



SPERIMENTAZIONE

TRATTAMENTO DI REFLUI CIVILI CON GAS OZONO

Richiesta da Gruppo di Gestione ACEGAS APS

Analisi effettuate da A.R.P.A. FGV

Patent Pending

I dati tecnici e commerciali della presente scrittura, riferiti alla sperimentazione espressa, si ritengono strettamente riservati e confidenziali. Come tali dovranno essere trattati dalle parti. Nessuna notizia potrà essere divulgata a terzi senza l'espresso consenso scritto dalla proponente. Ogni informazione tecnica e commerciale del presente documento rimangono di proprietà della proponente ad eccezione dei dati forniti dalle altre parti.

Scopo della Sperimentazione

La sperimentazione, è volta a verificare il grado di miglioramento della qualità dell'acqua di scarico fognario con utilizzo di gas OZONO, in rapporto alla dose ottimale applicata.

Di seguito verrà presentata l'apparecchiatura utilizzata per la sperimentazione con l'ozonizzazione dell'acqua, il metodo sperimentato e i risultati ottenuti.

Azione dell'ozono nel trattamento delle acque

La dose di ozono impiegata, è in funzione delle caratteristiche chimiche del refluo. Questo, infatti, è costituito da componenti che interagendo in maniera competitiva con l'ozono, possono alterarne la sua azione disinfettante.

Tale competizione fra reazioni chimiche, in realtà, non è in se dannosa per l'acqua scaricata in quanto tali reazioni stabilizzano i composti rendendoli, di fatto, meno pericolosi e migliorando di conseguenza notevolmente le proprietà dello scarico finale.

L'ozono manifesta forte reattività con tutti i composti organici, sia che si tratti di sostanze come gli acidi umici e fulvici – responsabili della formazione degli organo alogenati – sia che ci si riferisca al caso dei fenoli, del benzene e dei vari pesticidi (es. atrazina). E' da considerarsi notevole anche la reattività dell'ozono nei confronti di quei composti organici contenenti doppi legami. In questo caso esso è capace di romperli al fine di formare molecole maggiormente semplici e biodegradabili.

L'ozono, inoltre, esplica un'attività di riduzione della frazione organica (COD) allo scarico.

Si evidenzia anche una rilevante attività di rimozione dei tensioattivi, molecole organiche che possono provenire sia da scarichi di natura civile che industriale.

Descrizione dell'impianto utilizzato per la sperimentazione

L'impianto utilizzato durante la sperimentazione per il trattamento dell'acqua fognaria di scarico è stato progettato per funzionare in modalità continua con una portata di 300 litri/minuto pari a circa 18 m³/h. L'acqua è stata prelevata direttamente da un pozzo ove avviene il convogliamento dalle due vasche di sedimentazione, e inviata a mezzo di una pompa sommersa, all'impianto di trattamento. Terminato il trattamento, l'acqua viene rinviata al collettore di scarico.

L'impianto utilizzato è completamente automatizzato. L'impianto comprende una parte meccanica-pneumatica, che una componente elettrica – elettronica per la gestione e la programmazione del sistema.

La parte meccanica comprende una batteria di tre serbatoi, indispensabili per cadenzare i tempi necessari al caricamento, al trattamento con l'ozono ed allo scarico dell'acqua. Una spia visiva posta frontalmente su ogni serbatoio, permette di verificare le vari fasi del processo di trattamento.

La miscelazione del gas ozono, avviene utilizzando due processi ben distinti: il primo con eiettore direttamente all'ingresso dell'acqua nei serbatoi, ed un secondo, a mezzo di diffusori porosi localizzati all'interno di ogni singolo serbatoio.

Il primo processo consente di effettuare un trattamento shock dell'acqua da trattare. Il secondo integra la funzione del primo impiegando diffusori porosi. Ciò permette di controllare il tempo di trattamento e bilanciare conseguentemente la dose di ozono da applicare in funzione all'effettiva necessità.

All'interno dei serbatoi sono collocati degli agitatori deputati alla miscelazione dell'acqua. Questi, esercitando una pressione verso i diffusori, garantendo un maggiore contatto tra l'ozono e il liquido da trattare.

Il suddetto sistema, ha offerto un notevole risparmio dell'ozono impiegato consentendo un proporzionale risparmio di energia elettrica.

Va evidenziato che tutto il processo di miscelazione e il contatto ozono-acqua da trattare, viene eseguito in ambiente a circuito chiuso .

L'impianto in oggetto, è completo di pompe di ricircolo per l'evacuazione dell'acqua dai serbatoi, di un sistema di scarico dei pochi residui post trattamento e di un *filtro a carboni attivi* che entra in funzione qualora, al termine del trattamento, nell'acqua da smaltire si rinvergono particelle di ozono.

La parte elettrica – elettronica gestisce le varie fasi del processo di produzione ed impiego dell'ozono, mentre uno schema sinottico posto sul pannello della cabina elettrica ne permette il monitoraggio distinguendone le varie fasi.

Il produttore di ozono è costituito da elettrodi di terra e da un dielettrico che viene alimentato da un trasformatore ad alta tensione. Un compressore a secco munito di apposito essiccatore, garantisce l'apporto di aria necessaria ad essere trasformata in ozono. Dei regolatori di flusso, situati in concomitanza dei produttori di ozono, si occupano di controllarne il corretto afflusso. Il tutto viene gestito dal un PLC . Un touch screen posto sul pannello frontale, evidenzia le varie fasi del processo di ozonizzazione, trattenendo in memoria ogni funzione effettuata, dando così la possibilità di verificare in qualsiasi momento i dati di processo.

L'ozono prodotto viene immediatamente inviato all'eiettore e ai diffusori porosi e posto in contatto con l'acqua da trattare, mentre l'ozono residuo esausto viene canalizzato ed inviato in un apposito distruttore di tipo catalitico a temperatura costante. Il sistema prevede, in caso di anomalia di funzionamento, un parziale blocco ed avviso al sistema di controllo. Quest'ultimo provvederà automaticamente ad effettuare un'autodiagnosi della funzionalità di tutto l'impianto, permettendo, comunque, il flusso dell'acqua con sistema di deviazione in automatico.



Descrizioni di funzionamento dell'impianto

Lo scopo della presente relazione, è di descrivere il funzionamento dell'unità logica PLC Schneider e il pannello HMI Magelis, integrati nel quadro di controllo.

