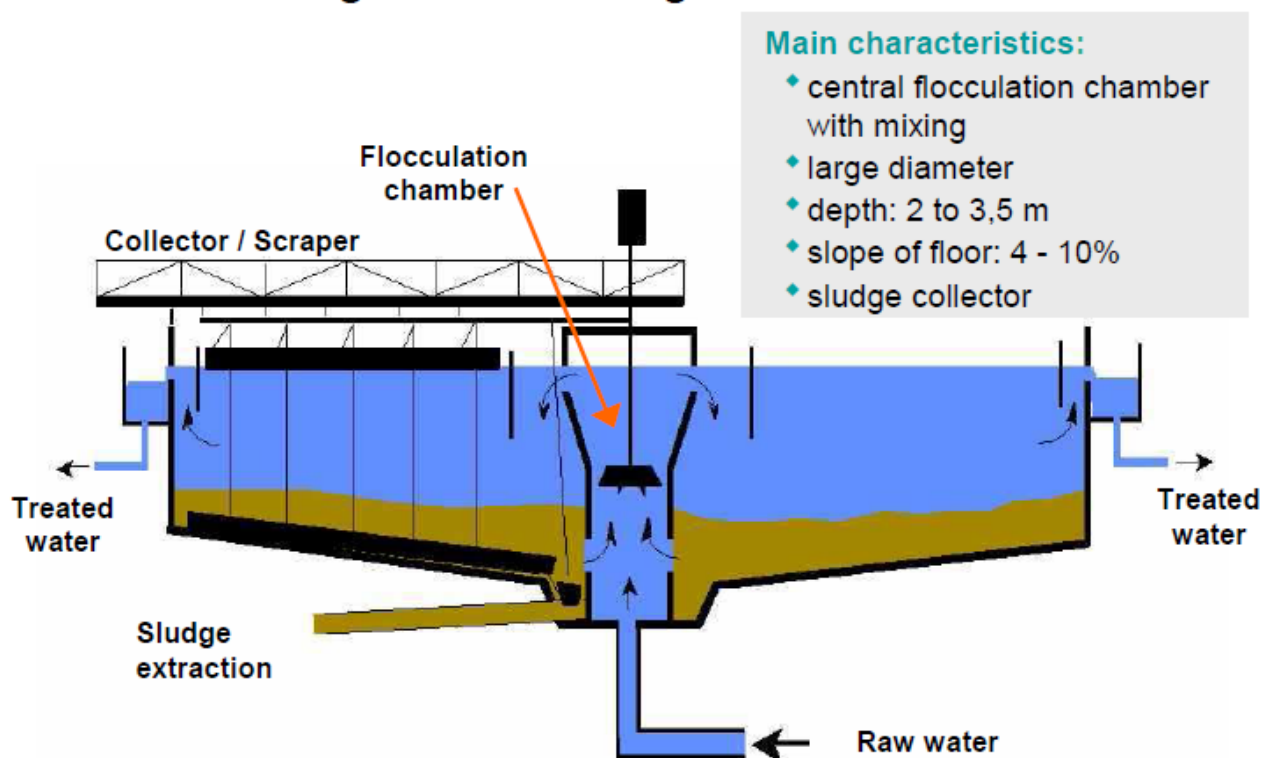
La figura seguente rappresenta una sorta di evoluzione tra il chiarificatore statico ed il chiariflocculatore.

La turbina di flocculazione agisce favorendo il ricircolo di una parte del fango decantato.

La decantazione è comunque statica ed il fango è rimosso grazie ad un raschiatore di fondo.

Settling: Static settling tanks

Circular settling tank with sludge collector



Costruttivamente si rileva che l'altezza è compresa fra un minimo di 2 (bordo esterno) ed un massimo di 3,5 metri (centro), la pendenza è fra il 4 ed il 10%, e che è presente un raschiatore di fondo.

1.3.1 Decantatori a circolazione di fango.

Questi decantatori sono realizzati combinando una zona (in genere centrale) di reazione (flocculazione) comunicante con il comparto di flocculazione. Il flocculatore è in diretto contatto con la zona di chiarificazione sulla parte inferiore della vasca.

Una turbina posizionata sulla parte superiore della zona di flocculazione garantisce l'agitazione del comparto e il corretto flusso dell'acqua fra la zona di reazione e il comparto di decantazione.

I fanghi che decantano sono, in certa misura, riciclati per induzione nella zona centrale di flocculazione. L'aumento progressivo della concentrazione dei fanghi permette un aumento del-

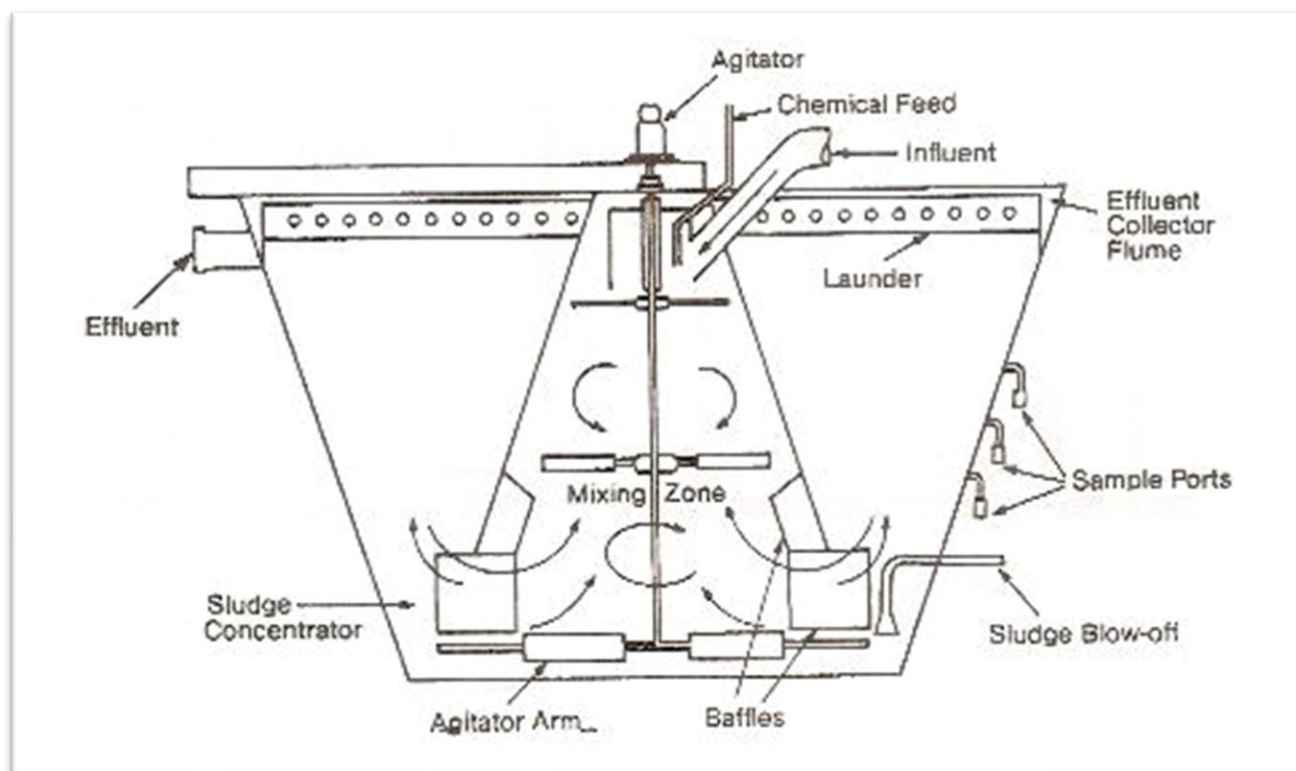
	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 10 a 41

la velocità di flocculazione (ingrossamento del fiocco) e la formazione di un precipitato più concentrato, con il risultato di accelerare la decantazione del fango, o in modo equivalente, aumentare le velocità ascensionali.

In qualche caso è presente un agitatore sul fondo che garantisce la miscelazione rapida tra l'acqua in ingresso, il fango ed i reattivi dosati. Il raschiatore/agitatore impedisce inoltre l'accumulo e l'invecchiamento del fango sul fondo, con possibili fenomeni di alterazione dell'acqua. La conformazione della vasca, nella quota inferiore del punto nel quale è innescato il ricircolo del fango, permette un relativo ispessimento della torbida e quindi l'estrazione del fango di supero il più possibile concentrato,

La figura seguente illustra uno schema tipico di questi chiarificatori. In qualche caso il ricircolo del fango è aiutato con un sistema di pompe.

Fig. Schema di principio di un chiarificatore a circolazione.



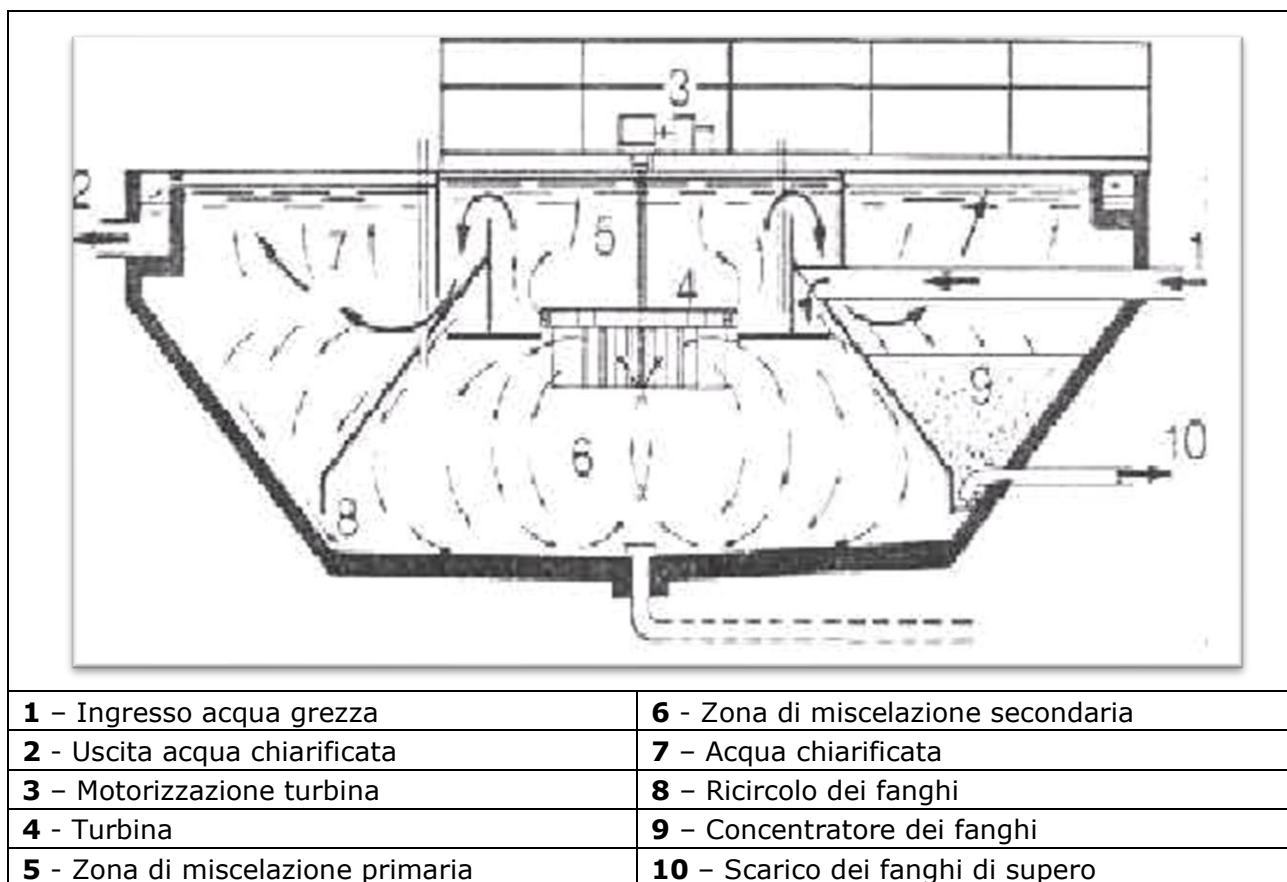
Attualmente si trovano diverse modifiche ed aggiornamenti di questa tipologia di chiariflocculatore, dove l'obiettivo è sempre stato quello di semplificare l'assetto costruttivo e di contenere i volumi della zona di decantazione/chiarificazione.

