

## **SISTEMA INTEGRATO DI GESTIONE AMBIENTALE.**

### **CASO DI STUDIO: PIATTAFORMA DI TRATTAMENTO/SMALTIMENTO DI R.L.S.**

Prof. Piero Masini<sup>(1)</sup>, Dott. Ing. Maria Romano<sup>(1)</sup>, Dott. Ing. Felice Rosito<sup>(2)</sup>, Dott. Ing. Terenzio Ventura<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale - Sez. Ingegneria delle Acque

Politecnico di Bari - Via E. Orabona, 4 - 70126 - Bari

<sup>(2)</sup> S.OL.VI.C - Via Cerignola Km 0900 - 70053 - Canosa di Puglia (BA)

<sup>(3)</sup> SERTEC s.r.l.- Ufficio Tecnico - S.S. 98 - km 81+100 - 70026 - Modugno (BA)

## **SOMMARIO**

La continua ricerca per uno "sviluppo sostenibile" e la rapida evoluzione normativa hanno fortemente influenzato la politica di sicurezza e di tutela ambientale delle diverse realtà imprenditoriali, favorendo lo sviluppo di un modello pro-attivo basato su criteri di anticipazione, che consenta di assumere una posizione tesa alla adozione delle migliori tecnologie e procedure, efficaci per garantire la sicurezza dei lavoratori e la salvaguardia ambientale, al di là dal mero rispetto delle restrizioni legislative.

Nel lavoro proposto si espongono i criteri adottati per l'implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA), caratterizzato da procedure di organizzazione e gestione dei processi interni all'azienda, che rientrino nell'ottica più ampia di sistema integrato sicurezza - qualità - ambiente (*QSA*), nel caso specifico di una piattaforma di smaltimento/trattamento di rifiuti liquidi speciali (RLS), prodotti da terzi e costituiti da soluzioni e miscele acquose.

Il Sistema di Gestione, quindi, considerando le numerose variabili gestionali e le diverse problematiche di sicurezza e di tutela ambientale, che caratterizzano le varie fasi di trattamento a ciclo continuo, è stato articolato in quattro fasi fondamentali, "analisi ambientale preliminare", "pianificazione", "implementazione ed attuazione", "misure, controlli e revisioni" dello stesso.

Le procedure del Sistema Integrato di Gestione Ambientale (SIGA) sono state adottate prevedendo una serie di accorgimenti, risultati validi per ottimizzare i processi, tutelare la salute e sicurezza dei lavoratori, ridurre fortemente l'impatto ambientale (possibili emissioni in atmosfera, potenziale inquinamento dei corpi recettori, contaminazione del sottosuolo), nonché semplificare esaurientemente le attività di controllo interno minimizzando sensibilmente gli imprevisti.

## **1. CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI E RELATIVE PROBLEMATICHE**

La gestione di un impianto di trattamento rifiuti non può prescindere dalla classificazione e caratterizzazione dei rifiuti ammessi al trattamento, intendendo per classificazione l'individuazione della tipologia del rifiuto e per caratterizzazione la sua composizione chimico/fisica. Infatti, è opportuno rilevare, che la classificazione, concepita per esigenze prevalentemente statistiche, fornisce una indicazione di massima della tipologia del rifiuto, mentre la caratterizzazione assume rilevanza peculiare per stabilire l'idoneità degli impianti di trattamento, in riferimento alla efficienza depurativa attesa ed alle problematiche gestionali dei processi impiegati.

A seguito dell'introduzione del Catalogo Italiano Rifiuti inerente la loro classificazione, in funzione della componente predominante (per es. soluzioni acquose saline, rifiuti a base solvente, ecc.), sono emerse le diverse problematiche gestionali, derivanti dalla definizione del concetto di tossicità e nocività in base alle concentrazioni limite di alcune sostanze indicate nel D.P.R. 915/82 e nel D.I. 27/07/1984.

Il D.L.vo 22/97 (Decreto Ronchi), recependo la Decisione 91/156/CEE, di fatto, ha sconvolto l'assetto gestionale del settore rifiuti introducendo i codici CER (Catasto Europeo dei Rifiuti), che classificano il rifiuto per origine, cioè in funzione del processo produttivo da cui esso deriva e determina le caratteristiche di tossicità e nocività tra le dodici caratteristiche di pericolo, desunte dalle disposizioni relative a sostanze e preparati pericolosi (Decisione 67/548/CEE).

Il concetto di pericolosità per origine è stato esaltato, ancora di più, dall'approvazione del D.M. 141/98, con il quale sono state individuate le caratteristiche di pericolo per ciascuna tipologia di rifiuto, prescindendo dall'accertamento preventivo della pericolosità.

L'attribuzione per origine delle caratteristiche di pericolo comporta molteplici complicazioni, sia in sede di autorizzazione degli impianti (Valutazione di Impatto Ambientale, riconoscimento della idoneità tecnica dei processi, modalità operative, ecc.), sia di conduzione stessa degli impianti. Infatti, è bene rilevare che i rifiuti liquidi perché "rifiuti" e non prodotti finiti, nella maggior parte dei casi, presentano caratteristiche

chimico/fisiche variabili pur se originati dalla stessa attività. Al riguardo ne è un esempio il percolato da discarica, la cui composizione varia in funzione della morfologia dell'impianto, dell'età, delle modalità di conduzione e delle precipitazioni meteoriche. E', dunque, evidente, che la pericolosità per origine e non accertata, può comportare che rifiuti classificati non pericolosi presentino realmente alcune caratteristiche di pericolo e siano trattati con impianti e processi del tutto inadeguati.

La Decisione 118/2001/CEE ha affrontato tali problematiche, modificando l'elenco dei codici CER, con l'introduzione sia delle "voci a specchio", per alcuni rifiuti già classificati non pericolosi, sia di nuovi rifiuti pericolosi e non pericolosi per origine.

Infatti, il legislatore ha assunto che un determinato rifiuto è pericoloso se scaturisce da un processo produttivo in cui si impiegano sostanze e preparati pericolosi; inoltre, per alcune tipologie di rifiuti ritenuti non pericolosi dal D.Lgs. 22/97, non esclude a priori la presenza di sostanze pericolose e, pertanto, la classificazione (attribuzione del codice con voce a specchio) è funzione dell'accertamento delle concentrazioni dei composti, che possono conferire al rifiuto caratteristiche di pericolosità.

E' evidente che in tale contesto sorgono complicazioni gestionali per le imprese esercenti attività di trattamento/smaltimento, considerato che:

- l'attribuzione del codice CER, cioè l'automatica individuazione delle caratteristiche di pericolosità, è prerogativa del produttore/detentore e questi può essere indotto ad attribuire codici CER "impropri" per minimizzare gli oneri di smaltimento;
- uno stesso rifiuto può presentare nel tempo composizione sensibilmente differente;
- i metodi di prova sono in parte non applicabili perché richiedono la disponibilità di sofisticatissimi laboratori con tempi e costi analitici proibitivi per l'applicazione (test su cavie, piante, ecc.).

