

## **PRODOTTI E CICLI PER IL TRATTAMENTO CHIMICO FISICO DELLE ACQUE REFLUE**

### **INTRODUZIONE**

Come è noto nel settore della produzione e della lavorazione di manufatti vengono impiegate delle soluzioni chimiche aventi lo scopo di decapare, sgrassare, mordenzare, convertire, ecc. le superfici da rivestire.

Queste soluzioni, con il loro progressivo utilizzo, invecchiamo caricandosi di inquinanti, sali e sottoprodotti di reazione e quando il carico di composti estranei supera un certo limite la soluzione esausta deve essere scaricata e quindi ricambiata parzialmente o totalmente.

Parallelamente, nella massima parte dei casi, ad ogni stadio di trattamento segue una fase di risciacquo la cui acqua deve essere continuamente ricambiata per consentire l'adeguato svolgimento del risciacquo stesso.

Tradizionalmente sia le acque di risciacquo in esubero che le soluzioni di lavoro esauste venivano depurate e scaricate.

Oggi l'orientamento si sta progressivamente spostando verso l'utilizzo di tecnologie cosiddette di "minimizzazione degli sprechi" che tendono a lavorare con l'obiettivo di rigenerare le soluzioni di lavoro, evitandone così l'esaurimento, e di riciclare le acque di risciacquo evitando il consumo di ingenti quantitativi di acqua.

I trattamenti chimico-fisici tradizionali coprono tuttavia ancora una voce importante nelle soluzioni di processo adottate e, nella relazione che segue, ne prenderemo in esame i principi di funzionamento.

A completamento della relazione verranno quindi brevemente descritte anche le tecnologie a basso spreco che hanno trovato o che stanno trovando impiego nel settore.

## *CAPITOLO I*

### **DEPURAZIONE DEI REFLUI**

Nel settore specifico la depurazione de reflui viene compiuta essenzialmente con unità di trattamento di tipo chimico fisico.

In queste unità le acque di risciacquo vengono addizionate degli eventuali bagni esausti, preventivamente stoccati in serbatoi, e neutralizzate con soda caustica o con latte di calce.

Il ciclo di depurazione generalmente si compone delle seguenti fasi di trattamento:

- aggiunta di un coagulante
- neutralizzazione
- aggiunta di un flocculante
- decantazione e separazione dei fanghi
- disidratazione dei fanghi e scarico delle acque

A contorno dell'impianto base come descritto il ciclo, in alcuni casi, può richiedere alcuni ulteriori trattamenti, quali ad esempio:

- disoleazione preliminare dei bagni di sgrassaggio
- riduzione preliminare del cromo esavalente a cromo trivalente
- filtrazione finale dell'acqua depurata su letti di sabbia per fermare eventuali fiocchi che non dovessero decantare nel chiarificatore
- correzione finale del pH (ove fosse necessario eseguire la neutralizzazione a pH elevati)
- aggiunta di agenti adsorbenti quali carboni attivi o bentoni (per abbattere sostanze organiche e/o tensioattivi)
- passaggio finale su letto di carboni attivi (per adsorbire eventuali fuoriuscite di sostanze organiche e/o tensioattivi) o su resine a scambio ionico (per eliminare eventuali residui salini)
- eventuale aggiunta di additivi per il controllo della precipitazione di alcuni inquinanti

Di seguito verranno descritti brevemente i fondamenti di alcuni dei processi sopra descritti.

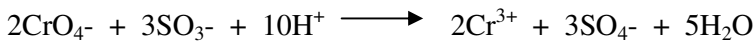
## 1\_ TRATTAMENTI PRELIMINARI

### 1 a RIDUZIONE DEL CROMO ESAVALENTE

Per potere essere eliminato con gli altri ioni metallici il cromo esavalente deve subire un pretrattamento di riduzione a trivalente, tale da abbattere la concentrazione di ione esavalente sotto i limiti imposti dalle tabelle vigenti.

Diversi riducenti risultano adatti allo scopo, il più utilizzato è il risultato è il bisolfito di sodio, seguono il solfato ferroso e il solfuro di sodio.

La riduzione con bisolfito avviene secondo la reazione:



Lo studio della velocità di reazione ci rivela una dipendenza del pH come mostrata nella tabella.

<b>PH</b>	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
<b>MINUTI</b>	0,1	0,5	5,0	30,0	60,0	200,0

Tempo di completamento al 99%

In pratica, per avere una discreta velocità che permetta un dosaggio automatico, si opera a pH circa 2.

Quando si effettua l'aggiunta di reattivo è importante inoltre ricordarsi che è necessaria una quantità superiore rispetto allo stechiometrico in quanto una parte di esso viene consumato dall'ossigeno e da altre sostanze riducibili disciolte in soluzione.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto si può stimare a questo proposito che si necessitano circa 35 ppm di reattivo espresso come SO<sub>2</sub>

Va sottolineato che è preferibile impiegare bisolfito di sodio (NaHSO<sub>3</sub>), poiché l'uso del biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) comporta seri pericoli di tossicità per l'ambiente.

## **1 b DISOLEAZIONE DEI BAGNI DI SGRASSATURA**

Quando è stata trattata la preparazione delle superfici si è visto che i pezzi, tra le altre cose, necessitano di una sgrassatura che ha il compito di asportare olii, grassi, paste di lucidatura, polvere e sfridi di ogni genere.

L'efficienza di un bagno di sgrassaggio diminuisce notevolmente con l'aumentare del tenore di contaminanti in esso immessi durante la lavorazione.

Periodicamente diventa indispensabile la sostituzione e quindi la depurazione dei bagni esausti.

Tralasciando i bagni di sgrassatura a solvente, che non possono venire scaricati in nessun caso e che quindi vanno smaltiti integralmente (o rigenerati), ci occuperemo dei più comuni bagni acquosi che, prima di venire scaricati, devono essere sottoposti a neutralizzazione e a depurazione da saponi, tensioattivi, fosfati, olii e grassi in emulsione e da particelle solide in sospensione.

Solitamente la depurazione prevede una prima rottura dell'emulsione con allontanamento degli olii e dei grassi e una successiva eliminazione degli altri agenti inquinanti dopo miscelazione con le diverse soluzioni da trattare.

A questo proposito possiamo aggiungere che essendo presenti in concentrazioni molto basse, per i saponi e i tensioattivi è solitamente sufficiente la suddetta miscelazione per arrivare a valori inferiori a quelli imposti dalle tabelle.

Anche gli olii e i grassi in emulsione potrebbero venire allontanati nella fase di precipitazione dei metalli pesanti, ma in pratica risulta conveniente eliminarli prima, in quanto tendono a sporcare la strumentazione e le apparecchiature e ad ostruire le tubazioni, rendendo difficoltosa l'estrazione dei fanghi.

Difficoltosa risulterebbe anche la disidratazione dei fanghi che assumerebbero una consistenza cremosa e che sporcherebbero le tele filtranti.