La figura seguente rappresenta una prima evoluzione del chiariflocculatore a ricircolo di fango, il cui brevetto iniziale era Degremont.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 11 a 41

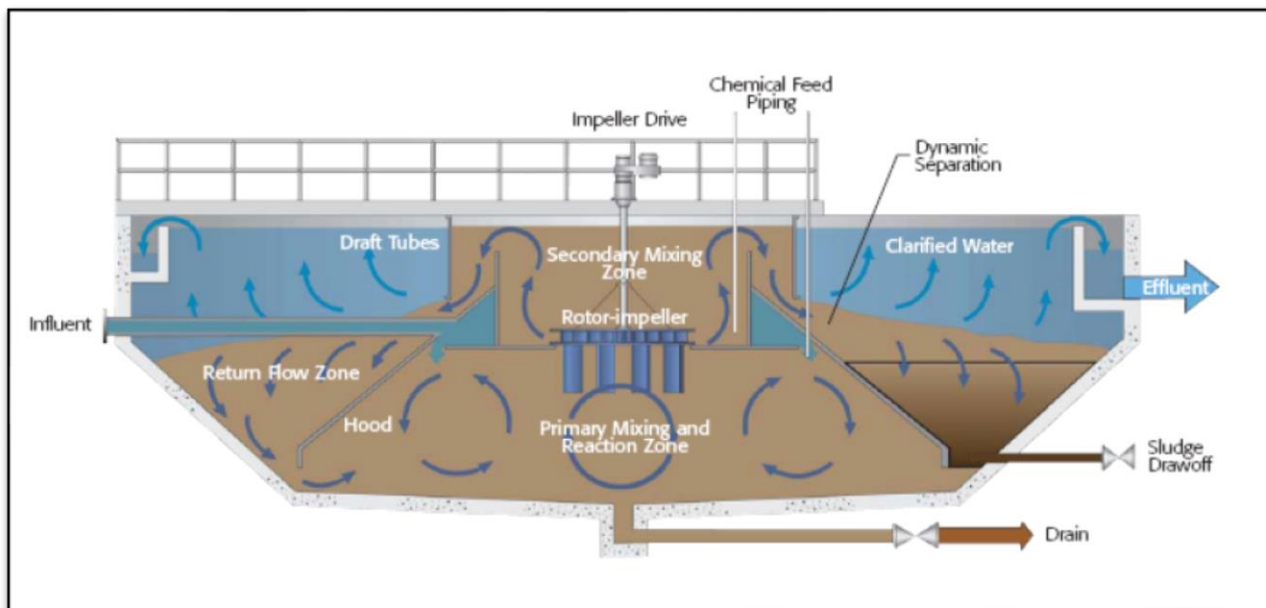
Si tratta dell'Acelator, nel quale è stato ottimizzato il sistema di ricircolo del fango finalizzando il processo all'ottenimento di fanghi molto concentrati in modo da sfruttare velocità ascensionali più alte (velocità di decantazione maggiori).

Dallo schema di funzionamento è evidente il limite principale di questa unità, ossia che non si sfrutta l'effetto filtro del letto di fango.



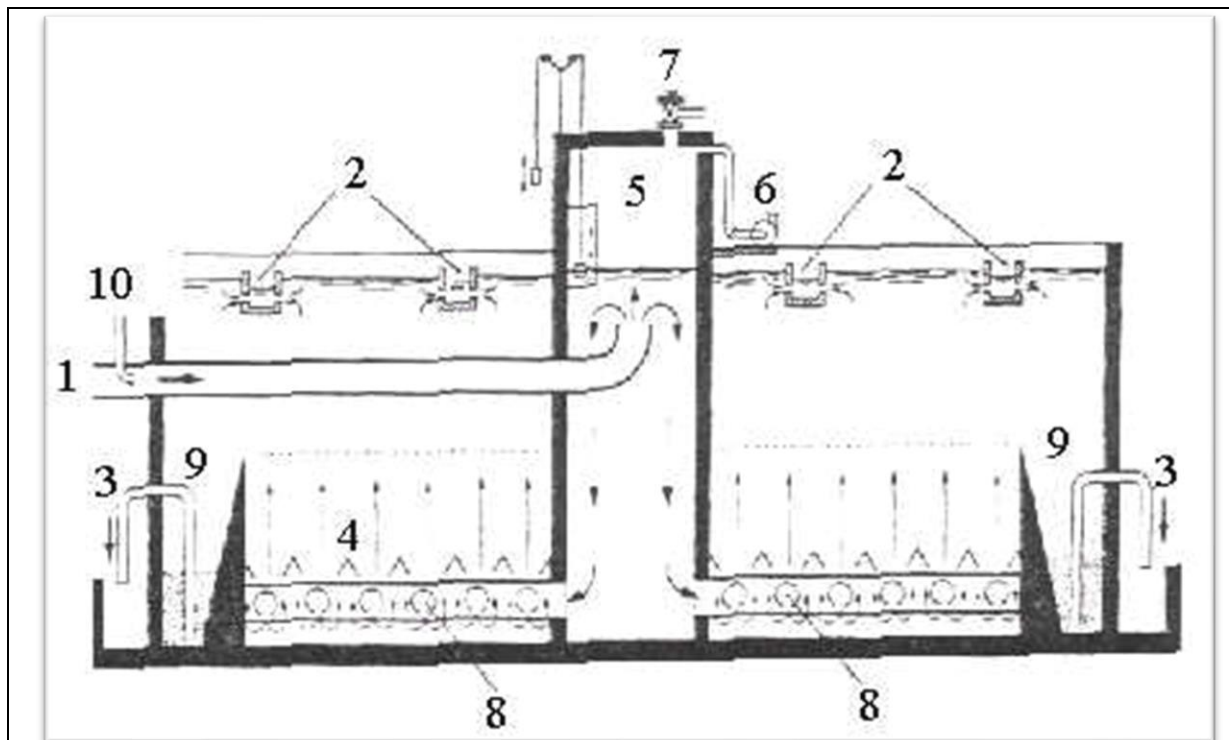
Negli Acelator vi sono alcune regolazioni dei parametri operativi che incidono direttamente sull'efficienza del sistema, e si richiamano:

- velocità della turbina che agisce direttamente sull'energia cinetica immessa e sulle portate di ricircolo;
- Altezza della banda di passaggio tra i due comparti di flocculazione;



1.3.2 Decantatori a letto di fango pulsato.

In questi chiarificatori ci si basa, per aumentare l'efficienza, ad un artificio idraulico: l'acqua è spinta verso il fondo del chiarificatore con ritmo pulsante (da qui il nome dell'apparecchio). L'immissione dell'acqua grezza addizionata dei flocculanti è effettuata nella parte centrale dove avviene la regolazione della pressione per la pulsazione del sistema. Il sistema di riempimento e svuotamento della camera è asservito ad una valvola e ad una pompa da vuoto che garantiscono con regolarità la variazione di pressione motivo della pulsazione trasmessa al letto di fanghi. Il letto dei fanghi è dunque sottoposto a dei movimenti alternativi, verso il basso e verso l'alto, in funzione del riempimento e svuotamento della camera a vuoto; questo movimento continuo "pulsato" favorisce la coesione del fango. Il movimento ascensionale del letto permette una regolare eliminazione del fango di supero attraverso gli stramazzi sommersi che delimitano le tramogge di raccolta del fango di supero. Lo spurgo del fango è effettuato quando le camere di raccolta del fango risultano piene, regolando l'automatismo. L'acqua è uniformemente ripartita alla base della vasca di decantazione con un sistema di tubi forati; l'acqua chiarificata è estratta da un sistema di canalette superficiali. La ripartizione dei flussi in ingresso e in uscita è studiata per evitare possibili corto circuiti idraulici ed è probabilmente uno dei motivi delle elevate performance di questa tipologia di chiarificatori.



1 - Ingresso acqua grezza	6 - Pompa vuoto
2 - Uscita chiarificato	7 - Valvola automatica
3 - Estrazione dei fanghi	8 - Tubazione distribuzione flusso
4 - Zona di rettificazione flusso	9 - Concentratori dei fanghi
5 - Camera di vuoto	10 - Dosaggio reattivi

Da questi primi chiarificatori sono stati derivati ulteriori tipologie, considerabili per lo più variazioni sul tema, apportanti miglioramenti che ricercavano le possibilità di ridurre le superfici dei chiarificatori (aumentare le velocità ascensionali).

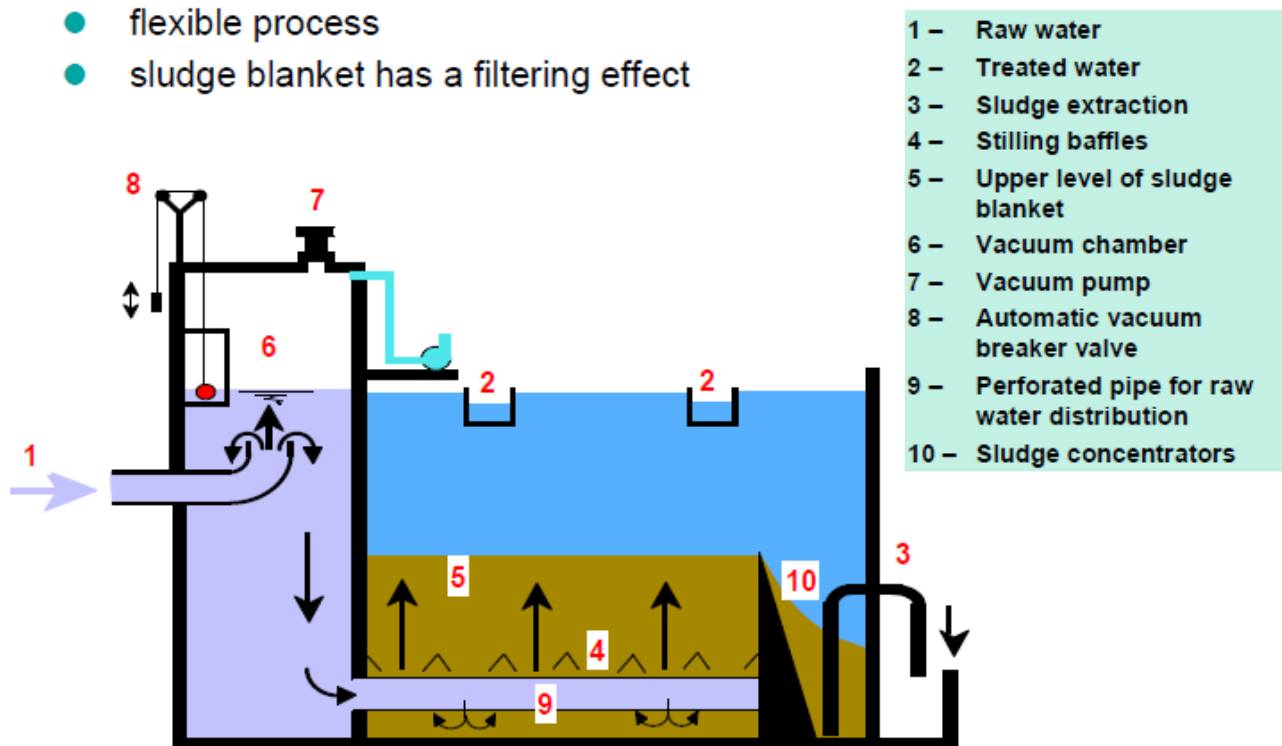
Per comprendere meglio il funzionamento di questi chiarificatori, dove non viene effettuato un ricircolo del fango, si rimanda alla figura successiva che, in modo schematico evidenzia:

- 1 - Acqua grezza**
- 2 - Acqua trattata**
- 3 - Estrazione del fango di supero**
- 4 - deflettori di Calma (rettificatori di flusso)**
- 5 - Massimo livello del letto del fango**
- 6 - Camera di vuoto**
- 7 - pompa di vuoto**
- 8 - Valvola automatica di rottura del vuoto**
- 9 - Tubazione per la distribuzione dell'acqua**
- 10 - Concentratori del fango**

Sludge blanket clarifiers

PULSATOR

- flexible process
- sludge blanket has a filtering effect



Sludge blanket clarifiers PULSATOR

Stilling baffles



09/10/2007 | ADVANCED WATER TREATMENT | COPYRIGHT © 2003 SUEZ ENVIRONNEMENT | 23
PROCESSES

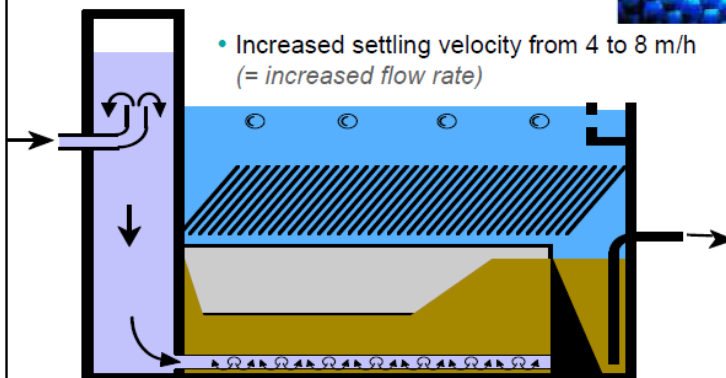
suez

La figura precedente riporta il particolare del sistema di distribuzione dell'acqua, ed in particolare dei rettificatori di flusso, essenziali per garantire il funzionamento ottimale di questa tipologia di chiariflocculatori.

La figura successiva rappresenta l'evoluzione del Pulsator, con l'introduzione di pacchi lamellari che aumentano l'efficienza di chiarificazione.

Sludge blanket clarifiers SUPER PULSATOR – Lamellar settling

- Improved water quality
- Increased settling velocity from 4 to 8 m/h
(= increased flow rate)



09/10/2007 | ADVANCED WATER TREATMENT | COPYRIGHT © 2003 SUEZ ENVIRONNEMENT | 25
PROCESSES

suez

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 16 a 41

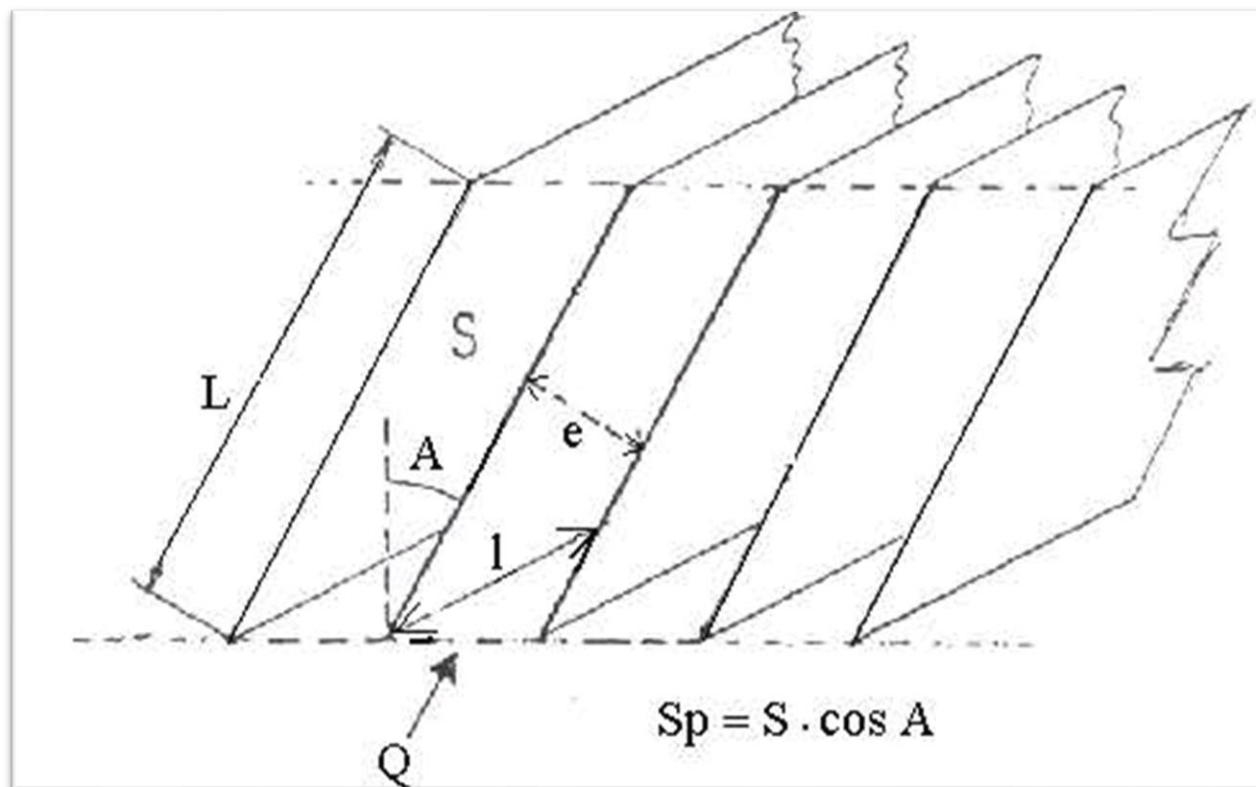
1.4 Decantatori lamellari.

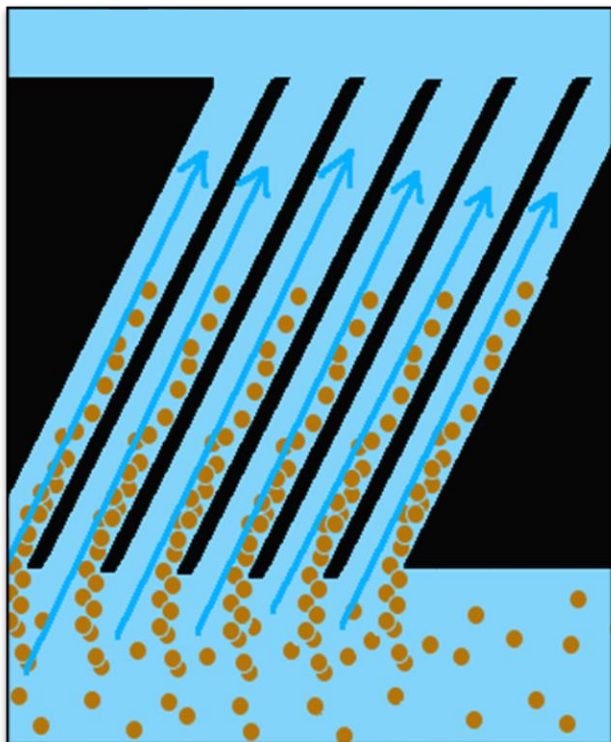
Il miglioramento dei decantatori orizzontali passa per un modello in cui la sedimentazione del fango avviene più rapidamente. Il fango, sedimentato nello spazio compreso tra due lamelle contigue, scorre sulla superficie liscia della lamella direttamente sottostante, e scivola verso la tramoggia di fondo per la raccolta del fango. Dato che la capacità di sedimentazione di una vasca è fortemente dipendente dal parametro "superficie" della vasca, con la decantazione lamellare viene sviluppato al massimo l'effetto superficie. In questo modo si possono realizzare tempi di detenzione (e quindi volumi di vasca) notevolmente ridotti.

Per ottimizzare la resa, è molto importante l'angolo di inclinazione delle lamelle.

1.4.1 Esempio: sistema a controcorrente (il più utilizzato):

Questo tipo di manufatto si inserisce, davanti a una filiera di trattamento dell'acqua potabile, a valle di un flocculatore nel quale si ha la formazione e maturazione del fiocco. L'acqua flocculata alimenta inferiormente un fascio di placche o di tubi paralleli inclinati. L'acqua e i fiocchi circolano in senso inverso da cui il termine "contro corrente". Lo spazio entro ciascuna lamella rappresenta un decantatore modulare.





I parametri più importanti sono i seguenti:

L'angolo di inclinazione (A) delle lamelle per assicurare lo scorrimento del fango sotto l'effetto della gravità

La velocità (Q/Sp)

La distanza tra le lamine o il diametro dei tubi per favorire l'instaurarsi di un regime laminare.

La lunghezza (L) delle lamine,

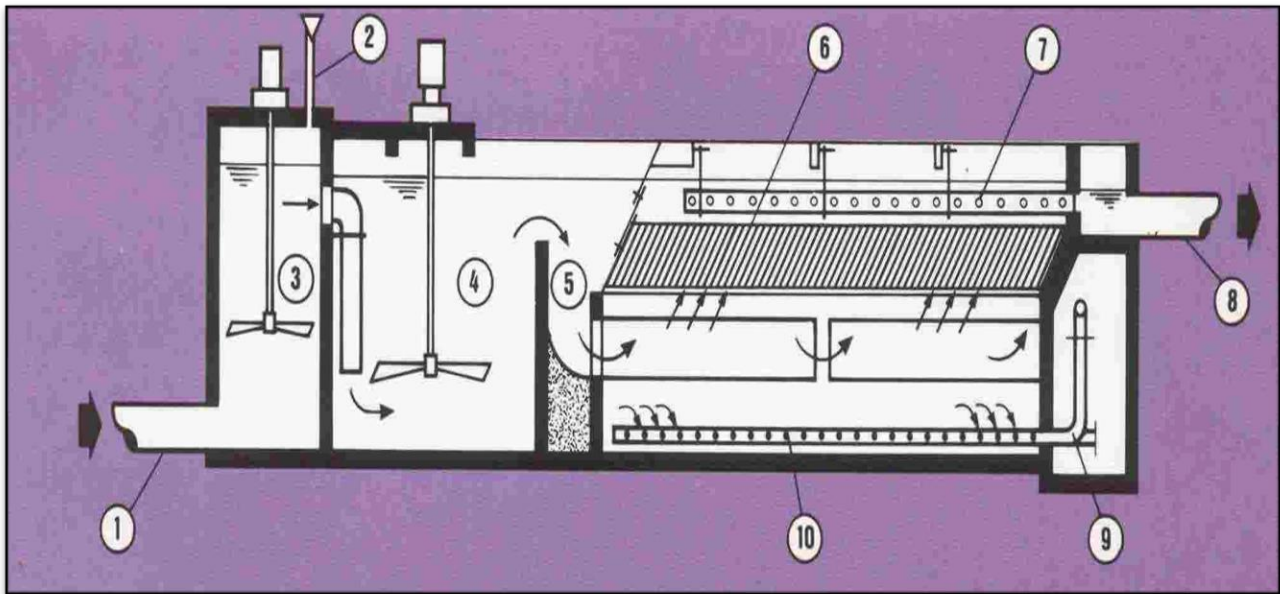
La velocità tra la zona di alimentazione e i fiocchi.