Pertanto, per la corretta conduzione degli impianti di trattamento è necessario che il gestore provveda a:

- acquisire tutte le informazioni disponibili circa la provenienza del rifiuto;
- simulare il processo in laboratorio o mediante impianto pilota;
- approntare metodi di prova rapidi, pratici e relativamente economici per le verifiche di conferimento;
- effettuare test di trattamento su scala reale;
- intervenire impiantisticamente per fronteggiare le eventuali accertate anomalie di processo;
- modulare la gestione degli impianti per evitare la produzione di rifiuti del trattamento che risultino pericolosi.

## **2. PIATTAFORMA DI TRATTAMENTO/SMALTIMENTO DEI R.L.S.**

La piattaforma depurativa, tecnologicamente all'avanguardia, è in grado di trattare tutti i rifiuti liquidi non pericolosi costituiti da soluzioni e/o miscele acquose previsti dal Catalogo Europeo dei Rifiuti ed alcune tipologie di rifiuti liquidi pericolosi, quali emulsioni oleose e reflui dell'industria chimica. La piattaforma è costituita da una rilevante sezione di stoccaggio provvisorio autorizzata per 246,000 mc e da un flessibile impianto caratterizzato da processi gestibili in serie ed in parallelo.

### **2.1 Sezione di scarico e stoccaggio provvisorio dei R.L.S.**

La periodicità della produzione di alcuni reflui, quali le acque di vegetazione (funzione delle campagne olearie), i percolati da discarica (condizionata dall'andamento delle precipitazioni meteoriche) e le acque agroalimentari (dipendente dalla disponibilità del prodotto lavorato) ha suggerito la realizzazione di opportuni polmoni con cui assicurare l'alimentazione dell'impianto per dodici mesi all'anno. Per la impostazione progettuale si è ritenuto opportuno puntare sulle dimensioni degli stoccaggi, piuttosto che sulla taglia dell'impianto di trattamento, per il quale è stata stabilita la potenzialità annua di circa 100,000 ton, con esercizio in continuo, utile per minimizzare i costi impiantistici e gestionali.

L'area di stoccaggio è costituita da cinque bacini a cielo aperto con le seguenti caratteristiche:

	capacità utile (mc)	superficie in pianta (mq)
bacino n.° 1	133,000	8,500
bacino n.° 2	60,000	4,500
bacino A	35,000	4,500
bacino B	18,000	3,000
bacino C	11,000	2,000

I bacini 1 e 2 sono stati realizzati utilizzando cave di tufo spente opportunamente impermeabilizzate con manti in HDPE. Per tutelare la falda da potenziali perdite del manto, sul fondo delle vasche è stato compattato uno strato di argilla di circa 70 cm con risvolto a 45 ° sulle pareti; queste ultime, dove necessario, sono state consolidate con cemento armato.

I bacini A e B, realizzati al di sopra del piano di campagna, mediante materiale di riporto, sono in terra battuta.

Il bacino C è completamente in cemento armato con una altezza media fuori terra di 1.7 m.

Per il sicuro esercizio, le vasche 2, A e B sono state dotate di un sistema di monitoraggio geoelettrico con maglia 20 x 20 m adagiata su tutta la superficie potenzialmente soggetta a perdite di liquido.

A corredo dell'area di stoccaggio vi sono tre serbatoi metallici aperti, dotati di bacino di contenimento in cemento armato impermeabilizzato, aventi ciascuno la capacità di 5000 mc e superficie di 855 mq.

La volumetria così realizzata consente lo stoccaggio, differenziato per tipologia, dei reflui da smaltire presso la piattaforma con campagne depurative dedicate.

In virtù delle depressioni delle vasche rispetto al piano di campagna, lo scarico dei reflui avviene a gravità per mezzo di tramogge filtranti e tubazioni in acciaio inox e polietilene HD. La disponibilità di stazioni di pompaggio fisse e mobili e la estensione della distribuzione elettrica su tutta l'area, consentono l'alimentazione dell'impianto e le operazioni di trasferimento che potrebbero rendersi necessarie.

Per minimizzare l'impatto visivo delle opere e per garantire le dovute condizioni di sicurezza, su tutta la zona sono state impiantate aiuole arboree e realizzate recinzioni in cemento armato alte circa 3.0 m. Per il consolidamento degli argini delle vasche in terra battuta si è provveduto alla piantagione di siepi, dotate di adeguato impianto di irrigazione.

## **2.2 Sezione di trattamento/smaltimento dei rifiuti liquidi speciali**

La sezione di trattamento è costituita da:

- impianto di evaporazione/concentrazione
- impianto di stripping e assorbimento ammoniacale
- impianto di depurazione biologica
- impianto di filtrazione finale
- linea trattamento fanghi
- servizi ausiliari (centrale termica, cabina elettrica, circuito di raffreddamento, serbatoi di servizio, sala quadri, ecc.)

L'impianto di evaporazione/concentrazione, (Figura 1.) è della potenzialità complessiva di 288 mc/g ed è costituito da tre linee identiche e poste in parallelo, a triplo effetto sottovuoto, con flussi incrociati e circolazione forzata; la potenzialità di ciascuna linea è di 4.0 mc/h in ingresso. Questa impostazione presenta il notevole vantaggio gestionale dovuto alla riduzione della potenzialità dell'intera sezione per 1/3 o 2/3 nel caso di avaria di uno o più componenti impiantistici, evento che, in presenza di un solo evaporatore, comporterebbe la fermata generale, con conseguente aggravio del bilancio di esercizio per effetto dei costi fissi della struttura; analogo vantaggio si registra nel caso di manutenzione programmata. Inoltre, possedere tre linee distinte consente contemporaneamente, previa differenziazione della distribuzione del flusso in ingresso, campagne depurative dedicate per tipologia di R.L.S. ottimizzando la gestione degli stoccaggi.

L'alimentazione della sezione fisica è effettuata mediante due serbatoi da 500 mc posti in serie, dei quali il primo è parte integrante della stazione di pompaggio, mentre il secondo costituisce il serbatoio giornaliero dell'impianto.

Le linee di evaporazione A, B e C, realizzate tutte in acciaio inox AISI 304 e coibentate con lana di roccia e finitura in lamierino inox, sono a circolazione forzata per minimizzare lo sporco delle superfici e limitare i fenomeni corrosivi, provocabili da eventuali gas disciolti nell'acqua (per es. idrogeno solforato) o da rilevanti concentrazioni di cloruri o da pH fortemente acidi. Per ciascuna delle linee di evaporazione si individuano elementi verticali, due colonne di distillazione e due separatori, e cinque scambiatori a fasci tubieri.

Il processo adottato è di tipo non convenzionale perché a flussi incrociati tra il secondo ed il terzo effetto evaporativo; questa soluzione presenta il rilevante vantaggio connesso alla disponibilità di maggior calore, nell'ultimo stadio di concentrazione del refluo, che consente la movimentazione del concentrato. Il ricorso al triplo effetto è giustificato dalla necessità di minimizzare il costo termico della depurazione: è dimostrabile, infatti, che un impianto evaporativo a triplo effetto ha un rendimento termico 2.5 volte maggiore di un evaporatore a singolo effetto. I benefici sono indiscutibili se si considera che l'incidenza del costo termico per questo tipo di processo è variabile tra il 50 ed il 60 % del costo totale del trattamento.