I metodi che permettono la depurazione di emulsioni oleose prevedono due operazioni fondamentali:

- rottura dell'emulsione
- separazione dell'olio liberato

Queste operazioni si attuano in pratica con i seguenti sistemi:

- rottura per aggiunta di acido
- rottura per aggiunta di Sali
- rottura per aggiunta di polimeri (es. poliammidi, poliammide, ecc)
- disoleazione per aggiunta di prodotto disemulsionante – adsorbente (es. bentoniti + carboni attivi)
- rottura per ultrafiltrazione

Nella scelta del metodo appropriato è utile ricordarsi che non è necessario arrivare ai limiti imposti dalle tabelle, ma è sufficiente ottenere una concentrazione abbastanza bassa da non dare fastidio nei trattamenti successivi.

La diluizione con le altre soluzioni e la coprecipitazione di parte degli olii residui con gli idrossidi metallici permettono poi l'abbattimento fino a concentrazioni inferiori ai valori consentiti.

## **2\_ TRATTAMENTI ESSENZIALI**

### **2 a ELIMINAZIONE DEI METALLI PESANTI**

Dopo aver eventualmente eliminato gli olii e ridotto i cromati a cromo trivalente si prosegue con la miscelazione dei bagni.

Una caratteristica comune a tutti gli ioni dei metalli pesanti è la loro capacità di formare idrossidi insolubili in acqua che si separano dalla soluzione per precipitazione.

Ciascun metallo, in forma di idrossido, ha una sua caratteristica solubilità in funzione del pH della soluzione.

Dalle loro intersezioni con le curve di solubilità si possono ricavare i valori limite teorici degli intervalli di pH a cui bisogna operare per mantenere la concentrazione di ciascun metallo al di sotto dei limiti di accettabilità.

E' pertanto sufficiente regolare il pH della soluzione al valore ottimale e realizzare un appropriato sistema di sedimentazione per raggiungere le migliori condizioni per la separazione metallo-soluzione.

La precipitazione degli idrossidi viene effettuata principalmente con calce o con soda caustica.

La calce ha il difetto di generare quantitativi di fanghi maggiori, ma il vantaggio di aumentare l'efficienza di sedimentazione, riducendo così i volumi dei fanghi stessi prodotti e migliorando la filtrabilità.

L'uso di calce diventa necessario quando si richiede l'eliminazione di fosfati (presenti nei bagni di fosfatazione e, spesso, di sgrassatura), di fluoruri (presenti nei trattamenti su leghe di alluminio) e di solfati (presenti in alcuni bagni di decapaggio).

## **2 b COAGULAZIONE – FLOCCULAZIONE – SEDIMENTAZIONE**

Le particelle che si formano durante la precipitazione spesso appaiono di natura colloidale o comunque sedimentabili molto lentamente.

E' quindi necessario intervenire alterando le forze che tengono separate le particelle permettendo la formazione di aggregati o fiocchi che sedimentino in tempi più brevi.

L'alterazione delle forze che tendono a tenere disperse le particelle si ottiene con l'aggiunta di opportune sostanze chimiche.

L'insieme del fenomeno di precipitazione delle sostanze colloidali idrofobe in una sospensione acquosa, si distingue perciò nelle seguenti fasi:

- coagulazione dovuta alla variazione delle forze elettrostatiche ottenuta per aggiunta di un elettrolita
- flocculazione dovuta a forze di tipo Van der Waals
- sedimentazione (chiarificazione) dovuta a forze di gravità.

I vari processi vengono aiutati con una debole agitazione per mezzo di pale che ruotano lentamente e con l'aggiunta di ausiliari di coagulazione per favorire l'accrescimento del fiocco.

Tralasciando gli aspetti puramente teorici del meccanismo alla base dei processi di coagulazione – flocculazione ci interessiamo principalmente dei diversi prodotti che possono essere efficacemente impiegati come coagulanti, sia di natura organica che di natura inorganica.

Il potere coagulante di questi prodotti aumenta con l'aumentare del rapporto carica/raggio dello ione e quindi vengono considerati agenti coagulanti quegli elettroliti che possiedono un tale rapporto elevato.

I sali di ferro e alluminio sono stati i primi prodotti impiegati come agenti coagulanti e ancora oggi trovano una larga diffusione soprattutto nelle seguenti forme:

- Solfato di Alluminio  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

Si trova in commercio sotto forma di granuli e di polvere con un titolo di  $Al_2O_3$  intorno al 17%.

Ha buona azione coagulante a pH intorno alla neutralità e da un precipitato bianco fioccoso di idrato che ha composizione diversa a seconda del pH al quale si opera.

Come per tutti i sali di alluminio occorre prestare attenzione alla possibilità di ridissoluzione a pH basici.

- Cloruro basico di alluminio (alluminio policloruro)

E' un cloruro basico di alluminio con formula approssimata  $[Al(OH)Cl_2]_5$  e con titolo in  $Al_2O_3$  intorno all'11%.

Rispetto al solfato di alluminio ha un potere coagulante superiore in quasi tutti i casi; può essere utilizzato in campi di pH da 6 a 8,5.

- Alluminato di sodio  $Na_2Al_2O_4$

Ha un titolo in  $Al_2O_3$  intorno al 53% e viene spesso usato in miscela con il solfato di alluminio; forma fiocchi di idrato di alluminio che sono caricati negativamente, al contrario di quelli del solfato di alluminio che sono caricati positivamente.

- Cloruro ferrico  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$

Viene venduto sia in cristalli che in soluzione concentrata; è un prodotto largamente usato sia per il suo buon potere coagulante, migliore di quello del solfato di alluminio in quasi tutti i casi, sia per il suo basso costo, avendo come base un sottoprodotto del decapaggio delle lamiere di ferro con acido cloridrico.

Agisce in un campo di pH che va da 4 a 10; ha lo svantaggio di essere molto corrosivo e di dar luogo a colorazioni, se usato in leggero eccesso.

- Solfato ferroso  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

E' venduto sotto forma di cristalli deliquescenti che si ottengono come sottoprodotto della produzione del biossido di titanio pigmento e del decapaggio delle lamiere di ferro con acido solforico.



Nell'impiego si ha formazione di idrossido ferroso che in presenza di ossigeno passa a idrossido ferrico più insolubile; viene impiegato in un campo di pH che va da 8 a 11.

- poliammide

Vengono usate da sole o miscelate con altri composti coagulanti.

Hanno il vantaggio, che si contrappone ad un più elevato costo, di produrre un fango più compatto e disidratato.

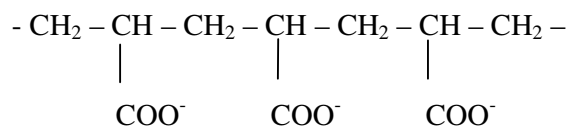
Una volta formato il cosiddetto coagulo, per accelerare il processo di sedimentazione del precipitato, viene poi dosato un agente flocculante.

Questo è generalmente costituito da un polielettrolita organico che ha lo scopo di agglomerare i coaguli in fiocchi di maggiori dimensioni.