Convenzioni e notazioni

Nel presente documento, i termini non espressi in lingua italiana, nomi propri di aziende o prodotti, sono riportati in *corsivo*, così come gli acronimi e le abbreviazioni.

Eventuali esempi di codice sorgente o stralci di documenti in opportuni linguaggi di marcatura (es. *C*, *XML*) sono riportati utilizzando il carattere **courier**.

Eventuali notazioni e convenzioni riguardanti il colloquio tra componenti *software* sono riportate utilizzando il carattere **courier**.

Eventuali diagrammi, qualora presenti, saranno realizzati secondo la specifica UML.

Modello Concettuale

Il prodotto è composto da due unità fisiche distinte:

- 1) Impianto idraulico serbatoi
- 2) Quadro di controllo.

L'Impianto idraulico serbatoi è composto dagli elementi idraulici ed elettromeccanici necessari per le fasi di riempimento, svuotamento e trattamento del contenuto dei serbatoi.

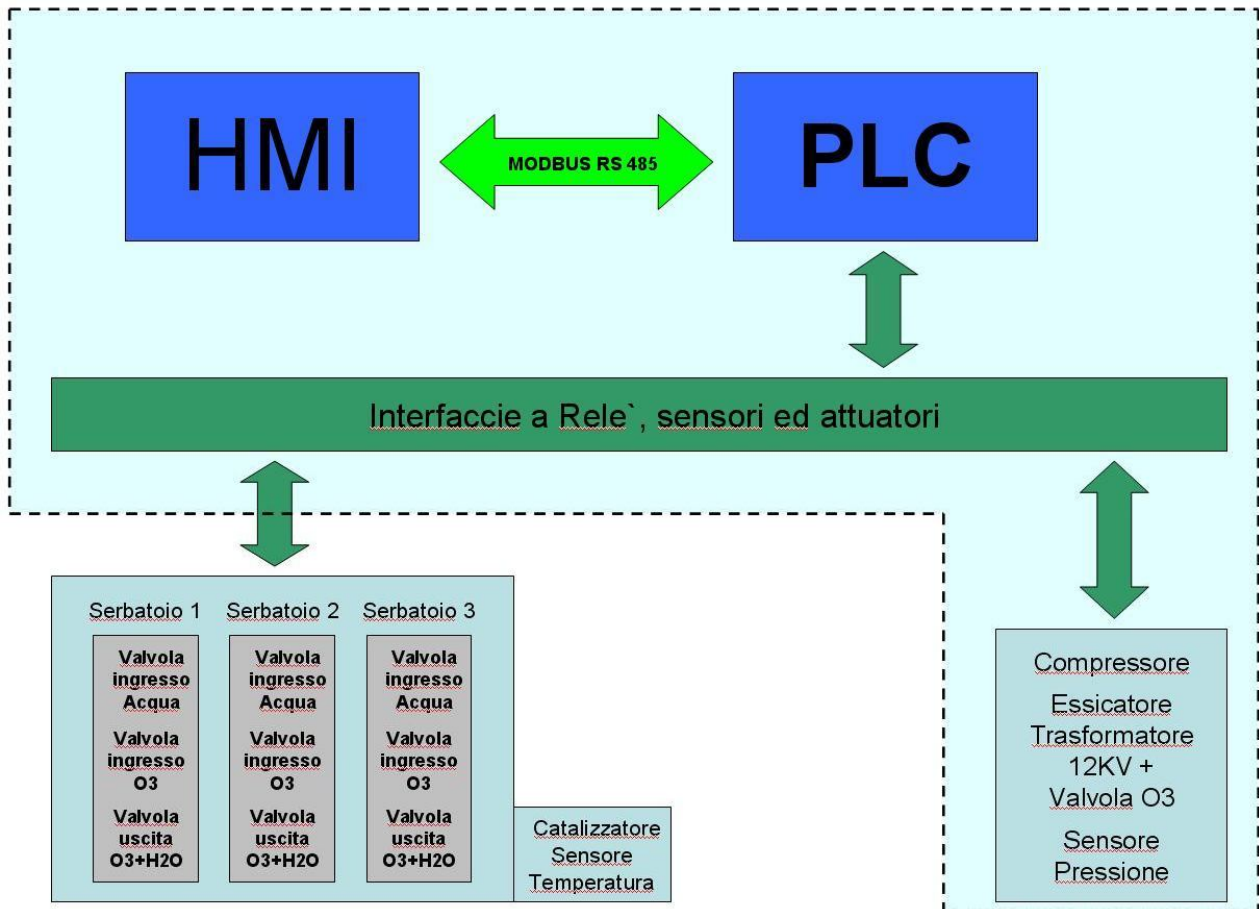
Il PLC ed il pannello HMI sono integrati nel Quadro di controllo ed assolvono rispettivamente le funzioni di controllore e interfaccia di comando manuale.

Il ruolo del PLC consiste nell'automatizzare la gestione dell'impianto, gestendo i cicli di riempimento – svuotamento - erogazione di ogni singolo serbatoio.

Il sistema supervisiona inoltre la produzione di ozono, controllando costantemente il funzionamento del catalizzatore e del compressore d'aria.

Il pannello HMI fornisce un'interfaccia utente in grado di operare manualmente sui singoli elementi dell'impianto.

Prospettiva di prodotto



6

Il diagramma riportato qui sopra sintetizza graficamente i moduli che compongono il sistema. Nel riquadro tratteggiato sono rappresentati i componenti del quadro di controllo mentre l'Impianto idraulico dei serbatoi è rappresentato in basso a sinistra.

Verrà fornita una descrizione solo dei moduli MHI e PLC mentre per i restanti moduli (Impianto idraulico serbatoi, interfacce varie nonché impianto di produzione O₃) fare riferimento alle relative documentazioni.

Il PLC utilizzato in questo sistema è un'unità modulare Schneider modello Zelio SR3B261BD, dotato di interfacce d'espansione SR3MBU01 e SR3XT101BD.

Così configurato, l'unità PLC dispone di 22 ingressi digitali e 14 uscite relais oltre ad una porta di comunicazione seriale RS485.

Il protocollo di comunicazione implementato è il MODBUS.

Il pannello HMI utilizzato è un'unità da incasso touch screen modello Magelis XBTGT2220.