Le lamelle sono costituite da placche generalmente in PVC con sagoma trapezoidale.

La distanza e la lunghezza delle placche è definita in maniera da ottimizzare la ritenzione dei fiocchi.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 18 a 41

L'equa ripartizione dell'acqua si effettua per mezzo del prelievamento dell'acqua decantata dentro dei tubi muniti di orifizi calibrati. Ciò permette una buona ripartizione del flusso idraulico sulla totalità della sezione del decantatore. Il fango captato tra le lamelle scivola verso il basso ed è raccolto alla base del manufatto ed estratto periodicamente.



Questo sistema conserva i vantaggi di semplicità del decantatore longitudinale standard. Contiene pochissima apparecchiatura elettromeccanica per cui risulta ideale per piccoli insediamenti o per scarichi produttivi.

Il decantatore presenta i seguenti vantaggi:

- compattezza rispetto ai decantatori statici convenzionali che si traduce in un risparmio di spazi e di costi
- efficacia che deriva dall'aumento nella superficie nella decantazione
- affidabilità che è indotta dalla semplicità del decantatore

Una delle qualità essenziali del sistema è la relativa semplicità di realizzazione e di gestione poiché non contiene alcuna apparecchiatura mobile immersa.

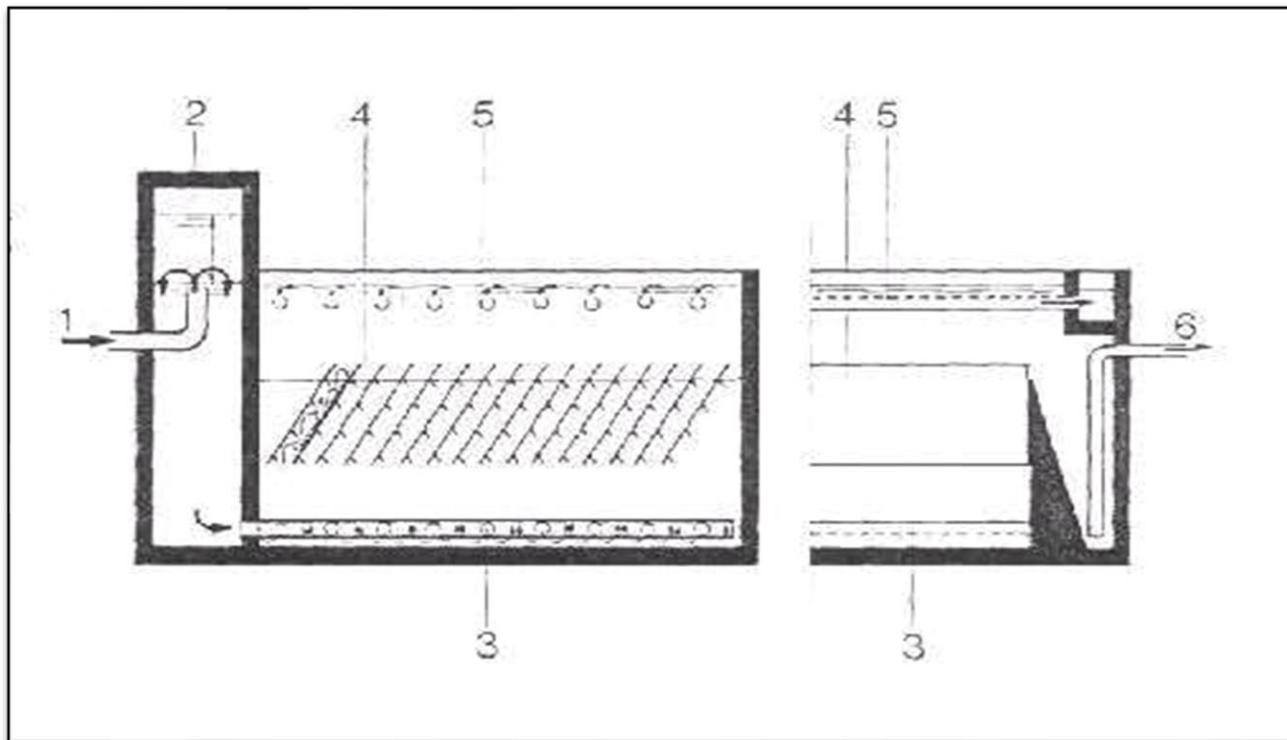
1.4.2 I decantatori lamellari con base Pulsator.

Ricordando la figura riportata sul Pulsator, riprendiamo in dettaglio il decantatore *Pulsator* della Degremont-Suez ma con aumento delle sue potenzialità: l'ingresso dell'acqua non depurata è praticamente effettuato in modo identico (iniezione dei reagenti coagulanti e degli additivi di flocculazione).

L'acqua flocculata, ripartita tramite la rete di distribuzione, penetra dal basso nelle piastre parallele inclinate del decantatore. La superficie inferiore di ogni piastra è fornita di deflettori che

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 19 a 41

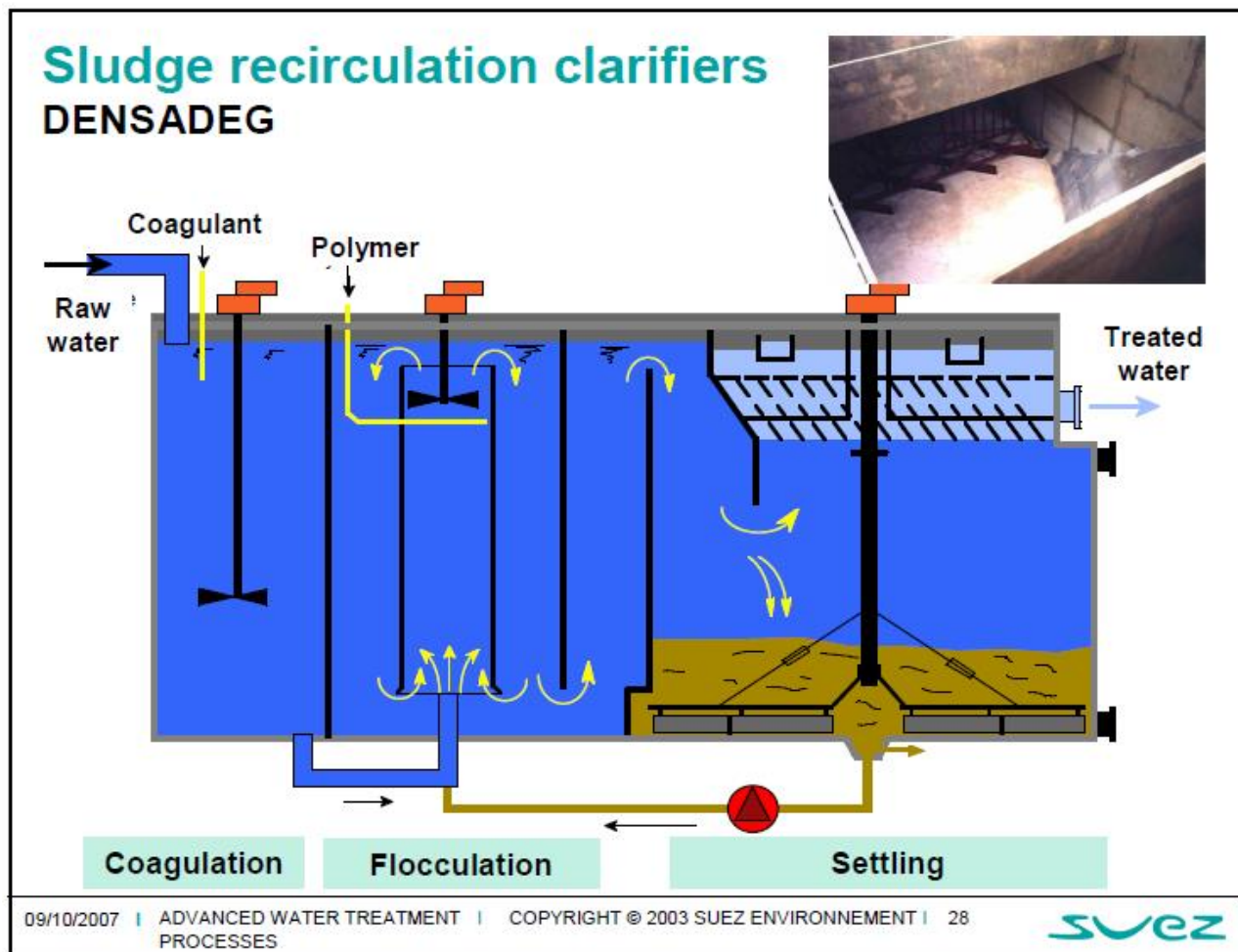
creano nel letto di fango una leggera turbolenza che favorisce ulteriormente il contatto tra i fiocchi.



1 - Arrivo acqua da depurare	4 - Placche di decantazione
2 - Sistema Pulsator	5 - Tubi di estrazione dell'acqua decantata
3 - Tubi di ripartizione forati	6 - Sistema di estrazione dei fanghi

Le velocità raggiunte sono superiori a quelle del Pulsator grazie all'inserimento delle piastre nel letto di fango.

È utile, prima di affrontare le ulteriori tipologie di chiariflocculatori, soffermarci su alcune modifiche apportate ai sistemi con ricircolo del fango.



La figura precedente illustra un sistema nel quale l'acqua "coagulata" viene miscelata nel comparto di flocculazione con il fango ricircolato: anche in questo caso l'obiettivo è quello di garantire l'ottenimento di un fango molto decantabile, non sfruttando quindi il letto del fango come avviene nel Pulsator.