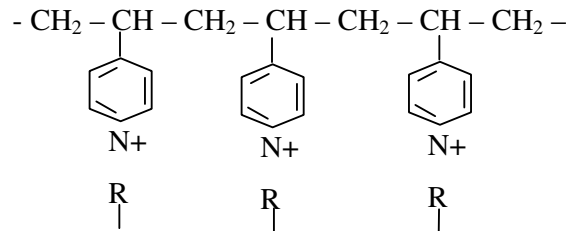
I polielettroliti possono essere divisi in due gruppi a seconda di come agiscono:

- quelli che hanno un carattere fortemente ionico e che con la loro carica neutralizzano la carica della particella, riducendo così le forze di repulsione che impediscono alle particelle di aggregarsi
- quelli che per la lunghezza delle catene polimeriche possono dar luogo a fenomeni di adsorbimento con le particelle.

I polielettroliti possono avere cariche negative come gli acidi poliacrilici:



o possedere cariche positive come i sali quaternari del polivinilpiridinio:



Poiché solitamente le particelle sospese hanno carica negativa, si usano generalmente polielettroliti cationici; però si cerca anche di avere molecole con forte potere adsorbente e questo è ottenibile introducendo alcuni gruppi specifici, come per esempio i gruppi ammidici.

In questo caso si avrà che i gruppi ionizzabili saranno attratti dalla superficie delle particelle e nello stesso tempo le molecole di polielettroliti daranno luogo ad adsorbimento delle particelle.

Per facilitare l'adsorbimento, occorre che le molecole di polielettrolita rimangano nella soluzione distese, senza pericolo di arrotolamento su se stesse; questo si ottiene introducendo nella catena polimerica gruppi con cariche alternativamente di segno opposto. Queste lunghe catene funzionano da ponti leganti entro i fiocchi che si formano, favorendo la loro aggregazione.

Accanto agli agenti coagulanti veri e propri, come già accennato, si hanno gli ausiliari di coagulazione; si tratta di prodotti che permettono un aumento della velocità di flocculazione, una diminuzione delle quantità di agente coagulante, ed un aumento del campo di pH. Spesso vengono aggiunti per avere fanghi più densi e più facilmente disidratabili.

Si impiegano come ausiliari: silice attivata, bentonite e silicoalluminati di origine natura e sintetica.

Per una completa messa a punto di un processo di coagulazione, occorre procedere con una serie di prove di laboratorio per determinare il tipo di prodotti più adatti, il loro dosaggio, la velocità di sedimentazione, l'optimum di pH, la densità e filtrabilità dei fanghi e altre variabili che possono dipendere dalle caratteristiche dell'acqua da trattare e dal tipo di impianto.

Gli impianti di coagulazione sono costituiti da apparecchi di miscelazione dell'agente coagulante e degli ausiliari con l'acqua da trattare, dall'apparecchio di coagulazione/flocculazione e dal chiarificatore.

Mentre la miscelazione deve avvenire in breve tempo per omogeneizzare i coagulanti, la flocculazione, come già detto, deve avvenire con agitazione molto lenta in modo che i fiocchi possano aggregarsi tra di loro senza depositarsi sul fondo dell'apparecchio.

La sedimentazione, che è la fase più lunga del processo, deve avvenire in apparecchi che permettono ai fanghi di depositarsi e di spillare in superficie un'acqua chiarificata, cioè priva di sostanze in sospensione; la sedimentazione può avvenire in bacini statici o in chiarificatori muniti di lenta agitazione che portano i fanghi ad addensarsi sul fondo.

Questa operazione consente la separazione dei solidi sospesi sfruttano la loro diversa densità rispetto a quella delle acque di rifiuto.

Queste vengono solitamente fatte defluire in continuo in apparecchi di decantazione, con una velocità inferiore a quella di caduta dei solidi sospesi nel mezzo acquoso.

Tale velocità di caduta è basilare per il proporzionamento degli apparecchi, e per particelle molto fini in grado di cadere liberamente è valutabile dalla legge di Stokes.

Nella pratica, per ottenere una buona sedimentazione, occorre far sì che la resistenza del mezzo sia la più bassa possibile e che non si abbia turbolenza eccessiva sia a causa del flusso dell'acqua sia per motivi convettivi dovuti a variazioni di temperatura.

Il flusso dell'acqua può essere ascendente, quando l'alimentazione della torbida è fatta dal basso del bacino, orizzontale quando l'acqua entra da una parte ed esce dalla parte opposta e radiale nei bacini circolari alimentati al centro.

In condizioni di sedimentazione discontinua, cioè quando la sospensione viene introdotta nel decantatore e lasciata a sé, lo strato limpido aumenta con il tempo sino a che sul fondo si raccoglie uno strato ispessito ove sono raccolte le particelle che erano in sospensione.

Nel caso invece di sedimentazione continua, la sospensione viene alimentata in continuo; in questo caso per allontanare il solido sospeso si deve dare un sufficiente tempo di permanenza, cioè il tempo impiegato dalla particella per cadere sul fondo non deve essere superiore al tempo necessario all'acqua per attraversare il decantatore.

I più usati sono i decantatori circolari a fondo conico, in cui l'acqua entra al centro, senza creare turbolenza ed il liquido esce da una canaletta perimetrale, nella quale stramazza per troppo pieno e i decantatori lamellari che presentano il grande vantaggio di possedere ridotte dimensioni di ingombro.

### **3 TRATTAMENTI FINALI EVENTUALI**

Spesso a questo punto, prima di procedere con lo scarico vengono effettuati dei trattamenti finali che hanno lo scopo di abbattere le ultime tracce di sostanze inquinanti e particelle solide ancora eventualmente presenti. Questi trattamenti non sono sempre necessari ma possono prevenire eventuali mal funzionamenti dei processi a monte.

Le operazioni possibili sono: aggiunta di coadiuvanti di precipitazione, filtrazione, eluizione su resine a scambio ionico e eluizione su carboni attivi.

Inoltre, come ultimo stadio, può essere richiesta una correzione finale del pH, ovvero una neutralizzazione.

#### **3.a COADIUVANTI DI PRECIPITAZIONE**

Alcuni componenti possiedono, nelle condizioni in cui viene effettuato il trattamento delle acque, una solubilità tale da lasciare in soluzione una concentrazione prossima ai valori limiti imposti allo scarico.

Tale situazione si approva quando dovessero essere presenti ioni che interferiscono nei processi di precipitazione che possono andare dal semplice ione sodio a composti che generano veri e propri complessi solubili.

Per risolvere il problema vengono utilizzati degli additivi specifici che creano dei composti maggiormente insolubili con le sostanze da abbattere.

Come esempi possiamo citare i composti a base di sali di bario per abbattere solfati, ferro e alluminio per eliminare tracce di fluoruri e/o fosfati e di composti contenenti zolfo per eliminare tracce di nichel.

#### **3.b FILTRAZIONE**

La filtrazione ha essenzialmente lo scopo di eliminare le eventuali particelle solide rimaste in sospensione.

L'operazione consiste in un passaggio o su letti di sabbia e/o altri materiali quali ad esempio antracite, ossidi di ferro, materiali plastici, pomici oppure attraverso reti metalliche o tele.

Se si considera un letto filtrante si vede che il risultato migliore lo si ottiene facendo percolare la soluzione attraverso materiali a granulometria decrescenti in modo da permettere a tutto il filtro di lavorare.

In questo modo però, durante l'operazione di controlavaggio, si arriva ad avere un rimescolamento delle differenti granulometrie.

