

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE</b> <b><i>GENERALITA'</i></b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>1</b> a <b>50</b>

# **NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE** **PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE:** **GENERALITA'**

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>2</b> a <b>50</b>

## Indice

<b>1 Generalità di un processo di potabilizzazione. Cenni sulla tipologia delle acque destinate al consumo umano presenti in Sardegna .....</b>	<b>3</b>
1.1 . Il sistema di approvvigionamento in Sardegna .....	3
<b>2 La risorsa primaria .....</b>	<b>5</b>
2.1 Classificazione di qualità e criteri per la protezione .....	5
2.2 ASPETTI SANITARI .....	12
2.3 FASI DI PROCESSO .....	14
2.4 Principali fonti di approvvigionamento e problematiche connesse alla qualità .....	14
2.5 Principali alterazioni connesse alle origini delle acque grezze .....	15
2.6 Le fasi di trattamento .....	16
<b>3 I pretrattamenti .....</b>	<b>22</b>
3.1 Microfiltrazione. Illustrazione di un microfiltro: funzionamento e manutenzione.....	22
3.1.1 Tecniche di rimozione fisica; .....	22
<b>4 Misure e valutazioni sull'acqua grezza. ....</b>	<b>28</b>
4.1.1 Misura della portata e della torbidità: principi di funzionamento degli strumenti e loro manutenzione. Valutazione dei risultati. ....	28
4.2 determinazione del ferro, del manganese e del materiale organico: principi di funzionamento degli strumenti e loro manutenzione. Valutazione dei risultati.....	30
4.3 Preossidazione. Scopi, metodi e misure.....	31
4.3.1 Significato della preossidazione. ....	31
4.3.2 Reagenti ossidanti utilizzati: caratteristiche generali. ....	32
4.3.3 Ozono .....	32
4.3.4 Composti del Cloro .....	34
4.4 determinazione del dosaggio richiesto e misura di quello residuo. ....	37
4.5 Flocculazione. Flocculanti, jar test, valutazioni e misure. ....	39
4.5.1 Reagenti, flocculanti utilizzati ,apparecchiature necessarie per il dosaggio: funzionamento e manutenzione .....	42
4.5.2 misurazioni del dosaggio: correlazione flocculante/correttore di pH. ....	47

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. 3 a 50

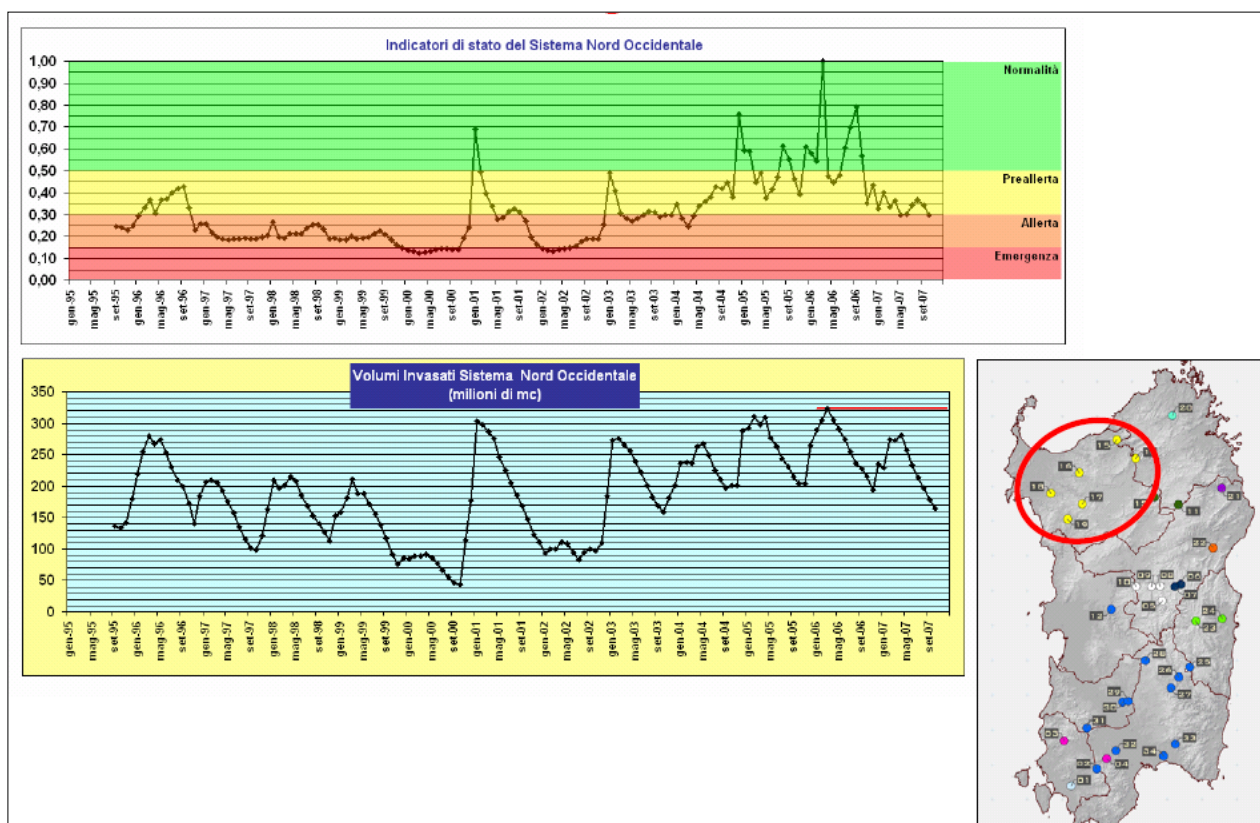
## 1 Generalità di un processo di potabilizzazione. Cenni sulla tipologia delle acque destinate al consumo umano presenti in Sardegna

### 1.1 . Il sistema di approvvigionamento in Sardegna

La Regione Sardegna dispone oggi di un sistema di invasi per la raccolta delle acque che permette di soddisfare le diverse idroesigenze. Le acque di invaso forniscono, per il comparto idropotabile, circa il 70% della risorsa immessa nel sistema distributivo, composto da circa 20 sistemi principali.

Da qualche anno le caratteristiche idrologiche sarde evidenziano scostamenti rispetto ai dati storici, con eventi piovosi meno legati ai cicli stagionali, seguiti da periodi siccitosi variabili, e sempre più pronunciati.

**Tab.1 Analisi storica degli indicatori di stato**



La figura rappresenta l'andamento storico dei volumi invasati nel sistema Nord Occidentale, dalla quale si può evidenziare la situazione di minimo invaso avuto tra il 99 ed il 2000.

La dislocazione degli invasi nel territorio e la loro conformazione non può considerarsi fra le più felici, essendo normalmente realizzati a quote inferiori ai 600 m s.l.m., di ridotta profondità, con un rapporto superficie/volume sfavorevole.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE</b> <b>GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>4</b> a <b>50</b>

I bacini drenanti raramente sono interessati dalla presenza di scarichi derivati dagli insediamenti urbani, mentre sono presenti scarichi diffusi prodotti dai diversi usi del territorio, agricolo e di allevamento. Pur con le peculiarità dei singoli bacini, la relativa elevata estensione dell'area su cui insiste il bacino drenante, fa sì che il carico di nutrienti affluente sia rilevante e tale da permettere il raggiungimento di valori di Azoto e Fosforo compatibili con le condizioni eutrofiche.

Al di là degli aspetti strettamente legati alla qualità ambientale dell'invaso, la situazione di degrado è evidenziata dalla classificazione di qualità prevista per la specifica destinazione d'uso.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>5</b> a <b>50</b>

## 2 La risorsa primaria

### 2.1 Classificazione di qualità e criteri per la protezione

La normativa vigente in materia di classificazione e protezione della risorsa primaria è contenuta interamente nel D.Lgs 152/06 e s.m.i.

**Fig. 2 – Lago Flumendosa**



La classificazione è riferita essenzialmente alle acque superficiali, anche se, per analogia sui parametri, i medesimi criteri di valutazione possono essere trasposti alle acque sotterranee al fine di una valutazione primaria sulle esigenze di trattamento delle acque.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. 6 a 50

**Tab.1 – Classificazione di qualità. Confronto tra stato precedente e attuale.**

N. Progr.	Cod. Staz.	Classe preced.	Classe attuale	Parametri che determinano l'inserimento	Denominazione Località
1	P2410801	A3	A2	Ammoniaca, Coliformi fecali, Fenoli (indice fenoli), Idrocarburi disciolti o emulsionati, Manganese	Bacino Donegani
2	P0010805	A2	A2	Ammoniaca, Coliformi fecali, Coliformi totali, Fenoli (indice fenoli), Idrocarburi disciolti o emulsionati	Riu Cannisoni
3	P0390308	A2	A2	Ammoniaca, Coliformi fecali, Coliformi totali, Streptococchi fecali	Riu Pantaleu
4	P2230303	A2	A3	Manganese, Rame	Lago di Benzzone
5	P2220108	E1	A3	BOD5, Manganese	Lago sos Canales
6	P0010806	A3	A3	Manganese	Diga di Santu Miali
7	P0010304	A3	A3	Manganese, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Lago di Is Barroccus
8	P2830801	N.C.	A3	Fenoli (indice fenoli), Manganese, Salmonelle in 1000 mL	Traversa Riu Perdosu
9	P0020803	A2	A3	Manganese, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Canale Add.Principale EAF
10	P0080801	A3	A3	Manganese	Lago di Corongiu
11	P0080802	A3	A3	Manganese	Bacino San Barzolu
12	P0010808	A3	A3	Manganese	Invaso Leni
13	P0390307	A3	A3	Manganese, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Lago alto del Flumendosa
14	P0730301	A3	A3	Manganese, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Diga di Santa Lucia
15	P1820106	E1	Sub A3	COD, Fosfati, Tasso di saturazione dell'ossigeno, Temperatura	Lago Bidighinzu
16	P2220506	E1	Sub A3	Azoto Kjeldahl, BOD5, Cloruri, COD, Fluoruri, Fosfati, Idrocarburi disciolti o emulsionati, Salmonelle in 1000 mL, Salmonelle in 5000 mL	Invaso Tirso Prano Antoni
17	P2220507	E1	Sub A3	Azoto Kjeldahl, Cadmio, COD, Fosfati, Idrocarburi disciolti o emulsionati, pH, Temperatura	Lago Omodeo
18	P1020304	A3	Sub A3	Tasso di saturazione dell'ossigeno	Lago del Cedrino
19	P2230307	A3	Sub A3	Cromo totale	Diga Govossai
20	P2230305	A3	Sub A3	Temperatura	Diga di Gusana
21	P3020704	E2	Sub A3	Idrocarburi disciolti o emulsionati, Sostanze estraibili al cloroformio	Lago di Punta Gennarta

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. 7 a 50

N. Progr.	Cod. Staz.	Classe preced.	Classe attuale	Parametri che determinano l'inserimento	Denominazione Località
22	P3080101	E1	Sub A3	COD, Fosfati, Temperatura	Fosso Valle Gambino
23	P1290105	A3	Sub A3	Fosfati	Riu de su Piricone
24	P1640105	E1	Sub A3	Mercurio, Piombo, Tasso di saturazione dell'ossigeno, Temperatura	Lago Liscia
25	P2110104	E1	Sub A3	Cadmio, Fosfati, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Lago di Temo
26	P1820107	E2	Sub A3	Azoto Kjeldahl, COD, Conduttività, Fosfati	Traversa Rio Mascari
27	P1300101	A3	Sub A3	Fosfati	Canale ERSAT 1
28	P1310101	A3	Sub A3	Fosfati	Canale ERSAT 2
29	P2230308	E1	Sub A3	Ferro disciolto	Invaso Olai
30	P0390306	A3	Sub A3	Temperatura	Lago del Medio Flumendosa
31	P1820108	E1	Sub A3	COD, Fosfati	Lago Bunnari
32	P1770104	A3	Sub A3	Tasso di saturazione dell'ossigeno	Lago Lerno
33	P1760108	E1	Sub A3	Fosfati, Temperatura	Canale Sa Contra
34	P1760110	E1	Sub A3	COD, Fosfati, Temperatura	Fiume Coghinas
35	P1760106	E1	Sub A3	Fosfati, Tasso di saturazione dell'ossigeno, Temperatura	Lago di Castel Doria
36	P2560705	E2	Sub A3	Ferro disciolto, Idrocarburi disciolti o emulsionati, Manganese, Sostanze estraibili al cloroformio, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Bau Pressiu
37	P1140302	A3	Sub A3	Ferro disciolto, Tasso di saturazione dell'ossigeno	Canale Doviri
38	P0390805	A2	Sub A3	pH	Lago Mulargia
39	P2230310	E1	Sub A3	Ferro disciolto	Lago Torrei
40	P1150305	E2	Sub A3	Ferro disciolto, Temperatura	Lago di Posada
41	P2560704	E2	Sub A3	BOD5, Cloruri, COD, Ferro disciolto, Idrocarburi disciolti o emulsionati, Manganese, Sostanze estraibili al cloroformio, Tasso di saturazione dell'ossigeno, Temperatura	Lago di Monte Prano
42	P1910104	E1	Sub A3	COD, Fosfati, Temperatura	Bacino artificiale del Cuga
43	P3020824	A3	Sub A3	BOD5, COD	Genna is Abis

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>8</b> a <b>50</b>

N. Progr.	Cod. Staz.	Classe preced.	Classe attuale	Parametri che determinano l'inserimento	Denominazione Località
44	P1760109	E1	Sub A3	COD, Fosfati, Manganese, Temperatura	Riu Iscia Palma

Sono state riportate in rosso le acque che hanno subito un declassamento rispetto alla precedente classificazione, ed i parametri che, causando un elevato consumo di reattivi ossidanti, hanno un importante impatto sul processo di potabilizzazione

Per gli aspetti che oggi ci interessano, occorre evidenziare che la norma effettua una classificazione di qualità delle acque individuando 3 classi di qualità, associando ad ogni classe una tipologia di trattamento:

**Categoria A1 – Trattamento fisico semplice e disinfezione**

**Categoria A2 – Trattamento fisico e chimico normale e disinfezione**

**Categoria A3 – Trattamento fisico e chimico spinto, affinazione e disinfezione**

È subito evidente che questa associazione semplicistica tra classificazione e trattamento non può che essere fuorviante, tenendo conto che l'inserimento delle acque in una delle tre categorie può dipendere da uno o più dei parametri presi in considerazione dalla norma per la classificazione delle acque da utilizzare.

Ad esempio, una classificazione in A3 dovuta ad elevati valori di metalli di origine minerale ha implicazioni impiantistiche ben diverse da una classificazione dipendente dal contenuto di sostanze organiche derivanti da fenomeni eutrofici o da attività antropica. A prescindere quindi dalla classificazione derivata dall'applicazione dei criteri dell'All. 2, una prima valutazione di massima sulle tecnologie di trattamento applicabili può essere fatta tenendo conto dell'origine delle acque e dei possibili contaminanti presenti.

Altro aspetto importante da evidenziare, e che presenta ripercussioni processistiche e sulla gestione delle reti, è legata alla natura dei Sali presenti nelle acque superficiali sarde.

Riportiamo due esempi riferiti a due invasi, uno al Nord ed uno al Centro Sud:

**Tab. 2 - Valori dei parametri caratteristici delle acque**

	Cond μS/cm	pH unità	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	Dt °F	Dp °F	Alc mg/l	Res 180 mg/l
<b>MED</b>	312.19	7.85	39.36	25.93	28.26	12.48	16.83	12.18	5.63	114.98	241.53
<b>MAX</b>	330.30	8.30	56.80	48.00	32.08	17.50	20.60	13.40	7.20	129.32	268.00
<b>MIN</b>	289.80	7.40	30.30	18.80	24.86	9.72	13.90	10.40	4.00	82.96	171.11



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>9</b> a <b>50</b>

Le acque in questione sono in possesso di una discreta durezza ed alcalinità, un basso valore di cloruri e solfati ed un pH generalmente alcalino.

**Tab. 3 - Valori dei parametri caratteristici delle acque**

	Cond. μS/cm	pH unità	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	Dt °F	Alc mg/l	Res. 180 mg/l
<b>MED</b>	458,12	7,77	103,88	32,80	24,37	10,65	60,37	10,47	61,49	346,30
<b>MAX</b>	550,00	8,74	129,49	39,59	29,60	12,80	79,00	12,41	71,94	417,20
<b>MIN</b>	419,00	7,43	87,90	27,25	17,90	8,60	45,50	8,01	47,54	271,60

Nel secondo caso, le acque sono caratterizzate da una media durezza ed alcalinità, un discreto valore di cloruri, di solfati e di sodio ed un pH generalmente alcalino. Pur essendo entrambe oligominerali, si rileva una sostanziale differenza fra i valori di Cloruri, Solfati e Alcalinità, con importanti implicazioni sulle proprietà di corrosività delle diverse acque.

Nella successiva tabella 4 sono stati riportati i valori medi, minimi e massimi dei principali indici di inquinamento.

**Tab. 4 – Indici di inquinamento**

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Kubel mg/l O <sub>2</sub>	Fe <sup>+++</sup> mg/l	Mn <sup>++</sup> mg/l
<b>MED</b>	2,12	0,12	6,26	0,52	0,03
<b>MAX</b>	2,32	0,46	7,56	1,40	0,04
<b>MIN</b>	1,04	0,00	5,17	0,08	0,01

Fra i parametri di maggiore interesse per le implicazioni legate al tipo di trattamento di potabilizzazione adottato, quali il manganese, il ferro e l'ammoniaca, le sostanze organiche (esprese come indice di Kübel), solo il manganese ed il ferro presentano valori superiori a quelli ammessi dalla normativa in vigore. L'ammoniaca non ha presentato in questi ultimi anni valori eccessivi essendosi riscontrato in un solo caso un valore prossimo alla C.M.A.

L'altra acqua presa in esame presenta i seguenti valori medi:

**Tab. 5 – Indici di inquinamento**

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Kubel mg/l O <sub>2</sub>	Fe <sup>+++</sup> mg/l	Mn <sup>++</sup> mg/l
<b>MED</b>	1.03	0.06	2.11	0.13	0.05
<b>MAX</b>	2.40	0.26-0.37	3.04	0.35	0.20
<b>MIN</b>	0.40	0.00	1.52	0.05	0.02

Fra i parametri di maggiore interesse per le implicazioni legate al tipo di trattamento di potabilizzazione adottato, quali il Manganese, il Ferro e l'Ammoniaca, solo il Manganese ed il Ferro

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>10</b> a <b>50</b>

presentano valori superiori a quelli ammessi dalla normativa in vigore, mentre l'Ammoniaca non ha presentato in questi ultimi anni valori eccessivi.