En (Scambiatori), Cn e Sn (Colonne e Separatori verticali), G (Pompe)  
 Dispositivi di misura, di registrazione e controllo segnali:  
 L (Altezza piez.), F (portata di massa), P (pressione), E (misuratore di portata),  
 C (controllore), R (registratore), I (indicatore), T (trasmettitore)

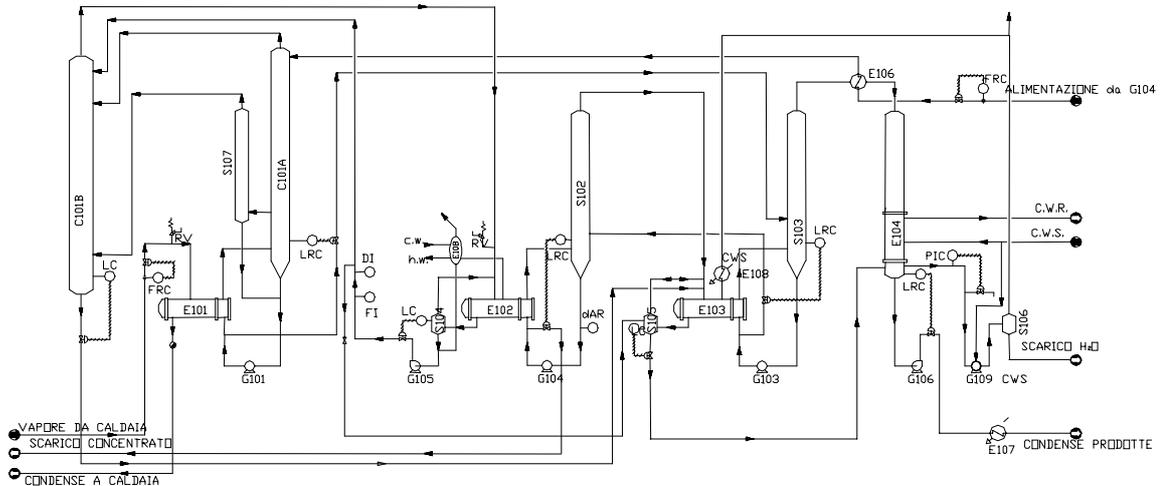


Figura 1 - Schema impianto evaporazione/concentrazione

La presenza di apprezzabili concentrazioni di azoto ammoniacale in alcune tipologie di acque reflue (percolati da discarica, scarichi dell'industria tessile, chimica) ha indotto l'azienda, nell'ottica dell'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, a progettare ed installare una sezione di recupero dell'ammoniaca, al fine di assicurare la massima efficienza depurativa ed avviare l'attività di recupero di materia.

L'unità di trattamento, gestibile autonomamente o sinergicamente con gli impianti di concentrazione, è in grado di trattare fino a 10.5 ton/h di acque contenenti 5,000 ppm di azoto, con efficienza di rimozione pari al 95 - 98%. L'azoto viene assorbito da una soluzione acida, (acido solforico al 50% in peso, inviata in controcorrente) per la produzione di solfato di ammonio, riutilizzabile in agricoltura o reinserito nei cicli produttivi dell'industria chimica di base (Figura 2).

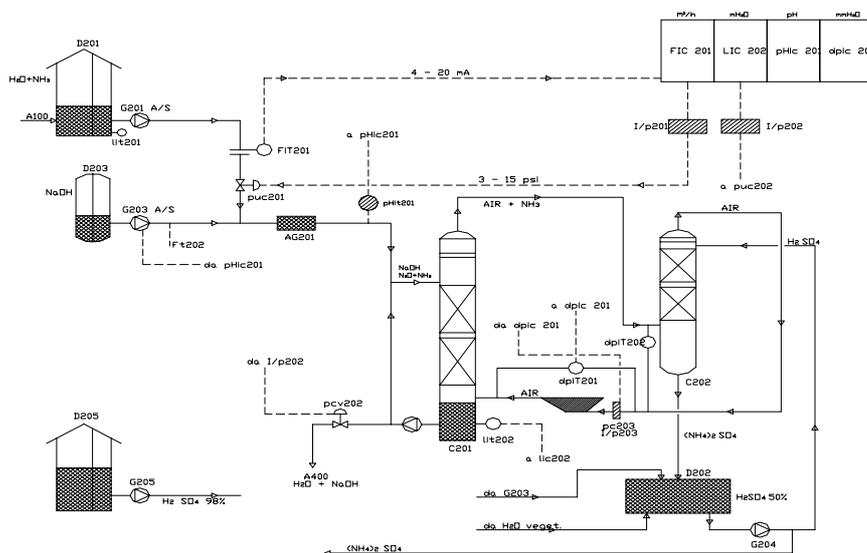


Figura 2 - Impianto di stripping dell'ammoniaca

La sezione di depurazione biologica si rende necessaria per rimuovere il carico organico residuo delle condense, derivanti dal processo evaporativo e per la depurazione di reflui compatibili con i processi biologici aerobici. L'impianto, con potenzialità di 33,000 A.E., è costituito da una vasca di mixing dei chemicals, da un reattore di predenitrificazione, seguito da ossidazione totale e da sedimentazione finale.

A valle dell'impianto biologico è stata installata una sezione di filtrazione, su tre stadi, fino a  $0.45 \mu$  ed uno stadio di adsorbimento su carboni attivi, che può trattare sino a 300 mc.

La linea di trattamento dei fanghi biologici di supero, estratti dal sedimentatore finale della linea di depurazione delle condense, si basa sulla fase di ispessimento meccanico a gravità, sulla stabilizzazione anaerobica e sulla disidratazione meccanica per centrifugazione, nonché, sulla essiccazione effettuata mediante un innovativo essiccatore diretto, di tipo a spruzzo, con potenzialità di 24 ton/g L'essiccatore è impiegato anche per la disidratazione dei reflui concentrati, in modo da minimizzare le masse di rifiuti, favorire il recupero di materia per alcuni prodotti e trattare convenientemente alcune tipologie di fanghi, caratterizzati da elevato tenore di sostanza secca.

La tecnologia utilizzata è caratterizzata da semplicità gestionale ed affidabilità e consente di ottenere una riduzione delle masse destinate in discarica di circa il 45 %<sub>p</sub>.

Comune all'impianto termico è il circuito di raffreddamento delle condense; la capacità refrigerante è affidata a quattro grosse torri di raffreddamento a circolazione forzata, caratterizzate da perdite di acqua per trascinarsi quasi nulle. Al riguardo, il progetto è stato elaborato in modo da riutilizzare l'acqua depurata in sostituzione di quella di pozzo, per il reintegro nel circuito di raffreddamento dell'acqua persa per evaporazione.