Oltre ad uno schermo touchscreen TFT da 5 pollici, il pannello HMI dispone di una porta di comunicazione seriale RS 485.

Il protocollo di comunicazione implementato è il MODBUS.

Interfaccia utente

L'interfaccia utente è composta da due componenti, entrambe integrate nel quadro di controllo principale:

- 1) Sinottico impianto
- 2) Interfaccia grafica di comando manuale

Il sinottico impianto consiste in una rappresentazione grafica dell'impianto idraulico serbatoi.

Il sinottico è serigrafato su un pannello di alluminio. In corrispondenza degli attuatori di sistema sono presenti dei led di segnalazione marcia-arresto, stato serbatoi e impianto di produzione ozono.

L'interfaccia grafica è implementata all'interno del codice del pannello HMI.

Toccando i vari tasti disposti sul touch screen è possibile muovere manualmente gli attuatori dell'impianto, visualizzare lo stato del pressostato e del sensore di temperatura, operare manualmente sull'impianto di produzione O₃ e visualizzare uno storico degli eventi controllati dal sistema PLC.

Per ragioni di sicurezza ciò è possibile solo attivando il pulsante d'emergenza del quadro. Le operazioni manuali sono adibite all'uso esclusivo da parte di tecnici qualificati.

Interfaccia software (API)

La stesura del programma è stata eseguita in ambiente operativo Windows XP SP2 utilizzando i software Vijeo Designer Versione 4.5.0c e ZELIO Soft 2 versione 4.1.

Le istruzioni contenute nel PLC sono scritte in linguaggio FDB, riconosciuto dallo standard CEI EN 61131-3.

Il Pannello HMI è stato programmato con l'ausilio del software Vijeo Designer Versione 4.5.0c; l'applicativo gira su Java Runtime Versione 4.5.0.2955

Interfaccia hardware

Il PLC raccoglie tramite i suoi ingressi lo stato di vari indicatori relativi all'impianto:

- Stato pulsante Emergenza
- Indicatore pieno Serbatoio 1
- Indicatore vuoto Serbatoio 1
- Indicatore pieno Serbatoio 2
- Indicatore vuoto Serbatoio 2

- Indicatore pieno Serbatoio 3
- Indicatore vuoto Serbatoio 3
- Presenza tensione di rete
- Stato catalizzatore in temperatura
- Stato pressostato uscita essiccatore

Tutti gli ingressi sono di tipo digitale ed interfacciati a loro volta con dei circuiti di condizionamento dei segnali in ingresso (ad esempio indicatori di livello e temperatura).

Sempre il PLC, tramite i suoi relais, comanda il consenso alle elettrovalvole e al sistema di produzione O₃:

8

- Carico serbatoio 1
- Scarico serbatoio 1
- Miscelatore ed apertura valvola ingresso O3 serbatoio 1
- Carico serbatoio 2
- Scarico serbatoio 2
- Miscelatore ed apertura valvola ingresso O3 serbatoio 2
- Carico serbatoio 3
- Scarico serbatoio 3
- Miscelatore ed apertura valvola ingresso O3 serbatoio 3
- Consenso accensione compressore aria
- Consenso accensione essiccatore
- Consenso accensione trasformatore 12KV e apertura valvola aria
- Consenso accensione catalizzatore

I relais del PLC, di tipo NA, sono a loro volta interfacciati ad altri relais di amperaggio sufficiente a comandare direttamente gli attuatori dell'impianto.

Interfacce di comunicazione

La comunicazione tra il modulo HMI ed il PLC avviene tramite una porta seriale RS 485; la distanza massima di trasmissione è di 1000mt.

Il protocollo di comunicazione è il MODBUS, praticamente uno standard nel campo delle automazioni basate su PLC.

Operazioni

I due sistemi (Pannello HMI e PLC) assolvono operazioni differenti ma in taluni casi complementari.

Il PLC esegue autonomamente il programma di gestione dell'impianto e anche in caso di un guasto al Pannello HMI è possibile procedere alla normale routine di produzione.

Il Pannello HMI, quando il sistema è in condizione di EMERGENZA, è in grado di comandare manualmente i componenti dell'impianto tramite l'ausilio degli attuatori del PLC.

In condizioni di funzionamento normale il pannello può visualizzare uno storico degli eventi registrati dal PLC.

Funzionalità

Verranno ora descritti i programmi di controllo del PLC e del pannello HMI .

Accensione quadro di controllo e PLC

All'accensione del quadro il PLC entra in esecuzione e prende il controllo del sistema.

La prima fase del programma consiste nell'avviare i primi componenti dell'impianto ozono in sequenza:

- 1) all'accensione: Compressore Aria e Catalizzatore O₃
- 2) dopo 50 secondi: Essiccatore Aria

Nel caso venisse tolta tensione al sistema il ciclo si ripeterebbe da capo.