1.5 Decantatori con fango additativo.

1.5.1 Principi

La velocità di sedimentazione di una particella di sabbia e una di idrossido può essere calcolata approssimativamente come segue:

VELOCITÀ TEORICA DELLA CADUTA

Dati: Particelle sferiche, della sabbia e dell'idrossido;

Temperatura = 14.3 °C;

Densità delle particelle (Kg/m³): 2600 per la sabbia e di 1002.2 per l'idrossido;

Densità di acqua (Kg/m³ = 999.2

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 21 a 41

Tab. Durata della caduta per un'altezza di 1 tester:

D (millimetro)	D (µm)	Vsabbia (m/h)	Durata della caduta (sabbia)	V idrossido (m/h)	Durata della caduta
1.00	1000	2755.1	1.3 s	5.2	11.6 min
0.80	800	1763.2	2.0 s	3.3	18.2 min
0.50	500	688.8	5.2 s	1.3	46.5 min
0.20	200	110.2	32.7 s	0.2	4.8 h
0.10	100	27.6	2.2 min	0.1	19 h
0.05	50	6.9	8.7 min	0.01	3 giorni
0.02	20	1.1	54 min	0.002	20 giorni

Con;

D = diametro delle particelle in millimetri e micron (µm).

V = velocità di caduta in metri all'ora (m/h).

Da qui l'idea di appesantire il fiocco fissandolo sui grani di microsabbia (granulometria compresa tra 10 e 100 micron) aggiunta all'acqua non depurata in proporzione significativa. Le prove di laboratorio indicano che la presenza di questo carico "granuloso" modifica completamente il processo di coagulazione. Invece di assistere alla formazione di fiocchi che si depositano molto lentamente (nell'arco di 15-20 minuti i più grandi hanno dimensioni comprese tra 1 2 millimetri), si vede chiaramente la massa di microsabbie attraversare rapidamente l'acqua inglobando al passaggio tutta la materia sospesa ed il materiale colloidale. Sono sufficienti alcuni minuti per ottenere un deposito di microsabbia con agglomerato l'idrossido di ferro o di alluminio (in base al coagulante usato) e relativa materia sospesa da eliminare. La microsabbia ha un duplice effetto:

svolge un ruolo di iniziatore quale dispositivo di avviamento della coagulazione; il materiale coagulato si agglutina intorno ad ogni grano di sabbia.

offre una superficie di sviluppo molto significativa che aumenta la probabilità di venire a contatto fra le particelle e facilita la loro agglomerazione,

svolge un ruolo di appesantimento del materiale coagulato accelerandone considerevolmente la decantazione.

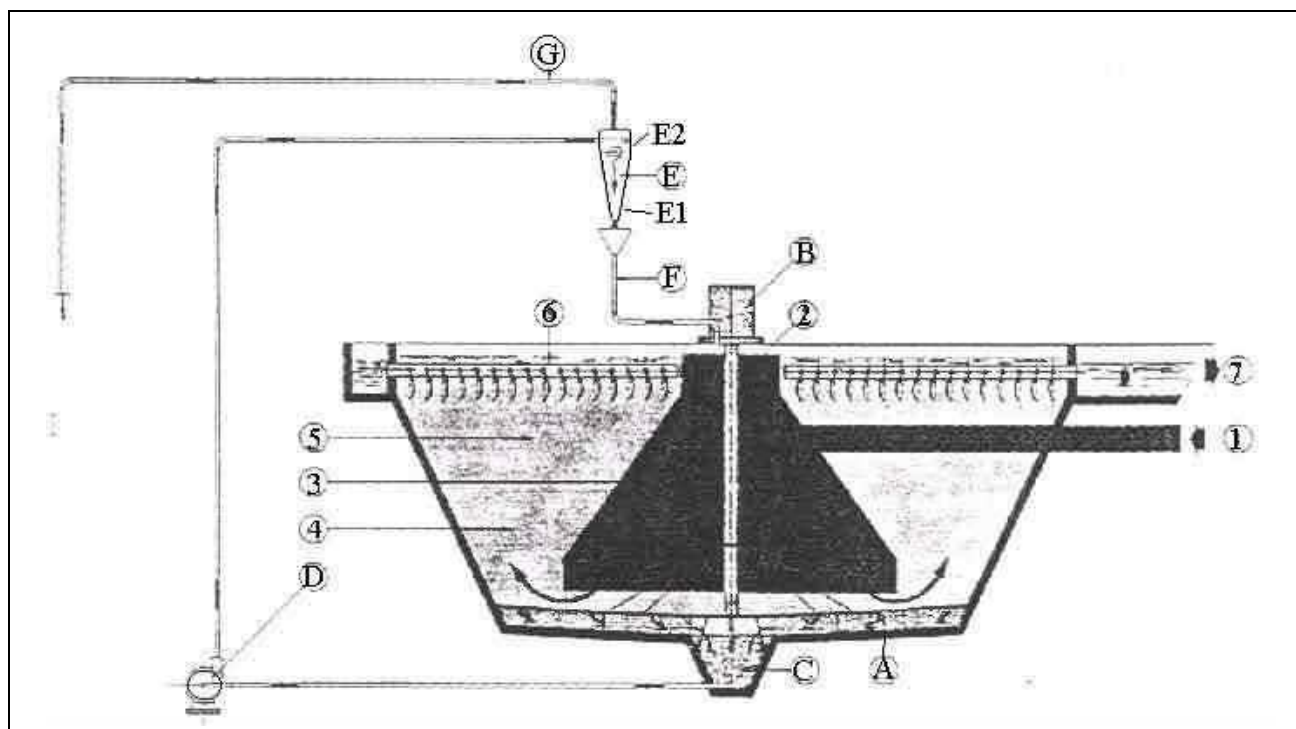
1.6 Esempio di chiarificatori con fango additivato :

1.6.1 IL CYCLOFLOC®

(Brevetto OTV, del quale ne sono oggi proposti dai costruttori diverse varianti).

È un decantatore cilindro-conico che utilizza un sistema di condizionamento del fango per favorirne l'appesantimento con microsabbie. È realizzato normalmente con la vasca principale in cemento armato e le componenti interne in acciaio.

Fig. Schema di funzionamento del decantatore CYCLOFLOC



Componenti chiarificazione	Componenti di rigenerazione delle microsabbie
1 - Acqua da trattare + reattivi coagulanti	A - Raschiatore
2 - Diffusore	B - Dispositivo di azionamento del raschiatore
3 - Zona di reazione	C - pozzo di estrazione del fango e delle sabbie
4 - Zona di decantazione	D - Pompa di ricircolo
5 - Acqua chiarificata (decantata)	E - Idrociclone (E1: sousverse, E2 : surverse)
6 - Canalette di estrazione acqua chiarificata	F - Reiniezione della sabbia rigenerata
7 - Uscita acqua chiarificata (decantata)	G - Evacuazione dei fanghi di supero

Lo schema illustra in modo chiaro il principio di funzionamento del sistema. L'acqua grezza è addizionata dei reattivi di coagulazione e di un adiuvante di flocculazione (ripartito tra l'acqua grezza ed il ricircolo delle microsabbie rigenerate)

In funzione della qualità delle acque da trattare, la struttura è munita di un sistema di agitazione rapido che permette lo svolgersi dei fenomeni di microfloculazione. Da qui, l'acqua addizionata dei reattivi, viene immessa al centro della struttura nel comparto di flocculazione realizzato con una sezione tronco conica. Le microsabbie sono iniettate in questa sezione; le modalità di immissione e di agitazione permettono la dispersione delle microsabbie e l'agglomerazione con i fiocchi in sospensione. Questo fenomeno è favorito dai coadiuvanti di

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 23 a 41

flocculazione dosati. Dalla parte inferiore della zona conica di flocculazione le microsabbie con i fanghi adesi si depositano sul fondo per essere estratte e riciclate. L'acqua già praticamente chiarificata passa nella zona a flusso ascensionale per essere inviata ai trattamenti successivi. Per limitare i costi, la microsabbia viene recuperata, rigenerata e riciclata.

A tal fine, la miscela di microsabbia-fango depositata sul fondo del decantatore è condotta in un pozzetto centrale e convogliata su una batteria di idrocycloni in cui la sabbia è separata dal fango tramite la differenza di densità sotto l'azione della forza centrifuga.

Questo sistema di decantazione presenta i seguenti vantaggi:

- la creazione di una sospensione di fiocchi zavorrata permette carichi superficiali molto elevati con conseguente formazione di una fase fisico-chimica compatta,
- la forte concentrazione risultante dall'addizione di microsabbia rende l'apparecchiatura poco sensibile alle variazioni di qualità dell'acqua grezza. La qualità dell'acqua trattata è alta e la torbidità molto bassa
- la messa a regime è molto rapida, indipendentemente dalla durata e frequenza delle operazioni precedenti.

1.6.2 L'ACTIFLO™

(Brevetto Veolia [Otv-vwst])

Assicura ugualmente, in un sistema compatto, la separazione, della gran parte dei materiali in sospensione in un'acqua superficiale. per coagulazione-flocculazione-decantazione, combinando *la tecnica del fiocco pesante alla decantazione lamellare*.

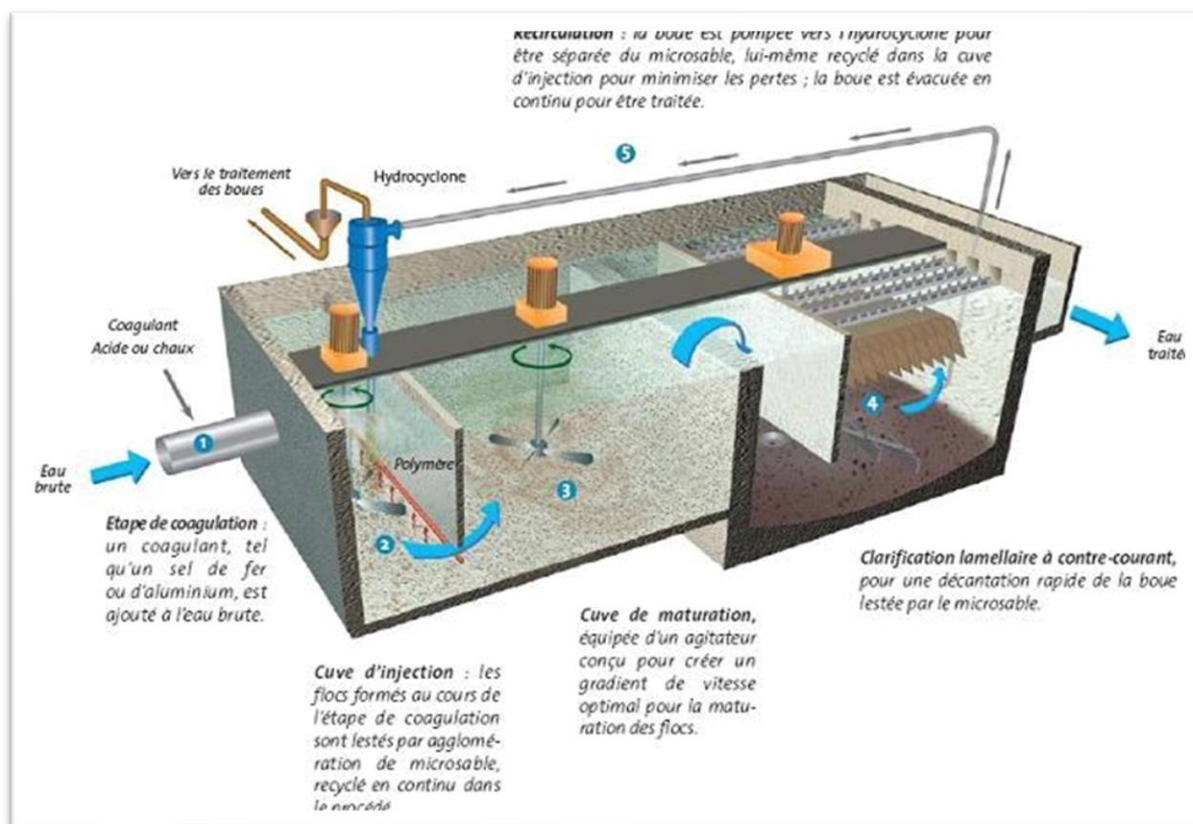
Le materie in sospensione e i colloidali, destabilizzati mediante iniezione all'acqua grezza di un coagulante, sono fissati su un supporto granulare di sabbia per mezzo di un polielettrolita. Il fiocco così formato è poi separato dall'acqua tramite la decantazione lamellare in controcorrente. Nell' ACTIFLO l'acqua attraversa in successione:

- Una vasca di miscelazione rapida che assicura la dispersione della sabbia e del polielettrolita nell'acqua da trattare;
- Una vasca di flocculazione in cui si realizza l'ingrandimento e la maturazione del fiocco appesantito nella vasca precedente;
- .una serie di moduli lamellari in controcorrente che effettua la separazione acqua-fiocco.