Questi dati confermano quindi che i problemi principali che si troverà ad affrontare il conduttore di impianto sono legati ad alcuni parametri specifici, dai quali dipendono direttamente le regolazioni nel dosaggio dei reagenti nella fase di preossidazione ed in quella di coagulazione/flocculazione.

Per completare l'analisi delle caratteristiche delle acque si riporta un veloce richiamo sulla valutazione della corrosività ed aggressività prima accennata, per la cui correzione sono presenti - in alcuni impianti- specifiche sezioni di trattamento. L'aggressività e la corrosività sono valutabili attraverso diversi indici, ma quelli di più semplice e rapida valutazione sono:

**Indice di Larson (LI)** che mette in relazione l'aggressività e la corrosività dell'acqua attraverso le concentrazioni dei Cloruri, dei Solfati e dell'Alcalinità, e ha come valore critico  $LI = 0,5$ .

$$LI = \frac{Cl + SO_4}{Alcalinità}$$

Indici superiori a questo valore caratterizzano un'acqua come aggressiva.

**Indice di Aggressività (IA)**, di esclusivo utilizzo per la valutazione dell'aggressività nei confronti dei materiali lapidei.

$$IA = pH + \log(Alc \times Dt)$$

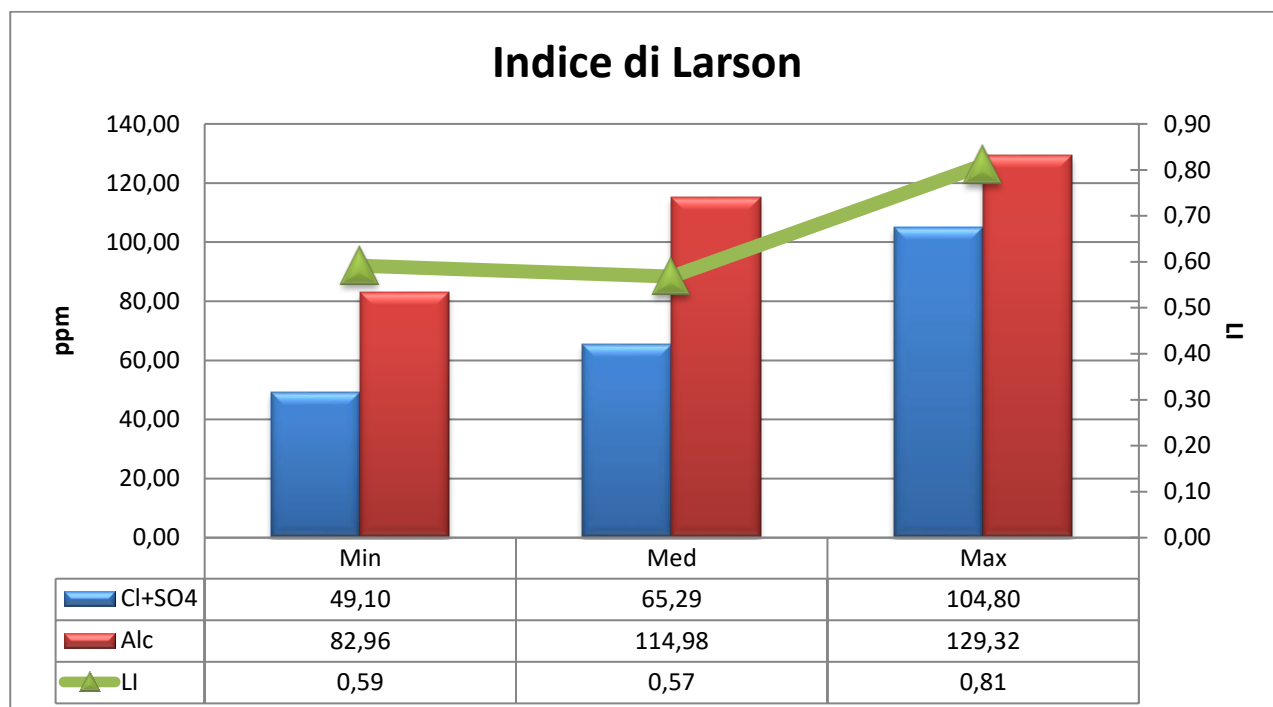
Con questo indice si pongono in relazione l'alcalinità, la durezza ed il pH: con valori superiori a 12 si ha un'acqua incrostante, o meglio non aggressiva, con valori fra 10 e 12 un'acqua moderatamente aggressiva, e con valori inferiori a 10 fortemente aggressiva.

Gli altri indici utilizzati in bibliografia si mostrano di difficile impiego pratico e si prestano in alcuni casi ad interpretazioni erronee (Langélier).

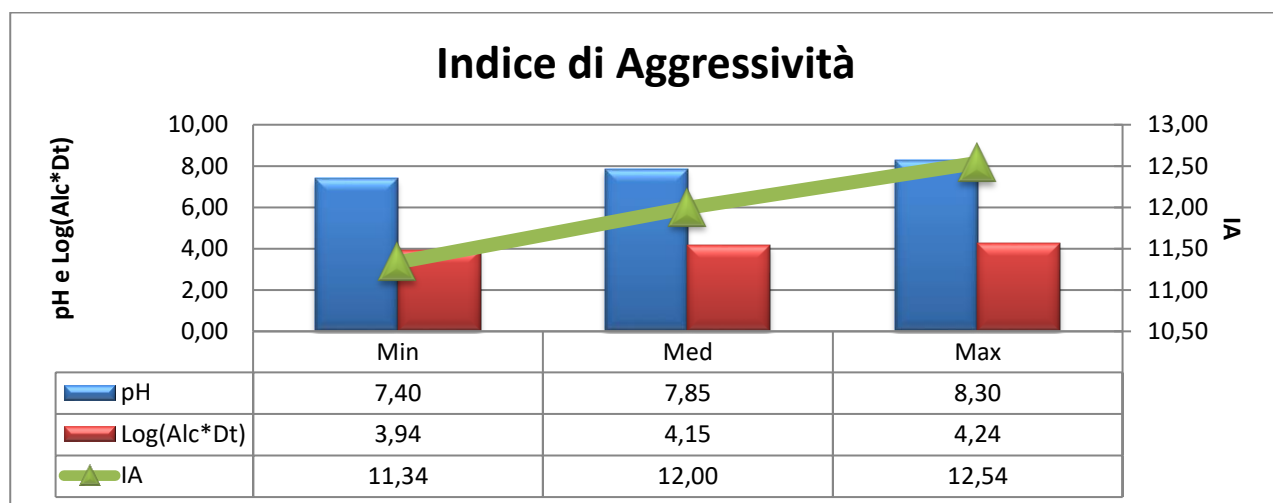
Nelle tabelle precedenti si sono riportati i valori caratteristici dell'acqua grezza attraverso i quali è possibile verificare l'andamento degli indici di cui sopra.

Utilizzando i valori analitici minimi, massimi e medi si ottengono i valori illustrati nelle due figure seguenti.

**Fig. 6 - Indice di Larson**



**Fig. 7 - Indice di Aggressività**



Il trattamento di potabilizzazione provoca un aumento dei Cloruri o dei Solfati in funzione del flocculante minerale utilizzato, oltre che una diminuzione del pH e dell'alcalinità, a causa dell'esigenza di utilizzare nel processo di flocculazione un pH prossimo alla neutralità.

È evidente quindi il peggioramento degli indici rispetto all'acqua grezza, e la conseguente necessità di correggerli adeguatamente al fine di evitare pericolosi fenomeni di degrado delle tubazioni nelle reti di adduzione e distribuzione negli abitati.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>12</b> a <b>50</b>

L'importanza di seguire e modificare entrambi gli indici nasce dal fatto che acque con un indice di Aggressività prossimo a valori che indicherebbero un'aggressività nulla, e con indici di Larson superiori a 0,5, esplicano un'azione corrosiva.

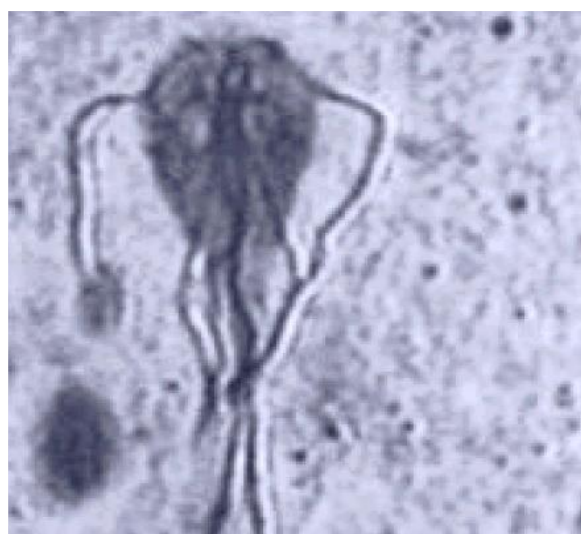
## 2.2 ASPETTI SANITARI

Oltre al controllo dei requisiti chimici dell'acqua, il trattamento di potabilizzazione ha anche lo scopo di eliminare microorganismi patogeni.

**Fig. 1-Ingrandimento di E COLI O157**



**Fig. 2 – Ingrandimento di E COLI BACTERIA**



**Fig. 3 - Ingrandimento della GIARDIA**

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>13</b> a <b>50</b>

La normativa individua in prima istanza tre indicatori, l'Escherichia Coli, i Coliformi e l'Enterococco. Vi sono inoltre richiami verso altri microrganismi che a breve saranno normati specificatamente.

La contaminazione microbica degli impianti idrici da parte di microrganismi patogeni emergenti (come Legionella Pneumophila), ubiquitari ed opportunisti, che risultano particolarmente resistenti alle normali dosi di biocidi impiegate per la disinfezione delle acque destinate al consumo umano porta a patologie infettive sempre più probabili; emergenti (che compaiono per la prima volta) o riemergenti (che ricompaiono dopo un periodo di latenza) in una determinata zona

geografica. Alcuni batteri ambientali in grado di moltiplicarsi nell'ambiente acquatico anche in presenza di un basso livello di nutrienti organici, possono essere patogeni opportunisti per l'uomo. In questo gruppo di potenziali patogeni i più importanti sono rappresentati da Pseudomonas aeruginosa, Aeromonas spp., Legionella Mycobacteria ambientali.

In particolare, la legionella può mettere a rischio le reti idriche e gli impianti che distribuiscono acqua sanitaria. L'habitat ideale per lo sviluppo e la proliferazione dei batteri prevede la presenza di ristagni, incrostazioni o fenomeni di corrosione .

**Fig. 4 - CRYPTOSPORIDIUM**



Per eliminarla si può ricorrere, tra le altre tecniche ad una superclorazione, cioè un aumento (in eccesso) della quantità di disinfettante nell'acqua. Questo comporta una serie di problemi: innanzitutto rovina la qualità dell'acqua e poi, può nebulizzare o aerosolizzare i composti secondari legati alla presenza di cloro (quali i trialometani).

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>14</b> a <b>50</b>

*Criptosporidium* e *Giardia Intestinalis* sono due protozoi che stanno acquisendo una sempre più rilevante importanza nella valutazione della qualità delle acque. In particolare, il *criptosporidium* [1] è un parassita che è presente nelle acque superficiali, ed origina da scarichi di allevamenti animali. Da origine ad una infezione gastrointestinale solitamente di modesta, eccetto che in individui con sistema immunitario indebolito o nei bambini per i quali la malattia può essere grave o letale. Ecco perché utilizzare acque da fonti non controllate può costituire un potenziale pericolo. Le vie di trasmissione per questi patogeni sono quelle tradizionali rappresentate da:

- 1) Tratto gastro-intestinale,
- 2) Via respiratoria (legionella)
- 3) Cute e mucose.

## 2.3 FASI DI PROCESSO

Differenziazione degli impianti di trattamento in rapporto alle fonti di attingimento.

Una semplice differenziazione può essere fatta basandosi sui sistemi di derivazione delle acque:

- 4) acque sotterranee (pozzi e sorgenti);
- 5) acque lentiche (acque di superficie raccolte);
- 6) acque lotiche (acque di superficie fluenti);

In Sardegna abbiamo poche derivazioni da acque lotiche, mentre quelle di origine sotterranea sono in genere, a parte 3 o 4 casi, di ridotta importanza per i volumi emungibili.

**Fig. 8 Sorgente Frunche 'e Oche - Siniscola**

La maggior parte delle acque deriva da sistemi di acque lentiche, sempre bacini artificiali, e ciascuno, pur nella generalità delle problematiche presentate, con proprie specificità.

L'origine dell'acqua non può però essere a priori il criterio per la definizione di una tipologia di trattamento che deve essere fatta, invece, in funzione della natura delle sostanze presenti.

Principali fonti di approvvigionamento e problematiche connesse alla qualità

Le problematiche presenti sulle differenti tipologie di acque utilizzate in Sardegna portano alle seguenti valutazioni:

- le acque sotterranee profonde, normalmente sorgive o da pozzo non presentano in genere particolari problemi;
- le alterazioni possibili sono limitate in qualche caso alla presenza di metalli in tracce e sbilancio salino (eccessivi cloruri);

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>15</b> a <b>50</b>

- la limitatezza delle risorse sotterranee disponibili non giustifica però il loro mantenimento in uso in quanto, se fortemente compromesse, richiederebbero tipologie di trattamento eccessivamente costose ed impegnative quali la desalinizzazione per osmosi. Differente è il discorso sull'impiego di acque da subalveo, che possono presentare interessanti alternative alle prese dirette da corpi idrici fluenti, ma che possono presentare compromissioni per presenza di ferro, manganese ed ammoniaca. I trattamenti sono simili a quelli utilizzati per le altre acque superficiali, e basati su schemi che prevedono una accentuata ossidazione chimica;
- le acque derivate da corsi d'acqua fluenti risentono essenzialmente di alterazioni stagionali derivanti dai regimi idrici con problemi di torbidità minerale. In questi casi si assiste ad improvvisi innalzamenti dei valori della torbidità associata a valori di Alluminio;
- le acque derivate dai sistemi di invasi artificiali rappresentano la principale risorsa per la produzione delle acque potabili e, nel contempo la principale fonte di problemi associata al trattamento delle acque, non sempre per la natura degli inquinanti presenti, ma per le fenomenologie di produzione di by-products associate al trattamento.

Le condizioni di pronunciata eutrofia degli invasi sardi si traducono in fenomenologie note che portano ad avere nelle acque sarde valori di sostanze organiche significativamente elevate con stagionali picchi nei valori di ferro, manganese ed ammoniaca la cui eliminazione, comporta enormi problemi di ottimizzazione processistica, come vedremo di seguito. Un ulteriore problema emergente, legato alle condizioni di eutrofia degli invasi, è la presenza di microalghe che, oltre a causare evidenti problemi nella conduzione della sezione di chiariflocculazione, possono portare a problemi diretti a causa della possibile tossicità derivata dalla capacità di produrre endo ed eso tossine.

## 2.4 Principali alterazioni connesse alle origini delle acque grezze

Non ha grande rilevanza differenziare i trattamenti in funzione dell'origine delle acque, mentre occorre indagare sulla natura degli inquinanti presenti e sulla base di questi individuare la tipologia di trattamento più appropriato.

Le contaminazioni presenti, non considerando quelli di origine puramente antropica, quali ad esempio pesticidi e fitofarmaci, residui industriali organici tipo trielina e simili (attualmente non riscontrabili in Sardegna), sono sempre legate a fenomeni naturali, anche se accentuate dall'azione antropica che favorisce il formarsi di condizioni di eutrofia.

Possiamo quindi individuare i seguenti problemi principali:

- 7) - inquinamento da metalli;
- 8) - inquinamento da sostanze organiche naturali (NOM);

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>16</b> a <b>50</b>

- 9) - inquinamento da sostanze inorganiche inerti;  
10) - altre alterazioni dipendenti da condizioni di eutrofia.

Le condizioni di alterazione, proprio per la naturalità delle fenomenologie non sono continue, ma manifestano una forte stagionalità e, a causa della incostanza dei regimi di piovosità della Sardegna, e cicli annuali con spiccati fenomeni negli anni siccitosi.

Si riportano anche le principali caratteristiche di alcuni invasi, dalle quali si possono rilevare le caratteristiche dei bacini maggiormente interessati ai fenomeni di fioriture algali stagionali.

**Tab. 5 - Valori dei parametri caratteristici delle acque**

		Liscia	Bidighinzu	Casteldoria	Coghinas
Superficie	km <sup>2</sup>	5,06	1,05	1,46	17,09
Superficie del bacino imbrifero	km <sup>2</sup>	285,00	50	490	1900
Altitudine alla massima regolazione	m s.l.m.	177,50	330	26	164
Altitudine al massimo invaso	m s.l.m.	177,50	330	26	164
Quota massima del bacino imbrifero	m s.l.m.	1.362	730	1359	1359
Volume	Mmc	105,13	12,55	8,03	243,09
Profondità massima	m	50,00	30	20	50

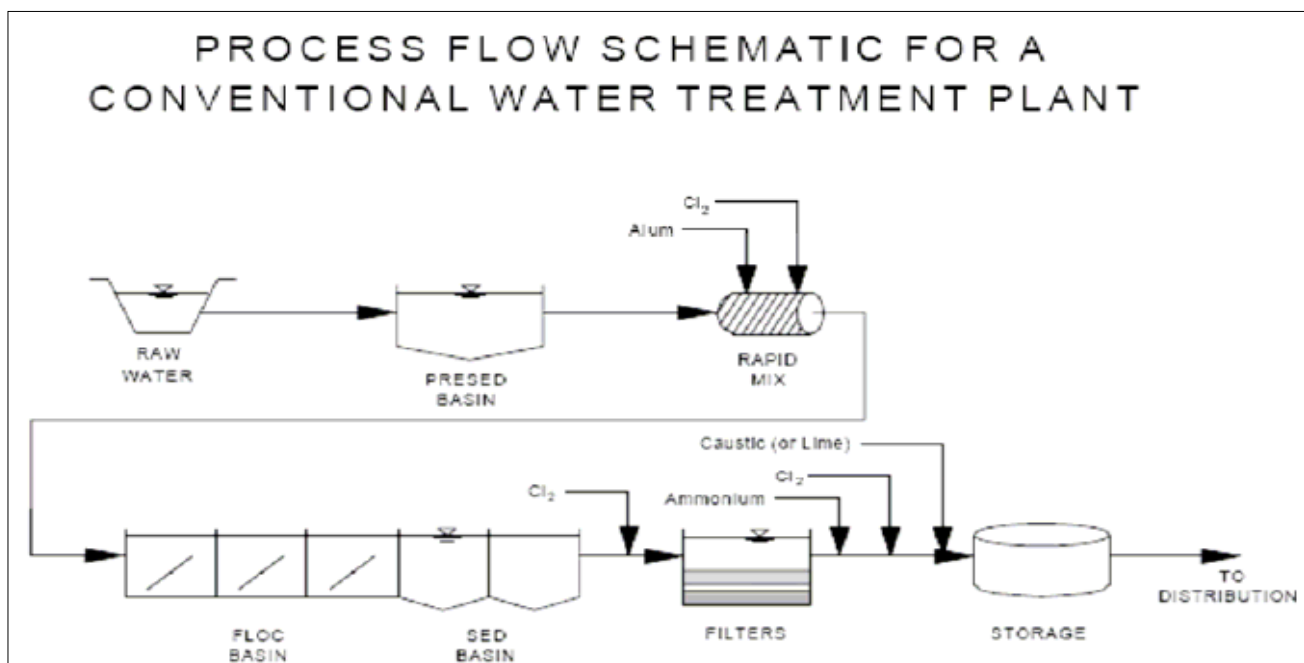
## 2.5 Le fasi di trattamento

La potabilizzazione delle acque può essere considerata come una sommatoria di processi fisici e chimici finalizzata alla riduzione delle sostanze indesiderate presenti. Obiettivo del trattamento è quindi l'ottenimento di fasi separabili utilizzando trattamenti fisico chimici per favorire la separazione delle fasi.