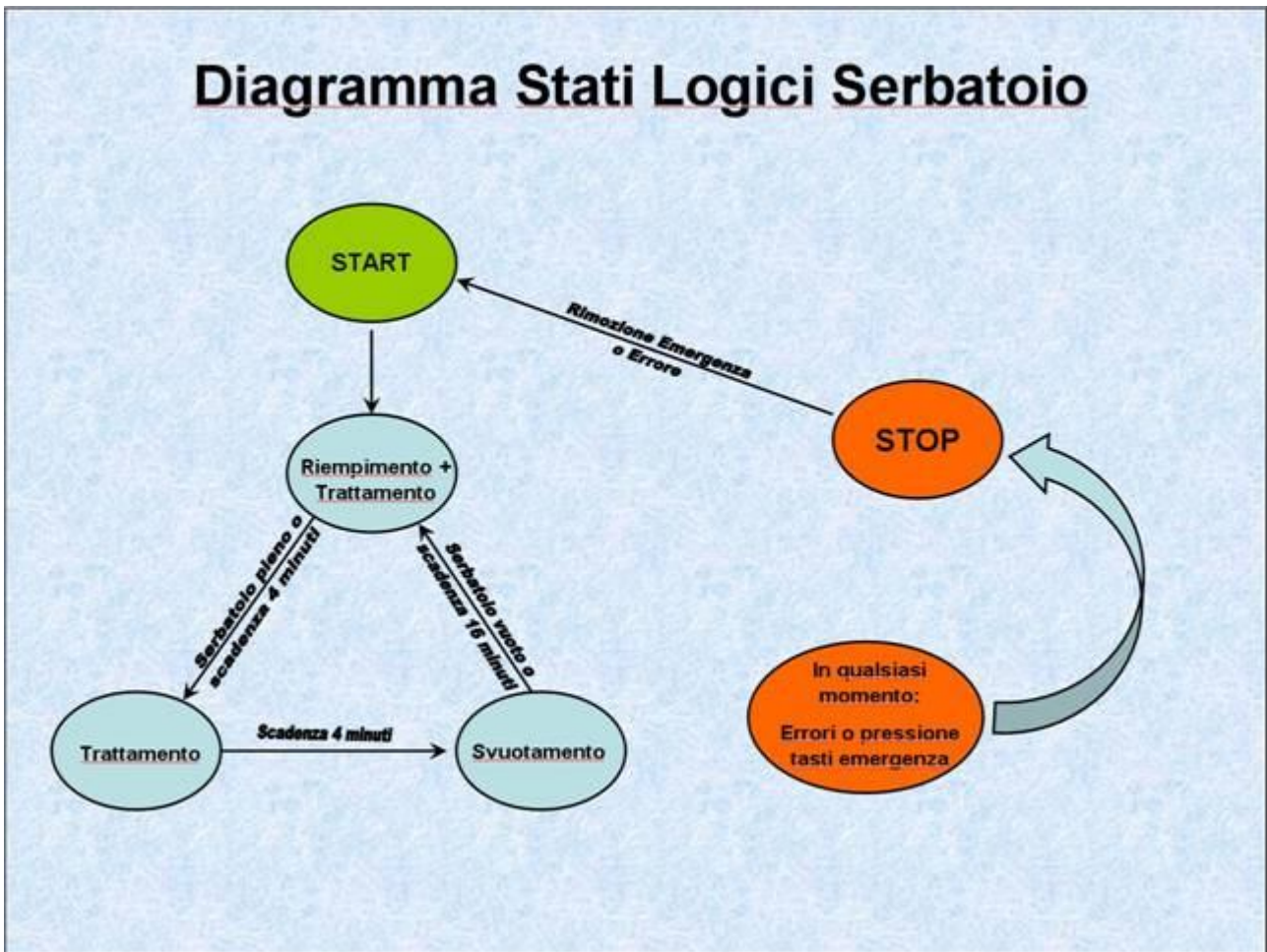
Prima di eseguire la routine di riempimento - svuotamento - trattamento dei serbatoi, il sistema attende che il pressostato segnali la presenza di aria e che il termostato del catalizzatore O₃ sia in temperatura.

Queste due condizioni sono prioritarie. Nel caso in cui una di esse venisse a mancare l'impianto non sarà in grado di produrre O₃; di conseguenza, il sistema di controllo spegnerà il trasformatore 12 KV e arresterà i serbatoi che si trovano in quel momento in uno stato di riempimento/svuotamento, consentendo comunque il prelievo dell'acqua già trattata.

Routine di controllo Serbatoio

Verificatesi le condizioni descritte nel capitolo precedente, inizia la routine di produzione acqua trattata.

La logica di funzionamento di ciascun serbatoio segue il diagramma sotto riportato.



Le fasi operative dei serbatoi sono tre:

- 1) *Riempimento e trattamento.* Si introduce l'acqua dopodiché l'agitatore e la valvola O_3 si aprono.
- 2) *Trattamento.* Solo l'agitatore e la valvola O_3 restano aperti.
- 3) *Svuotamento.* Si chiude la valvola O_3 e si ferma l'agitatore. Il sistema dà il consenso per l'apertura della valvola di svuotamento.

A serbatoio vuoto si procede con l'operazione di riempimento e trattamento.

La valvola del serbatoio si apre, consentendo l'ingresso di acqua; contemporaneamente vengono attivati l'agitatore e la valvola di ingresso ozono.

Il sistema rimane in questa condizione finché non viene raggiunto il livello massimo del serbatoio o scade un timeout di 4 minuti.

Successivamente, il serbatoio 1 passa alla fase di trattamento.

L'agitatore continua a miscelare l'acqua del serbatoio con O₃ per altri 4 minuti.

Fase di avvio Routine Serbatoi

In fase di avvio il sistema attende che tutti e tre i serbatoi siano in fase di svuotamento prima di aprire fisicamente la valvola di uscita del serbatoio 1.

Questo accorgimento serve per cadenzare le routine di ciascun serbatoio di un tempo pari a 4 minuti.

La routine del serbatoio 1 procede autonomamente per le fasi di riempimento e trattamento, mentre gli altri due serbatoi sono inattivi.

Al termine della fase di riempimento il serbatoio 1 entra in trattamento e il serbatoio 2 inizia la sua fase di riempimento.

Terminata la fase di riempimento del serbatoio 2 inizia quella del serbatoio 3.

A questo punto il serbatoio 1, che si trova in fase di svuotamento, non apre la sua valvola per l'uscita dell'acqua finché anche il serbatoio 3 si troverà nella fase di svuotamento.

Sensore temperatura catalizzatore.

Il sensore di temperatura del catalizzatore è interfacciato con un'unità di controllo esterna al sistema PLC.

Esso fornisce un contatto aperto nel caso che la temperatura del catalizzatore sia oltre la soglia impostata.

Viceversa il contatto diventa chiuso se la temperatura rilevata è inferiore a quella impostata meno un valore di soglia.

Il PLC interpreta l'apertura del contatto come una condizione di temperatura ok, di conseguenza dà il consenso alla produzione di O₃.

Essendo il catalizzatore di generose dimensioni è in grado di trattenere il calore al suo interno per un tempo prolungato. Per questa ragione il sistema PLC mantiene attiva la condizione di sensore temperatura ok anche se il contatto viene aperto.

Tuttavia, se il catalizzatore non riporta il sensore in temperatura per un tempo superiore a 5 minuti, il sistema arresta la produzione di O₃ e ferma i serbatoi che lo richiedono (riempimento e trattamento).

Se l'arresto parziale permane per 16 minuti il sistema entra in condizione di arresto routine.

Condizioni di arresto routine

Premendo il pulsante di emergenza presente sul quadro di comando il sistema entra in condizione di arresto routine.

Tutte le elettrovalvole vengono chiuse e il sistema di produzione O₃ viene disattivato; questo avviene in qualsiasi stato si trovi il sistema.