Il calore fornito al primo stadio del processo evaporativo è assicurato dal vapore prodotto nella centrale termica mediante una caldaia di servizio con potenzialità di 10.0 t/h di vapore saturo. In centrale termica è installata anche una caldaia di riserva, da 2.5 t/h di vapore, in grado di assicurare, comunque, la marcia di una evaporatore; in questo modo, grazie alla presenza di una torre di raffreddamento supplementare di piccole dimensioni, si consente la riduzione drastica del consumo di energia elettrica, nel caso in cui due delle tre linee evaporative siano ferme per manutenzione. Il combustibile utilizzato in centrale termica è l'olio combustibile denso a basso tenore di zolfo al fine di contenere le emissioni in atmosfera.

Per la alimentazione elettrica della piattaforma è stato installato un trasformatore elettrico MT/BT da 1,000 kW in previsione di futuri ampliamenti dell'impianto.

L'intera sezione è automatica e dotata di strumentazione di regolazione e controllo di tipo elettronico e pneumatico, supportata da un PLC che gestisce la marcia e l'arresto di tutti i motori elettrici installati, mediante programmate sequenze di inserimento. Ai fini di una rigorosa gestione, tutta la piattaforma è stata corredata di opportuni sistemi di misura, a partire dalla fase di scarico del refluo sino allo scarico dell'acqua depurata, quali pesa a bilico, aste metriche e trasmettitori di livello pneumatici, contatori volumetrici e flow meters.

Nella Figura 3. si riporta lo schema di flusso bilanciato della piattaforma di trattamento/smaltimento R.L.S.

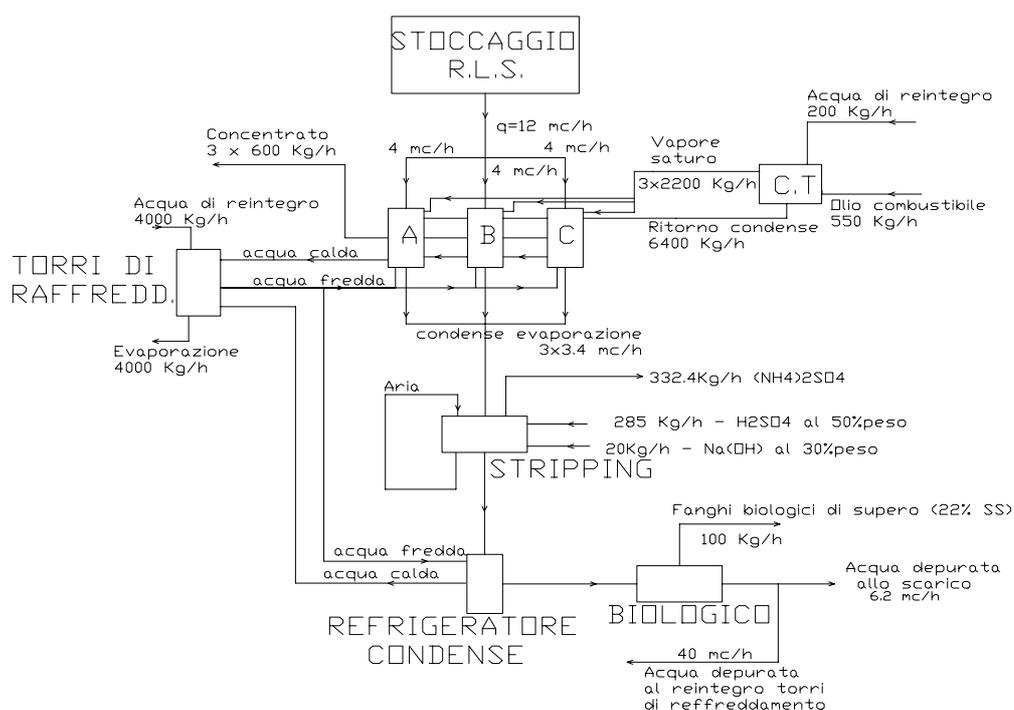


Figura 3. - Schema di Flusso bilanciato

### 3. PROBLEMATICHE GESTIONALI PER LA SICUREZZA E LA TUTELA AMBIENTALE

Per quanto sinora evidenziato, è chiaro che le problematiche gestionali di simili impianti sono strettamente connesse alla caratterizzazione del rifiuto ed alla tipologia dei processi impiegati.

La classificazione consente esclusivamente l'individuazione del processo produttivo da cui il rifiuto scaturisce in modo da effettuare analisi, test e valutazioni mirate ai fini della caratterizzazione.

E' bene precisare che, in generale, non sono ammesse al trattamento le acque reflue che contengano sostanze: esplosive - combustibili - infiammabili o facilmente infiammabili - tossiche e nocive secondo la D.I. del 24/07/1984 - infettive. In merito alle altre caratteristiche di pericolo quali "irritante" "cancerogeno" "corrosivo" ecc., essendo praticamente inapplicabili i metodi di prova previsti dal D.L.vo 22/97, il potenziale pericolo può essere preliminarmente verificato a partire dalla caratterizzazione chimico/fisica del refluo con l'ausilio delle informazioni desunte della letteratura di settore. Le caratteristiche H12 ed H13 devono essere verificate per ciascun rifiuto mediante prove di laboratorio, mentre la caratteristica H14 non ha alcuna valenza nel caso specifico.

Premesso che l'esercizio della piattaforma di trattamento/smaltimento R.L.S. non è annoverabile tra le attività a rischio di incidente rilevante (D.Lvo 334/99), a partire dall'analisi del contesto ambientale, degli schemi di processo, delle modalità costruttive degli impianti e della preventiva valutazione delle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti trattati, si è provveduto alla valutazione dei rischi disaggregando l'attività in fasi elementari adottando opportuna scala di variabilità sia della probabilità che dell'entità del danno. Dalla valutazione è emerso che l'attività in oggetto richiede particolari attenzioni gestionali per evitare le conseguenze dovute a:

- Perdite di liquidi dai bacini di stoccaggio
- Cedimenti di tubazioni, serbatoi e strutture di sostegno
- Perdite di liquidi dalle tubazioni o per rotture delle tenute delle pompe
- Cortocircuiti elettrici e principi di incendio
- Contatto accidentale con i reflui tal quali e con i reflui concentrati
- Contatto accidentale con prodotti chimici
- Cadute accidentali
- Contatto con apparecchi aventi temperatura superiore ai 60 °C
- Correnti di contatto e scariche atmosferiche
- Rumorosità elevata
- Black out elettrico
- Emissioni in atmosfera
- Perdite di condense, soluzioni acide, prodotti di reazione
- Scarichi non conformi ai limiti previsti dal D.Lvo. 152/99
- Inutile depauperamento delle risorse

#### Procedura operativa del SIGA.

Rev. 0

VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI					PGA01
[A] – Area/attività/prodotto					Stoccaggio
[B] – Luogo di esecuzione					
[C] – Impianti, macchine e attrezzature utilizzate					Vasche e serbatoi
[D] – Materie in entrata					R.L.S.
[E] – Fonti di energia					
[F] – Prodotti in uscita					R.L.S.
[NOTE]					Controlli e monitoraggi
Aspetti Ambientali	Condizioni				
	Normali		Anormali		Emergenza
	Vasche di stoccaggio	Serbatoi	Ispezioni serbatoi	Monitoraggio geo-elettrico	Perdite
Emissioni in atmosfera	x	x			x
Inquinamento sottosuolo					x
Scarichi idrici					
Produzione di rifiuti		x			
Consumo di materie prime		x			x
Consumo di energia	x	x	x	x	x
Consumo di risorse naturali			x		
Produzione di rumore	x	x	x		x
Produzione di calore					
Produzione di odori	x	x			
Produzione di polveri		x			
Produzioni di vibrazioni					
Produzione di radiazioni ionizzanti ed onde elettrom.					