**Fig. 3 – Schema esemplificativo del flusso di processo per un impianto di trattamento convenzionale.**



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>17</b> a <b>50</b>



**Tab. 6 – Fasi di processo.**

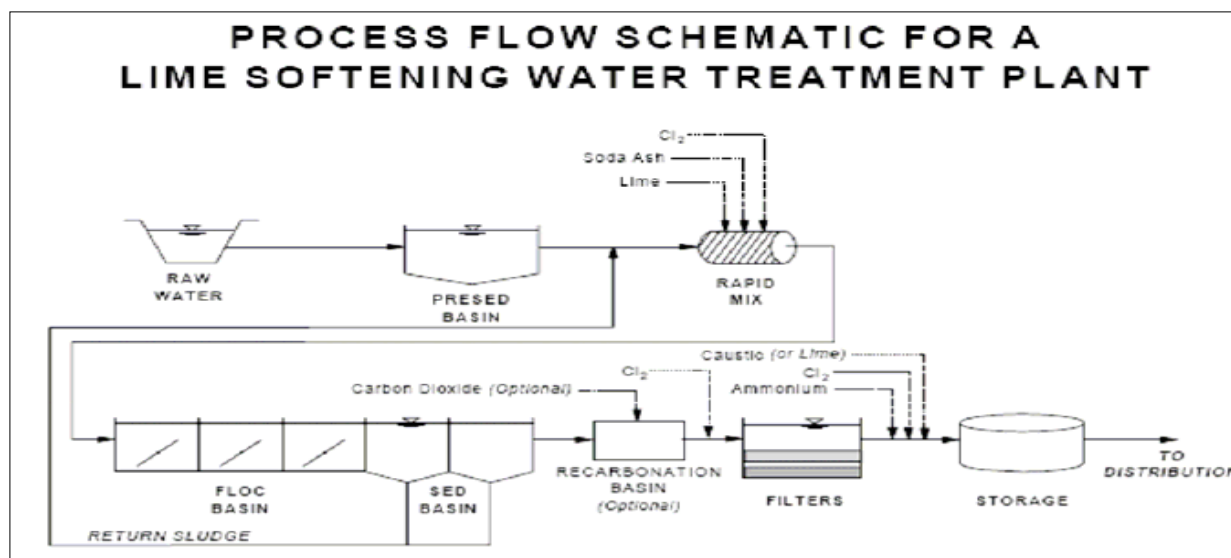
S.No.	Unità	Scopo della Fase
1.	Micro setaccio	Rimuovere le alghe ed il plancton dall'acqua grezza
2.	Aerazione	Non sempre presente, si limita ad insufflare aria per eliminare odori e sapori provocati da sostanze volatili, ed in certe condizioni elimina ammoniaca. Può contribuire ad ossidare il ferro ed il manganese. I sistemi di aerazione possono essere realizzati con insufflazione di aria o aeratore meccanico.
3.	Miscelazione	Sono sistemi di agitazione in grado di fornire l'energia meccanica per la dissoluzione dei reattivi
4.	Pre-ossidazione	Applicazione degli agenti ossidanti tra i quali ozono, permanganato di potassio e composti del cloro nell'acqua grezza ed in altre unità di trattamento; riduce la carica microbiologica ed ossida le sostanze organiche causa di gusto, odore e colore. Completa l'ossidazione del ferro e del manganese
5.	Coagulazione	La coagulazione è l'immissione con la miscelazione veloce del coagulante con conseguente destabilizzazione delle particelle e della formazione colloidali e formazione del microfiocco
6.	Flocculazione	La flocculazione è l'aggregazione dei micro fiocchi prodotti nella coagulazione che porta alla formazione di un macro fiocco separabile per sedimentazione o flottazione
7.	Sedimentazione	Separazione per gravità dei solidi in sospensione o del flocculo prodotto nei processi di trattamento. È successiva alla coagulazione e flocculazione anche se spesso avviene in bacini combinati.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>18 a 50</b>

S.No.	Unità	Scopo della Fase
8.	Filtrazione	Rimozione dei materiali in sospensione sfuggiti dalla fase di decantazione o flottazione. I mezzi di filtrazione possono essere omogenei (sabbia, antracite, ecc.), o compositi (filtri multistrato).
9.	Disinfezione	Garantisce l'eliminazione dei batteri e di altri micro organismi potenzialmente patogeni. La disinfezione è realizzata tramite radiazione ultravioletta o dai reattivi ossidanti cloro, il bromo, lo iodio e l'ozono. prodotto chimico comunemente usato della st di Mo

Il trattamento che preliminarmente può essere effettuato è quello di una microstacciatura per la separazione di materiale corpuscolato, sia organico che inorganico realizzato con la cosiddetta "microfiltrazione", semplici tamburi con tele in acciaio tessuto a diversi gradi di stacciatura. Oggi è possibile utilizzare tele con capacità di filtrazione di circa 10 micron e l'utilizzo principale è finalizzato alla riduzione delle microalghe.

**Fig. 3 – Schema esemplificativo del flusso di processo per un impianto di trattamento.**



Come già detto, il processo di potabilizzazione vero e proprio, ~~come notoriamente conosciuto,~~ è basato su trattamenti chimico fisici, che si pongono due obiettivi:

- disinfettare l'acqua con l'eliminazione della carica microbica patogena;
- favorire la formazione di una fase separabile con un processo fisico degli inquinanti organici ed inorganico presenti.

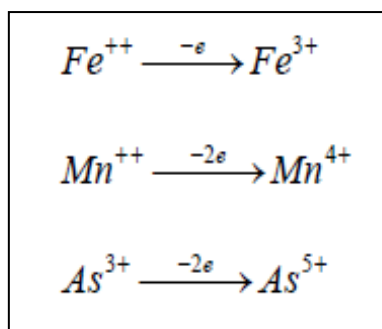
	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>19</b> a <b>50</b>

L'azione disinfettante, svolta da prodotti chimici ossidanti diventa quindi la fase iniziale del trattamento, in quanto agisce sia sulle sostanze organiche che inorganiche, permettendone la successiva separazione con i processi di flocculazione.

L'azione svolta dai composti ossidanti quali l'Ozono, il Permanganato di potassio, il cloro ed il Biossido di cloro, se pur con meccanismi diversi e diversa reattività permettono:

- l'ossidazione dei metalli, ed eventuali metalloidi presenti;
- l'ossidazione delle sostanze organiche naturali modificandone i gruppi funzionali e la conseguente reattività nei confronti dei flocculanti;
- la diminuzione del potere complessante nei confronti dei metalli.

Le principali reazioni inorganiche implicate sono le seguenti:



L'azione verso gli elementi inorganici è quindi sostanzialmente semplice e si traduce nella formazione di specie più ossidate che, nel caso dei metalli porta alla successiva formazione di idrossidi meno solubili e quindi più facilmente separabili, e nel caso dell'As alla formazione di arseniato, anch'esso più separabile nella coprecipitazione con i flocculanti, o con tecnologie di separazione per adsorbimento con ossidi di Fe granulari. La reattività

verso le sostanze organiche è sicuramente più difficile da spiegare in un sunto, anche perché la reattività dei singoli gruppi funzionali presenti nelle macromolecole di derivazione umica e fulvica è sostanzialmente differente e specifica per ciascun ossidante.

Si pensi ad esempio alla sostanziale differenza nella reattività del cloro, che può agire da clorurante e da ossidante, producendo da un lato clorofenoli, dall'altro acidi aldeidi e chetoni, prodotti principali ed esclusivi degli altri ossidanti utilizzati; in questa differente reattività hanno inoltre un peso rilevante le condizioni di reazione quali temperatura, alcalinità e pH, che possono giocare un ruolo pesante nella formazione dei THM, o nel guidare la reattività dell'Ozono verso meccanismi ionici o radicalici.

Questo differente comportamento è tra l'altro marcatamente visibile nella reattività dell'ammoniaca e delle ammine organiche, praticamente reattive solo con il cloro, e che comporta ovvi problemi di trattamento nei periodi in cui la presenza di ammoniaca, legata alla stagionalità dei fenomeni eutrofici, porta questa specie a valori significativamente elevati.

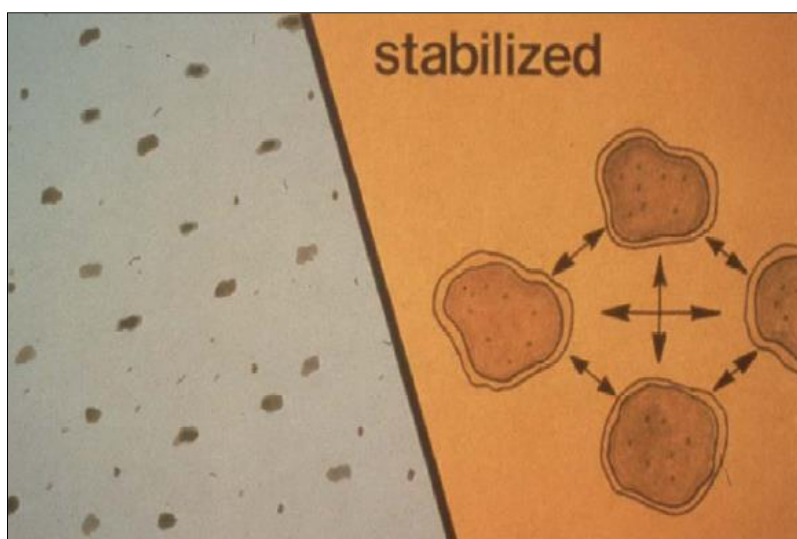
È quindi evidente che la sezione di preossidazione, comunque fondamentale per una corretta conduzione del processo di potabilizzazione, può costituire la fonte principale di produzione di by-products che, se non opportunamente controllati, possono risultare superiori ai valori di parametro definiti dalle norme e quindi causare limitazioni d'uso all'acqua.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>20 a 50</b>

A prescindere da questo aspetto, è fondamentale richiamare l'importanza di un'ottimale esecuzione della preossidazione al fine di garantire una corretta procedura di coagulazione e successiva formazione del fiocco di idrossido metallico, che andrà a costituire il prodotto di scarto del processo di potabilizzazione.

La fase di coagulazione costituisce la fase più importante del processo di potabilizzazione, in quanto finalizzata alla formazione della fase separabile nella quale dovranno essere portati gli inquinanti organici ed inorganici presenti.

**Fig. 3 – Sistema colloidale stabilizzato**



I meccanismi sono abbastanza noti:

- i flocculanti, costituiti normalmente da Sali di metalli trivalenti (Alluminio e Ferro), neutralizzano le cariche delle macromolecole organiche disperse in forma colloidale nell'acqua, provocando una transizione di fase;
- i microflocchi collassano progressivamente costituendo una

massa colloidale coerente, che favorisce la separazione degli altri idrossidi metallici presenti, adsorbe i metalli presenti in tracce, facilita la separazione della biomassa organica (alghe, batteri, ecc);

- il "fango", dopo un adeguato periodo di invecchiamento, viene separato dall'acqua con processi fisici di decantazione o flottazione e costituisce la "torbida di processo" inviata ai trattamenti di disidratazione.

**Tab. 7 – Rendimenti di abbattimento del TOC. pH ottimale di flocculazione, in funzione dell'alcalinità**

SOURCE WATER TOC (mg/L)	SOURCE WATER ALKALINITY (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )		
	0 to 60	>60 to 120	>120 <sup>c</sup>
>2.0 - 4.0	35.0%	25.0%	15.0%
>4.0 - 8.0	45.0%	35.0%	25.0%
>8.0	50.0%	40.0%	30.0%

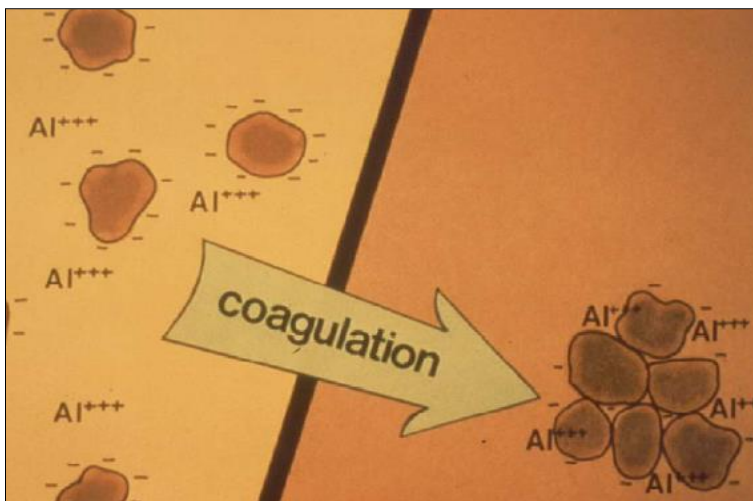
Notes:

- Enhanced coagulation and enhanced softening plants meeting at least one of the six alternative compliance criteria in Section 2.4 are not required to meet the removal percentages in this table.
- Softening plants meeting one of the two alternative compliance criteria for softening in Section 2.4 are not required to meet the removal percentages in this table.
- Plants practicing precipitative softening must meet the TOC removal requirements in this column.

ALKALINITY (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	TARGET pH
0 - 60	5.5
> 60 - 120	6.3
> 120 - 240	7.0
> 240	7.5

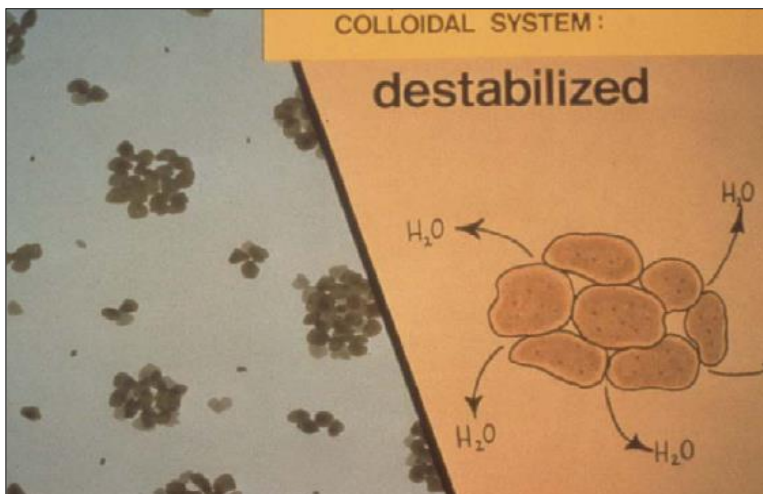
Fonte: EPA

**Fig. 4 – Sistema colloidale: Coagulazione.**



La corretta conduzione della fase di coagulazione/flocculazione permette di preparare l'acqua per i successivi trattamenti di filtrazione, affinamento e disinfezione, riducendo al minimo i rischi di produzione di sottoprodotti derivanti dalle reazioni di ossidazione del disinfettante secondario, che, necessariamente deve essere cloro, biossido di cloro o monoclороammina.

**Fig. 5 – Sistema colloidale: Destabilizzazione.**



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>22</b> a <b>50</b>

### **3 I pretrattamenti**

#### **3.1 Microfiltrazione. Illustrazione di un microfiltro: funzionamento e manutenzione**

##### **3.1.1 Tecniche di rimozione fisica;**

Il trattamento delle acque eutrofiche in presenza di microalghe (vengono impropriamente compresi anche i cianobatteri) si presenta alquanto difficoltoso e problematico per una serie di fattori:

- *aumento della richiesta di ossidante;*
- *variazioni repentine di pH;*
- *necessità di frequenti adeguamenti del dosaggio di coagulante;*
- *variazioni del fango e dei parametri di regolazione (spurgo, rotazione turbine, ecc);*

La presenza di cianobatteri e la loro potenziale tossicità, in quanto produttori di neurotossine, epatotossine e dermatossine a causa della lisi cellulare favorita dallo stress ossidativo, porta necessariamente all'adattamento dei parametri operativi.

La rimozione fisica con sistemi di microfiltri è stata considerata per anni un sistema di pretrattamento in grado di limitare l'impatto delle microalghe sul processo di potabilizzazione, ed ha portato alla realizzazione in diversi impianti di sezioni apposite, oggi per lo più inutilizzate.

I microfiltri di prima generazione erano costituiti da tamburi con tele in acciaio tessuto, in grado di garantire una filtrazione sino a 24 micron.

Le esperienze condotte su diversi impianti delle tecniche di rimozione fisica evidenziano che i risultati conseguibili non sono soddisfacenti, ed in genere inferiori alle attese.

I problemi principali legati alla gestione di questi sistemi di microfiltrazione sono legati essenzialmente:

- *agli elevati volumi di acque di lavaggio, pari a circa il 5% delle acque trattate;*
- *ai problemi meccanici tipici di queste strutture;*
- *alla necessità di effettuare periodici lavaggi acidi.*

Gli elevati volumi necessari per il lavaggio continuo delle tele crea ulteriori problemi gestionali e di processo legati al trattamento delle acque che devono essere considerati scarichi a tutti gli effetti.

Attualmente sono proposti sul mercato nuove tipologie di microfiltri che utilizzano strutture più compatte e filtri in polipropilene con porosità 16 micron.