Pannello Operatore

Funzionalità

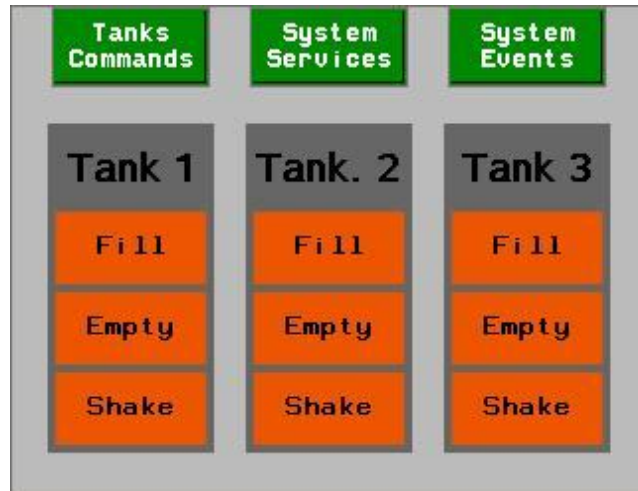
Il Pannello HMI, quando il sistema è in condizione di EMERGENZA, è in grado di comandare manualmente i componenti dell'impianto tramite l'ausilio degli attuatori del PLC.

L'attivazione di un comando, così come la navigazione tra le schermate del pannello, avviene toccando direttamente sullo schermo il tasto desiderato.

Le schermate del pannello HMI sono 3:

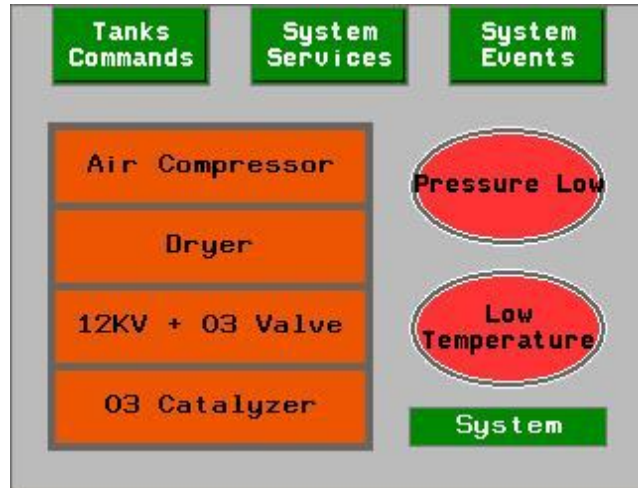
- Comandi Serbatoio
- Servizi Impianto
- Eventi Sistema

Comandi Serbatoio



In questa schermata è possibile comandare manualmente le elettrovalvole che permettono di riempire, svuotare ed azionare l'agitatore di ciascun serbatoio. Per attivare le elettrovalvole è sufficiente premere sullo schermo in corrispondenza dell'attuatore desiderato. Per disattivarlo si dovrà premere nuovamente lo stesso pulsante.

Servizi Impianto



14

Questa schermata permette di monitorare lo stato della temperatura del catalizzatore e di verificare il corretto funzionamento del compressore. Gli indicatori presenti sulla destra del pannello si illuminano di verde se il sistema funziona correttamente, contrariamente si illuminano di rosso.

I tasti sulla sinistra permettono di agire sulle singole componenti dell'impianto di generazione ozono. Il compressore, l'essiccatore, il trasformatore ed il catalizzatore possono essere attivati e disattivati manualmente.

Il tasto verde in basso a destra permette di accedere alle impostazioni di sistema proprietarie del pannello HMI utilizzato. Accedendo a questo sottomenu è possibile impostare la lingua di sistema e la lingua dell'applicazione. Gli idiomi disponibili sono Italiano, Inglese e Francese.

E' altresì possibile settare altri parametri di sistema. Per maggiori informazioni si faccia riferimento al manuale utente del pannello HMI modello XBTGT2220.

Eventi Sistema

Tanks Commands	System Services	System Events
Date	Time	Status
21/07/08	23:10:17	RTN
Dryer		
21/07/08	23:10:17	RTN
Catalyzer		
21/07/08	23:10:17	RTN
Compressor		
21/07/08	23:10:16	ATTIVI
Catalyzer Temperature		
21/07/08	23:10:16	ATTIVI
Tank 3 FULL		
21/07/08	23:10:16	ATTIVI
Tank 3 EMPTY		

15

In questa schermata vengono visualizzati gli eventi registrati dal sistema.

Ogni cambio di stato degli I/O del PLC viene registrato dal pannello HMI riportando data, ora e stato dell'evento.

I tasti sulla destra permettono di scorrere l'elenco degli eventi. E' possibile cancellare l'intero elenco premendo sul tasto a forma di cestino.

Specifica requisiti

Criticità

La particolare tempistica del ciclo di riempimento – trattamento - svuotamento viene determinata dalla fase di avvio del sistema ed è da eseguirsi **sempre a serbatoi completamente vuoti**.

Una eventuale alterazione o interruzione manuale del processo causa la perdita di sincronismo tra i tre serbatoi; l'operazione di riavvio quindi deve essere effettuata solo svuotando **precedentemente e completamente** i serbatoi dell'acqua.