A titolo di esempio è stata riportata la scheda di valutazione dei rischi ambientali elaborata per la sezione di stoccaggio provvisorio, considerando condizioni di normale esercizio, anomale e di emergenza, nella quale alla voce Perdite sono da intendersi quelle derivanti da lesione della guaina in HDPE, da dissesto dell'argilla→consumo di materie prime e da rottura bandella chiodata, in acciaio.

#### 4. SISTEMA INTEGRATO DI GESTIONE AMBIENTALE

Il Sistema di gestione, impostato con riferimento alle fasi dell'attività di Omologazione dei rifiuti proposti, di accettazione dei rifiuti e di trattamento/smaltimento (controlli ed ottimizzazioni di processo, manutenzione), è stato elaborato individuando procedure di organizzazione, metodi di prove ed interventi impiantistici, atti alla salvaguardia generale ed articolati in modo tale che i rischi siano minimizzati a monte, cioè in fase di omologazione dei rifiuti, e che le conseguenze dovute ad errori, imprevisti ed anomalie siano efficacemente contrastate ed attenuate durante le fasi di trattamento. I principali aspetti, considerati per ciascuna fase, sono riportati nella Tabella 1.

Omologazione rifiuti	Regolamentazione dei rapporti proponente/gestore Definizione di criteri e metodi di prova per la verifica della fattibilità tecnica Definizione delle modalità di stoccaggio provvisorio Trasferimento delle informazioni al gestore di stabilimento
Accettazione rifiuto	Definizione delle procedure di accettazione Individuazione di criteri e metodi rapidi per la verifica della conformità del rifiuto Gestione operativa del rifiuto
Trattamento/smaltimento	Modalità gestionali dell'impianto (compresi gli stoccaggi) Ottimizzazioni di processo Controlli di processo Automazione e manutenzione Monitoraggi ambientali

##### 4.1 Omologazione dei rifiuti

L'omologazione dei rifiuti da ammettere a trattamento condiziona tutta l'attività, in quanto è finalizzata alla individuazione delle proprietà chimico-fisiche del refluo per accertarne:

- la possibilità di smaltimento nel rispetto dei limiti imposti per gli scarichi (liquidi ed aeriformi)
- la compatibilità con i materiali costituenti macchine, apparecchiature, bacini e serbatoi di stoccaggio;
- la possibilità di miscelazione in fase di stoccaggio provvisorio;
- l'eventuale incremento delle esigenze di controllo e di manutenzione ordinaria degli impianti;
- l'adozione di specifici assetti degli impianti per le esigenze di smaltimento o di recupero dei rifiuti derivanti dal processo;
- l'opportunità di impiego di particolari chemicals;
- gli eventuali rischi per gli operatori e per l'ambiente.

Quanto indicato assume notevole importanza se si considera la molteplicità delle tipologie di rifiuti liquidi trattati e la variabilità della loro composizione in seno alla stessa tipologia. E', pertanto fondamentale acquisire tutte le informazioni disponibili circa la natura del rifiuto (processo da cui scaturisce, masse da smaltire, età del rifiuto, certificati di analisi), in modo da consentire prove mirate sul campione rappresentativo che il produttore/detentore è tenuto a fornire ed al quale resta vincolato nel caso di conclusione favorevole dell'esame. E' utile sottolineare il ruolo svolto dall'esperienza che consente di semplificare il processo decisionale, ridurre i costi analitici e stimare i campi di variabilità delle concentrazioni degli inquinanti che il refluo, effettivamente conferito, potrà evidenziare. Di importanza non trascurabile è la previsione della compatibilità dei materiali, soprattutto se si tratta di reflui industriali soggetti a lunghi tempi di contatto (in fase di stoccaggio) oppure a condizioni di pressione e temperatura (durante il processo di concentrazione), tali da intaccare i componenti più sensibili degli impianti (prevalentemente le tenute meccaniche); in questi casi, se le masse da smaltire sono apprezzabili, è necessario supportare le valutazioni tecniche con prove pratiche.

Il D. L.vo 22/97 impone il divieto di miscelazione di rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi, ma non esclude la possibilità di miscelare rifiuti non pericolosi o rifiuti pericolosi appartenenti alla stessa categoria.

La miscelazione, solitamente desiderabile perché riduce le esigenze di stoccaggio dedicato, di fatto, poiché origina un nuovo rifiuto, è auspicabile solo nel caso in cui agevoli le lavorazioni e riduca l'impiego di chemicals (ad esempio la miscelazione finalizzata alla riduzione della concentrazione della sostanza secca o all'arricchimento della sostanza organica, la neutralizzazione ottenuta miscelando reflui basici con reflui acidi). Solitamente la previsione circa le esigenze di controllo e manutenzione ordinaria degli impianti è

piuttosto limitata, poiché molteplici sono i fattori che le determinano e spesso individuabili solo dopo alcuni mesi di lavorazione; tuttavia le esperienze maturate sinora hanno permesso la definizione di test e prove di laboratorio sufficientemente indicative, così come sono state individuate le correlazioni tra le più importanti variabili del processo di evaporazione/concentrazione (rapporti di concentrazione parziali, evaporato e densità a valle dei tre effetti di evaporazione), in funzione delle più importanti tipologie di rifiuti.

Particolare attenzione meritano i criteri di valutazione introdotti per stabilire le modalità di gestione dei rifiuti derivanti dal trattamento, intendendo per gestione le attività di stoccaggio provvisorio, trattamento e smaltimento o recupero, perché possono comportare la generazione di prodotti fuori specifica, cioè di rifiuti per i quali non è ammesso lo smaltimento in discarica o il recupero di materia o di energia (compostaggio, combustione). In ultimo, ma non per questo di minore importanza, sono state valutate le procedure per la selezione dei chemicals di processo, necessari per ciascuna sezione di trattamento. I criteri stabiliti scaturiscono da prove effettuate in laboratorio, impiegando additivi differenziati e considerando nelle schede di valutazione anche le problematiche in ordine alla gestione.

In sede di omologazione, accertata la fattibilità tecnica, è necessario valutare le modalità gestionali dei rifiuti e stabilire l'opportunità di campagne di trattamento dedicate, se non espressamente imposte da norme e prescrizioni. In pratica la disponibilità ai conferimenti è stata subordinata alla fattibilità operativa, cioè alla disponibilità degli impianti per assicurare il servizio, secondo modalità previste e nel tempo prestabilito. Al riguardo è fondamentale la disciplina delle informazioni trasferite dalla struttura preposta alla omologazione al gestore dello stabilimento.