Alcune prove effettuate evidenziano comunque che la filtrazione semplice delle acque grezze, pur migliorando i rendimenti rispetto alle classiche tele in acciaio, non offre risultati eclatanti.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>23</b> a <b>50</b>

La ricerca effettuata delle aziende produttrici di queste tipologie di macchine ha portato sul mercato nuove soluzioni. Anche se i rendimenti non sono elevati, l'abbattimento possibile nei casi di fioriture imponenti è comunque di ausilio per le fasi di trattamento a valle.

La tabella successiva riporta i risultati di sperimentazioni effettuate da un produttore nell'abbattimento delle principali alghe riscontrabili negli invasi. I valori sono riferiti alla conta algale in ingresso, sul filtrato e sulle acque di scarico.

Sono rappresentati i valori riferiti a due livelli di filtrati: 20 e 40 micron.

LOCATION CODE	Lagoon No.1 Raw	Lagoon No.1 20µ filter, filtrate	Lagoon No.1 20µ filter, sludge	Lagoon No.1 40µ filter, filtrate	Lagoon No.1 40µ Filter, sludge
Date sampled	8/8/96	8/8/96	8/8/96	8/8/96	8/8/96
Date of processing	9/8/96	9/8/96	9/8/96	9/8/96	9/8/96
<b>BLUE-GREEN ALGAE</b> Cells/ml					
Microcystis aeruginosa	5,0 x 10 <sup>5</sup>	1,1 x 10 <sup>5</sup>	4,5 x 10 <sup>5</sup>	1,7 x 10 <sup>5</sup>	8,5 x 10 <sup>5</sup>
Pseudanabaena spp	2,8 x 10 <sup>3</sup>	3,6 x 10 <sup>3</sup>	6,0 x 10 <sup>4</sup>	2,6 x 10 <sup>4</sup>	2,0 x 10 <sup>5</sup>
Planktolyngbya subtilis	1,8 x 10 <sup>6</sup>	1,8 x 10 <sup>6</sup>	2,4 x 10 <sup>6</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup>	2,8 x 10 <sup>6</sup>
Oscillatoria spp.	—	—	—	—	—
Microcystis aeruginosa	1010	140	380	150	830

Pur essendo i rendimenti ottenibili non elevati, come si vedrà di seguito, l'eliminazione di frazioni di microalghe possono ridurre il consumo di reattivi chimici nei trattamenti a valle, sia per quanto riguarda il consumo di preossidanti, che i reattivi di flocculazione.

La tab. seguente riporta i risultati di una sperimentazione effettuata utilizzando tele da 40 µm

LOCATION CODE	Willow Grove STP Lagoon No.1, raw	Willow Grove STP Lagoon No.1, filtrate	Willow Grove STP Lagoon No.1, sludge
Date sampled	7/8/96	7/8/96	7/8/96
Date of processing	7/8/96	7/8/96	7/8/96
<b>BLUE-GREEN ALGAE</b>			
Microcystis aeruginosa	7,2 x 10 <sup>5</sup>	4,2 x 10 <sup>5</sup>	1,4 x 10 <sup>5</sup>
Pseudanabaena spp	8,0 x 10 <sup>3</sup>	1,8 x 10 <sup>4</sup>	2,8 x 10 <sup>5</sup>
Planktolyngbya subtilis	6,3 x 10 <sup>5</sup>	7,8 x 10 <sup>3</sup>	6,7 x 10 <sup>5</sup>
Oscillatoria spp.	800	1100	1000
Cells/ml	280	140	380
Other organisms detected (Algae unless otherwise noted)	High numbers: Cryptomonas Chrysococcus Scenedesmus Euglena	High numbers: Cryptomonas Chrysococcus Scenedesmus Euglena	High numbers: Cryptomonas Chrysococcus Scenedesmus Keratella sp./Rotifera
	Lower numbers: Actinastrum Phacus Coleps (ciliata) Keratella sp./Rotifera	Lower numbers: Actinastrum Phacus Colonial Coleps (Ciliata) Keratella sp./Rotifera	Lower numbers: Actinastrum Phacus Coleps (ciliata) Keratella sp./Rotifera

E la seguente tabella è riferita a tele da 10 micron

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>24</b> a <b>50</b>

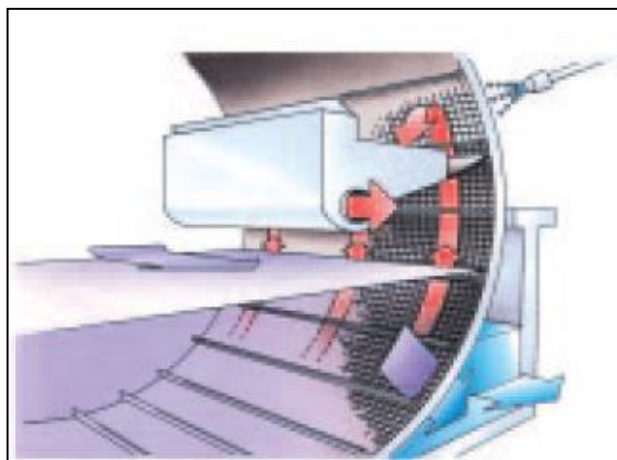
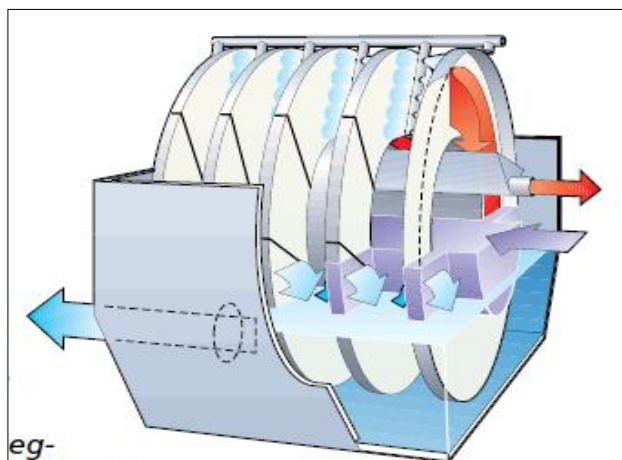
LOCATION CODE	Willow Grove STP Lagoon No.1, raw	Willow Grove STP Lagoon No.1, filtrate	Willow Grove STP Lagoon No.1, waste
Date sampled	23/8/96	23/8/96	23/8/96
Date of processing	23/8/96	23/8/96	23/8/96
<b>BLUE-GREEN ALGAE</b>			
Microcystis aeruginosa	1,4 x 10 <sup>5</sup>	3,7 x 10 <sup>4</sup>	2,0 x 10 <sup>6</sup>
Pseudanabaena spp	1,0 x 10 <sup>6</sup>	8,0 x 10 <sup>5</sup>	9,5 x 10 <sup>5</sup>
Planktolyngbya subtilis	1,0 x 10 <sup>6</sup>	1,0 x 10 <sup>5</sup>	9,5 x 10 <sup>5</sup>
Oscillatoria spp.	1,2 x 10 <sup>3</sup>	N.D.	2,1 x 10 <sup>3</sup>
Cells/ml			
Average size of M. aeruginosa colonies (cells).	190	45	350
N.D.= not detected			

L'ultima tabella riporta le rese di abbattimento.

	Reduction of algae in raw water (%) 40 micron	Reduction of algae in raw water (%) 20 micron	Reduction of algae in raw water (%) 10 micron
Microcystis aeruginosa	Test #1: 42% Test #2: 66%	78% –	74% –
Pseudoanabaena spp	Test #1: no effect Test #2: no effect	no effect –	20% –
Planktonlyngbya subtilis	Test #1: 99% Test #2: 23%	no effect 50%	20% –
Oscillatoria spp	no effect	50%	100%

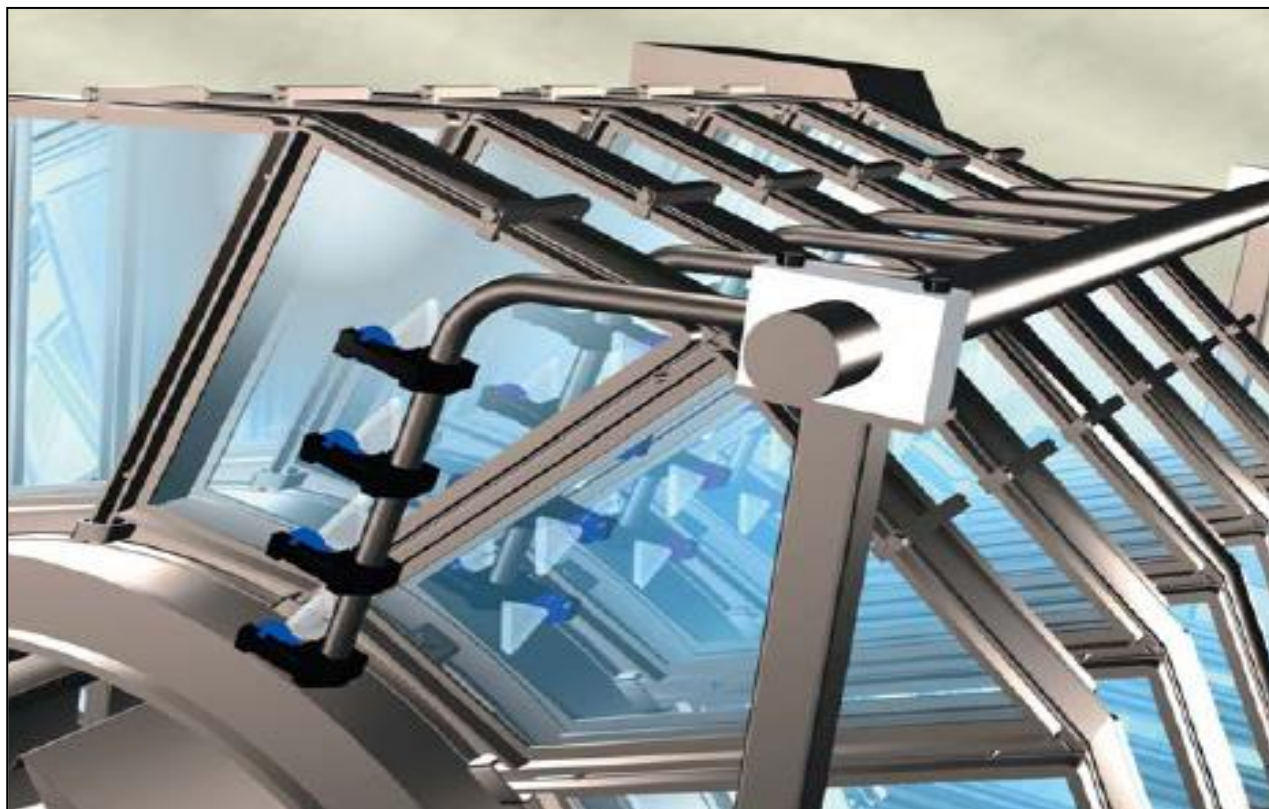
Le figure successive rappresentano le due tipologie di micro filtri oggi disponibili, la prima ha le tele posizionate su dischi, mentre la seconda posiziona le tele sul tamburo esterno.

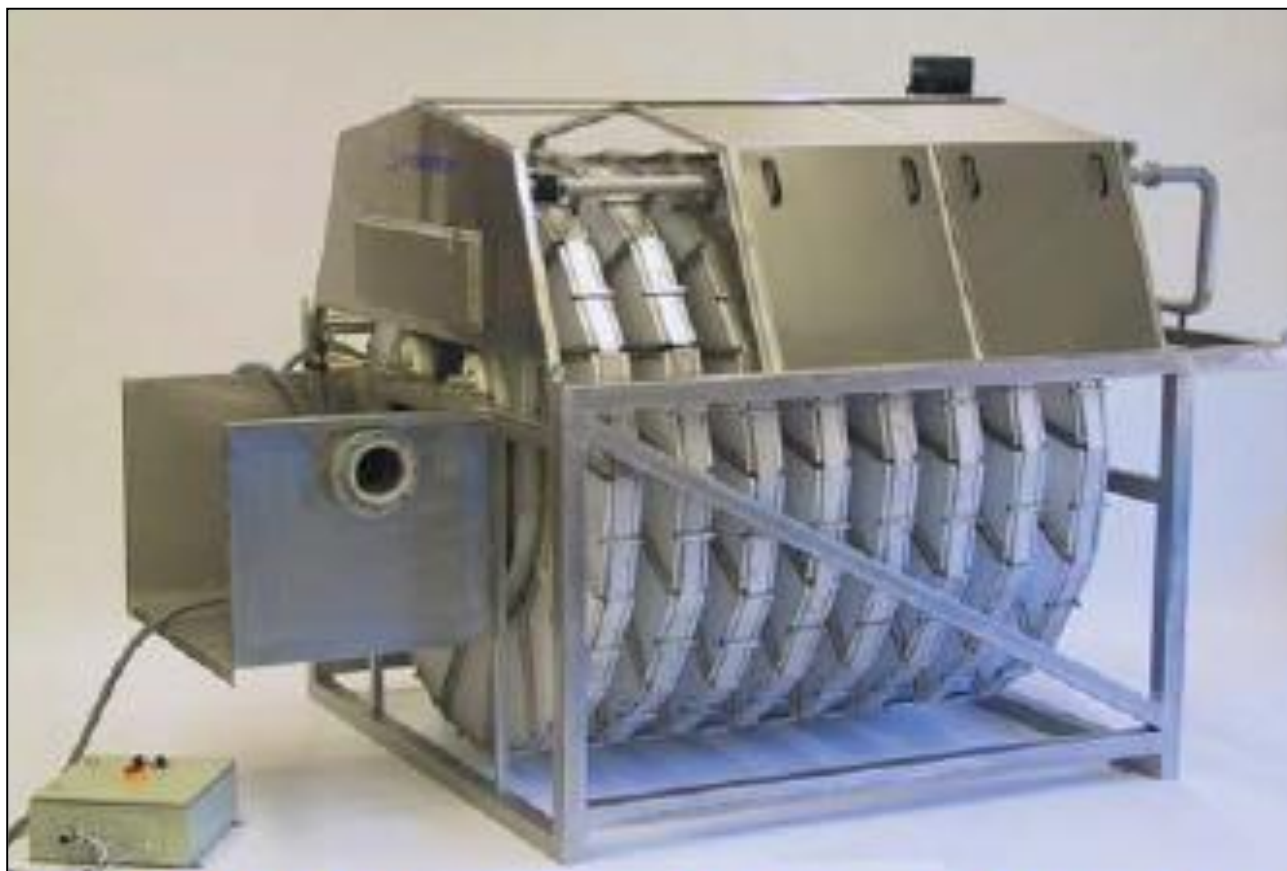




Il funzionamento dei micro-filtri si basa sulla capacità di separazione dei materiali corpuscolati (alghe e simili), in funzione della dimensione dei pori di filtrazione. I micro filtri a disco permettono, con il particolare assemblaggio, di ridurre notevolmente le dimensioni di ingombro.

Le figure successive mostrano i dettagli costruttivi del sistema di lavaggio e dell'assemblaggio del sistema.





■ Type 1, tank version



■ Type 2, without tank  
– open inlet



■ Type 3, without tank  
– pipe inlet



- 1. Inlet
- 2. Outlet
- 3. Backwash outlet
- 4. Rinse water conn.
- 5. Backwash nozzles
- 6. Filter segments
- 7. Drive unit

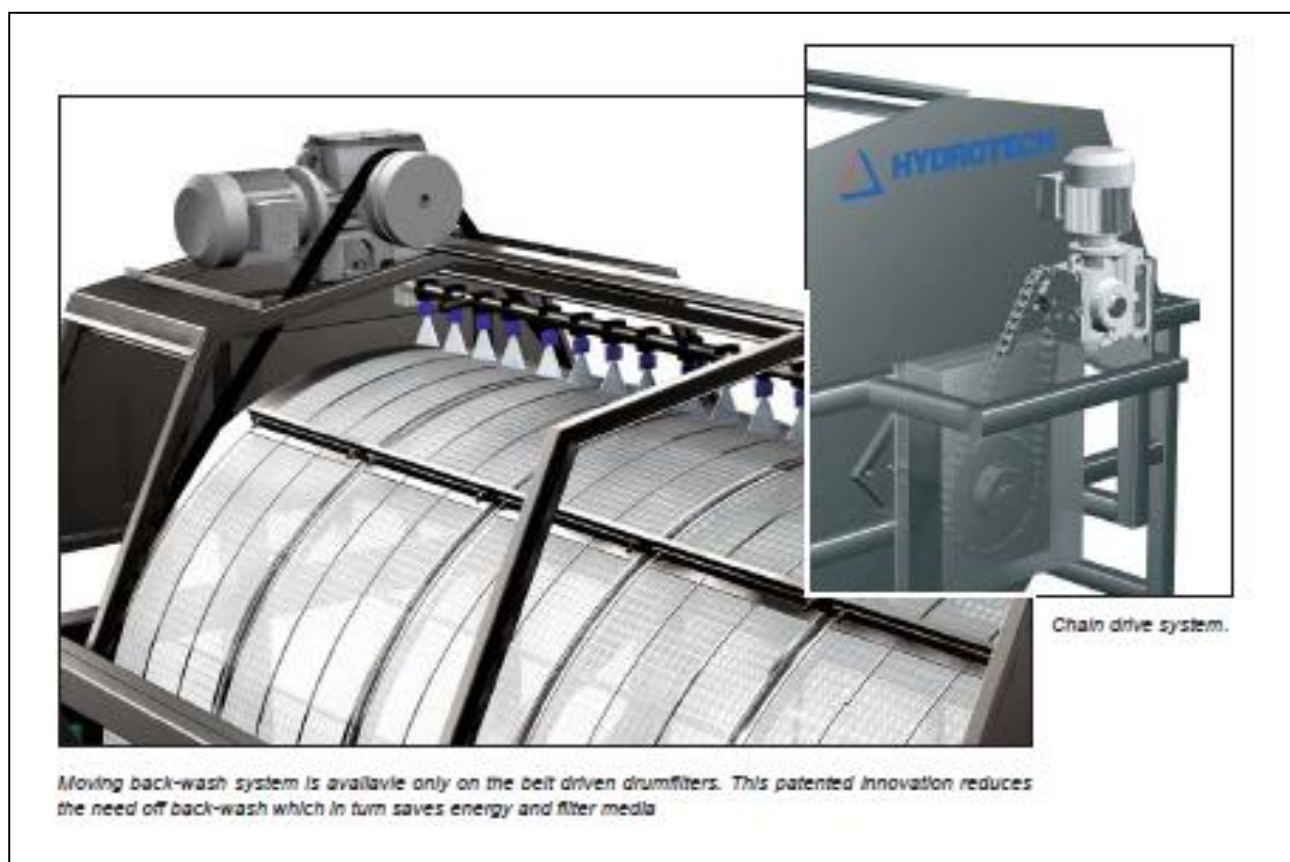
■ The tank version of Hydrotech Discfilter is provided with an internal emergency by-pass and a level weir to maintain the water level after the filter. The versions without tanks are designed for installation in a concrete channel or basin.