Si può ovviare a questo problema utilizzando materiali a differenti densità che mantengano la stratificazione voluta.

Solitamente, comunque, i letti sono di sola sabbia a granulometria crescente e solo il primo strato lavora mentre i successivi fungono semplicemente da supporto.

Il passaggio dell'acqua può avvenire da basso verso l'alto o, più frequentemente, dall'alto verso il basso per gravità sotto pressione.

In altri tipi di filtri, per migliorare il lavaggio, si insuffla aria da appositi ugelli insieme all'acqua. Ripulito il filtro questo entra nuovamente in servizio, il letto filtrante viene cambiato quando, nonostante i lavaggi, non si raggiunge una sufficiente portata di acqua.

L'azione filtrante è dovuta alla adesione delle particelle sospese ai granuli dello strato filtrante per mezzo delle forze molecolari di attrazione e delle forze di doppio strato elettrico.

L'impiego di particolari materiali al posto o in unione alla sabbia, migliora l'attrazione e l'adesione delle particelle al mezzo filtrante. Il basso costo di esercizio fa preferire la filtrazione su strati a quella con filtri meccanici, che avviene con apparecchiature non molto dissimili da quelle tradizionali impiegate per la filtrazione di molti prodotti.

### **3.c SCAMBIO IONICO**

Il trattamento si basa sulla capacità di alcuni composti naturali o artificiali di scambiare stechiometricamente ed in maniera reversibile gli ioni in essi contenuti con quelli presenti, anche in forte diluizione, nella soluzione da trattare.

Si impiegano generalmente sia resine anioniche che resine cationiche per allontanare rispettivamente gli eventuali anioni e cationi che risultassero ancora in eccesso rispetto ai limiti consentiti.

A questo proposito è utile ricordare che i metalli pesanti vengono fermati dalle resine anioniche se presenti sotto forma di complessi o composti anionici.

Un controllo periodico delle concentrazioni dei vari ioni permette di seguire il grado di esaurimento della resina e di poter procedere con la rigenerazione quando necessario.

La fase di rigenerazione viene effettuata con una quantità di rigenerante in eccesso rispetto allo stechiometrico e fornisce una soluzione concentrata da smaltire.

### **3.d ADSORBIMENTO SU CARBONI ATTIVI**

L'eliminazione delle ultime tracce di sostanze organiche viene effettuata per adsorbimento su carboni attivi (in alcuni casi si possono utilizzare anche silicoalluminati, silice, polimeri ed altre sostanze ad elevato sviluppo superficiale).

L'acqua da trattare viene percolata su letti del materiale adsorbente, generalmente si usano colonne riempite con il materiale granulare, similmente a quanto si fa con le resine scambiatrici.

Si usa anche passare l'acqua su filtri contenenti uno strato di adsorbente del tipo già visto per la filtrazione su sabbia.

### **3.e CORREZIONE DEL PH**

Per ultimo, infine, una eventuale adeguata correzione del pH (necessaria quando il pH usato in fase di precipitazione lo impone) permetterà di scaricare l'acqua con le caratteristiche imposte dalla legge.

Il riutilizzo delle acque viene solitamente evitato per l'elevata salinità introdotta, soprattutto con i processi di depurazione.

La salinità elevata, infatti, oltre a compromettere la bontà delle finiture crea spesso dei problemi per la successiva depurazione dei bagni esausti in cui si vengono a sommare gli ioni provenienti dai vari stadi di trattamento (esempio solfati e cloruri) rendendo difficoltoso il loro abbattimento sotto i limiti consentiti.

Un parziale riutilizzo può invece risultare spesso un buon compromesso.

## **4 TRATTAMENTI E SMALTIMENTO FANGHI**

I fanghi in uscita dal sedimentatore possiedono un contenuto molto limitato di sostanze secche essendo costituiti per più del 98% da acqua.

Dal momento che il loro smaltimento avviene generalmente tramite il ritiro da parte di ditte specializzate e risulta perciò molto oneroso, diventa economicamente vantaggiosa una riduzione del quantitativo dell'acqua contenuta.

Si succedono a tale proposito un trattamento di ispessimento e uno successivo di essiccamento (o disidratazione).

### **4.a ISPESSIMENTO**

L'ispessimento ha lo scopo di ridurre il quantitativo di acqua e di fornire un provvisorio bacino di stoccaggio per i fanghi nel caso che l'unità di disidratazione non sia in funzione (ad esempio durante la sostituzione degli elementi filtranti) o in ogni caso quando lo scarico dal chiarificatore avvenga in continuo.

Questa operazione viene attuata mediante semplici bacini di decantazione o attraverso appositi apparecchi muniti di raschiatori rotanti che, smuovendo e rompendo il fango, allontanano le bolle di gas e l'acqua contenuta nei fiocchi.

### **4.b ESSICAMENTO O DISIDRATAZIONE**

Il fango dopo ispessimento viene passato alla fase di essiccamento, che si può attuare tramite filtro pressatura, filtrazione su sacchi drenanti, centrifugazione, filtrazione sotto vuoto ecc..

Il filtro pressa è il più comunemente utilizzato nella disidratazione di questo tipo di fanghi poiché generalmente è costruito per trattare piccole quantità, è semplice da utilizzare e produce una torta asciutta (30-35% di secco) e facilmente asportabile.

I fanghi vengono pompati dall'ispessitore nel filtro, la tela di polipropilene trattiene i solidi mentre la porzione liquida filtrata viene riconvogliata al trattamento primario o scaricata se possiede le adeguate caratteristiche.

Dopo un certo tempo (2-4 h) le camere della pressa sono completamente piene della torta che viene quindi scaricata.

Il costo operativo che maggiormente incide nell'impiego di un filtro a pressa è la periodica sostituzione degli elementi filtranti, la cui vita dipende dal numero di cicli di pressatura per anno e dall'aggressività e abrasività dei fanghi.

Dal momento che le tele sono di polipropilene si può effettuare periodicamente una loro pulizia per immersione in acidi senza danneggiarle.

*CAPITOLO II*

**UNITA' DI MINIMIZZAZIONE DEGLI SPRECHI**

“Ciclo chiuso”; “Scarico zero”; “Riciclo totale”.

Sempre più queste parole stanno entrando a fare da cornice nel linguaggio degli operatori del settore della verniciatura industriale.

Purtroppo però, come comunemente accade in un mercato relativamente nuovo in cui non operi un'azienda leader che lo condizioni (nel bene o nel male), esiste ancora un po' di confusione.

Questa confusione, già insita nella novità, viene ulteriormente alimentata da quegli impiantisti da me già più volte definiti come “avventurieri”, che hanno facile presa sul cliente quando propongono cicli risolutivi estremamente semplici e soprattutto economici.

Lo scopo di questa relazione non è quello di suggerire il ciclo “migliore” ma semplicemente quello di illustrare i principi di funzionamento delle tecnologie esistenti, cercando di fornire al potenziale utilizzatore le basi minime fondamentali necessarie a intavolare una discussione con chi la tecnologia la propone.