#### 4.2 Accettazione rifiuti

L'accettazione dei rifiuti costituisce la fase più critica dell'intera attività, poiché:

- le masse giornalmente conferite non sono trascurabili e sono relative a rifiuti di diversa origine,
- gli approfonditi controlli analitici, effettuati in sede di omologazione, non sono compatibili con la tempistica tollerata dai trasportatori per la fase di scarico;
- a priori non si può escludere nel rifiuto la presenza di sostanze "estrane" non prevedibili o previste durante l'omologazione;
- la composizione del rifiuto conferito condiziona, inevitabilmente, la sicurezza dei lavoratori e la tutela dell'ambiente.

E', quindi, evidente l'assoluta necessità di studiare soluzioni pratiche atte ad accertare, in tempi brevi e con costi contenuti, la conformità del refluo conferito a quello omologato; circa i costi degli accertamenti, è opportuno evidenziare che la necessità di economicità scaturisce, inevitabilmente, dal modesto "valore commerciale" dei reflui (i prezzi di smaltimento variano da 13 a 150 €/ton) e, pertanto, non è possibile gravare ciascun conferimento (fino a 30 ton) di apprezzabili costi analitici. Tuttavia, considerate le rilevanti sanzioni previste nel caso di irregolarità della documentazione di trasporto, la fase di accettazione non può prescindere dal ricorso a procedure finalizzate all'accertamento della avvenuta omologazione del rifiuto, alla verifica della prenotazione del conferimento, al controllo della documentazione di accompagnamento e della corretta compilazione, ecc. e quant'altro risulti utile per fugare i dubbi circa la provenienza del rifiuto (certificato di analisi, intervista al trasportatore). Per questa fase, quindi, si è provveduto alla definizione di:

- strumenti e criteri di campionamento della massa conferita
- dispositivi atti al campionamento in continuo durante la fase di scarico
- metodi di prova per la rapida verifica della conformità del refluo
- procedure gestionali da attuare nel caso di difformità (carico rifiutato, scarico temporaneo in attesa di analisi)
- modalità gestionali dei campioni da sottoporre ad analisi approfondite con miscelazione dei campioni

Ai fini della verifica dei conferimenti, le modalità di campionamento sono state stabilite utilizzando la naturale tendenza alla stratificazione delle fasi costituenti il rifiuto, fenomeno spesso constatato nonostante l'agitazione della massa che si verifica durante il trasporto. Circa i metodi di prova sono state definiti i parametri di monitoraggio ed individuate le tecniche di controllo tra le quali quelle, prevalentemente qualitative, utili per il rapido accertamento della presenza di sostanze e composti, che conferiscono tossicità e nocività al rifiuto e caratterizzati da temperatura di ebollizione, a pressione atmosferica, tali da comportare emissioni in atmosfera in fase di scarico e lavorazione. Si è accertato che quanto previsto incrementa la durata della fase di accettazione da 20 a 30 min, arco temporale certamente tollerabile se si valutano le positive conseguenze di questa attività di controllo. Naturalmente si è provveduto anche alla definizione delle procedure da utilizzare per l'approfondimento delle caratteristiche medie delle masse relative a più conferimenti della stessa tipologia di rifiuto (in questo caso è stato definito il campionatore in continuo da utilizzare durante la fase di scarico) ed alle regole da osservare nel caso di parziale o totale difformità del

rifiuto conferito (scarico con riserva e stoccaggio provvisorio in attesa degli accertamenti di dettaglio oppure carico respinto).

Conclusasi positivamente la fase di accettazione, il rifiuto preso in carico è gestito secondo le modalità stabilite in sede di omologazione e concordate con il gestore di stabilimento. Prescindendo da quanto previsto e prevedibile, è chiaro che la fase di accettazione è comunque caratterizzata da rilevante criticità per la oggettiva limitatezza degli strumenti utilizzabili e per il fattore umano. Tuttavia, al riguardo, assume notevole rilevanza la disponibilità di ampi stoccaggi provvisori che, oltre a consentire l'agevole bilanciamento dei flussi conferiti e trattati, assicura masse in alimentazione agli impianti sufficientemente omogenee attenuando le conseguenze dovute a conferimenti anomali.

#### 4.3 Trattamento/smaltimento R.L.S.

Per quanto sinora evidenziato è chiaro che la "protezione" dell'attività è prevalentemente demandata al personale tecnico di laboratorio, mentre il personale d'impianto, di fatto, è potenzialmente esposto a rischi che non può prevedere, soprattutto nel caso di comportamenti superficiali e negligenti del primo gruppo di lavoratori. Si è quindi pensato di attuare interventi impiantistici e gestionali tali da conferire agli impianti di trattamento la funzione di "ombrello", cioè di protezione, riducendo al minimo indispensabile l'intervento degli operatori, svincolando, per quanto ragionevolmente possibile, il risultato dell'azione di protezione dal fattore umano. E' opportuno sottolineare che, considerate le masse e le tipologie di rifiuti trattati, quanto approntato per gli impianti è finalizzato prevalentemente alla tutela dell'ambiente ma contestualmente assicura agli operatori tranquillità gestionale ed il necessario livello di attenzione necessario per la prevenzione degli infortuni. Le prospettate problematiche e le modalità costruttive degli impianti hanno suggerito:

- a) la definizione delle modalità gestionali degli impianti;
- b) controlli ed ottimizzazioni di processo;
- c) gli interventi e la organizzazione dell'automazione e della manutenzione;
- d) il piano di monitoraggio ambientale.

Le modalità gestionali degli impianti, prescindendo dal regolamento di conduzione elaborato per garantire la costante funzionalità di macchine ed apparecchiature, sono state definite in base al bilanciamento termoidraulico dei tre effetti di concentrazione, al variare della tipologia di refluo alimentato e valutate a partire dai rapporti di concentrazione parziali e dalle risposte dei misuratori in continuo della densità del refluo concentrato, essendo note la portate di alimentazione, di evaporato e di concentrato.

A titolo di esempio si riporta quanto stabilito per assicurare le prestazioni nominali degli impianti, variando la temperatura di evaporazione nel primo effetto di concentrazione, in funzione della percentuale e della composizione del residuo secco (RS) del rifiuto, come evidenziato nella seguente Tabella 2:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• natura del residuo secco: TRS</li> <li>• concentrazione del residuo secco nel refluo tal quale: CRSi</li> <li>• portata in alimentazione: MRLS</li> <li>• temperatura evaporazione 1° effetto: Te1</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• concentrazione finale del residuo secco: CRSf</li> <li>• rapporto di concentrazione: Rc</li> <li>• densità concentrato: Dc</li> <li>• concentrato prodotto: C</li> </ul>			
<i>TRS</i>	<i>CRSi</i>	<i>MRLS</i>	<i>Te1</i>	<i>CRSf</i>	<i>Rc</i>	<i>Dc</i>	<i>C</i>
	(%p)	(ton/h)	(K)	(%p)		(kg/mc)	(mass fraction)
Preval. organica	2 – 15	3.6 – 4.0	378	55 – 65	4 – 26	1300	0.04 - 0.23
Preval. Inorganica	10 – 30	3.6 – 5.0	398	55 – 65	2 – 5	1330	0.20 - 0.50
Mista	2 – 5	3.6 – 4.0	383	50 – 65	4 – 26	1280	0.04 - 0.07