I micro filtri "tradizionali" mantengono il sistema costruttivo dei micro filtri attualmente presenti in diversi impianti, che prevedono un sistema di lavaggio esterno continuo.





La figura successiva evidenzia il sistema di lavaggio e meccanico che aziona il sistema.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>28 a 50</b>

Le problematiche di gestione dei micro filtri sono legate essenzialmente alla verifica del sistema di lavaggio, alla regolazione dei livelli della vasca per la misura dell'intasamento delle tele, alla verifica dei sistemi di azionamento.

Il problema principale nasce dall'esigenza di trattamento delle acque di lavaggio che, in caso di presenza rilevante di alghe, e quindi di acque particolarmente cariche, non possono essere ovviamente essere trattate assieme alle acque di risulta del processo di potabilizzazione.

Nelle condizioni peggiori il volume delle acque da trattare può essere anche il 5% delle acque in ingresso e questo significa raddoppiare, se non triplicare il volume delle acque di risulta in trattamento. Oltre al problema volumetrico tali acque contengono alghe potenzialmente tossiche e/o residui di chemicals impiegati per il lavaggio "spinto", e questo consiglia un trattamento separato ed il successivo scarico.

## **4 Misure e valutazioni sull'acqua grezza.**

### **4.1.1 Misura della portata e della torbidità: principi di funzionamento degli strumenti e loro manutenzione. Valutazione dei risultati.**

Per l'impostazione del processo di potabilizzazione occorre valutare prioritariamente la qualità delle acque grezze in arrivo al trattamento, a valle dei trattamenti preliminari.

Le misure essenziali da conoscere sono ovviamente i volumi trattati nel tempo, espressi con unità omogenee (l/s e mc/h), e la torbidità espressa in NTU.

**Il valore della portata** è fondamentale per la regolazione dei dosaggi: i dosaggi dei reagenti devono essere sempre espressi come grammi di prodotto per metro cubo di acqua trattata, e trasformati in Kg/h di reagente dosato.

Il valore della torbidità è utile per valutare in prima approssimazione la costanza o le variazioni qualitative delle acque per l'eventuale modifica del processo, ma è essenziale anche avere conoscenza delle portate di ricircolo e di quelle ripartite sulle diverse linee di trattamento.

La portata deve essere espressa sempre nelle due unità di misura fondamentali:

- **litri al secondo;**
- **metri cubi per ora.**

Le informazioni che questi valori forniscono sono complementari e non si sostituiscono: la prima fornisce immediatamente la dimensione del processo, la seconda è essenziale per definire il processo. Da questa sezione iniziamo a trattare le grandezze che definiscono la qualità del prodotto, e ci soffermiamo per l'acqua grezza alla torbidità, rimandando alle altre sezioni la trattazione di parametri quali la conducibilità, il pH, ecc.

Il motivo è che, nelle acque superficiali, i parametri quali il pH, la conducibilità, la composizione salina, hanno dinamiche specifiche, mentre la torbidità è legata a fenomeni fisici dipendenti

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>29 a 50</b>

dalle piogge, dal livello di riempimento dell'invaso, ed è importante al fine di evidenziare esigenze di immediata verifica per l'impostazione del processo.

**La torbidità** è la riduzione della trasparenza di un liquido dovuta a sostanze insolubili in sospensione. Nell'acqua è causata dalla presenza di materiali indisciolti quali plancton, composti organici, sostanze minerali e altro. È però difficile correlare la torbidità al contenuto di solidi in sospensione nell'acqua, perché la prima è anche funzione della dimensione delle particelle e del loro indice di rifrazione.

Oltre ad avere rilevanza ai fini delle caratteristiche organolettiche, la torbidità può indicare un'alterazione della qualità microbiologica di un'acqua, a seguito dell'adsorbimento dei microrganismi sulla superficie dei solidi in sospensione, o influenzando i processi di disinfezione (aumento della richiesta di disinfettante, diminuzione dell'effetto dei raggi UV, ecc.). Solitamente torbidità con valori entro i 5 NTU (nephelometric turbidity units) non si richiedono aumenti del dosaggio di disinfettante, se la disinfezione è condotta correttamente (concentrazione di disin-

fettante e tempo di contatto sufficienti).

Nel caso di sostanze finemente disperse la torbidità può essere determinata misurando l'intensità della luce diffusa.

In pratica si compara l'intensità della luce diffusa dal campione in esame con quella diffusa da una sospensione standard in condizioni fisiche e strumentali univocamente definite. Lo standard utilizzato nel presente metodo è la formazina. Ad una sospensione di tale sostanza (in concentrazione definita) è assegnato convenzionalmente il valore di 40 Unità di Torbidità Nefelometriche (NTU), a volte indicate anche come "Unità di Torbidità della Formazina" (FTU). La torbidità della sospensione a 40 NTU è approssimativamente eguale a 40 unità di torbidità Jackson (JTU), vecchia unità utilizzata nelle misure effettuate



con il torbidimetro a candela. La corrispondenza tra la scala Jackson e quella alla formazina è limitata però allo standard di 40 NTU; per altri valori non esiste una relazione precisa.

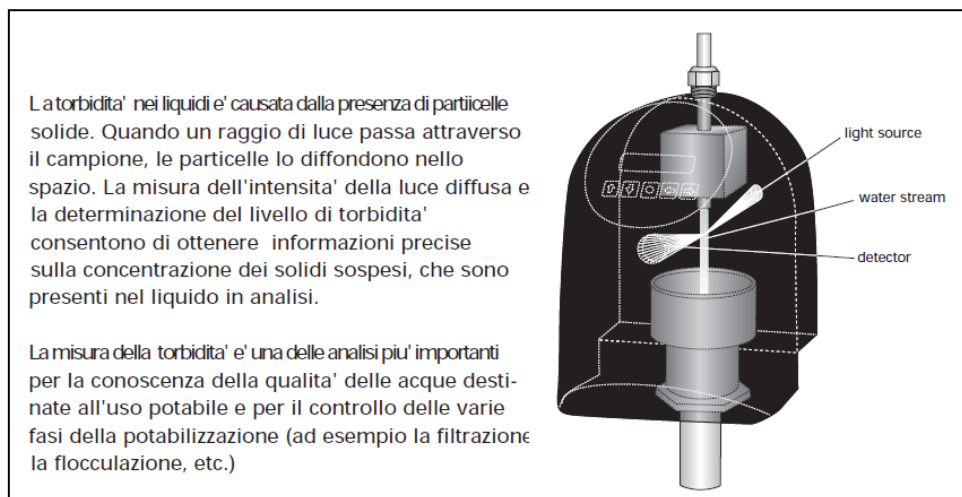
L'impianto deve essere sempre dotato di una misura on line della torbidità in ingresso, e la misurazione deve essere verificata periodicamente con un turbidimetro metro da banco.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>30</b> a <b>50</b>

È opportuno evidenziare che il parametro è tra l'altro uno degli indici di qualità da raggiungere, e per le acque superficiali deve essere garantito all'utenza un valore non superiore a 1 NTU

(con la normativa attuale), per cui l'acqua prodotta nei potabilizzatori deve avere un valore necessariamente inferiore.

La figura seguente rappresenta uno dei tanti strumenti di misura on line disponibili sul mercato.



#### **4.2 determinazione del ferro, del manganese e del materiale organico: principi di funzionamento degli strumenti e loro manutenzione. Valutazione dei risultati.**

I principali parametri da determinare sull'acqua grezza proveniente da invasi sono quelli che hanno diretta implicazione sul consumo dei preossidanti in modo da impostare il dosaggio correttamente.

Gli inquinanti contenuti nelle acque grezze possono essere di origine minerale ed organica e devono essere adeguatamente trasformati per renderne possibile l'eliminazione.

il dosaggio dei reattivi di preossidazione deve essere valutato con specifiche prove di laboratorio, in quanto le sostanze organiche contenute non hanno un chimismo specifico, e comunque non è praticamente possibile ipotizzare di trasformarle completamente.

La tabella successiva, estratta dl manuale EPA sulla disinfezione evidenzia i consumi specifici dei diversi ossidanti per l'abbattimento del Ferro e del Manganese.

**Table 2-7. Oxidant Doses Required for Oxidation of Iron and Manganese**

Oxidant	Iron (II) (mg/mg Fe)	Manganese (II) (mg/mg Mn)
Chlorine, Cl <sub>2</sub>	0.62	0.77
Chlorine dioxide, ClO <sub>2</sub>	1.21	2.45
Ozone, O <sub>3</sub>	0.43	0.88*
Oxygen, O <sub>2</sub>	0.14	0.29
Potassium permanganate, KMnO <sub>4</sub>	0.94	1.92

Source: Culp/Wesner/Culp, 1986; Langlais et al., 1991.

\* Optimum pH for manganese oxidation using ozone is 8-8.5 Source: Reckhow et al., 1991.

L'importanza di questo dato nell'economia complessiva del processo è evidente:

- la mancata ossidazione del Fe e del Mn mantiene condizioni non ottimali per la successiva disinfezione;
- un difetto di dosaggio non garantisce un'adeguata trasformazione delle sostanze organiche e quindi peggiora la flocculazione;
- essendo il Ferro ed il Manganese bivalenti molto solubili, si possono avere nell'acqua prodotta valori non compatibili con i requisiti di potabilità.

Il conduttore una volta effettuata la misura del Fe e del Mn, deve valutare se il dosaggio in atto (espresso in g/mc di principio attivo) è sufficiente per ossidare le quantità rilevate, ed impostare le successive verifiche per accertare se i residui sono sufficienti per l'ossidazione delle sostanze organiche (come verrà sviluppato successivamente).

Per il ferro è possibile l'ossidazione con ossigeno, in quanto la reazione può avvenire velocemente a pH basici anche grazie al solo ossigeno contenuto nell'acqua, prevedendo che già l'azione dell'ozono possa garantire l'ossidazione di questo metallo, se non in modo diretto, perlomeno grazie all'elevata concentrazione di O<sub>2</sub> in vasca.

Per quanto riguarda il manganese si deve invece prevedere un'azione specifica di una specie ossidante aggiunta, quale, ad esempio, il permanganato di potassio/sodio, che permette, un'agevole ossidazione grazie all'azione auto catalitica svolta dal manganese bivalente.

### 4.3 Preossidazione. Scopi, metodi e misure.

#### 4.3.1 Significato della preossidazione.

La preossidazione è fondamentale per la successiva fase di coagulazione in quanto permette di trasformare gli inquinanti inorganici (metalli) ed organici in forme coagulabili e quindi elimina-

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>32</b> a <b>50</b>

bili attraverso il fango di supero. Abbiamo visto nei punti precedenti la funzione fondamentale di questa fase nella preparazione dell'acqua ai trattamenti successivi ed è risultato chiaro che i reattivi utilizzati sono in sostanza i medesimi utilizzati nelle successive fasi di disinfezione. Approfondiamo quindi alcuni aspetti approfondendo i temi prettamente impiantistici e tecnologici sull'impiego corretto di questi reattivi.

#### **4.3.2 Reagenti ossidanti utilizzati: caratteristiche generali.**

- Cosa sono gli ossidanti: rapida disamina delle proprietà e dei rischi connessi all'uso di questi composti: Ozono, Permanganato, Cloro, Biossido di Cloro.
- Apparecchiature necessarie per il dosaggio: funzionamento e manutenzione
- Rapida presentazione dei sistemi di dosaggio con differenze fra reattivi pronti e reattivi preparati in impianto con i generatori.

Il termine in sé identifica un composto ossidante: in pratica si intende per ossidante un composto in grado di acquisire elettroni da altri composti e ridursi. In modo semplificato, l'ossigeno produrrà ossidi, il Cloro Cloruri, molecole complesse in grado di liberare ossigeno reattivo produrranno a loro volta ossidi e anidridi.

In pratica i principali reattivi ossidanti utilizzati nel trattamento dell'acqua sono:

- *l'Ozono;*
- *Il cloro nelle sue diverse specie chimiche (Cloro, ipocloriti, Biossido di Cloro);*
- *Il permanganato di potassio e/o di Sodio.*

Tranne il permanganato, tutti gli altri sono correntemente utilizzati anche come reagenti disinfettanti, in quanto, con meccanismi simili, agiscono nei confronti di batteri, virus e protozoi, permettendone l'eliminazione dall'acqua.

#### **4.3.3 Ozono**

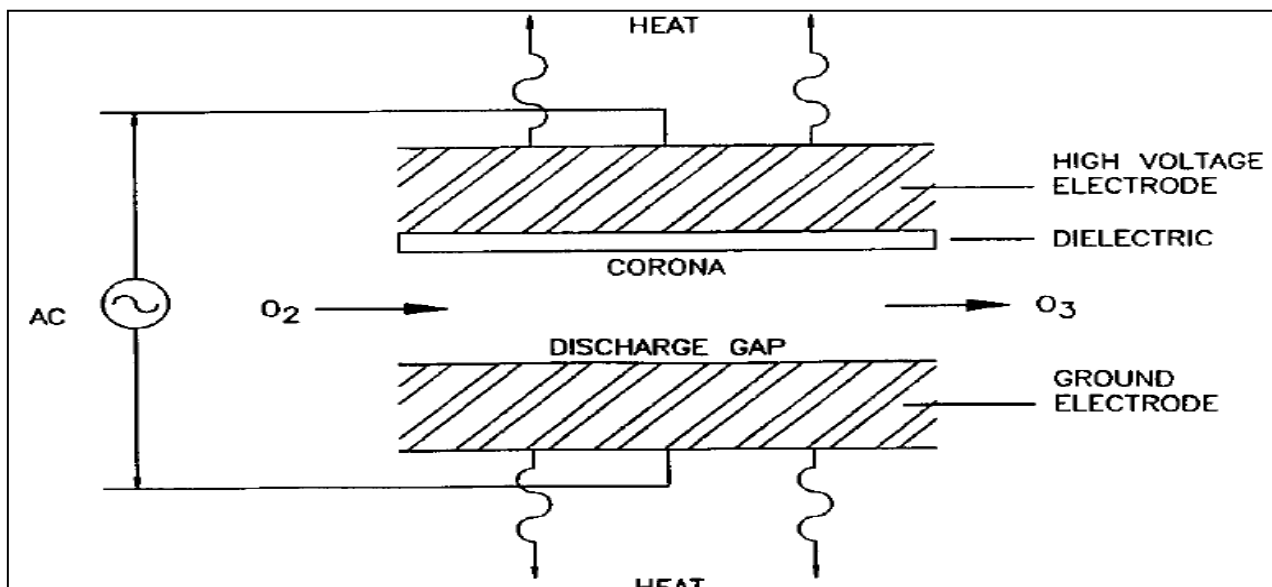
La funzione è sostanzialmente quella di agevolare la flocculazione, decomplessare i metalli, modificare la matrice organica e permettere una più agevole separazione delle alghe presenti. A differenza degli altri reagenti ossidanti normalmente utilizzati, l'ozono presenta il vantaggio di non produrre residui inorganici.

La normativa attuale e futura (Norme sull'utilizzo dei reagenti UNICHIM) non prevede particolari limiti d'uso se non nella fase finale di disinfezione (4 mg/l), consentendone l'impiego in preossidazione in funzione della stechiometria delle reazioni implicate.

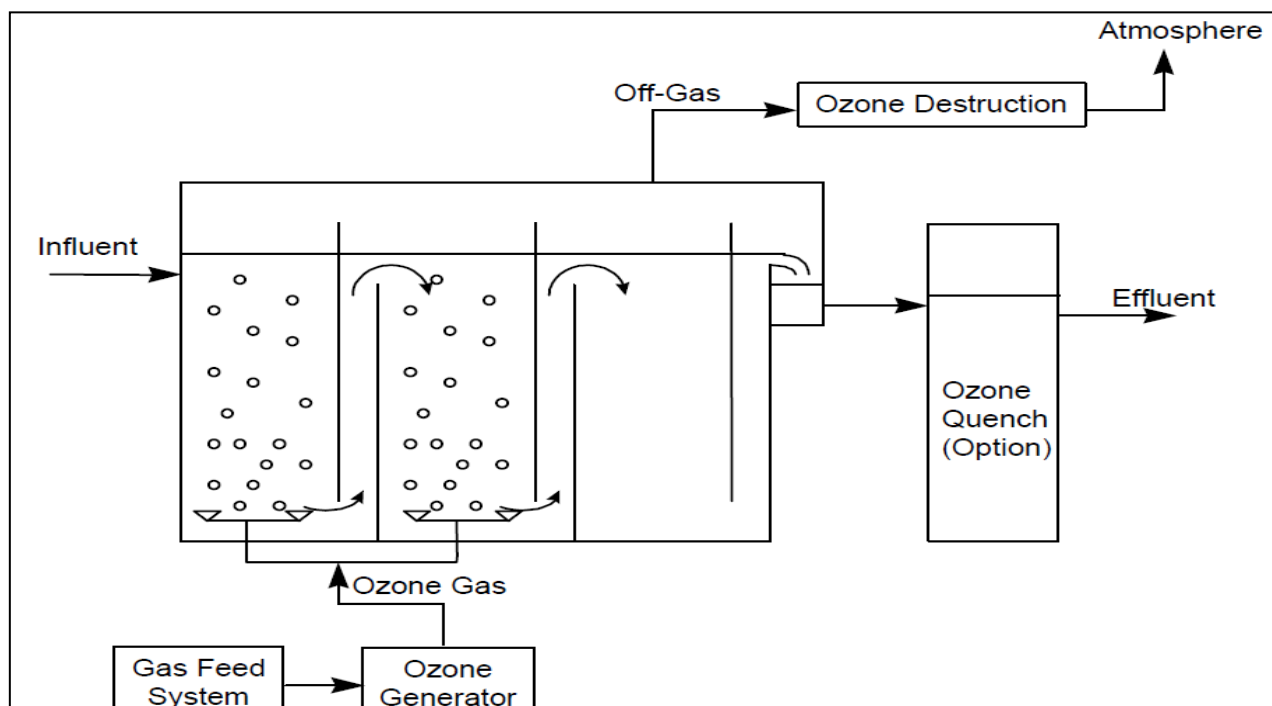
L'ozono è prodotto in speciali reattori dove una scarica elettrica attraversa o Ossigeno puro, o Aria essiccata, permettendo la trasformazione dell'ossigeno nella molecola reattiva di Ozono. La figura successiva rappresenta schematicamente il processo.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. 33 a 50

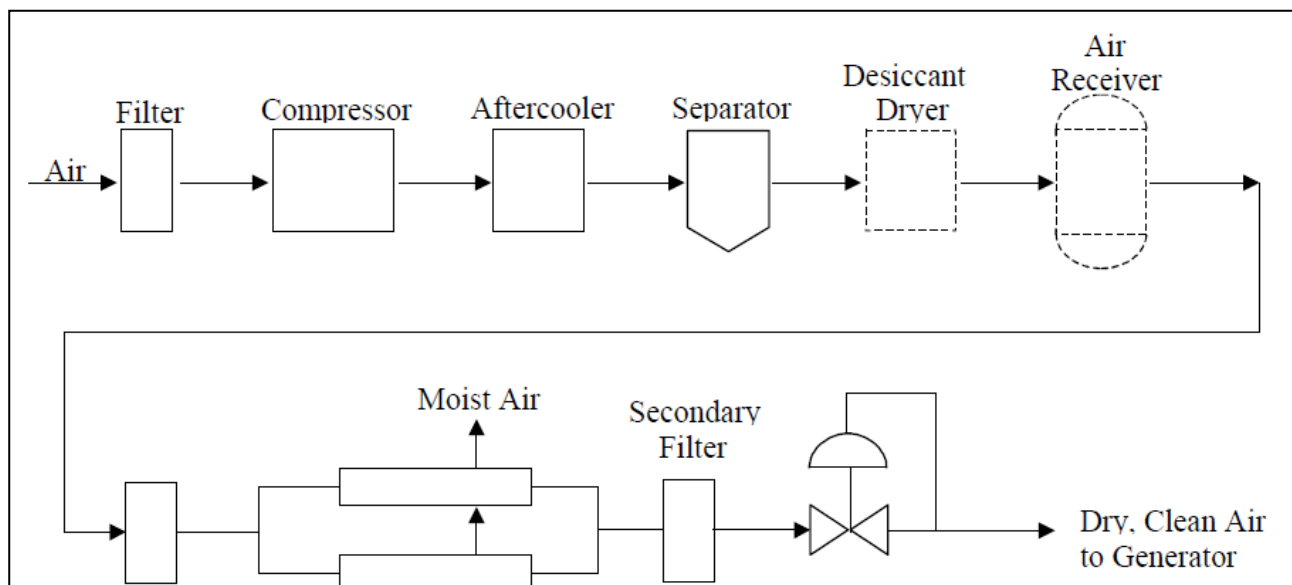


L'ozono viene dosato in apposite vasche di contatto chiuse, munite di un distruttore di ozono che deve evitare la fuoriuscita dell'ozono in atmosfera.