Una costante fondamentale che ritengo doverosa ricordare per introdurre l'argomento è che in un ciclo di pre-verniciatura:

- a) i particolari processati apportano ai bagni degli inquinanti e;
- b) nei bagni generalmente avvengono delle reazioni superficiali che generano sottoprodotti.

È bene pertanto partire con la consapevolezza che la produzione di un certo quantitativo di rifiuto dovrà essere necessariamente considerata e che quindi l'importante è cercare di arrivare al miglior compromesso tra il costo dell'impianto e il quantitativo di rifiuto da smaltire prodotto.

Diversi fattori concorrono a far sì che il "miglior compromesso" vari sia dalle peculiarità intrinseche di ogni singolo impianto che da fattori ambientali propri del sito di produzione (tariffe dell'acqua, costi di smaltimento, disponibilità di personale, costi energetici, ecc) e per questo motivo la buona conoscenza della potenzialità e dei limiti propri di ciascuna tecnologia applicabile è necessaria per operare la migliore scelta di ciclo.

A parte casi particolari, i cicli di pre-verniciatura generalmente comprendono delle fasi di trattamento seguite da una o più fasi di risciacquo con acqua.

Per potere giungere ad operare con un ciclo chiuso occorre pertanto:

- a) mantenere il bagno di lavoro adeguatamente efficiente
- b) garantire che l'acqua di ultimo risciacquo sia sufficientemente pulita

la non univocità dei termini deriva da quel punto di miglior compromesso costi-investimento prima citato.

L'impianto dovrà infatti rispondere alle esigenze puntuali della linea senza necessariamente offrire performances non richieste e non necessarie che poi graverebbero comunque sui costi di gestione.

Come considerazioni generali ricordiamo l'importanza di:

- Formare delle tavole rotonde con l'impiantista e il fornitore di prodotti chimici al fine di definire dei precisi target qualitativi;
- Assicurarsi della disponibilità del formulatore dei prodotti a fornire correttori in grado di ribilanciare i bagni di lavoro quando questi dovessero sbilanciarsi per l'elevata durata;
- Definire, in un'unica commessa, l'intera unità di trattamento acquistando un impianto che già contempra in partenza le varie tecnologie selezionate;

Questo consente sia di risparmiare in fase di acquisto (es. si ha una sola centralina, una sola struttura di sostegno, ecc.) che di disporre di un impianto più "pulito" in cui esista una maggior armonicità di funzionamento;

- Rivolgersi a società che risultino in grado di proporre una gamma completa di tecnologie evitando così condizionamenti e forzature di parte;
- Evitare di risparmiare prevedendo funzioni da compiere manualmente che vengono poi inevitabilmente rimandate causando malfunzionamenti degli impianti o comunque riducendo le performances di progetto.

## 1 RIGENERAZIONE DEI BAGNI DI LAVORO

Il primo passo per giungere all'obiettivo prefissato è quello di mantenere costantemente efficiente il bagno di lavoro evitando che questo si esaurisca nel tempo.

I bagni di lavoro perdono di efficienza con il progressivo accumulo di sostanze estranee che fungono da inquinanti.

Ogni tipologia di bagno viene naturalmente contaminata da una propria classe di componenti, ovvero:

Un bagno di sgrassatura alcalina si inquina principalmente per:

- Olii rimossi dai particolari che in parte si emulsionano, in parte si separano in superficie e in parte saponificano.
- Anidride carbonica presente nell'aria che carbonata le sostanze caustiche.
- Metalli che eventualmente vengono solubilizzati dalla soluzione
- Particelle solide rimosse dai particolari che generano fanghi
- Sali contenuti nell'acqua di rete utilizzata per il ripristino dei livelli

Un bagno di fosfosgrassaggio si inquina principalmente per:

- Olii rimossi dai particolari processati che in parte si emulsionano e in parte si separano in superficie;
- Fosfati di ferro (zinco, alluminio) e di calcio che formano una sospensione colloidale che poi si trasforma in fango e incrostazioni;
- Sali contenuti nell'acqua di rete utilizzata per il ripristino dei livelli.

Un bagno di fosfatazione si inquina principalmente per:

- Fosfati di ferro e di altri metalli pesanti o alcalino terrosi che formano una sospensione colloidale che poi si trasforma in fango e incrostazioni
- Trascinamenti dai bagni precedenti (es. attivazione, decapaggio, sgrassaggio)
- Sali contenuti nell'acqua di rete utilizzata per il ripristino dei livelli.

Un bagno di mordenzatura-decapaggio si inquina principalmente per:

- Metalli solubilizzati
- Ossidi e elementi in lega insolubili che precipitano sottoforma di fanghi
- Sali contenuti nell'acqua di rete utilizzata per il ripristino dei livelli.

NOTA: Si ricorda che un bagno di decapaggio-mordenzatura può anche operare, opportunamente additivato, anche come soluzione di contemporaneo sgrassaggio. In questo

caso andrebbero naturalmente considerati anche gli inquinanti propri della suddetta operazione.

Un bagno di attivazione si inquina principalmente per:

- Trascinamento della soluzione che lo precede;

Un bagno di conversione si inquina principalmente per:

- Sottoprodotti di reazione dipendenti dal ciclo di conversione (cromatazione, fluotitanazione, fluozirconatura, nitrocobaltatura, ecc.)

In dipendenza del tipo di inquinante da rimuovere e della natura della soluzione di lavoro deve poi essere selezionata la tecnologia più appropriata da utilizzare.

Dato l'elevato numero di variabili da considerare non risulta possibile fornire una linea guida esauriente nello spazio di una relazione e pertanto la trattazione che segue sarà limitata all'elencazione delle tecnologie che trovano oggi una certa diffusione di impiego.

### **1 a DECANTAZIONE - DISOLEAZIONE**

Sfrutta la differenza di peso specifico dei componenti non miscibili e viene utilizzata per eliminare l'olio libero e i fanghi sedimentabili.

La decantazione può essere compiuta in continuo facendo circolare la soluzione all'interno di un decantatore troncoconico o di un decantatore lamellare o in discontinuo prevedendo il trasferimento periodico dell'intero volume della vasca. In questo caso è prassi comune quella di effettuare il vuotamento e la decantazione in occasione della fermata del fine settimana.

Quando si dovesse operare in continuo, per favorire l'aggregazione delle sospensioni colloidali, è bene prevedere dei tempi di permanenza piuttosto lunghi e pari ad almeno 2 ore nel caso di decantatori semplici.

La decantazione trova principale impiego nell'eliminazione dei fanghi di fosfosgrassaggio o di fosfatazione cristallina. In questo secondo caso, dovendo gestire maggiori volumi di fanghi viene generalmente abbinata a sistemi successivi di compattazione, quindi la filtropressatura e la disidratazione in sacchi drenanti.

### **1 b CENTRIFUGAZIONE**

Il principio di lavoro di una centrifuga è ancora quello della decantazione, ovvero di una separazione fisica di parti non miscibili aventi diversi pesi specifici.

Data l'elevata accelerazione a cui è sottoposta la soluzione durante la centrifugazione risulta però possibile conseguire l'allontanamento di parti non separabili mediante semplice decantazione.

In particolare si riesce a separare l'olio da emulsioni instabili e buona parte del precipitato presente ancora in forma finemente dispersa.