Per minimizzare i fenomeni di trascinamento, che causano l'inquinamento delle condense da evaporazione, si è provveduto alla definizione dei criteri di selezione dei più efficaci antischiuma specifici per ciascuna tipologia di reflu; il fenomeno del trascinamento deve essere evitato per scongiurare alterazioni o arresti dell'attività dei batteri presenti nell'impianto di depurazione biologica. I prodotti, preliminarmente testati in laboratorio mediante prove a temperatura ambiente ed a 100 °C sono stati, quindi, verificati con campagne depurative dedicate che, inoltre, hanno consentito:

- la verifica delle potenziali differenze tra prova di laboratorio e prova industriale;
- l'individuazione dei dosaggi ottimali;
- l'allestimento di comparti di prediluizione con acqua e miscelazione costante, al fine di ottimizzare il dosaggio in continuo;
- l'installazione di idonee pompe dosatrici in funzione dei massimi dosaggi accertati;
- le opportune precauzioni per l'uso.

Per i reflui basici, solitamente caratterizzati da rilevanti fenomeni di schiumeggiamento, sono stati scelti prodotti a base di emulsioni silconiche altamente stabili e scarsamente tremolabili, esenti da oli minerali.

L'esercizio contemporaneo di due o tre moduli di concentrazione ha evidenziato la necessità di sostituire la stazione centralizzata di additivazione con stazioni dedicate a ciascun impianto. Ciò, evidentemente, consente maggiore flessibilità al sistema e riduzione dei consumi nel caso di differente assetto dei moduli.

Per la corretta conduzione degli evaporatori non bisogna trascurare le modalità gestionali degli impianti alla luce degli antincrostanti selezionati e delle modalità di conduzione. Nel caso specifico si è provveduto alle verifiche della durata di 3 – 4 mesi per tipologia di acque reflue, poiché l'efficacia del prodotto e la ottimizzazione dei dosaggi può solo essere valutata in funzione della frequenza di sporcamento degli scambiatori di calore. In particolare, sono stati individuati additivi a base di acido policarbossilico a basso peso molecolare che, attraverso l'azione sequestrante, disperdente e modificatrice dei cristalli, impedisce la precipitazione di carbonato di calcio, solfato di calcio e magnesio, idrossido di magnesio.

Questi prodotti sono stati selezionati anche considerando la compatibilità con gli antischiuma e la stabilità alle alte temperature (90 – 120 °C) tipiche degli impianti a multiplo effetto. Tutte le informazioni acquisite hanno consentito la definizione delle procedure di verifica e selezione dei chemicals, tra i quali sono stati annoverati quelli necessari per:

- il condizionamento dell'acqua nel ciclo vapore;
- la neutralizzazione delle condense;
- favorire la sedimentazione dei fanghi biologici
- la precipitazione dei metalli;
- il disemulsione e l'assorbimento di sostanze polari quali oli, grassi, vernici e solventi;
- la gestione dell'impianto biologico

Nell'ottica del risparmio di risorse, ci si riferisce soprattutto al fabbisogno di acqua industriale, sono state definite le procedure operative per il riutilizzo nel processo dell'effluente depurato ed i metodi di calcolo per la stima dei consumi di energia elettrica, combustibili e chemicals.

Per garantire la performance attesa ed agevolare gli interventi degli operatori, sono state progettate le seguenti ottimizzazioni di processo, tutte scaturite dall'analisi della gestione corrente degli impianti:

- realizzazione dei riempimenti rapidi di ciascun effetto di evaporazione per manovre di emergenza nel caso di improvviso svuotamento dovuto a fenomeni di trascinarsi;
- alimentazione sotto battente del reflu nel primo effetto di concentrazione;
- eliminazione del ricircolo delle condense del 1° effetto nella colonna di concentrazione/ esaurimento delle flemme alcoliche;
- recupero delle condense del 1° effetto nello scambiatore di calore del 2° effetto di concentrazione;
- variazione della quota di aspirazione delle pompe del vuoto;
- aerazione e filtrazione dell'acqua di falda;
- reintegro automatico acqua industriale;
- reintegro automatico acqua ciclo vapore;
- installazione di miscelatori statici in-line e di pompe dosatrici servocomandate per il dosaggio degli additivi;
- regolazione e controllo automatico dei principali parametri di processo;
- opportuno orientamento ed affondamento dei miscelatori sommersi;
- modalità di bilanciamento termoidraulico dei tre effetti di concentrazione al variare della tipologia di reflu alimentato
- la valutazione delle risposte progressive dei misuratori in continuo della densità del reflu concentrato;
- miglioramento della distribuzione dei flussi di massa alimentati al reattore di predenitrificazione;
- ricircolo dei trascinarsi dalla neutralizzazione al serbatoio di alimentazione del RLS;
- installazione di un doppio volume di accumulo con controllo automatico delle acque destinate allo scarico.

Per la sicurezza dei lavoratori e la tutela dell'ambiente si è provveduto alla definizione del piping accessorio, in modo da diversificare la destinazione delle acque che, secondo il progetto, erano canalizzate nel sistema di raccolta spanti costituito da un canale a cielo aperto che corre lungo la platea dell'impianto. Gli interventi, finalizzati alla eliminazione di qualunque tipo di emissione, anche episodica, in prossimità delle zone di stazionamento degli operatori d'impianto, consentono:

- l'utilizzo del canale per la sola raccolta delle acque meteoriche;
- il convogliamento in condotti chiusi dello scarico delle pompe del vuoto;
- il ricircolo dei trascinarsi nel serbatoio giornaliero di alimentazione.

Per eliminare gli spanti prodotti in fase di carico del concentrato e per facilitare le manovre delle autocisterne, è stato realizzato un nuovo punto di carico in quota, con il tratto orizzontale caratterizzato da idonea contro pendenza, atta a evitare perdite di liquido ad operazione ultimata.

Il potenziamento dell'automazione è stato elaborato per minimizzazione gli interventi diretti del personale e, quindi, mirato alla riduzione dei rischi derivanti da errate o mancate manovre. Si è intervenuto pertanto su:

- programma di avviamento di tutti i motori della sezione di concentrazione secondo sequenze prestabilite;
- azionamento automatico del sistema di aerazione della sezione biologica;
- pompe dosatrici munite di valvole di sicurezza automatiche con recupero del prodotto;
- bruciatori automatici modulanti;
- indicazione sul PLC centrale dello status delle sonde di azionamento e dei motori elettrici con interfaccia ai PLC periferici;
- ricorso a pressostati con allarme di massima e di minima del sistema di pressurizzazione delle tenute e reintegro automatico dei barilotti di accumulo;
- utilizzo di un programmatore elettronico per la rigenerazione automatica dell'addolcitore con resine a scambio ionico;
- installazione di elettroagitatori delle soluzioni di additivi in luogo degli agitatori manuali o di quelli pneumatici;
- realizzazione di gruppi di controllo con commutazione automatica del piping per escludere il controllo visivo degli eventuali trascinamenti.