Specifica requisiti non funzionali

Sicurezza

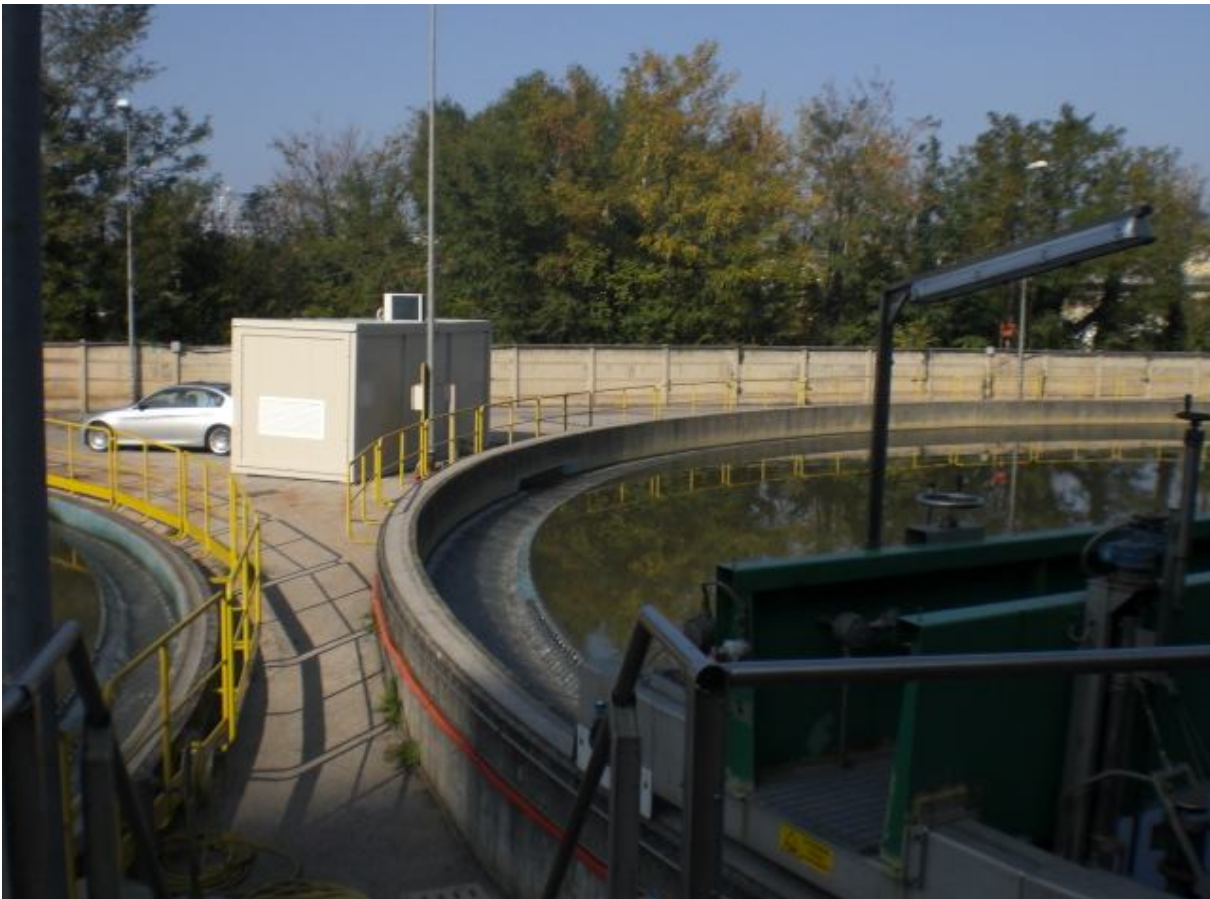
Il PLC ed il pannello HMI rispondono alle più recenti normative europee in ambito di sicurezza. Sarà cura dell'installatore eseguire un impianto elettrico conforme a queste normative.

Il sistema prevede inoltre un pulsante d'arresto di emergenza che interrompe tutte le operazioni della macchina in qualsiasi istante.

Compatibilità

Il protocollo MODBUS è implementato della maggior parte dei controllori automatici disponibili in commercio. È virtualmente possibile interfacciare ad un singolo pannello HMI più dispositivi PLC, anche di marche differenti. Una possibile implementazione consisterebbe in altri 3+3+3 etc. serbatoi paralleli ai primi controllati da una coppia di PLC, entrambi interfacciati ad un unico pannello operatore.

Il software nelle versioni rilasciate sono da intendersi compatibili esclusivamente con l'hardware precedentemente elencato



Posizionamento dell'impianto e tempi di esecuzione della sperimentazione

L'impianto utilizzato è stato posizionato presso il depuratore di Servola fra le due vasche di sedimentazione in data 20 Aprile 2010. Installato ed effettuate le prime tarature sommarie, si è iniziato ad effettuare i primi prelievi e successive analisi .

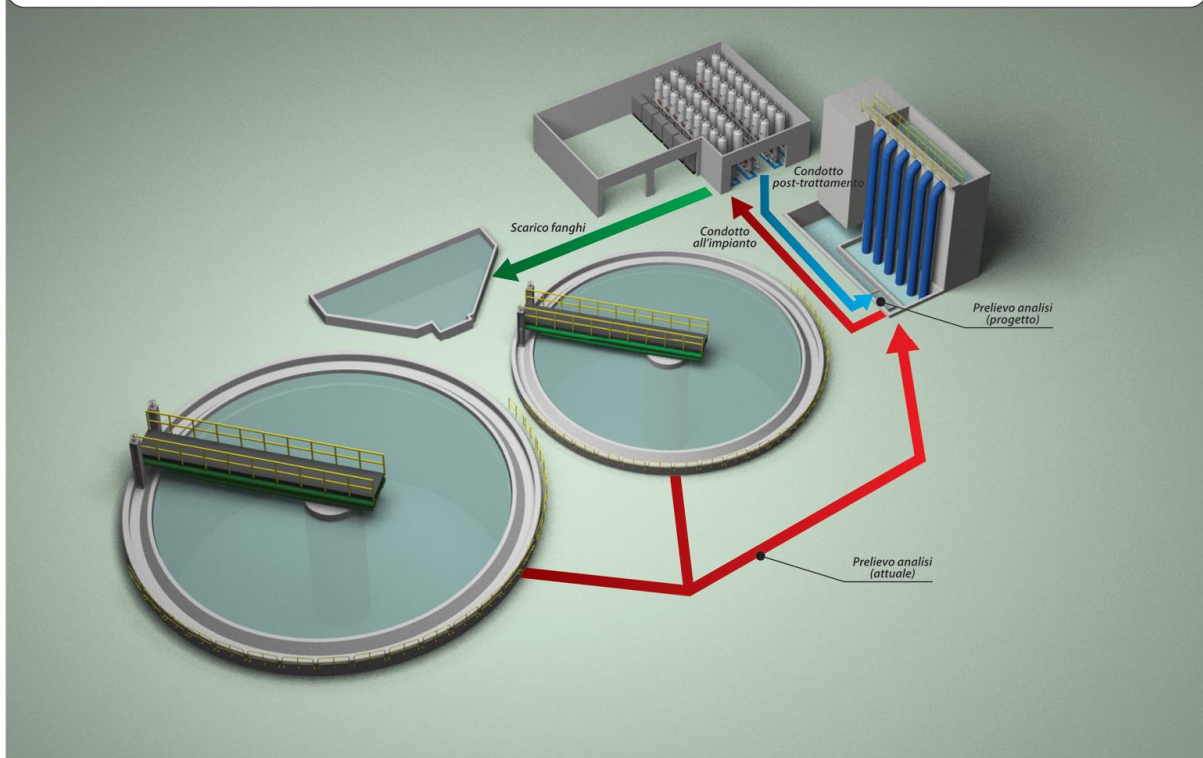
Registrati i primi confortevoli risultati, si è provveduto a far funzionare l'impianto in continuo, 24 ore al giorno, sino alla data del 20 Luglio 2010, giorno in cui ha avuto termine la sperimentazione.