Il risultato di purificazione è pertanto decisamente superiore come è naturalmente superiore il costo del macchinario.

La centrifugazione trova principale applicazione in bagni di sgrassatura alcalini quando si verifichi un apporto di olio non emulsionabile consistente.

### **1 c FILTRAZIONE**

La filtrazione è una tecnica di purificazione molto semplice che trova unica applicazione nella rimozione di particelle solide.

Questa può essere utilizzata come tecnologia unica o in abbinamento ad altre come fase di pretrattamento.

La filtrazione può essere condotta per gravità, sotto pressione, sottovuoto, con filtri a cestello, a manica, a cartuccia, a coalescenza, a tamburo rotante, con filtro presse, con filtri a nastro e ancora sulle soluzioni tal quali o con l'aggiunta di coadiuvanti di filtrazione.

### **1 d ULTRAFILTRAZIONE**

Il principio dell'ultrafiltrazione è quello della filtrazione molecolare.

La tecnologia può essere, in linea di massima, utilizzata per rigenerare e quindi mantenere in costante attività qualunque tipo di soluzione sgrassante e fosfosgrassante. In particolare, con l'utilizzo di particolari filtri denominati membrane, si riescono a filtrare, ovvero a trattenere, le molecole di olio, i batteri e le sospensioni colloidali facendo passare, ovvero permeare, le più piccole molecole componenti lo sgrassante (fosfati alcalini, sali tensioattivi, acceleranti, ecc.).

L'unità di ultrafiltrazione risulta pertanto in grado di separare anche l'olio emulsionato in emulsione stabile ed è quindi l'unica tecnologia che risulti in grado di eliminare sia i componenti apportati dai particolari processati che gli inquinanti generati nel bagno.

Il limite di applicazione diventa generalmente il suo costo che lo rende interessante solo nei casi in cui fosse necessario mantenere, a scopi qualitativi, il bagno sempre in perfetta efficienza e nei casi in cui i volumi di sgrassante recuperato e non smaltito fossero tali da ripagare il macchinario in tempi ragionevoli.

### **1 e FLOTTAZIONE-ELETTROFLOTTAZIONE**

Queste tecnologie sfruttano la capacità del gas finemente disperso di catturare le microparticelle di olio e di fango causandone la separazione superficiale e quindi consentendone l'allontanamento meccanico.

Le tecniche sono molto efficaci riuscendo a separare olio anche da emulsioni instabili e presentano costi di investimento molto limitati.

I principali fattori che ne limitano l'impiego derivano dalla difficoltà di utilizzo su soluzioni schiumogene e dall'elevata perdita di soluzione associata.

### **1 f CRISTALLIZZAZIONE**

La cristallizzazione è una tecnologia che sfrutta la diversa solubilità di un componente quando dovesse variare la temperatura della soluzione in cui si trova disciolto. Viene principalmente utilizzata per la rimozione in continuo di solfato ferroso e la contemporanea rigenerazione di bagni di decapaggio a base di acido solforico.

L'impiego di queste unità consente di recuperare l'acido libero per il processo di decapaggio e nel contempo di produrre del solfato ferroso asciutto commercializzabile come materia prima seconda.

Unità concettualmente analoghe sono proposte anche per rigenerare bagni di decapaggio alcalini attraverso la separazione di idrossido di alluminio.

### **1 g ELETTRODIALISI**

L'elettrodialisi è una tecnologia a membrana con cui, attraverso l'impiego di corrente elettrica e di membrane scambiatrici, è possibile fare migrare selettivamente delle molecole cariche positivamente o negativamente.

Utilizzando questa tecnologia è possibile, ad esempio, separare le molecole di alluminato sodico, da soluzioni decapanti, in idrossido di alluminio puro vendibile e soda caustica riutilizzabile.

Con geometrie di celle differenti l'elettrodialisi consente di separare, da un bagno di decapaggio acido, l'idrossido metallico da smaltire restituendo dell'acido all'operazione di decapaggio.

Analogo risultato può essere conseguito prevedendo una prima neutralizzazione del refluo con soda caustica.

### **1 h RITARDO IONICO**

Le unità a ritardo ionico sfruttano la diversa velocità di eluizione degli acidi e dei metalli in particolari resine cromatografiche e trovano applicazione primaria nell'allontanamento dei sali metallici dalle soluzioni acide di decapaggio.

Applicando queste unità a una soluzione di lavoro risulta possibile mantenere perfettamente costanti sia il tenore di metallo che di acido libero.

Come conseguenza si ottiene un bagno a efficacia costante, si evita la necessità di una sua sostituzione periodica e si riduce il consumo di acido decapante.

### **1 i SCAMBIO IONICO**

Le unità di scambio ionico sono usate principalmente per recuperare un acido di un certo valore commerciale (fosforico, fluoridrico, ecc.) consumando in sua vece dei più economici acidi solforico e cloridrico.

Il metallo solubilizzato dall'acido viene fermato da una resina a scambio cationico che rilascia la soluzione di acido da riciclare.

La capacità di scambio della resina viene poi ripristinata per scambio con acidi solforico e cloridrico.

L'abbinamento di queste unità a un impianto di elettrodialisi consente di conseguire l'obiettivo di scarico zero e di recupero totale dei Chemicals.

### **1 I NANOFILTRAZIONE**

Mediante l'impiego delle unità di nanofiltrazione risulta possibile separare, grazie al loro differente ingombro sterico, degli acidi o degli alcali dai sali metallici.

Con l'impiego di questa tecnologia risulta pertanto possibile mantenere una soluzione di decapaggio con tenore di metalli costante, eliminare i metalli dai reflui allo scarico o ancora concentrare e recuperare dei metalli dalle acque di risciacquo.

Gli impianti di nanofiltrazione trovano principale utilizzo quando si volesse mantenere nella soluzione di decapaggio un tenore di metallo disciolto molto basso.

### **1 m DIALISI A DIFFUSIONE**

Le unità di dialisi a diffusione sfruttano, attraverso l'impiego di particolari membrane scambiatrici, i gradienti di concentrazione per allontanare dei sali metallici dalle soluzioni acide di decapaggio.

Analogamente a quanto descritto per le unità a ritardo ionico, con le unità di dialisi a diffusione risulta possibile mantenere costanti sia il tenore di metallo che di acido (o alcali) libero.

Come conseguenza si ottiene un bagno a efficacia costante, si evita la necessità di una sua sostituzione periodica e si riduce il consumo di prodotto decapante.

## **2. RICICLO DELLE ACQUE DI RISCIAQUO**

Una volta deciso come mantenere pulito ed efficiente il bagno di lavoro, per “chiudere il rubinetto di scarico” è sufficiente a questo punto purificare le acque di risciacquo contaminate dai trascinalamenti in modo da poterLe rendere riutilizzabili e quindi riciclabili nell’impianto stesso.

Anche in questo caso non è possibile parlare di migliore tecnologia ma occorre selezionare la più semplice che consenta di garantire la qualità di acqua necessaria per le necessarie performances di aderenza e resistenza alla corrosione del manufatto verniciato.