Per minimizzare le esigenze in ordine alla manutenzione si è provveduto a:

- definire il trattamento delle acque per le pompe del vuoto;
- realizzare i collegamenti flangiati per le tubazioni di scarico del refluo concentrato, in modo da consentire rapidi interventi nel caso di occlusioni;
- stabilire le modalità di approvvigionamento e gestione dei ricambi relativi a componenti critici soggetti ad usura e logorio;
- installare piastre e supporti a bandiera per la rimozione delle pompe e dei mixer sommergibili;
- selezionare idonee sonde per la pulizia meccanica degli scambiatori;
- definire i criteri di selezione dei reagenti idonei per il lavaggio chimico di scambiatori e colonne;
- stabilire le prese per il lavaggio di tubazioni di processo con acqua industriale e vapore;
- munire di valvole di intercettazione l'aspirazione delle pompe di trasferimento del concentrato;
- intercettare il cunicolo interrato di collegamento del troppo pieno della vasca di raccolta spanti con il bacino di contenimento del serbatoio D104;
- individuare i criteri di verifica della funzionalità di macchine ed apparecchiature e dei loop di regolazione e controllo.

La verifica della corretta gestione del processo è affidata ad un piano di monitoraggio analitico di:

- reflui in alimentazione all'impianto;
- reflui concentrati prodotti;
- condense da evaporazione;
- acque nella sezione biologica;
- acque destinate al recupero ed allo scarico;
- acque dei generatori di vapore;
- acque del circuito di raffreddamento.

Per ciascuno dei punti su indicati sono stati definiti i criteri e le modalità di campionamento, la frequenza delle analisi, i parametri analitici ed i modelli teorici di verifica della congruità dei risultati ottenuti. In ultimo, sono state definite le procedure da seguire nel caso di risultati incoerenti ed anomali.

#### Monitoraggio dei bacini di stoccaggio provvisorio

Le problematiche gestionali degli stoccaggi riguardano prevalentemente la tutela ambientale, e nel caso di miscelazione di rifiuti non pericolosi, anche la sicurezza dei lavoratori.

Ad integrazioni delle prescrizioni contenute nei provvedimenti autorizzativi, si è reputato utile predisporre un piano di monitoraggio finalizzato, soprattutto, all'accertamento preventivo di spostamenti degli elementi strutturali e di perdite delle geomembrane.

Nel dettaglio, considerato anche che i bacini sono a cielo aperto, sono stati definiti:

- i criteri di gestione degli stoccaggi (rilevante per la conoscenza delle masse introdotte o trasferite nei bacini);
- la frequenza e modalità di controllo dei livelli;
- il modello di calcolo del bilancio di massa dei bacino;
- il tipo e la frequenza di acquisizione dei dati meteorologici;

- la frequenza dei monitoraggi geoelettrici;
- la periodicità e le modalità degli interventi manutentivi (svuotamento, rimozione dei fanghi, controllo delle saldature);
- i punti fissi per la verifica degli spostamenti;
- i controlli per la verifica degli ancoraggi delle geomembrane;
- i test di verifica di compatibilità delle geomembrane con le caratteristiche dei reflui da stoccare;
- le procedure di gestione delle emergenze nel caso di perdite di lieve entità e di eventi eccezionali (terremoti, attentati).

#### Monitoraggi ambientali ed adempimenti

Gran parte delle prescrizioni contenute negli atti autorizzativi è finalizzata ai controlli periodici delle emissioni in atmosfera, della qualità delle acque di falda ed al monitoraggio della corretta conduzione degli impianti.

Anche per queste esigenze, prediligendo l'aspetto preventivo, si è provveduto alla definizione di una articolata sequenza di controlli comunque concepita per snellire il flusso di informazioni ed agevolare il processo decisionale. Quest'ultimo aspetto riveste particolare importanza se si considera che le conseguenze di qualunque problema gestionale possono essere istantaneamente eliminate mediante la fermata degli impianti ma che questi, operando in continuo per archi temporali di 90 – 120 giorni, sono soggetti a rapido logorio nel caso di fermate frequenti (stress termici, sollecitazioni anomale delle tenute meccaniche, ridotta tenuta di guarnizioni e baderne, ecc.).

Circa le emissioni in atmosfera, soprattutto in riferimento a quelle prodotte dai generatori di vapore, sono state individuate tipologia e frequenza dei controlli di routine da effettuare, in particolare, su combustibile utilizzato, ceneri da combustione e fumi scaricati in atmosfera.

Particolare cura è stata dedicata alla definizione dei monitoraggi delle acque destinate al riutilizzo ed allo scarico non trascurando le verifiche del corpo ricettore (torrente Locone) per acquisire la certezza che eventuali inquinamenti non sono attribuibili all'esercizio degli impianti.

Infine si è provveduto alla definizione dei controlli qualitativi da effettuare sugli "indicatori ambientali" individuati tra alcune essenze messe a dimora nelle aree a verde circostanti lo stabilimento e tra quelle presenti nel corpo ricettore.

## **5. CONCLUSIONI**

Una piattaforma di trattamento/smaltimento R.L.S. pur se soggetta al rispetto di numerose norme e prescrizioni, ragionevolmente sufficienti per garantire i livelli minimi di protezione, non può prescindere da "regole di gestione" volontarie, che incrementando i costi di esercizio budgettabili possono prevenire conseguenze economiche, sociali e legali certamente non monetizzabili. In pratica, occorre rilevare che la tradizionale analisi costi/benefici non è applicabile per gli impianti che operano in campo ambientale, a causa della oggettiva impossibilità di stima delle conseguenze dovute ad errori o lacune gestionali. E' quindi obbligo del gestore "coscienzioso", nell'interesse dell'impresa e della collettività, trattandosi comunque di una attività assimilabile a quelle di servizio pubblico, salvaguardare l'impresa e l'ambiente da qualunque imprevisto, adottando sempre la migliore tecnologia disponibile a tutela dei lavoratori e dell'ambiente.

Il sistema integrato di gestione ambientale implementato, tenuto conto della particolare natura dell'attività considerata, oltre a perseguire obiettivi di prevenzione e sicurezza, qualità dei processi e drastica riduzione dell'impatto ambientale ha consentito di ottenere una vantaggiosa riduzione dei costi di gestione, garantendo un controllo operativo di efficienza dei processi, che mediante un meccanismo sistematico, ha comportato l'avvio del processo dinamico del miglioramento continuo delle proprie prestazioni e, quindi, una soddisfacente immagine pubblica ed una maggiore competitività sul mercato.

#### **Bibliografia**

- [1] S. Gervasoni – "Sistema di gestione ambientale" – Hoepli - 2000
- [2] S. Gervasoni – "Discariche controllate" – Hoepli – 2000
- [3] M. Antoniotti – "Guida ai piani di sicurezza" – Maggioli Editori – 2001
- [4] DNV Knowledge Institute – "Corso di introduzione ai Sistemi di gestione ambientale" – 2000