L'impianto ha funzionato perfettamente per tutto il tempo sopra indicato .

17



Parent Pending



Patent Pending

Ricerca della dose ottimale di ozono - Risultati delle analisi

Nelle tabelle che seguono, sono riportati i risultati ottenuti relativi ai diversi dosaggi di concentrazione applicati e le percentuali di abbattimento dei vari parametri.

Parametri	Unità di misura	Ingresso impianto	Campione nr. 1 4 minuti	Campione nr 2 16 minuti	Campione nr 3 24 minuti	Campione nr 4 40 minuti
PH	U.pH	7,8	7,8	7,8	8,0	8,0
Solidi sospesi totali (SST)	mg/l	77	25	27	31	29
COD (O ₂)	mg/l	98	75	71	71	73
Cloruri	mg/l	2.280	2.420	2.264	2.268	2.272
Azoto ammoniacale (come HN ₄)	mg/l	21,1	19,7	19,8	19,0	18,9
Tensioattivi totali	mg/l	3,1	2,5	2,2	2,2	2,0
Tensioattivi anionici	mg/l	2,6	2,1	1,9	1,8	1,6
Tensioattivi cationici	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tensioattivi non ionici	mg/l	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4
Escherichia Coli	MPN/100ml	6.570.000	645.000	631.000	261.300	81.300

Rapporto di prova del 26/04/2010 data prelievo 22 Aprile 2010 (rif. Metodo ozono M16 /7-12) ACEGAS

Parametri	Unità di misura	Ingresso impianto	Uscita impianto	% abbattimento
Solidi sospesi totali	mg/l	63,0	32,7	-52
pH	pH	8,15	8,20	
COD (come O2)	mg/L O2	76	50	-35
Cloruri	mg/l	1879,0	1879,0	
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	8,52	8,14	
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	0,880	0,480	-46
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	0,3	0,1	-66
Tensioattivi totali	mg/l	1,2	0,6	-50
Escherichia coli	UFC/100 ml	1.600.000	1.109.000	-31
Conduttività	nS cm-1 a 20°C	6.370	6.430	
Aldeidi	mg/l	0,08	0,08	
Salinità	psu	3,5	3,5	

Rapporto di prova del 07/07/2010 data prelievo 28 Giugno 2010 ore 09,00 (rif. Metodo ozono M16 / 8-12) ARPA

Parametri	Unità di misura	Ingresso impianto	Uscita impianto	% abbattimento
Solidi sospesi totali	mg/l	62,0	37,3	-40
pH	pH	8,20	8,40	
COD (come O2)	mg/L O2	112	76	-32
Cloruri	mg/l	1.134,0	1.241,0	
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	22,2	20,6	
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	3,23	1,87	-42
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	1,0	0,5	-50
Tensioattivi totali	mg/l	4,2	2,4	-43
Escherichia coli	UFC/100 ml	8.500.000	6.200.000	-27
Conduttività	nS cm-1 a 20°C	4.110	4.350	
Aldeidi	mg/l	0,16	0,16	
Salinità	psu	2,1	2,1	

Rapporto di prova del 07/07/2010 data prelievo 28 Giugno 2010 ore 14,40 (rif. Metodo ozono M16 / 8-10) ARPA

Parametri	Unità di misura	Ingresso impianto	Uscita impianto	% abbattimento
Solidi sospesi totali	mg/l	31,0	29,2	-6
pH	pH	7,55	7,70	
COD (come O2)	mg/L O2	82	70	-15
Cloruri	mg/l	1.028,0	1.162,0	
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	12,6	12,2	
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	1,73	1,48	-15
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	0,7	0,5	-29
Tensioattivi totali	mg/l	2,4	2,0	-17
Escherichia coli	UFC/100 ml	5.700.000	2.500.000	-56
Conduttività	nS cm-1 a 20°C	3.780	4.200	
Aldeidi	mg/l	0,16	0,28	
Salinità	psu	1,9	2,2	

Rapporto di prova del 15/07/2010 data prelievo 07 luglio 2010 ore 10,00 (rif. Metodo ozono M40 / 7-7) ARPA

<i>Parametri</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Ingresso impianto</i>	<i>Uscita impianto</i>	<i>% abbattimento</i>
Solidi sospesi totali	mg/l	52,8	24,9	-53
pH	pH	7,65	7,85	
COD (come O2)	mg/L O2	105	65	-38
Cloruri	mg/l	1.666,0	1.347,0	-20
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	17,7	14,7	-17
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	2,48	0,790	-68
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	1,0	0,5	-50
Tensioattivi totali	mg/l	3,5	1,3	-63
Escherichia coli	UFC/100 ml	5.700.000	1.100.000	-81
Conduttività	nS cm-1 a 20°C	5.510	4.650	-16
Aldeidi	mg/l	0,35	0,43	
Salinità	psu	2,9	2,4	-18

Rapporto di prova del 15/07/2010 data prelievo 07 luglio 2010 ore 14.20 (rif. Metodo ozono M28 / 7-7) ARPA

<i>Parametri</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Ingresso impianto</i>	<i>Uscita impianto</i>	<i>% abbattimento</i>
Solidi sospesi totali	mg/l	33	25	-24
pH	pH			
COD (come O2)	mg/L O2	76	47	-38
Cloruri	mg/l			
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	15,9	16,0	
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	2,4	1,2	-50
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	0,6	0,5	-17
Tensioattivi totali	mg/l	3,0	1,7	-43
Escherichia coli	UFC/100 ml	8.100.000	2.250.000	-72
Conduttività	nS cm-1 a 20°C			
Aldeidi	mg/l			
Salinità	psu			