Nel caso l'ozono venga prodotto dall'aria questa deve essere opportunamente trattata per eliminare completamente l'umidità.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>34 a 50</b>



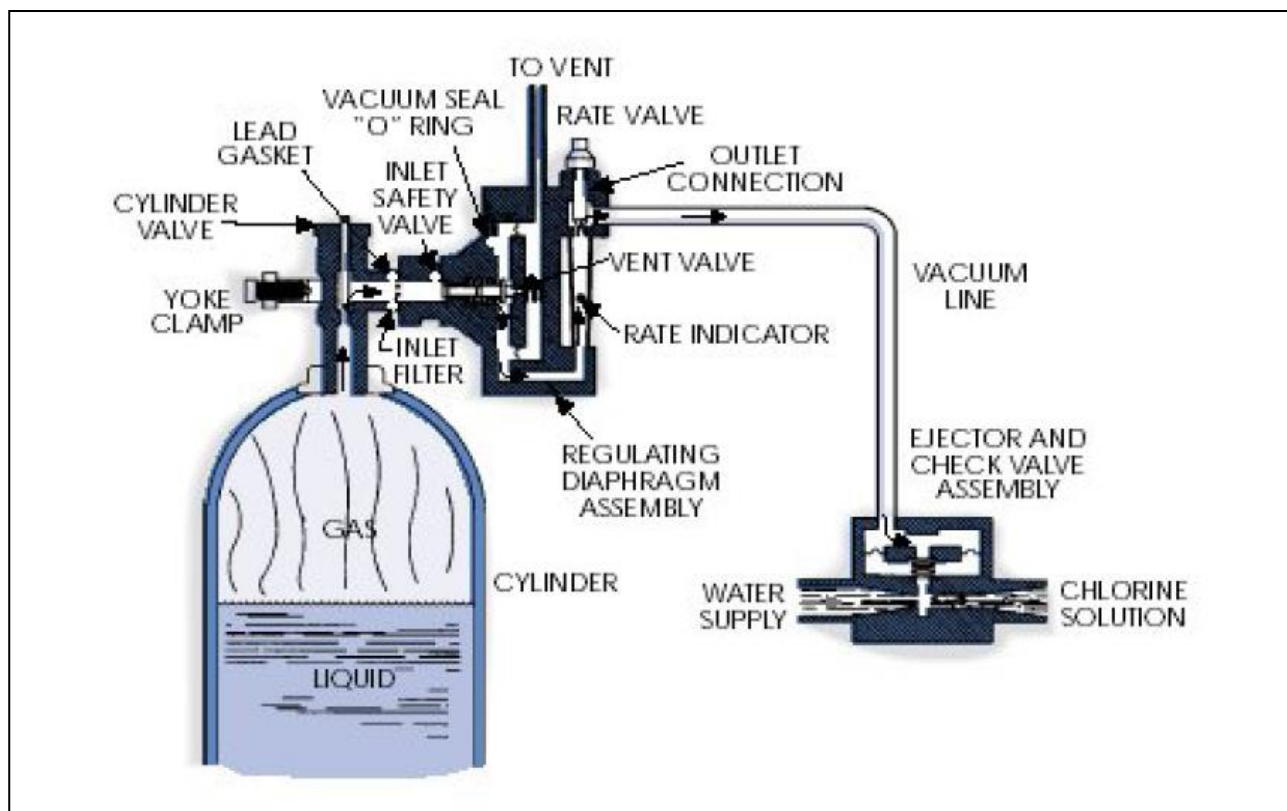
#### 4.3.4 Composti del Cloro

Negli impianti sardi non è più utilizzato il Cloro gas per i rischi connessi al suo stoccaggio e manipolazione. La figura successiva è un particolare di una bombola di gas cloro da 2 T, con il sistema di presa. L'utilizzo del cloro gas, per la sua elevata reattività è molto limitato, preferendo l'impiego dei Sali dell'acido ipocloroso come vedremo di seguito. È comunque utile rappresentare una tipica installazione del sistema di dosaggio del gas Cloro che prevede, oltre alle ovvie sicurezze, sistemi di misura volumetriche con flussimetri, una linea di trasporto con acqua di dissoluzione.

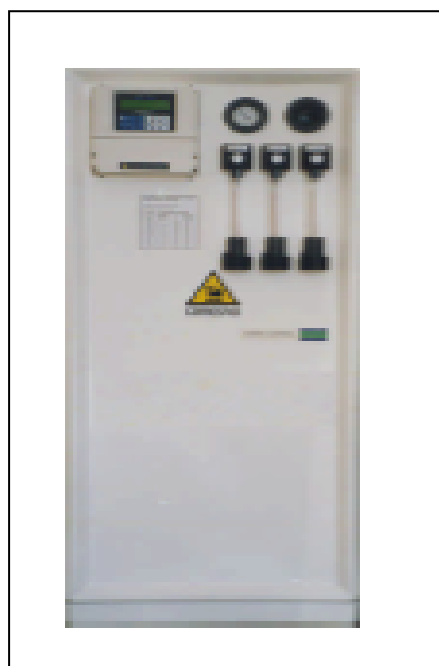


	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>35</b> a <b>50</b>

Il sistema di dosaggio e regolazione è rappresentato nella figura successiva; altri sistemi sono realizzati con installazioni in cabina.



L'impiego degli ipocloriti è sostanzialmente più sicuro dal punto di vista della manipolazione, in quanto la liberazione di gas in atmosfera è più contenuta,



avendo ben presente che deve essere evitata la miscelazione delle soluzioni di ipoclorito con acido. I sistemi di dosaggio delle soluzioni di ipoclorito sono alquanto semplici e prevedono l'impiego di classiche pompe dosatrici. I particolari dei sistemi di dosaggio saranno esaminati in una apposita sezione. Così come per l'Ozono, per il biossido di cloro occorre utilizzare un reattore per la produzione.

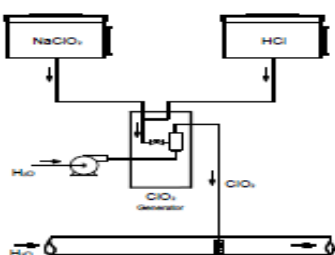
Il sistema di produzione più utilizzato prevede l'impiego di Clorito di Sodio ed Acido Cloridrico commerciali in soluzione acquosa, con reattori in depressione e/o in pressione a seconda del costruttore. La figura seguente rappresenta un tipico generatore di Biossido in depressione.

Nella figura successiva si rappresentano le diverse modalità

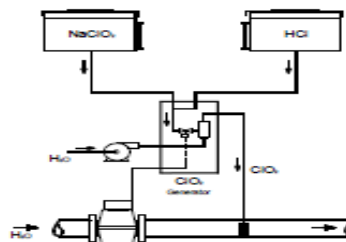
	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>36 a 50</b>

di dosaggio utilizzabili secondo il costruttore, che ovviamente devono essere lette come tipiche installazioni.

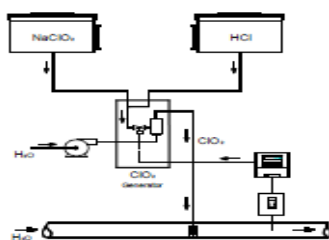
#### SISTEMI DI DOSAGGIO



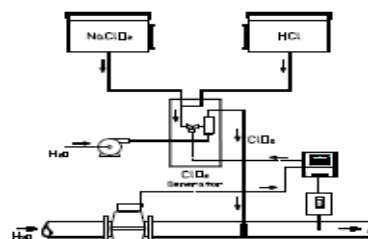
A. Impianto con portata e carico di sostanze ossidabili costante; regolazione manuale



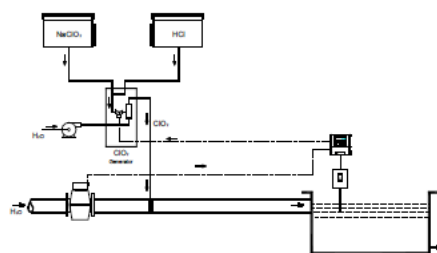
B. Impianto con portata variabile e carico di sostanze ossidabili costante; regolazione automatica in base alla portata



C. Impianto con portata costante e carico di sostanze ossidabili variabile ; regolazione automatica in base alla misura di biossido di cloro residuo



D. Impianto con portata e carico di sostanze ossidabili variabile ; regolazione automatica in base alla portata ed alla misura di biossido di cloro residuo.



E. Dosaggio in vasca di contatto; regolazione automatica in base alla portata, al biossido di cloro residuo; algoritmo speciale per tempo di contatto.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>37</b> a <b>50</b>

#### **4.4 determinazione del dosaggio richiesto e misura di quello residuo.**

La valutazione del dosaggio del preossidante, effettuabile in via preliminare sulla valutazione degli inquinanti presenti, deve essere confermata da prove che comportano la misura dell'ossidante residuo dopo un tempo di contatto definito.

Un eccesso di ossidante residuo oltre a risultare costoso, può anche essere dannoso per i rischi connessi alla produzione di sottoprodotti difficilmente eliminabili.

Il controllo del residuo dell'ossidante è da effettuare in laboratorio su un campione prelevato subito dopo l'immissione del reagente e verificato dopo il tempo stabilito.

L'impiego degli ossidanti nella disinfezione sarà oggetto di un apposito capitolo; in questa fase è importante aver chiari i concetti espressi in modo sintetico nelle sezioni precedenti e che riassumiamo:

- Gli inquinanti minerali presenti determinano un consumo certo di preossidante, valutabile dalla stechiometria della reazione;
- Gli inquinanti organici determinano un consumo variabile, da valutare con prove sperimentali;
- Un eccesso di preossidante può risultare pericoloso a causa dell'elevata reattività e per la formazione di sottoprodotti

Un dosaggio di preossidante in difetto rispetto alle esigenze reali può comportare il passaggio di metalli in forma ridotta nella fase di disinfezione con conseguente scadimento delle rese, e rendere l'acqua non conforme.

Le modalità di valutazione del dosaggio richiede la piena conoscenza dell'impianto in termini di grandezze fisiche, in modo da individuare in modo corretto il punto ottimale di campionamento per la verifica della resa della fase.

Convenzionalmente il controllo dell'ossidante residuo è effettuato a monte della coagulazione, di modo da appurare il completamento delle reazioni di ossidazione.

Le procedure da seguire per la valutazione del dosaggio devono comprendere:

- Accertamento dei tempi di residenza idraulica fra il punto di immissione ed il punto di campionamento dell'acqua;
- Stima del dosaggio sulla base degli inquinanti presenti;
- Preparazione di una soluzione a titolo noto dell'ossidante in uso;
- Dosaggio in bottiglie scure del volume di soluzione a titolo noto dell'ossidante che immetta i g/mc definiti dalle valutazioni preliminari;
- Misura dell'ossidante residuo al tempo 0 (dosaggio) ed al tempo di contatto "t" determinato sulla base della residenza idraulica verificata.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>38 a 50</b>

Se correttamente condotta la prova permetterà di individuare il campione con il dosaggio ottimale, evitando di effettuare continue regolazioni di dosaggio in campo.

Queste procedure sono particolarmente importanti in di assenza di strumentazione on line, Le misure dell'Ozono residuo, del Biossido di cloro residuo e del Cloro residuo possono essere effettuate con sistemi da campo col classico sistema del DPD.

Vi sono alcuni altri sistemi più dedicati e specifici che permettono di discriminare le singole specie di ossidanti quando dosati in sequenza e quindi si sospetta che vi possano essere residuo di entrambi.



Appena più complicato è il controllo del dosaggio del permanganato in quanto, come routine, non si effettuano analisi strumentali, ma basarci su osservazioni visive.

Come avremo modo di verificare in uno dei moduli nei quali è prevista una esercitazione su questo argomento, la valutazione del dosaggio del permanganato è effettuato proprio con la verifica visiva della scomparsa della colorazione rosa tipica del Permanganato.

La procedura da seguire è la seguente:

in un apparecchio per jar test devono essere posti 6 becher riempiti con l'acqua grezza da preossidare si agitano in continui i becher e si dosano in ciascuno di essi quantità note e cre-



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>39</b> a <b>50</b>

scenti di permanganato; al tempo "t" prefissato si verifica il dosaggio massimo che garantisce la scomparsa della colorazione rosa.

Nell'esempio seguente il campione è quello che ha ricevuto un dosaggio di 0,25 mg/l, che sarà quindi il dosaggio da impostare nel processo.

Jar #	KMnO4 ml	KMnO4 mg/l	Color
1	0,50	0,10	No rosa
2	0,75	0,15	No rosa
3	1,00	0,20	No rosa
4	1,25	0,25	No rosa
5	1,50	0,30	rosa
6	1,75	0,35	rosa

#### 4.5 Flocculazione. Flocculanti, jar test, valutazioni e misure.

**Significato della flocculazione:** la flocculazione è una delle fasi principali del trattamento e deve essere condotta in modo da ottimizzare l'uso dei reattivi per l'abbattimento dei metalli ossidati, delle sostanze organiche disciolte e del particolato presente.

Deve essere chiaro il concetto che la flocculazione avviene in due distinte fasi:

- la coagulazione nella quale avviene il processo di neutralizzazione delle cariche e la formazione dei micro fiocchi;
- la flocculazione che è il processo di crescita del fiocco propedeutico alla chiarificazione, che può avvenire con diverse modalità.

La coagulazione è un processo rapido che deve essere condotto avendo cura di dosare i reattivi nel giusto ordine evitando sovradosaggi che potrebbero compromettere i risultati della fase di processo di chiarificazione. Nella parte generale, anche con l'ausilio di alcune figure si è introdotto l'argomento che vedremo di dettagliare in questa sezione, anche senza entrare nel merito di complicate formule e calcoli.

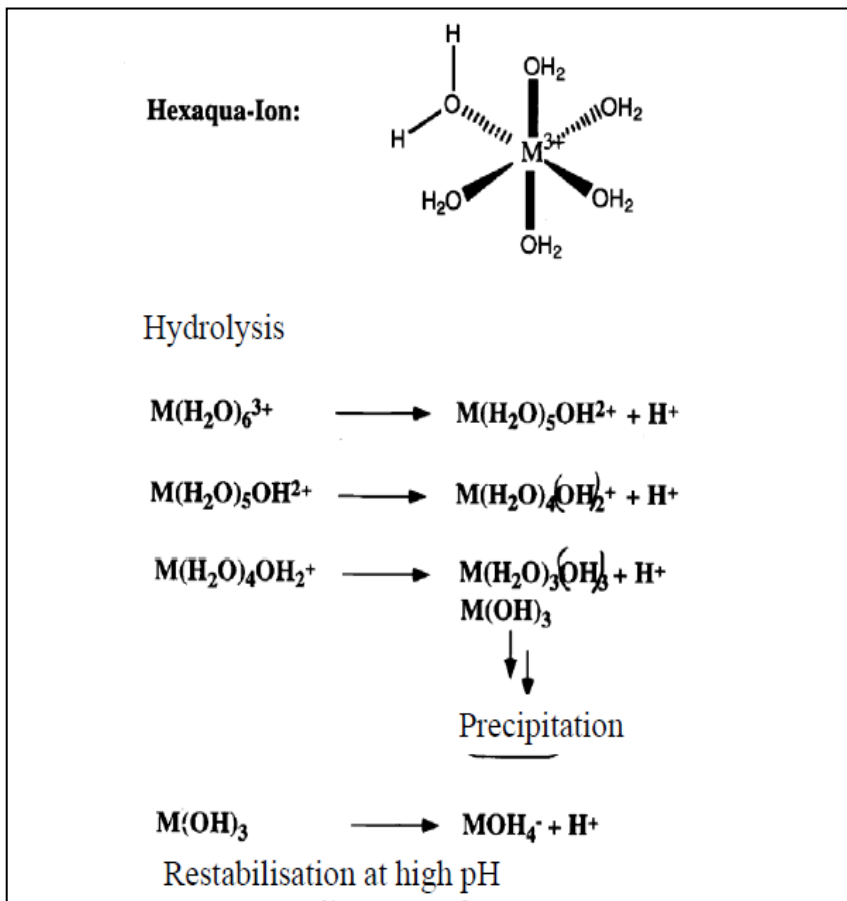
	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>40</b> a <b>50</b>

È comunque opportuno ricordare che nel processo di coagulazione l'obiettivo che ci poniamo è quello di annullare il Potenziale Z con l'impiego di reattivi, minerali e di sintesi, la cui caratteri-

stica principale è di avere un adeguato numero di cariche ioniche positive per annullare le cariche negative dei colloidi dispersi nell'acqua.