Le due vasche, di sezione quadrata e con fondo piatto, sono dotate di agitatori meccanici

I fanghi estratti dal decantatore sono pompati verso una serie di idrocycloni che separano la sabbia dal fango. Quest'ultimo è inviato verso un trattamento specifico mentre la sabbia pulita viene riciclata in testa nella vasca di miscelazione rapida.

Fig. Schema di funzionamento del decantatore ACTIFLO



Secondo il Costruttore:

il periodo totale della miscelazione e della flocculazione è ridotto a 8 min con portata massima, la velocità della decantazione può raggiungere 40 - 60 m/h, la presenza delle microsabbie conferisce al processo una grande stabilità delle relative prestazioni, anche in presenza di variazioni significative delle caratteristiche fisiche delle acque non depurate (periodi di piena).

Questo processo presenta così (secondo il fornitore), i seguenti vantaggi:

- una estrema compattezza dell'apparecchiatura con bassi tempi di flocculazione e velocità di decantazione molto importanti (20 volte con riferimento ai decantatori convenzionali e 5 volte alle lamelle tradizionali),
- una qualità dell'acqua decantata caratterizzata da una stabilità eccellente anche nei casi tradizionalmente sfavorevoli di acqua molto carica o troppo poco carica (eliminazione delle materie sospese > 90%),
- una grande flessibilità di funzionamento nella partenza e nell'arresto come nella variazione di portata applicata. È pertanto raccomandato per:

Chiarificazione di acqua di superficie,

Produzione di acqua di processo,

Trattamento delle acque riciclate,

Decantazione dell'acqua di pioggia.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 25 a 41

Nota: questo sistema è inoltre utilizzato nel trattamento di acque di rifiuto.

1.7 Manutenzione dei manufatti.

Vengono descritte le principali azioni di gestione e manutenzione dei chiarificatori: punti di presa, valvole di scarico, turbine e regolazione.

Manutenzione e pulizia linee di dosaggio reagenti.

Pulizia canalette, pozzetti, stramazzi, vasche di ripartizione, ecc.

Controllo e lubrificazione dei motoriduttori degli agitatori.

Manovra, regolazione e manutenzione delle valvole automatiche, delle saracinesche, delle prese campione dei fanghi, della strumentazione di comando e misura;

Pulizia periodica (minimo una volta all'anno e comunque ogni qualvolta si renda necessario) dei decantatori con getto d'acqua ad alta pressione con rimozione dei fanghi accumulati sulle pareti, sulla carpenteria metallica e sulla platea, anche con l'uso di spazzoloni e/o attrezzi adeguati, nonché lo smontaggio e il rimontaggio di sportelli e defangatori e la sostituzione di guarnizioni e di bulloneria deteriorata

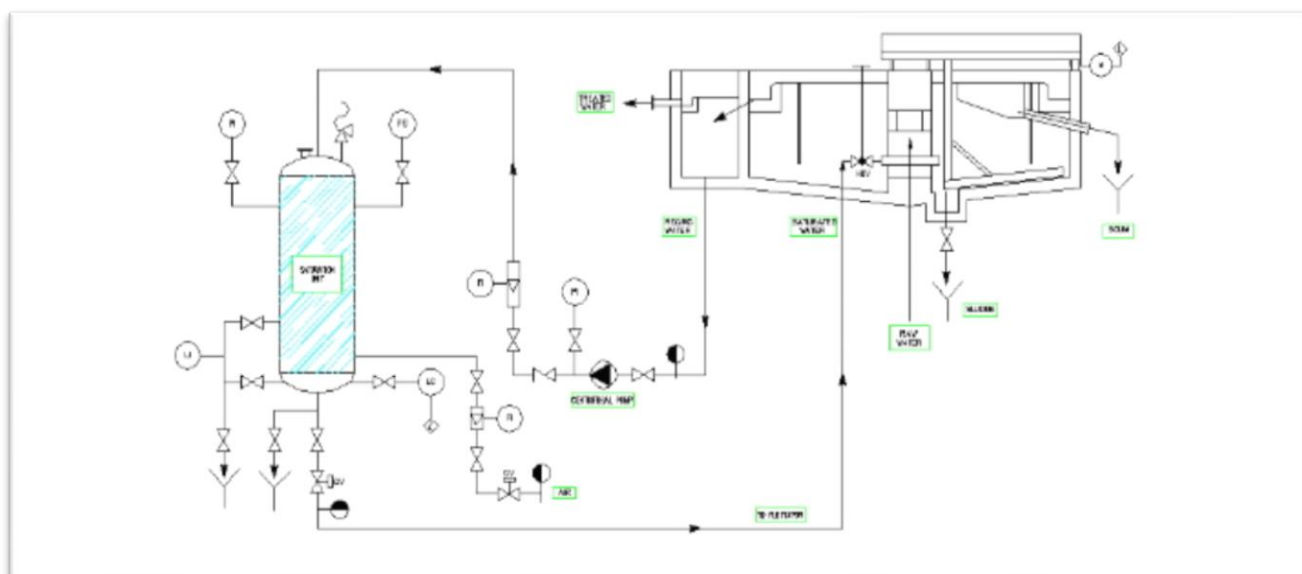
Pulizia e asportazione della ruggine mediante raschiatura e smerigliatura con attrezzi adeguati e successiva verniciatura con due mani di idonea vernice.

Flottazione. Principi e tipologie flottatori.

○ Cenni teorici sulla flottazione.

Viene illustrata la flottazione come tecnica alternativa alla decantazione, i principi di funzionamento, vantaggi e svantaggi rispetto alla decantazione.

Fig. Schema di principio



	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 26 a 41

Le sostanze sospese in un'acqua superficiale sono costituite da liquidi e/o solidi di natura organica/inorganica insolubili in acqua.

Tra le sostanze organiche sospese sono da annoverare gli oli e i grassi animali e vegetali, gli oli minerali ed i solventi organici immiscibili con l'acqua. Come materia organica sospesa possono essere considerati anche i microrganismi presenti nelle acque superficiali in colonie più o meno numerose. Tra le sostanze inorganiche sospese si possono citare, ad esempio, i materiali argillosi e vari ossidi, idrossidi e solfuri metallici. Le sostanze sospese allo stato liquido sono comunemente costituite da composti con densità inferiore a quella dell'acqua e con tendenza quindi a risalire in superficie (flottare) quando l'acqua è mantenuta in stato di quiete.

Le sostanze sospese allo stato solido (solidi sospesi) sono frequentemente costituite da composti organici con densità inferiore a quella dell'acqua (grassi animali e vegetali) e da composti inorganici con densità maggiore a quella dell'acqua, tendenti a depositarsi (sedimentare) quando l'acqua è mantenuta in condizioni di quiete.

I microrganismi, aggregati in masse più o meno voluminose, presentano generalmente densità di poco superiori a quella dell'acqua ed hanno quindi tendenza a sedimentare. La velocità di risalita o di sedimentazione delle sostanze dipende da diversi fattori, tra cui la dimensione della particella.

Se le particelle sono molto minute (dimensioni inferiori a 1 μm) si ha la formazione di sospensioni molto stabili (sospensioni colloidali) che, nel caso delle sostanze sospese allo stato liquido, sono anche dette emulsioni.

I principali processi di rimozione delle sostanze sospese sono:

sedimentazione

flottazione

coagulazione-flocculazione (seguita da sedimentazione o flottazione)

filtrazione

La scelta del processo dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua superficiale (o acqua grezza) e, in particolare, da natura, dimensione e concentrazione delle sostanze sospese. Molto spesso la rimozione pressoché completa delle sostanze sospese può essere ottenuta solo mediante la combinazione di più di uno dei processi suddetti. In generale:

- la flottazione è considerata un'operazione alternativa alla sedimentazione
- la filtrazione è utilizzata per rimuovere i solidi sospesi residui provenienti dalle operazioni di sedimentazione o flottazione

la coagulazione/flocculazione è impiegata per rimuovere dalle acque le sostanze sospese (liquide e/o solide) allo stato colloidale e quindi precede, quando necessaria, il trattamento di sedimentazione o flottazione.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 27 a 41

1.8 Flottazione.

La flottazione è un'operazione che consente di portare sulla superficie dell'acqua sia le particelle sospese che hanno tendenza a flottare liberamente (densità inferiore a quella dell'acqua) sia quelle scarsamente sedimentabili.

Le particelle pesanti si depositano invece sul fondo del flottatore da dove sono rimosse mediante un raschiatore. I materiali flottati sono allontanati con un apposito sfioratore.

Con la flottazione è quindi possibile realizzare una rimozione delle sostanze sospese, generalmente maggiore di quella ottenibile con la sedimentazione e ciò in tempi relativamente più brevi. Oltre che per la chiarificazione delle acque, la flottazione è anche impiegata per l'ispessimento di fanghi chimici e biologici.

1.9 Meccanismi di flottazione.

La flottazione consiste nell'introdurre aria nell'acqua in modo che le bollicine d'aria, venendo a contatto con le particelle sospese, ne provochino la risalita in superficie. La risalita delle particelle può avvenire a seguito dell'intrappolamento o adesione di bollicine d'aria. Entrambi i meccanismi portano ad una diminuzione della densità apparente delle particelle.

Le sostanze sospese, che avevano inizialmente un peso specifico inferiore a quello dell'acqua, saranno facilitate nella loro risalita dall'ulteriore riduzione del peso specifico (va ricordato che, in base alla legge di Stokes, la velocità di risalita delle particelle aumenta al diminuire del loro peso specifico ed al crescere della loro dimensione).

Pertanto, le particelle che hanno un peso specifico superiore a quello dell'acqua e che tendono a sedimentare, in seguito all'intrappolamento o adesione di bolle d'aria, possono assumere una densità apparente inferiore a quella dell'acqua e quindi risalire.

il volume delle particelle è molto importante poiché da questa grandezza dipende il numero di bolle d'aria che possono essere intrappolate.

I reattivi coagulanti, determinando l'agglomerazione delle particelle in forma di fiocchi voluminosi, consentono di incrementare l'efficienza del processo di flottazione.

Come già detto, la risalita delle particelle può anche avvenire per adesione delle bollicine d'aria alla loro superficie per effetto della tensione superficiale.