Le tecnologie utilizzate per riciclare le acque di risciacquo sono essenzialmente tre e possono operare singolarmente o abbinate tra loro come descritto in seguito, ovvero, scambio ionico, evaporazione ed osmosi inversa:

### **2 a SCAMBIO IONICO**

Il classico trattamento con resine a scambio ionico prevede l’allontanamento dei sali disciolti per scambio di questi con acqua (idrogenione dalla cationica + ione ossidrilica dalla anionica).

Generalmente lo scambio ionico viene utilizzato con tre finalità differenti, ovvero:

- per demineralizzare l’acqua di ingresso destinata ad alimentare l’ultima rampa di risciacquo;
- per allontanare in continuo i sali dall’ultima acqua di risciacquo e per demineralizzare nel contempo l’acqua di rete necessaria a ripristinare le perdite del circuito
- per allontanare in continuo i sali dell’ultima acqua di risciacquo lasciando ad una osmosi inversa il compito di demineralizzare l’acqua di rete necessaria a compensare le perdite del circuito

Dato l’argomento specifico della presente relazione non viene considerata la prima possibilità di utilizzo citata mentre è interessante approfondire le differenze tra le due successive. Questo verrà fatto nel capitolo dedicato al trattamento delle acque primarie di reintegro.

Tornando invece al riciclo dell’acqua di risciacquo è bene ricordare che le resine sono sensibili alle sostanze organiche e che quindi risulta necessario prevedere una precolonna contenente carboni attivi che blocchi l’arrivo dei tensioattivi e olii.

La durata dei carboni attivi dipende, naturalmente, dal quantitativo di organici che ad esse arrivano per cui l’utilizzo di una tecnologia che mantenga costantemente puliti i bagni di lavoro consente di ridurre la frequenza di esaurimento con ovvi benefici economici e con tanti ringraziamenti da parte del manutentore.

Mantenere pulito ad esempio un bagno di fosfosgrassaggio con l'ausilio di un impianto di ultrafiltrazione, consente infatti sia di disporre di una soluzione con bassa concentrazione di olio sia di ridurre la concentrazione di prodotto sgrassante e quindi di tensioattivi nel bagno di lavoro.

Per ridurre il quantitativo di eluati prodotto è nostro consiglio di prevedere, previa valutazione economica del caso specifico, tutti quegli accorgimenti basilari che consentano di ridurre la produzione, ovvero:

- Un impianto di rigenerazione in continuo del bagno di lavoro che consenta di operare con più bassa concentrazione di prodotto;
- Un controllo sistematico e una corretta gestione del bagno di lavoro che consenta di operare coi i giusti parametri di lavoro (ad esempio controllando il bagno di fosfosgrassaggio con il solo pHmetro si finisce per lavorare con elevate concentrazioni di fosfato, è più opportuno pertanto correggere il pH con un correttore acido e controllare la concentrazione di prodotto per conducibilità o per titolazione).
- Un impianto di riciclo a bassa produzione di eluati;
- Una previa demineralizzazione dell'acqua di reintegro mediante una unità di osmosi inversa (vedi seguito)
- Un tunnel di trattamento che presenti il più elevato numero possibile di risciacqui;
- Un impianto di concentrazione che generi uno spurgo continuo della prima acqua di risciacquo (vedi seguito).

## **2 b EVAPORAZIONE**

Si tratta di una tecnica di concentrazione che può essere utilizzata per incrementare forzatamente il flusso di ricambio delle acque di risciacquo.

In pratica l'acqua di primo risciacquo viene spurgata e alimenta l'evaporatore dove si divide in due flussi:

- Un concentrato che torna alla vasca di lavoro;
- Un distillato che viene restituito all'ultima vasca di risciacquo per poi procedere nuovamente fino alla prima in controcorrente

Nonostante il principio della concentrazione per distillazione sia sempre quello di provocare l'evaporazione dell'acqua mediante riscaldamento della soluzione, nello specifico settore vengono utilizzate 4 tecnologie che si differenziano per il metodo utilizzato per la condensazione del vapore nonché la riduzione dei consumi energetici.



- **Evaporazione sottovuoto con pompa di calore**

È il prodotto nazionale costruito in maggior numero e sfrutta composti alogenati (principalmente Freon) per trasferire il calore di condensazione del vapore distillato alla camera di evaporazione. In pratica si hanno due zone corrispondenti ad altrettanti scambiatori di calore: nella prima si ha la vaporizzazione dell'acqua e la condensazione del freon mentre nella seconda avviene il processo inverso.

Per il secondo principio della termodinamica, un passaggio di fase è sempre associato ad una perdita energia sottoforma di calore (ciò è rilevabile anche dalla presenza di batterie di raffreddamento con aria), e, pertanto, il consumo energetico minimo necessario ad evaporare un litro di acqua si attesta intorno ai 150-160 W.

- **Evaporazione sottovuoto con termocompressione**

È il tipo di macchinario preferito dai costruttori tedeschi e utilizza il vapore stesso generato dalla macchina, opportunamente compresso, come fluido di riscaldamento.

In pratica il compressore aspira il vapore, generato dal macchinario, creando in questo il vuoto, e lo comprime ad una pressione superiore a quella atmosferica prima di restituirlo allo scambiatore di calore.

Così operando i passaggi di fase sono solo due e pertanto il consumo energetico viene più che dimezzato passando dai 150 W/litro dell'unità con pompa di calore ai 60 W/litro dell'unità a termocompressione.

- **Evaporazione sottovuoto con multiplo effetto**

Negli evaporatori a doppio effetto il vapore generato dal primo stadio viene utilizzato per riscaldare un secondo stadio operante a pressione più bassa.

Il vapore generato dal secondo stadio può poi essere utilizzato per alimentare un terzo stadio operante a pressione ancora più bassa, in questo caso naturalmente si parla di evaporatore a triplo effetto.

Il riscaldamento del primo stadio viene compiuto con il mezzo più economico disponibile mentre il gradiente del vuoto viene generalmente conseguito semplicemente aspirando con eiettore il vapore dell'ultimo stadio.

Tra le varie tecnologie evaporative descritte, quella del multiplo effetto è sicuramente la più semplice e robusta e trova applicazione ogni qual volta la portata richiesta ne renda conveniente l'impiego (si ricorda infatti che unità piccole presentano costi comunque più elevati, richiedendo, di fatto, due o tre camere di vaporizzazione).

- **Evaporazione sottovuoto con recupero diretto del vapore**

Come ultimo caso di tecnologia ricordiamo quei concentratori che vengono di fatto utilizzati come generatori di vapore in cui il calore viene recuperato non tanto per abbassare i costi di vaporizzazione ma indirettamente attraverso il suo riutilizzo (ad esempio per scaldare il bagno stesso di lavoro).

Una limitazione all'applicazione di questo tipo di macchinario è quella di dover legare il ricambio di acqua al fabbisogno di vapore di un'altra utenza.

## **2 c OSMOSI INVERSA**

Analogamente all'evaporazione l'osmosi inversa è una tecnica di concentrazione. Essa opera la separazione dell'acqua sfruttando la capacità di membrane semipermeabili di fare passare, o meglio permeare, l'acqua e di trattenere i sali in essa disciolti quando sottoposte a un opportuno gradiente di pressione.