In tal modo si favorisce l'aggregazione dei colloidi che, formando i micro fiocchi che progressivamente si inglobano all'interno del fiocco tutti i composti ed impurezze non solubili o adsorbibili dal fiocco.

La figura fianco riportata riassume in pochi passi il processo, dove si vede il complesso del nostro flocculante con l'acqua viene destabilizzato producendo un idrossido caratterizzato da una bassissima solubilità entro



valori di pH definiti.

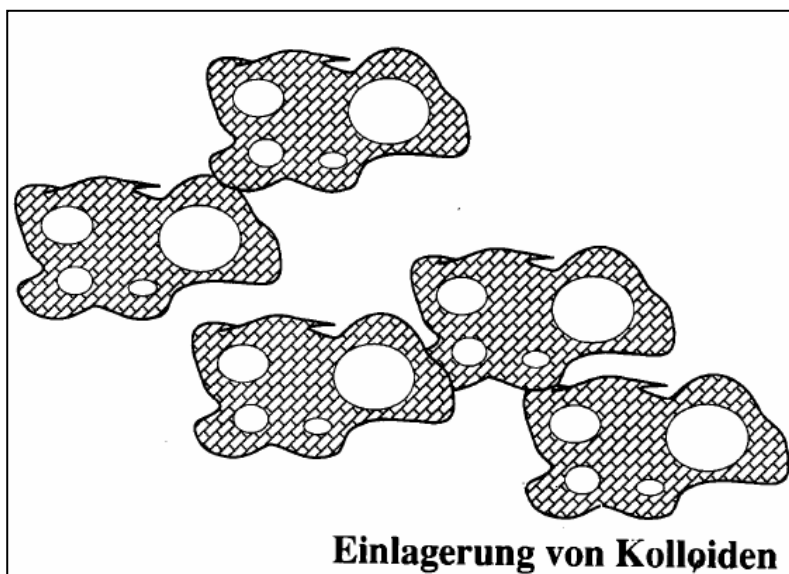
Come vedremo di seguito l'aggiunta dei flocculanti, che sono stabilizzati a pH fortemente acido, può provocare significative variazioni del pH nell'acqua che deve essere corretto per evitare di mantenere parte del metallo in soluzione.

La figura successiva mostra in modo semplificato le sequenze delle fasi che prevedono il dosaggio del flocculante, la sua idrolisi, l'aggregazione delle particelle in fiocchi, l'ingrossamento dei fiocchi.

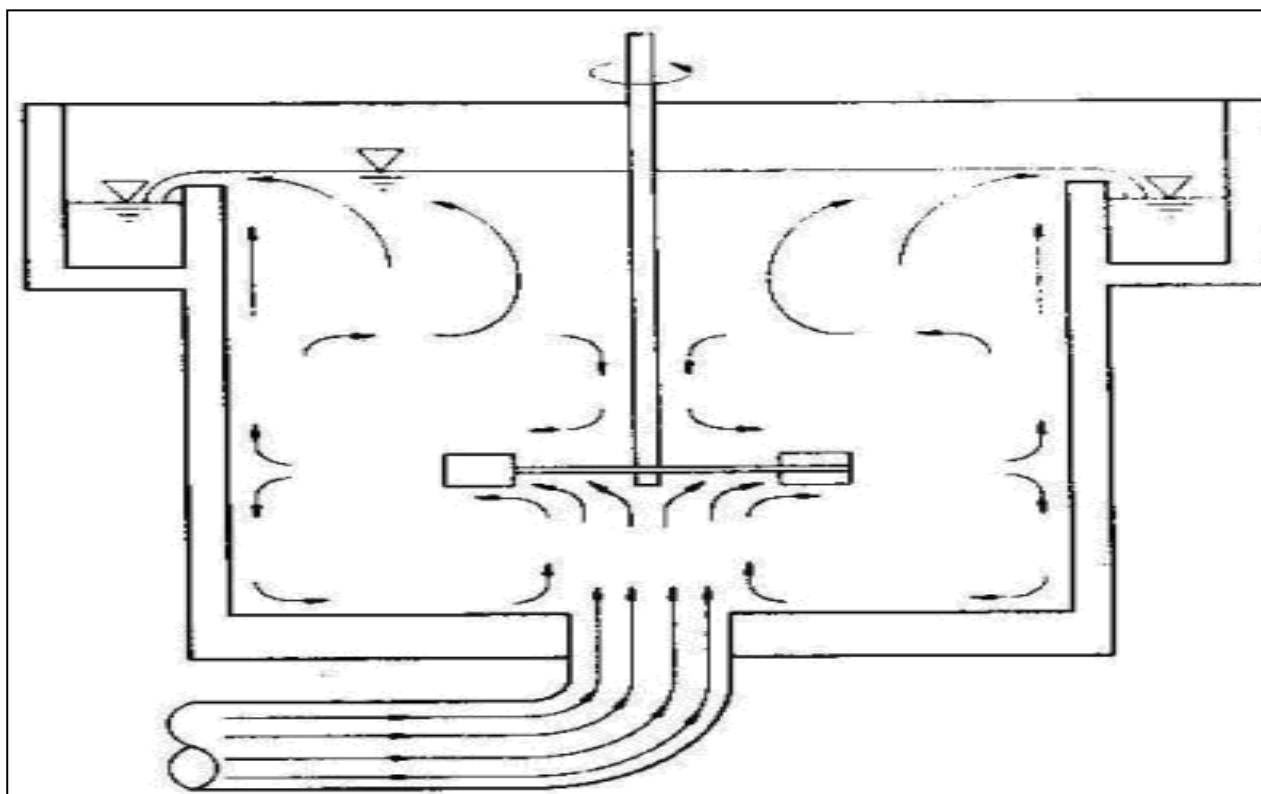
Come vedremo di seguito l'aggiunta dei flocculanti, che sono stabilizzati a pH fortemente acido, può provocare significative variazioni del pH nell'acqua che deve essere corretto per evitare di mantenere parte del metallo in soluzione.

La figura successiva mostra in modo semplificato le sequenze delle fasi che prevedono il dosaggio del flocculante, la sua idrolisi, l'aggregazione delle particelle in fiocchi, l'ingrossamento dei fiocchi.





La figura successiva rappresenta un tipico sistema di miscelazione rapida nel quale avviene il dosaggio del flocculante, prima dell'immissione nel flocculatore, o come vedremo, nella zona di flocculazione dei sistemi combinati.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>42</b> a <b>50</b>

### **Significato di pH e sua importanza nella flocculazione**

Il controllo del pH è fondamentale per una corretta coagulazione e flocculazione, in quanto i reattivi utilizzati e la reattività di questi con i microinquinanti risente direttamente del pH, in termini di microcariche presenti (vedi potenziale Z), e solubilità del flocculante (essenzialmente a base di alluminio) ai diversi pH.

L'efficacia della coagulazione, soprattutto nell'abbattimento delle sostanze organiche, risente direttamente del pH di lavoro che deve essere quindi ottimizzato con verifiche di laboratorio. L'impiego prevalente dei sali di Alluminio impone un preciso controllo e regolazione del valore del pH, che deve essere mantenuto in un intervallo ristretto compreso fra il valore di 6,8 e 7,2, per garantire oltre all'ottimale destabilizzazione anche il minimo valore di solubilità dell'Alluminio.

Il dosaggio dei sali metallici deve essere anch'esso controllato per evitare che il  $\phi z$  possa andare verso campi positivi, ristabilizzando i colloidi ed impedendo la formazione del fiocco.

Il controllo della destabilizzazione è normalmente manuale e basato su frequenti controlli in laboratorio della flocculazione tramite prove di jar test, al fine di verificare il corretto dosaggio dei reattivi, ma può essere condotto anche con uno specifico apparecchio che permette il controllo automatico del dosaggio di flocculante.

#### **4.5.1 Reagenti, flocculanti utilizzati ,apparecchiature necessarie per il dosaggio: funzionamento e manutenzione**

Il processo di chiarificazione, pur nella varietà dei sistema adottati, necessita quindi dell'impiego di reagenti chimici che:

- Provvedano ad annullare il  $\phi z$ ;
- Agevolino la nucleazione dei fiocchi;
- Coadiuvino l'ingrossamento dei fiocchi per garantire una sufficiente coerenza.

La natura essenzialmente organica di origine umica delle sostanze indesiderate presenti nell'acqua grezza, e la periodica presenza di microalghe tendono ad inibire la flocculazione, imponendo l'impiego combinato di reagenti.

Una prima azione destabilizzante e flocculante viene comunque svolta dalle sezioni a monte ed in particolare dalla preozonazione, che grazie all'azione ossidante modifica la distribuzione e la natura delle cariche dei colloidi dispersi e svolge una specifica azione di rottura e modifica delle sostanze umiche, permettendo una sensibile riduzione dei dosaggi di flocculante necessari per la destabilizzazione. Anche il Permanganato, oltre a svolgere un'azione destabilizzante, inizia il processo di nucleazione dei fiocchi anche di notevole dimensione e coerenza.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>43</b> a <b>50</b>

Per il dimensionamento dei sistemi di dosaggio, si ipotizza il funzionamento nelle condizioni peggiori di torbidità e non considerando l'azione delle sezioni a monte, difficilmente riconducibili ad un modello matematico, ma verificabili solo sul campo.

La riduzione e l'ottimizzazione dei dosaggi sarà quindi attuata in base alle verifiche svolte durante la conduzione dell'impianto.

I reagenti previsti per il trattamento sono normalmente:

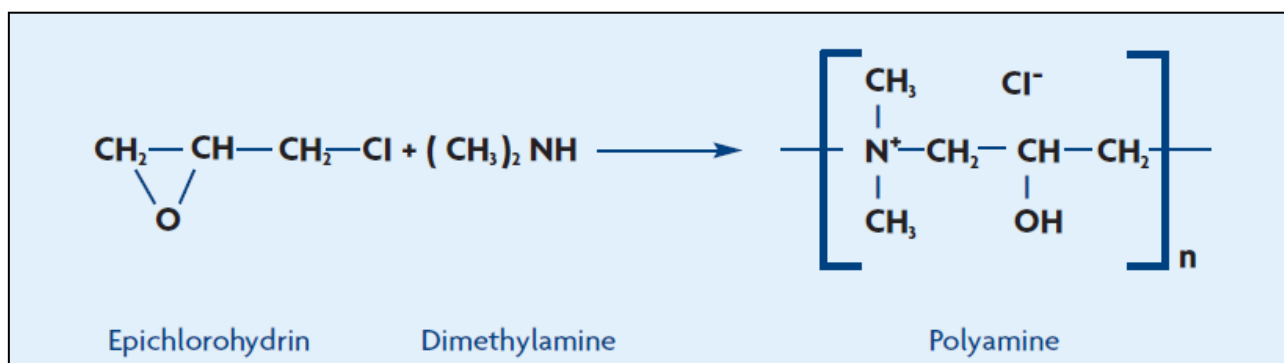
- Poli idrossi cloruro di Alluminio o Solfato di Alluminio (Flocculante primario) e Poliammina
- Soda Caustica al 25 % p/p (Correttore di pH)
- Calce idrata in soluzione (1,5% p/V) (correttore di pH)

Si descrivono di seguito i singoli sistemi di stoccaggio e dosaggio utilizzati.

Il Policloruro di Alluminio è un polimero stabilizzato in soluzione acquosa con titolo minimo in  $Al_2O_3$  del 10%, caratteristiche tecniche e merceologiche, compreso il grado di impurezze, conformi alla scheda UNI CE vigenti.

Il prodotto viene dosato con normali pompe dosatrici a pistone, membrana o peristaltiche. Il problema principale di questo reattivo è la stabilità nel tempo in quanto tende a depolimerizzare producendo un corpo di fondo insolubile nel serbatoio.

La poliammina per la sua azione flocculante primaria, in associazione con sali di Alluminio o meno, per la sua spiccata azione algicida, per il controllo del biofouling nelle vasche aperte e per la notevole riduzione del volume finale del fango è correntemente utilizzata in diverse real-



tà ed previsto il suo impiego anche negli impianti sardi.

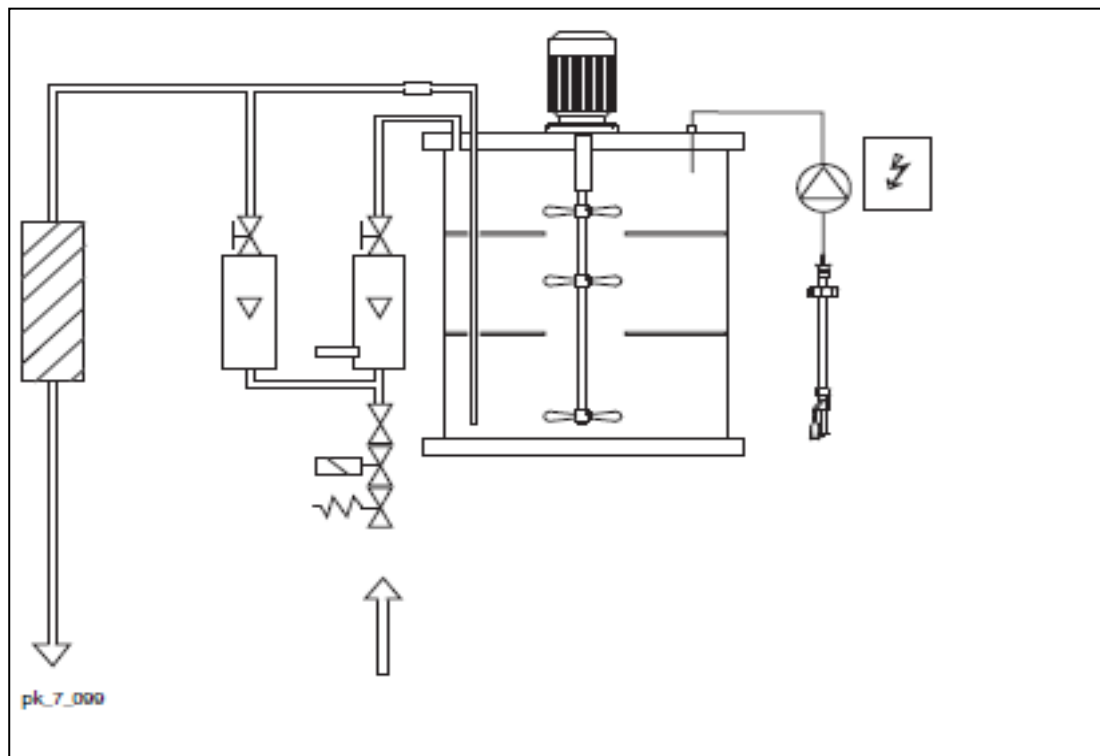
Il prodotto è stato inserito nelle schede UNI CE regolamentandone l'impiego. La soluzione commerciale del prodotto contiene una percentuale P/P del 50% di prodotto attivo, e presenta una densità a 20°C di circa 1,2 g/ml. Deve essere preventivamente diluita per renderne possibile un dosaggio agevole.

Per il dosaggio della soluzione si prevede quindi una preventiva diluizione in un serbatoio intermedio, installato entro una vasca di contenimento all'interno della quale sono contenute le taniche da 1 mc di prodotto base.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>44</b> a <b>50</b>

Il sistema di diluizione del prodotto commerciale sarà costituito da un impianto completamente automatico in grado di preparare una soluzione, alla concentrazione del 5% in prodotto attivo.

Il sistema di diluizione è rappresentato schematicamente nella figura successiva.



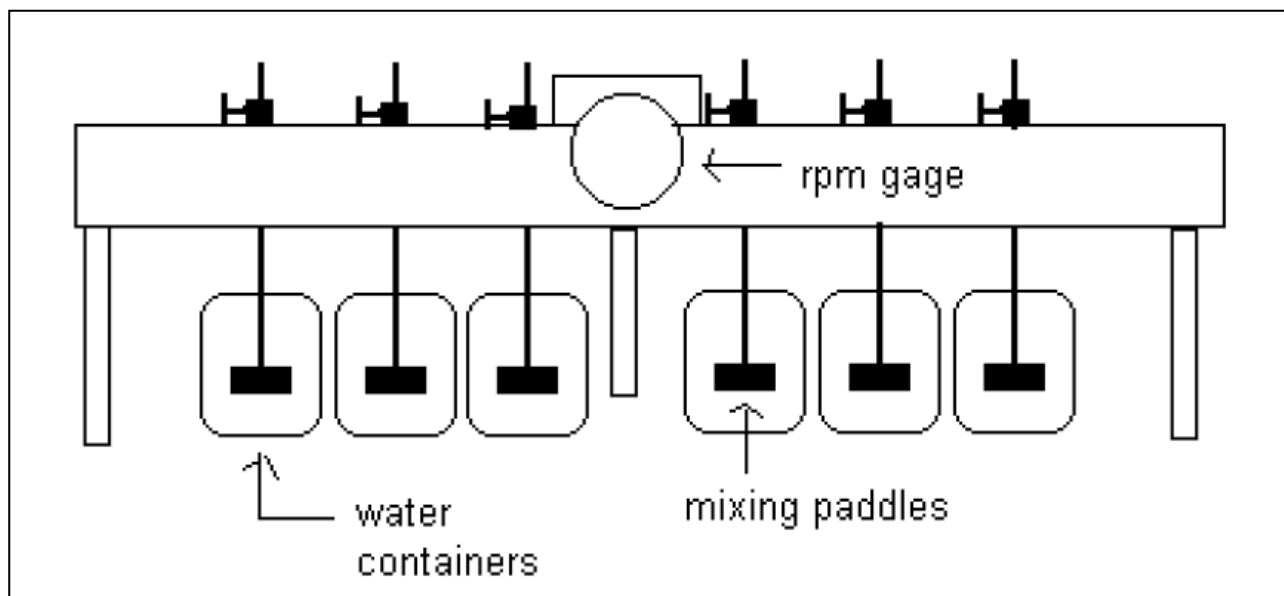
Le attività connesse alla gestione dei sistemi di dosaggio devono comprendere:

- l'ispezione cadenzata delle tenute e delle linee di dosaggio per accertare l'assenza di perdite di prodotto;
- la verifica dei dosaggi con le modalità descritte precedentemente;
- lo smontaggio periodico delle testate di dosaggio delle pompe a pistone e membrana per il lavaggio e la verifica delle tenute;
- la sostituzione periodica dei tubi delle pompe peristaltiche.
- determinazione del dosaggio richiesto: descrizione di una prova Jar test. Valutazione dei risultati

La valutazione del dosaggio dei flocculanti, a prescindere che esso sia minerale o di sintesi, richiede necessariamente un passaggio nel laboratorio dell'impianto per verificare il dosaggio ottimale sia del flocculante che del correttore di pH.