È da tenere anche presente che nel bacino di flottazione le bollicine d'aria attaccate alle particelle tendono ad ingrandirsi risalendo, dal momento che, diminuendo la pressione, si riduce il loro peso specifico.

Ciò porta ad una riduzione del peso specifico del sistema bollicina-particella e quindi ad una maggiore velocità di risalita delle particelle.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 28 a 41

1.10 Sistemi di flottazione

Per poter ottenere un'elevata rimozione delle sostanze sospese, è necessario che le bolle d'aria siano molto piccole ed uniformemente distribuite lungo la sezione orizzontale del flottatore. Questa condizione è difficilmente realizzabile quando l'aria è insufflata mediante diffusori (anche di porosità molto piccola) e ciò spiega perché la flottazione ad aria insufflata (detta anche semplicemente flottazione ad aria indotta) venga applicata solo su apparecchi di dimensioni relativamente piccole.

Inoltre, la quantità di aria deve essere elevata e, di conseguenza, è alto il consumo di energia. Infine, siccome la separazione dei sospesi flottati avviene per asportazione dell'alto strato di schiuma superficiale, si ha una buona separazione, ma con un'elevata produzione di fanghi a bassa concentrazione.

Più efficace risulta invece la flottazione quando l'aria è dapprima disciolta nell'acqua di scarico a pressione maggiore di quella atmosferica e, successivamente, rilasciata nel bacino di flottazione mantenuto a pressione atmosferica.

La flottazione è detta ad aria pressurizzata o più comunemente ad aria disciolta (DAF - dissolved air flotation).

La flottazione DAF è quella maggiormente impiegata sia per la chiarificazione delle acque sia per l'ispessimento dei fanghi, mentre quella ad aria indotta è usata principalmente nel campo petrolifero.

1.10.1 Flottazione ad aria disciolta (DAF)

La saturazione può avvenire secondo uno dei seguenti schemi:

A. saturazione di tutta l'acqua da trattare

B. saturazione di una parte dell'effluente ricircolato dal bacino di flottazione.

La soluzione A è poco indicata nel caso di acque contenenti sostanze oleose o particelle che hanno tendenza a flocculare. I solidi potrebbero intasare la parte interna del saturatore.

La soluzione B prevede di effettuare la saturazione di un'aliquota dell'effluente. In entrambi i casi (A e/o B) l'effluente del saturatore è sempre inviato, attraverso una valvola di depressurizzazione, in un bacino di flottazione che si trova a pressione atmosferica. In questo bacino l'aria disciolta viene a trovarsi in condizioni di sovra-saturazione rispetto alla pressione atmosferica e si ha quindi un rilascio di aria sotto forma di minute bollicine (di dimensioni 30-120 mm) che si sviluppano preferibilmente a contatto dei sospesi (che funzionano come centri di formazione di bolle) rimanendovi aderenti.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 29 a 41

La quantità di aria che si libera nel bacino (aria rilasciata) dipende dalla pressione di saturazione P , dal tempo dell'acqua nel saturatore t_s , dalla temperatura t e dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua di scarico.

La quantità di aria rilasciata può essere calcolata utilizzando la legge di Henry:

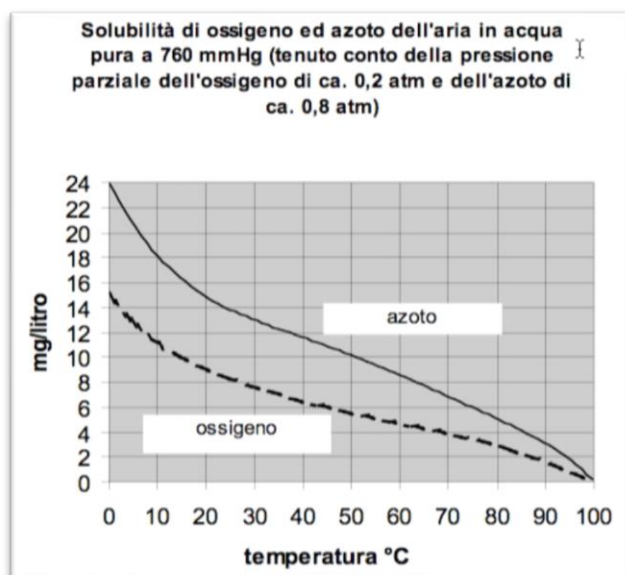
$$s = P / H_i$$

Dove:

s in mg/l è la solubilità dell'aria nell'acqua di scarico alla pressione P (atm-assoluta)

H è la costante di Henry

La costante H dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua ed aumenta al crescere di t .



Pertanto, la solubilità dell'aria, come quella degli altri gas, decresce sia al diminuire di P che al crescere di t . Nel diagramma seguente sono riportati i valori della solubilità dell'aria intesa come miscela di N_2 ed O_2 in acqua distillata a pressione atmosferica per varie temperature.

Per pressioni di saturazione maggiori di quella atmosferica, le concentrazioni ricavate dal diagramma vanno modificate in relazione alla pressione assoluta di saturazione.

Se il tempo di contatto tra l'aria e l'acqua nel saturatore (t_s) non è sufficiente per raggiungere le condizioni di equilibrio, la quantità di aria disciolta nell'acqua risulterà inferiore a quella indicata nel diagramma.

Si definisce grado di saturazione (f) dell'acqua con aria alla pressione P il rapporto tra la quantità di aria effettivamente disciolta in un litro di acqua alla pressione P e la solubilità dell'aria alla stessa pressione.

Il valore f è compreso tra 0 e 1 e dipende dai seguenti fattori:

- 1. Tempo di residenza t_s

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 30 a 41

- 2. Pressione p
- 3. Temperatura t
- 4. Caratteristiche del saturatore (superficie di contatto)

Il tempo di ritenzione t_s è dato da : $t_s = V/Q$

Dove:

- V = volume del saturatore.
- Q = portata dell'acqua al saturatore.

Il valore di t_s è normalmente da 1 a 3 minuti.

per

- $f = 0,5-0,6$ $t_s = 1$ min.
- $f = 0,65-0,75$ $t_s = 2$ min.
- $f = 0,8-0,9$ $t_s = 3$ min.

La quantità di aria rilasciata nel bacino dall'acqua satura è:

$$A = R \times s \times f \times (p - 1)$$

espresso in grammi/ora

Dove:

- A = aria in gr/h
- R = portata dell'acqua di ricircolo in m³/h
- s = solubilità dell'aria espressa in mg/lit oppure g/m³
- p = pressione assoluta nel saturatore
- f = efficienza di saturazione

L'efficienza di rimozione delle particelle nel bacino di flottazione dipende, oltre che dalla quantità di aria rilasciata, anche dalla natura, dimensioni e concentrazione delle particelle.

Il rapporto tra la quantità di aria rilasciata e la quantità di solidi in ingresso al flottatore (rapporto aria/solidi A/S) può essere calcolato:

$$A \frac{A}{S} = \frac{R \times s \times f \times (p-1)}{Q \times TSS}$$

Q = portata dell'acqua in ingresso al flottatore in m³/h

TSS = solidi sospesi totali nell'acqua in ingresso al flottatore, misurati in *p.p.m.*

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 31 a 41

Variando il rapporto A/S varia la velocità di risalita delle particelle e quindi l'efficienza di rimozione. L'aggiunta di reattivi coagulanti risulta indispensabile quando nell'acqua sono sospese particelle allo stato colloidale.

Il rapporto A/S è normalmente compreso tra 0,008 e 0,06 - dalle minori alle maggiori efficienze di rimozione.

Tab. Valori di efficienza di rimozione

Valore A/S -	Impiego
0,008	Ispessimento fanghi biologici
0,027	Flottazione ante filtrazione di grassi, oli e flore batteriche
0,06	Flottazione di inorganici

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 32 a 41

1.11 Descrizione delle vasche di flottazione

Si illustrano i componenti tipici della flottazione e i parametri di regolazione: ricircolo, aria, pressione di esercizio, valvole di depressurizzazione.

Le componenti tipiche dei sistemi di flottazione sono, come abbiamo visto, la vasca, normalmente di forma circolare cilindrica, il sistema di pressurizzazione dell'acqua, in grado di solubilizzare ad una pressione di esercizio compresa fra 4 e 6 atmosfere un certo quantitativo di aria, il sistema di depressurizzazione (valvola/e di flash) che deve permettere la liberazione dell'aria solubilizzata e formare le micro bolle, e le pompe di ricircolo che, prelevando una frazione dell'acqua chiarificata alimentano i pressurizzatori in modo da garantire al sistema la giusta quantità di aria per il processo di flottazione.

Altre componenti che possono essere presenti sono i regolatori di livello della vasca, in modo da regolare con escursioni di qualche centimetro il pescaggio delle raschie e dei sistemi di estrazione dei fanghi, e variatori di giri che agiscono sulle velocità dei ponti raschiatori.

La figura successiva rappresenta uno dei tanti sistemi di pressurizzazione presenti sul mercato, nel quale sono visibili l'ingresso e l'uscita dell'acqua, il tubo dell'aria compressa, un sistema di sfiato per la regolazione dell'altezza del battente idrico e lo spurgo dell'aria immessa in eccesso.

Fig. Esempio di sistema di pressurizzazione.



	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 33 a 41

1.12 Manutenzione dei manufatti

Si illustrano le attività di esercizio e di manutenzione della sezione, i controlli da effettuare e le regolazioni principali.

Le manutenzioni e controllo dei flottatori sono attività ordinarie di conduzione, poiché questa fase di trattamento è costituita da un assemblaggio di apparecchiature elettromeccaniche e quadri elettrici di comando; parti meccaniche, idrauliche e locali di servizio. Deve quindi essere garantita:

- Manutenzione e pulizia linee di dosaggio reagenti.
- Pulizia canalette, pozzetti, stramazzi, vasche di ripartizione, ecc.
- Controllo e lubrificazione dei motoriduttori degli agitatori.
- Manovra, regolazione e manutenzione delle valvole automatiche, delle saracinesche, delle prese campione dei fanghi, della strumentazione di comando e misura; loro eventuale sostituzione parziale o totale.
- Pulizia periodica delle vasche con getto d'acqua ad alta pressione per la rimozione delle incrostazioni presenti sulle pareti, sulla carpenteria metallica e sulla platea (se necessario anche con l'uso di spazzoloni e/o attrezzi adeguati), nonché lo smontaggio e il rimontaggio dei diffusori, delle tubazioni, di sportelli e defangatori e la sostituzione di guarnizioni e di bulloneria deteriorata.
- Pulizia e asportazione, della ruggine mediante raschiatura e smerigliatura con attrezzi adeguati e successiva verniciatura.

Le attività di "manutenzione" sono inserite nel Piano di Gestione dell'impianto che prevederà la cadenza da seguire per l'effettuazione delle attività di controllo e verifica delle diverse componenti meccaniche, idrauliche e pneumatiche presenti.

Le attività specifiche sono riportate nel materiale didattico che illustra le diverse macchine operatrici.