Oltre che per i principi con cui avviene la "produzione" di acqua pulita le due tecnologie si differenziano per numerosi aspetti pratici che ci serve elencare per meglio capire come operare la nostra scelta:

- I costi di investimento sono paragonabili quando si considerano unità con bassa capacità produttiva mentre diventano nettamente più favorevoli per l'osmosi inversa quando la richiesta di produttività diventa più elevata;
- L'evaporatore può trattare soluzioni sporche, contaminate di olii e tensioattivi e di materiale in sospensione.

L'osmosi inversa richiede soluzioni perfettamente limpide, prive di olii e di materiali in sospensione e con basso tenore di tensioattivi e quindi, di conseguenza, un impianto di pretrattamento adeguato.

- L'evaporatore, contrariamente all'osmosi inversa, può trattare soluzioni che, nel corso della loro concentrazione, producono precipitati;
- L'evaporatore può essere utilizzato per raggiungere concentrazioni saline elevate mentre l'osmosi inversa presenta dei limiti oltre i quali verrebbero richieste pressioni troppo elevate (generalmente si tratta del 3-5% di contenuto salino limite);
- L'evaporatore, fatta salva una periodica pulizia dello scambiatore di calore, non richiede interventi manutentivi.

Anche l'osmosi inversa presenta una richiesta di interventi manutentivi molto limitata, tuttavia quando si considera l'applicazione su acque di processo, come in questo contesto, è imprescindibile la presenza di una unità di pretrattamento che invece può richiedere una presenza di personale più importante (es. per sostituzione filtri, cambio carboni attivi, ecc.);

- Il consumo energetico per produrre un litro di acqua con l'evaporatore è decisamente più elevato che quello da sostenere con l'impiego di una osmosi inversa. Questa differenza diventa sempre più sensibile con l'aumento di capacità produttiva. (Un impianto di osmosi inversa può arrivare a presentare costi di gestione anche inferiori alle 2 lire per litro recuperato)

Da quanto esposto risulta chiaro come l'impiego di una unità di osmosi inversa risulti più conveniente rispetto ad un evaporatore, quando le portate richieste diventassero importanti e viceversa quando invece si considerano basse capacità produttive.

Non è tra l'altro infrequente trovare unità in cui vengono abbinate le due tecnologie, ovvero unità in cui si ha una prima fase di concentrazione con osmosi inversa, dove si trattano elevati flussi di soluzione aventi un limitato carico salino, a cui segue una successiva fase di concentrazione per evaporazione compiuta su bassi flussi concentrati.

## **2 d CONSIDERAZIONI GENERALI**

Quando si esegue una comparazione per il caso specifico di una linea di pretrattamento tra unità di concentrazioni, quali l'osmosi inversa e l'evaporazione, e unità di purificazione, come lo scambio ionico, risulta doveroso compiere le seguenti considerazioni:

- L'unità di concentrazione per evaporazione consente il recupero complessivo di tutti i componenti del bagno di lavoro senza produrre sottoprodotti da smaltire;
- L'unità di concentrazione per osmosi inversa consente il recupero della sola parte salina del formulato in quanto la frazione organica viene allontanata dal pretrattamento;
- L'unità di scambio ionico non consente alcun recupero in quanto semplicemente "estrae" dall'acqua i componenti salini e organici producendo dei concentrati, denominati eluati, da trattare o smaltire.
- L'unità a scambio ionico presenta costi di investimento molto bassi e può essere realizzata prevedendo portate elevate che siano in grado di compiere ricambi importanti della vasca di risciacquo e quindi di ripristinare velocemente le necessarie condizioni di lavoro quando si dovessero avere dei trascinamenti di soluzione importanti da parte di particolari che "scodellano".

Anche in questo caso quando si dovesse scegliere quale tecnologia applicare è opportuno valutare le reali necessità della linea con la consapevolezza che spesso l'abbinamento di due tecnologie può essere la migliore risposta.

### **TRATTAMENTO ACQUE PRIMARIE**

Per concludere il discorso è bene considerare anche la qualità dell'acqua primaria da utilizzare per il reintegro delle perdite del circuito.

In un circuito chiuso è bene infatti che non vengano apportati sali esterni e quindi risulta necessario utilizzare acqua demineralizzata.

Le tecnologie convenientemente applicabili sono fondamentalmente 2 ovvero l'osmosi inversa e lo scambio ionico.

A parte casi particolari l'osmosi inversa può essere applicata senza prevedere pretrattamenti particolarmente impegnativi sull'acqua di rete, di pozzo o industriale. In alcuni casi possono essere infatti richiesti dei semplici trattamenti di dechlorazione, filtrazione meccanica (su sabbia e/o cartuccia), correzione di pH o ancora di dosaggio di antincrostante.

Quando si comparano le due tecnologie emerge che:

- L'osmosi inversa concentra fisicamente i sali in un flusso che nella massima parte dei casi può essere scaricato in acque superficiali mentre lo scambio ionico separa i sali in un concentrato, eluato, da smaltire.
- L'osmosi inversa produce un'acqua con conducibilità leggermente più elevata (8-12  $\mu\text{S}$ ) quando comparata con la conducibilità prodotta dallo scambio ionico (0-3  $\mu\text{S}$ ) ma comunque ampiamente compresa nei limiti di accettabilità della massima parte delle linee operanti.
- L'osmosi inversa produce un'acqua priva, oltre che dei sali, anche dei composti non ionici quali la  $\text{CO}_2$ , la silice e gli organici (l'acqua proveniente dall'osmosi inversa è generalmente neutra e non corrosiva contrariamente all'acqua proveniente dallo scambio ionico che contiene acido carbonico che è corrosivo per le parti in ferro).

Come considerazioni generali si può sostenere che dovendo acquistare un impianto che tratti le sole acque primarie la scelta dovrebbe oggi ricadere su un'osmosi inversa in modo da evitare la necessità di prevedere lo smaltimento degli eluati, lo stoccaggio di acidi e alcali, la sostituzione delle resine, ecc.

Avendo invece a disposizione un impianto di scambio ionico già operante sulle vasche di risciacquo occorre decidere se convenga utilizzare la stessa unità anche per demineralizzare l'acqua di rete o se convenga prevedere un impianto di osmosi inversa dedicato a questo compito.

In questo caso occorre eseguire un attento calcolo economico che consideri i costi coinvolti dalle due tecnologie.

In particolare un peso fondamentale viene dato dal costo di trattamento / smaltimento degli eluati.

Mi è capitato ad esempio di vedere unità di scambio ionico che producevano, a fronte della produttività di 5.000 lt/giorno di acqua di reintegro, 500 lt/giorno di eluati.

Questi eluati venivano concentrati con un evaporatore costato ca. 40 milioni di lire fino ad avere 100 lt/giorno di concentrati da smaltire per un costo complessivo annuale di evaporazione + smaltimento pari a oltre 10 milioni.

Il tutto poteva essere risolto a monte con l'acquisto di una unità di osmosi inversa del costo di ca. 8 milioni che avrebbe richiesto un costo annuale di gestione inferiore ai 2 milioni di lire.