Rapporto di prova del 22/07/2010 data prelievo 20 luglio 2010 ore 10,00 (rif. Metodo ozono M36 / 7-13) ACEGAS

<i>Parametri</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Ingresso impianto</i>	<i>Uscita impianto</i>	<i>% abbattimento</i>
Solidi sospesi totali	mg/l	36,4	24,8	-32
pH	pH	7,50	7,80	
COD (come O2)	mg/L O2	83	63	-24
Cloruri	mg/l	1.560,0	1.560,0	
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	15,6	14,6	
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	2,30	1,23	-46
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	1,0	0,6	-40
Tensioattivi totali	mg/l	3,3	1,8	-45
Escherichia coli	UFC/100 ml	5.100.000	2.200.000	-67
Conduttività	nS cm-1 a 20°C			
Aldeidi	mg/l	0,13	0,26	
Salinità	psu	3,0	3,0	

Rapporto di prova del 27/07/2010 data prelievo 20 luglio 2010 ore 10,30 (rif. Metodo ozono M32 / 7-13) ARPA

Parametri	Unità di misura	Ingresso impianto	Uscita impianto	% abbattimento
Solidi sospesi totali	mg/l	52,4	29,3	-44
pH	pH	7,55	8,65	
COD (come O2)	mg/L O2	11	68	
Cloruri	mg/l	2.127,0	1.702,0	-20
Azoto ammoniacale(come NH4)	mg/l	18,8	1.520	
Tensioattivi anionici (MBAS)	mg/l	2,66	0,500	-90
Tensioattivi non ionici (PPAS)	mg/l	1,1	0,5	-55
Tensioattivi totali	mg/l			
Escherichia coli	UFC/100 ml	7.300.000	14.000	-98
Conduttività	nS cm-1 a 20°C			
Aldeidi	mg/l	0,20	0,46	
Salinità	psu	4,0	3,3	-18

Rapporto di prova del 27/07/2010 data prelievo 20 luglio 2010 ore 13,50 (rif. Metodo ozono M40 / 12-7) ARPA

21

Relazione della sperimentazione

Le prove sono state eseguite in giorni diversi a partire dal giorno 22/04/2010 al giorno 20 Luglio 2010, con le stesse modalità di ingresso e uscita dell'acqua dall'impianto, ma variando il dosaggio della concentrazione di ozono sia per i diffusori porosi che per il sistema ad iniezione. Il tempo di contatto, ad eccezione della prima prova eseguita il 26 Aprile 2010 (riportata integralmente a pag 18), i cui risultati sono serviti per una iniziale taratura dell'impianto, per tutte le successive prove il tempo è rimasto invariato, così pure la quantità di acqua trattata, circa 18 m3/h.

Dalle tabelle sopra riportate, riferite ai rapporti di prova effettuati, risulta evidente come, al variare delle concentrazioni di ozono, sia in fase shock che nella fase di trattamento, tramite diffusori porosi, pur mantenendo lo stesso tempo di contatto, vi siano delle notevoli differenze di risultato.

L'ozono agisce molto bene nella disinfezione anche con piccole concentrazioni. Infatti, la **carica batterica totale**, anche se molto alta, già con una dose bassa e un tempo breve (quattro minuti di contatto) viene abbattuta significativamente.

Analizzando i valori ottenuti dalle successive prove, in rapporto alle metodiche applicate, si può confermare che aumentando la quantità d'aria in ingresso e bilanciando i due sistemi di contatto si può giungere ad un abbattimento della carica batterica sempre più tendente al 100%.

ESCHERICHIA COLI

Il rapporto di prova del 26 Aprile 2010 con metodo M 16 7-12, evidenzia l'abbattimento del parametro **Escherichia Coli** pari al 93% dopo soli quattro minuti di contatto.

Il rapporto di Prova del 07 Luglio 2010 con variazione di piccola percentuale, da metodo M16 /7-12 a M16/8-12, l'abbattimento è risultato essere solo del 31% ed ancora meno nelle prove effettuate lo stesso giorno alle ore 14,40, abbattimento del 27% con metodo M16/8-10

La prova effettuata in data 15 Luglio 2010 ore 10,00 e ore 14,20, e prova del 22 luglio 2010 con variazioni della metodica come riportate in tabella si evidenzia un'abbattimento del 56% - 81%-72%.

Le successive ed ultime prove del 22 luglio 2010 ore 10,30 e 13,50 a seguito della ritaratura dell'impianto in funzione alla valutazione dei parametri precedenti, utilizzando metodiche diverse M32/7-13 e M40/12-7 si è registrato un'abbattimento del 67% e del 98%.

Specifica del metodo utilizzato: **M**= litri di aria trattata; **Valore 1**= quantità di ozono inviato all'eiettore; **Valore 2** = quantità di ozono inviato ai diffusori porosi.

TENSIOATTIVI TOTALI

Per i **tensioattivi totali**, analizzando le ultime due prove del 20 luglio 2010 che devono essere considerate oggetto di studio della metodica applicata, l'abbattimento risulta per la prima prova essere del 45% mentre per l'ultima prova non ci è pervenuto.

COD

Si riscontra una sensibile riduzione del **COD**.

SOLIDI SOSPESI

I **solidi sospesi**, nell'ultima prova la percentuale di abbattimento è risultata essere del 44%.

PH

Il **pH** invece, rimane costante e non viene influenzato dall'azione dell'ozono se non in minima percentuale in aumento

CLORURI

I **cloruri**, nell'ultimo test di prova, conseguentemente ad un adeguamento dei valori della concentrazione di ozono tra i due sistemi di contatto, hanno manifestato una apprezzabile diminuzione (20%).

ALDEIDI

Nella maggior parte delle prove eseguite si è riscontrato un considerevole aumento del parametro **Aldeidi**, ad eccezione dei primi due rapporti di prova del 07/07/2010 ore 09,00 e ore 14,40 ove la concentrazione di ozono era bassa, in questi casi il parametro è rimasto uguale. Questo fenomeno riteniamo possa essere annullato utilizzando una concentrazione di ozono bilanciata tra i due sistemi di miscelazione, eiettore - diffusori porosi.

23

DECOLORAZIONE e ODORI MOLESTI

Durante la fase di trattamento, si è riscontrato una notevole **decolorazione** dell'acqua e un apprezzabile abbassamento degli **odori molesti**.