2 Il fango di supero. Valutazioni sulla produzione: aspetto, misure, spurghi e regolazioni dei diversi chiarificatori.

2.1 Misurazioni del fango prodotto: volume e altezza del letto di fango, percentuale di secco

Il fango costituisce il prodotto di rifiuto del processo di potabilizzazione. La produzione è strettamente connessa allo "sporciamento" delle acque in trattamento ed al dosaggio del flocculante. La produzione del fango è stimabile, con approssimazione, valutando il dosaggio ed il contenuto di solidi dell'acqua grezza. L'aspetto del fango e la sua concentrazione sono valutazioni essenziali per capire se il processo è impostato correttamente, e il suo esame visivo, basato

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 34 a 41

anche sull'esperienza di conduzione, permette anche senza valutazioni analitiche, di capire se il processo sta subendo variazioni. In particolare, l'aspetto dei fiocchi in termini di grandezza e coesione, e l'aspetto del letto del fango all'interno della vasca devono permettere al conduttore di valutare lo stato di salute del sistema. Lo spurgo del fango permette di estrarre il fango prodotto durante il processo e deve essere effettuato in modo da non alterare le quantità e quindi la concentrazione ottimale del fango all'interno della vasca. Affrontiamo questi argomenti puntualizzando le valutazioni per i flottatori e per i chiariflocculatori.

Nel caso dei flottatori le problematiche di gestione dei fanghi di supero sono sicuramente più semplici, in quanto, a differenza dei chiariflocculatori dove è importante "gestire" il fango, nei flottatori si deve essere in grado di regolare la flocculazione separata, dosare il coadiuvante, regolare le altezze di pescaggio delle lame di estrazione del fango presente in superficie.

Per stimare la produzione giornaliera di fanghi si devono conoscere alcune grandezze (vedi 1° capitolo) che permettono di stimare i solidi immessi o prodotto nel processo ed in particolare:

Solidi da flocculanti e reagenti dosati:

Dosaggio massimo in g/mc

Contenuto in solidi derivante dalla concentrazione di principio attivo

Quantità di solidi prodotta legata alle reazioni provocate

Solidi sospesi contenuti nell'acqua che verranno estratti con i fanghi

Altri solidi immessi o derivati (es MnO₂ prodotto dal permanganato)

Totale solidi prodotti espressi in g/mc.

Alla portata di trattamento prevista, si produrranno quindi, come valutazione massima, il seguente quantitativo di sostanze secche:

$$\frac{(Q \times 3,6) \times SS}{1000} = X \text{ kg/h}$$

Per valutare il volume di fanghi estratti si può stimare prudenzialmente una concentrazione minima dell'1,5% e massima del 2,5%; conseguentemente il volume orario e giornaliero, sarà rispettivamente di:

per un secco dell'1,5%:

$$\frac{\frac{X}{1,5} \times 100}{1000} = Y \text{ mc/h}$$

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 35 a 41

$$Y \times 24 = Y_g \text{ mc/g}$$

per un secco del 2,5%:

$$\frac{\frac{X}{2,5} \times 100}{1000} = Y \text{ mc/h}$$

$$Y \times 24 = Y_g \text{ mc/g}$$

I valori di sostanze secche prodotte così calcolate, costituiscono le previsioni possibili sulle quali si effettuerà la programmazione d'uso della sezione di disidratazione dei fanghi al fine di evitare durante la gestione dell'impianto problemi derivanti da sovraccarichi di lavorazioni con scadimento delle rese.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 36 a 41

2.2 Componenti elettromeccaniche - Estrazione fanghi

Nei processi di flottazione la maggior parte del fango viene estratta per schiumatura superficiale con sistemi differenti. I sistemi usualmente utilizzati consentono il convogliamento del fango in modo fisso o solidale col ponte schiumatore.

Nel primo caso, delle lame superficiali trasportano il fango con movimento traslatorio verso delle tramogge di raccolta, nel secondo caso, il fango viene raccolto da un sistema superficiale solidale al ponte, e non traslato lungo la circonferenza del flottatore.

Essendo possibile la separazione per decantazione di una minima quantità di fango, è previsto che la vasca di flottazione sia munita di uno o più scarichi di fondo con valvola pneumatica per consentire periodicamente lo scarico dei fanghi decantati. Il fondo della vasca è quindi sagomato con una pendenza opportuna, ed il ponte girevole sarà munito di una raschia di fondo che provvede al convogliamento del fango nei due pozzetti di scarico. Il fango scaricato dal fondo della vasca è in genere inviato nello stesso pozzetto di raccolta del fango sedimentato.

L'immagine successiva è riferita ai flottatori presenti nell'impianto di Bau Pressiu, dove il fango è estratto da un sistema di raschie superficiali.

Fig. Flottatori in uso nell'impianto di Bau Pressiu.



	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 37 a 41

L'immagine seguente è invece dell'impianto di Santu Miali, dove il fango è estratto da una apparecchiatura specifica a forma di conchiglia che raccoglie il fango e lo convoglia in un pozzo centrale.

Fig. Particolare dell'impianto di Santu Miali.



La gestione delle torbide e dello scarico del fango di supero è, nel caso dei chiariflocculatori sicuramente più complicato rispetto ai flottatori; questo fatto deriva dall'esigenza di garantire nel chiariflocculatore una concentrazione adeguata a sfruttare o l'effetto di decantazione accelerata, o l'effetto di filtro del letto di fanghi.

Valutata la produzione di sostanza secca prodotta, in modo analogo alla procedura indicata per i flottatori, deve essere valutata, come vedremo di seguito, la tempistica di spurgo.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 38 a 41

Le previsioni di produzione, che hanno un ovvio riflesso sulla programmazione delle attività di impianto, devono essere verificate con i bilanci giornaliero tra volumi scaricati, ispessiti e fango prodotto. La seguente tabella rappresenta un esempio di previsione di produzione di torbida.

		Minimo	Massimo
Portata	mc/h	2.700,00	2.700,00
Flocculante	g/mc	60,00	120,00
Concentrazione Al_2O_3	%	12,00	12,00
Secco aggiunto	ppm	7,20	14,40
PAC	ppm	10,00	15,00
Torbidità	ppm	10,00	20,00
Totale solidi	g/mc	27,20	49,40
Totale solidi	kg/h	73,44	133,88
Concentrazione minima	%	0,10	0,10
Volume massimo orario	mc	73,44	133,38
Volume giornaliero	mc	1.762,56	3.201,12

Nei chiariflocculatori la dinamica di estrazione dei fanghi, che può portare ad un eccessivo accumulo, o riduzione del fango di processo, è all'origine di conseguenze gravi sull'efficienza complessiva del sistema.

L'immagine successiva evidenzia la necessità di svuotare completamente il manufatto e riavviare il processo

Fig. Evidente formazione di fango in eccesso



	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 39 a 41

Altro fenomeno da scongiurare è la formazione di zone di ristagno e di scarsa circolazione, che possono portare alla improvvisa risalita di fango invecchiato come evidenziato dall'immagine successiva.

Fig. Zona di ristagno, evidente rinvenimento di fango invecchiato.



Per la corretta gestione dei sistemi occorre procedere alle seguenti verifiche:

- Accertamento dell'altezza del letto del fango dal pelo libero: si utilizza il Disco di Secchi;
- Verifica dell'aspetto e della concentrazione apparente del fango (volume) mediante prelievo dalle apposite prese: si utilizza un cilindro graduato o un cono Imhof;
- Verifica dell'aspetto e del volume del fango in spurgo mediante prelievo di un campione medio del fango scaricato da ogni tramoggia. Con cedenze regolari deve essere accertato anche il secco residuo.
- Utilizzo delle prese campione della torbida alle diverse quote.

Lo scarico deve essere ottimizzato per limitare possibili ripercussioni negative sulla sezione di ispessimento: le modalità di scarico (tempi, volumi orari, ecc), sono un compromesso fra esigenze delle linee a valle, rendimenti di ispessimento in vasca, mantenimento di concentrazioni di lavoro adeguate a garantire l'efficienza del sistema di chiariflocculazione.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 40 a 41

2.3 Estrazione del fango: modalità e frequenza

Le misurazioni e le valutazioni dello stato del fango portano alle conseguenti regolazioni di spurgo che deve essere effettuato in modo da mantenere adeguata la concentrazione di fango nella torbida reattiva. I chiariflocculatori hanno normalmente delle zone specifiche di accumulo e ispessimento della torbida in modo da evitare che lo spurgo crei variazioni significative nella concentrazione di lavoro. Negli altri casi lo spurgo deve essere attentamente valutato e programmato.

Ricordando lo schema di funzionamento del Pulsator e dell'Acelator si può notare come questi abbiano alcune sicurezze "passive" per evitare un eccessivo spurgo di fango:

- Nel Pulsator il fango di supero è quello accumulato nelle tramogge laterali;
- Nell'Acelator il fango di supero è accumulato in tramogge specifiche che possono essere messe in comunicazione con la zona di flocculazione eliminandone la funzione di spurgo.

Le valutazioni sul contenuto di sostanza secca presente nel sistema sono fondamentali per la gestione della chiariflocculazione. Una volta raggiunta la percentuale di secco ottimale, questa dovrà essere mantenuta costante mediante frequenze di scarico che saranno direttamente proporzionali alla concentrazione di sostanza secca nel fango prodotto. Non sempre, infatti, un aumento di volume corrisponde ad un aumento di concentrazione del fango; può succedere, al contrario, che il fango si "gonfi", diventi più leggero, ed in questo caso, soprattutto nei decantatori con letto di fango, una estrazione del fango non solo non ne diminuirà l'altezza del letto ma lo renderà ancora più leggero aumentandone ulteriormente il volume.

In questi casi occorre intervenire modificando la flocculazione e quindi il dosaggio di flocculante, ed eventualmente utilizzare polimeri che agiscono aiutando l'agglomerazione del letto.

2.4 Regolazione dei sistemi di chiariflocculazione

Le attività di esercizio sui chiariflocculatori sono finalizzate, da quanto abbiamo visto, a garantire una situazione di stabilità di alcuni parametri operativi che devono necessariamente essere adattati alle diverse tipologie di sistemi in uso.

Nelle strutture a ricircolazione diventa essenziale ottimizzare i sistemi di ricircolo che possono essere esterni (pompe) o interni alla vasca (turbina dell'Acelator).

In particolare, nell'Acelator deve essere trovato un giusto compromesso fra rotazione della turbina e altezza della banda di passaggio fra la zona di flocculazione primaria (campana) e secondaria.

Un eccesso di ricircolo diminuisce il tempo di stazionamento nella zona di flocculazione primaria e secondaria, con peggioramento del fiocco, così come un basso ricircolo può causare un eccessivo accumulo del fango con occlusione delle aperture di rischiamo del fango decantato.

	NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE <i>decantazione, flottazione, chiarificazione</i>	Settore Complesso Potabilizzazione
		MODULO IV
		Pag. 41 a 41

Nei sistemi a letto di fango, nei quali l'acqua attraversa il fango, una scarsa consistenza del letto può causarne l'innalzamento con conseguente perdita di coesione dei fiocchi di fango e trascinamento ("fuga di fango" negli stramazzi).

È importante in questi casi favorire un'adeguata agitazione del letto (Pulsatore) per favorirne la coesione, agire sulla velocità delle pale di agitazione della campana di flocculazione.

La velocità di queste pale agisce sul ricircolo del fango decantato esternamente alla vasca, aiutando l'aggregazione del letto.

In questo caso, non essendoci vere e proprie tramogge di accumulo del fango di supero, il controllo dei tempi di spurgo è fondamentale per mantenere il letto in condizioni ottimali.

- Fonti:
- Presentazioni SUEZ
- Materiale divulgativo
- Fonti EPA