È la cosiddetta prova Jar Test, che si effettua comparando i risultati di prove parallele di flocculazione e decantazione.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>45</b> a <b>50</b>



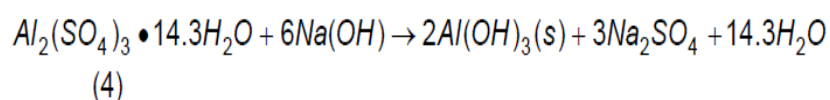
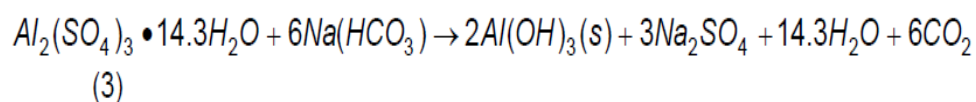
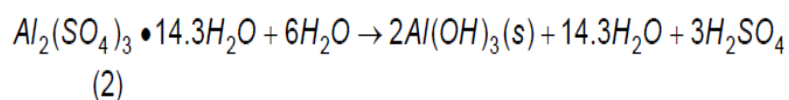
Per l'esecuzione della prova si deve utilizzare l'acqua preossidata, le cui caratteristiche di flocculabilità sono ovviamente differenti da quelle delle acque grezze.

Si devono utilizzare per la prova:

- becher puliti e non colorati;
- pipette per il dosaggio del flocculante e del correttore di pH;
- pH-metro;
- soluzione commerciale del flocculante in uso;
- soluzione diluita di soda caustica.

Prima di effettuare il Jar Test per la valutazione della prova, è opportuno accertare in una prova preliminare la variazione di pH provocata dal flocculante in modo da effettuare nella prova di Jar Test un dosaggio di correttore di pH adeguato in tempi rapidi.

Le reazioni riportate di seguito anticipano il motivo per il quale si ha una diminuzione di pH, e questo a prescindere dal fatto che la soluzione del nostro flocculante è a pH 2, essendo stabilizzato in soluzione acida.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>46</b> a <b>50</b>

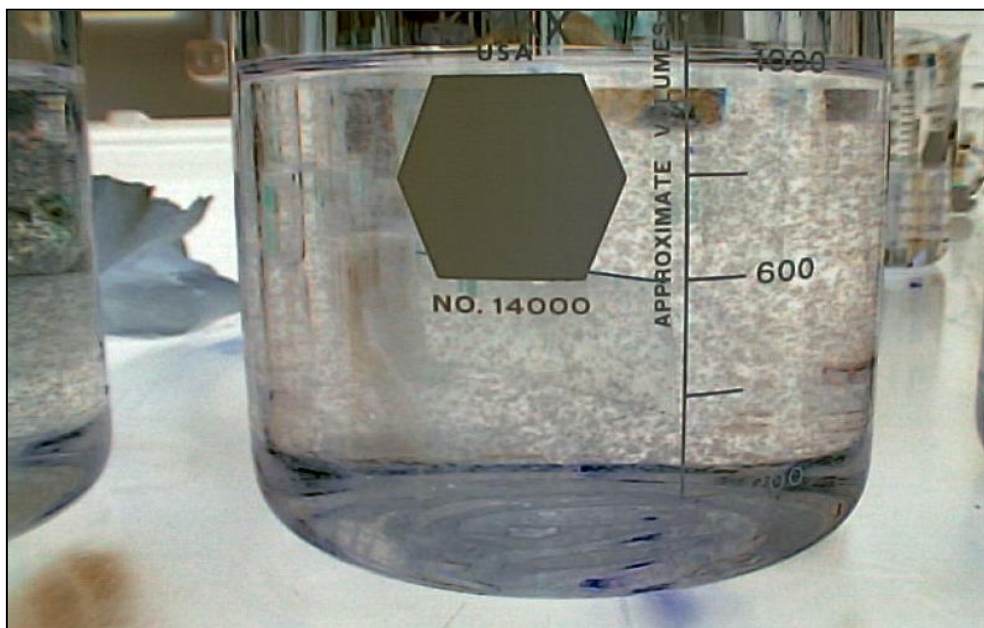
I reattivi devono essere dosati simulando i tempi dell'impianto, si avrà quindi:

- fase di miscelazione rapida - 1 minuto (100 rpm)
- fase di miscelazione lenta- 15 minuti (20 rpm)
- decantazione - 30 minuti

Initial Turbidity = ? NTU - 0.1 N		Alum - g/L		Buffer		
Beaker	Alum (ml)	Buffer (ml)	Turbidity (NTU)	pH-Before	pH-After	Temp. °C

Le informazioni ed i valori dei dosaggi, comprese la valutazione sull'aspetto dei fiocchi devono essere registrate su fogli di lavoro, come rappresentato ad esempio da un foglio semplificato come quello riportato nell'immagine seguente.

La prova se ben condotta deve portare alla visibilità delle condizioni di impianto esistenti, ed a fornire indicazioni adeguate sui dosaggi da impostare.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>47</b> a <b>50</b>

#### **4.5.2 misurazioni del dosaggio: correlazione flocculante/correttore di pH.**

Come specificato precedentemente, il processo di destabilizzazione e flocculazione richiede il controllo e la regolazione del pH entro campi abbastanza ristretti, normalmente compresi fra i valori di 6,9 e 7,2 unità, al fine di garantire la minima solubilità dell'alluminio utilizzato come flocculante primario. In casi eccezionali, per agevolare la flocculazione e la separazione delle sostanze organiche, risulta più funzionale abbassare leggermente il pH anche se nella pratica i campi di pH prima indicati si mostrano sempre idonei alla corretta gestione del processo.

Le acque da trattare presentano valori di pH oscillanti e con particolari andamenti stagionali, mostrando anche valori di pH nettamente alcalini e superiori a 8.

Le concentrazioni di metalli alcalino terrosi riscontrate è peraltro indice, a tali valori di pH, di un adeguato potere tampone, che non permette il raggiungimento del pH di minima solubilità dell'alluminio con la sola acidità contenuta nel flocculante.

Viceversa, nei casi in cui il pH è prossimo alla neutralità, il dosaggio del flocculante porta a discreti scostamenti verso campi di pH acidi.

È quindi essenziale per la corretta conduzione della destabilizzazione e flocculazione, provvedere al dosaggio sia di reagenti alcalini che acidi, in modo da permettere in ogni condizione, il raggiungimento dei valori di pH ottimali.

I reagenti normalmente impiegati sono:

- idrossido di Calcio (calce) in soluzione acquosa
- idrossido di Sodio (soda caustica) in soluzione acquosa

La soda viene utilizzata normalmente in emergenza, in quanto economicamente svantaggiosa rispetto a quest'ultima. La calce viene preferita oltre che per il minor costo anche per l'azione diretta verso la correzione dell'aggressività.

Gli impianti di dosaggio prevederanno per la soda un normale stoccaggio in serbatoio di vetroresina ed il dosaggio tramite pompa peristaltica.

La calce, trattandosi di un reagente in polvere, deve essere stoccata in un apposito silos, immessa tramite coclea in un serbatoio agitato di dissoluzione, e dosata tramite pompa monovite.

Per ridurre i classici problemi di occlusione delle tubazioni di trasporto verrà prevista la preparazione di una sospensione al 5% P/V.

##### ➤ Calce idrata

Il reagente dovrà essere conforme alle prescrizioni tecniche della scheda UNICHIM B-5 Ed. 0/94, presenterà quindi una percentuale di sostanza attiva non inferiore all'84% ed un peso specifico apparente di circa 0,6 g/ml.



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>48</b> a <b>50</b>

Il dosaggio per la destabilizzazione viene determinato valutando l'acidità immessa dal flocculante primario previsto, oltre all'alcalinità necessaria per la precipitazione dell'alluminio come idrossido, nell'ipotesi che il flocculante sia presente come normale sale non polimerizzato.

Tale dosaggio viene considerato come dato medio, non essendo possibile conoscere l'effettivo valore di acidità da neutralizzare, funzione delle mutevoli caratteristiche dell'acqua in trattamento.

Il valore determinato stechiometricamente sul volume di flocculante viene quindi aumentato del 100%, demandando l'effettivo dosaggio di prodotto alla regolazione automatica della pompa tramite segnale derivato da un misuratore di pH on line.

Per la valutazione del dosaggio si considera quindi il dosaggio di  $x$  l/h di flocculante a pH 1, che introduce in un metro cubo di acqua circa 0,1 equivalenti di  $H^+$  per litro di flocculante, oltre a:

$$\frac{x \text{ l/h} \times 1,2 \times 0,1 \times 1000}{101,94} = \text{eq Al}^{+++}$$

3

Il peso di calce necessario per neutralizzare tali equivalenti è di:

$$x \text{ l/h} \times 1,2 \times 0,1 \times 74/2 = \text{grammi di Ca(OH)}_2 \text{ per neutralizzare l'acidità libera}$$

$$\text{e di: eq Al}^{+++} \times 74/2 = \text{grammi di Ca(OH)}_2 \text{ per precipitare l'Al}$$

da cui si determina il dosaggio in kg/h di calce complessivo, che sarà dato dalla somma di:

$$\frac{\text{grammi di Ca(OH)}_2 \text{ per neutralizzare l'acidità libera} + \text{grammi di Ca(OH)}_2 \text{ per precipitare l'Al}}{100}$$

$$\frac{1000}{84}$$

che corrisponde ad un dosaggio di:

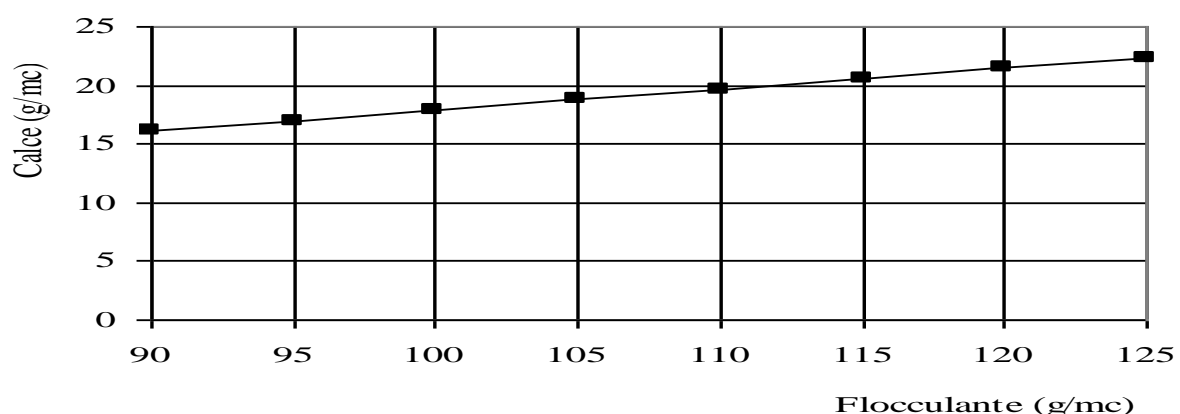
$$\frac{\text{kg/h}}{\text{l/s} \times 3,6} \times 1000 = \text{g/mc}$$

$$\text{l/s} \times 3,6$$

Tale valore potrà oscillare in base alle caratteristiche dell'acqua (potere tampone, acidità e basicità) dipendenti dalle variazioni stagionali ed al dosaggio di flocculante.

La variazione imputabile al dosaggio del flocculante è illustrata nel grafico seguente:

Dosaggio flocculante



	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>49</b> a <b>50</b>

Si assume quindi come capacità massima di dosaggio il valore ottenuto moltiplicato per un fattore 2, e minima il 10% di tale valore.

Ipotizzando di preparare una sospensione di calce con concentrazione del 5% (50 g/l), il volume di trasporto sarà di:

$$\text{kg/h} \times 1000 = 50 \text{ l/h}$$

#### ➤ Soda caustica

Per dimensionare il sistema di dosaggio della Soda Caustica si è considerata la concentrazione d'uso del prodotto al 25% P/P, con peso specifico di circa 1,27 g/ml.

Il prodotto puro da dosare viene calcolato con la stessa procedura utilizzata per la calce, ottenendo quindi un dosaggio orario per linea di:

$$\text{l/h} \times 1,2 \times 0,1 \times 40 = \text{grammi di NaOH per neutralizzare l'acidità libera}$$

$$\text{e di: eq Al}^{+++} \times 40 = \text{grammi di NaOH per precipitare l'Al}$$

da cui si determina il dosaggio in kg/h di Soda complessivo, che sarà dato dalla somma di:

$$\frac{\text{grammi di NaOH per neutralizzare l'acidità libera} + \text{grammi di NaOH per precipitare l'Al}}{100} \times$$

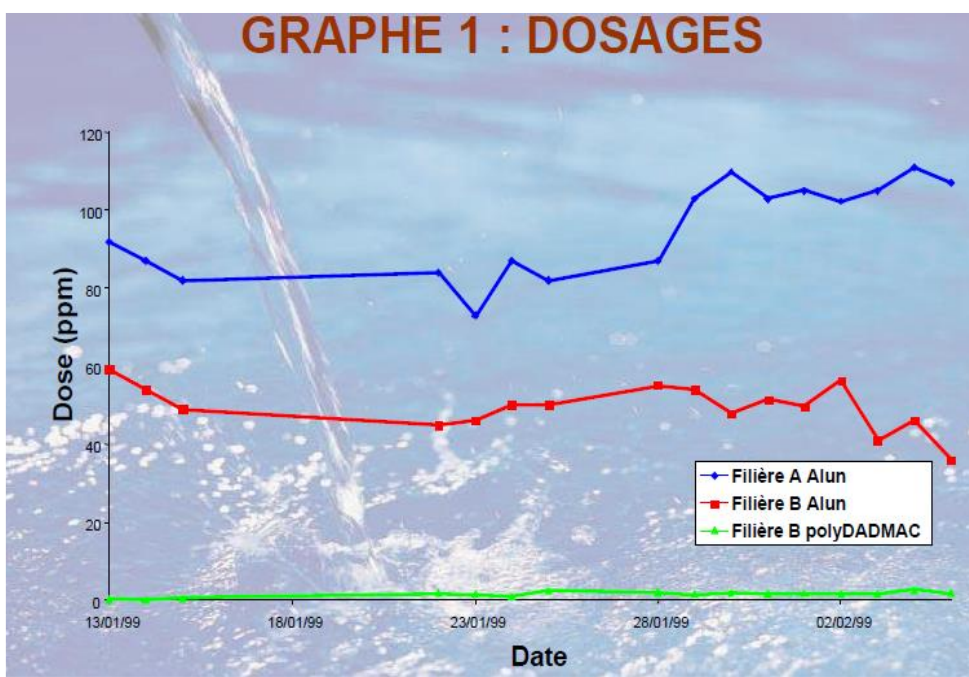
$$\frac{1000}{25}$$

pari a :

$$\frac{\text{kg/h} \times 1000}{\text{l/h} \times 3,6} = \text{g/mc}$$

Analogamente a quanto previsto per la calce, anche per la Soda il sistema di dosaggio dovrà essere in grado di dosare prodotto in eccesso ed in difetto rispetto a quello calcolato, per far fronte alle mutevoli caratteristiche delle acque.

Per concludere questa sezione approfondiamo l'aspetto legato al dosaggio del correttore di pH,

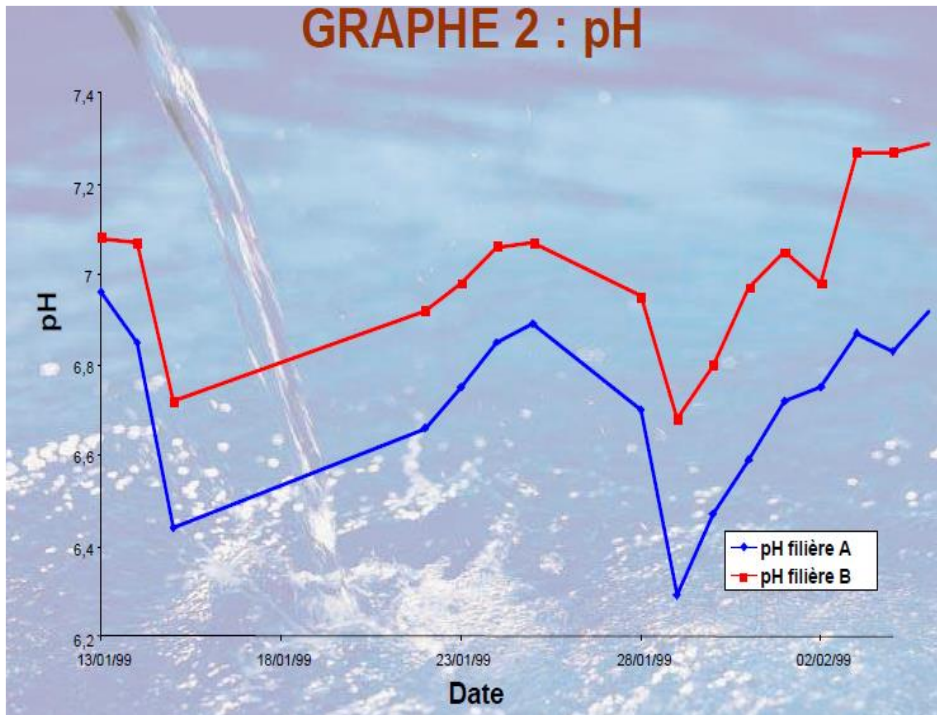


non sempre necessario.

La figura fianco riportata è riferita ad un esempio di impiego combinato di flocculante minerale e flocculante organico.

	<b>NOZIONI DI POTABILIZZAZIONE GENERALITA'</b>	Settore Complesso Potabilizzazione
		<b>MODULO II</b>
		Pag. <b>50</b> a <b>50</b>

La figura successiva evidenzia come le oscillazioni di pH siano maggiori proprio con l'impiego del solo flocculante minerale.



da noi effettuato.

Ricordando che per i flocculanti minerali il range di pH per la flocculazione è ristretto ed estremamente importante, si capisce l'importanza delle rilevazioni di questo parametro, ma soprattutto l'attenzione che deve essere posta nell'anticipare i possibili scostamenti legati ai dosaggi di reattivo