

# **Impianto di trattamento acqua per centro di emodialisi: le innovazioni, il monitoraggio computerizzato ed i costi**

G.Rovinetti - Kosmed S.r.l

L'impianto Kosmed preso a riferimento è dimensionato per alimentare direttamente e senza l'interposizione di accumoli, 20 reni artificiali contemporaneamente, contemporaneamente' ed è in grado di produrre almeno 1000 l/h di acqua biosmotizzata ad una pressione di almeno 2 bar, di qualità chimica e batteriologica adeguata. L' impianto di base considerato è basato sugli standard attuali e comprende:

## **PRETRATTAMENTO**

- Clorazione, mediante una pompa dosatrice automatica completa di serbatoio della soluzione del prodotto cloro-ossidante, di capacità adeguata.
- Prefiltrazione, realizzata con 2 o più filtri a cartuccia in parallelo da 20-25 micron, di portata e pressione operativa adeguati allo scopo.
- Addolcimento, con 2 addolcitori automatici a resi scambiatrici, in parallelo, funzionanti contemporaneamente, con rigenerazione differenziata. Ogni addolcitore dovrà essere dotato di contenitore resine in materiale plastico atossico, di valvola multifasi con temporizzatore automatico da 24 volt ed i resina scambiatrice di qualità idonea ed in grado di garantire un ciclo pari ad almeno un giorno.
- Declorazione ed abbattimento dei microinquinanti organici, mediante due decloratori automatici dotati ognuno di almeno 100 litri di carbone attivo granulare, di contenitore in materiale in materiale plastico atossico e di valvola di comando multifasi con temporizzatore automatico da 24 volt,
- Microfiltrazione, realizzata con due o più filtri a cartuccia da 5 micron da installare in parallelo, con valori di portata e di pressione operativa adeguata.

## **DISSALAZIONE A BI-OSMOSI INVERSA**

- Dissalazione a doppia osmosi inversa. Il procedimento applicato è quello della bi-osmosi inversa e garantisce la eliminazione di oltre il 99 % degli ioni, del 100 % delle sostanze organiche con P.M. >200 e la rimozione pressoché integrale di batteri e pirogeni. Il trattamento di bi-dissalazione ad osmosi inversa è a doppio stadio di permeato (osmosi+osmosi), ed è composto da 2 dissalatori posti in serie/parallelo, aventi caratteristiche tecniche necessarie a garantire la produzione di almeno 1000 l/h di acqua biosmotizzata. I due dissalatori sono racchiusi in una struttura metallica pannellata e compatta (Kosmed DUAL) allo scopo di soddisfare anche i criteri di rumorosità. La circuitazione idro-elettrica del bi-dissalatore Kosmed, consente il funzionamento dei due stadi di dissalazione sia in serie (bi-osmosi) che in parallelo (mono-osmosi) con possibilità di passaggio automatico ed istantaneo in mono-osmosi in caso di guasto ad uno stadio, senza alcun intervento manuale del personale e senza interruzione dell' erogazione di acqua trattata alla dialisi. L' acqua scartata dal secondo dissalatore (II° stadio) viene integralmente recuperata ed inviata al pretrattamento, per ridurre gli sprechi di acqua. La pressione dell' acqua destinata ai reni è automaticamente stabilizzata a circa 2 atmosfere anche in presenza di richiesta variabile di acqua trattata.

## **APPARECCHIATURA DI COMANDO**

- Quadro elettronico di comando e controllo Kosmed K/Q-COMP costruito secondo le norme vigenti e predisposto per 1' informatizzazione dell' impianto. A detto quadro fanno capo tutte le apparecchiature elencate ed è previsto un display per la visualizzazione dei principali parametri di funzionamento dell' impianto di trattamento e per 1' indicazione degli stati di allarme in corso. Il quadro è basato su logica PLC e consente 1' interfacciamento ad un PC senza ulteriori costi hardware. In caso di avaria al PLC è possibile la conduzione dell' impianto in modo agevole, con un elevato livello di

automazione, con un semplice intervento da quadro (da automatico a manuale), senza interruzioni o disagi per la dialisi. Un conducimetro permette la lettura del valore di conducibilità all' uscita di entrambi gli stadi osmotici Il quadro è in grado di gestire automaticamente accensione/spengimento, alternanze, nonché i vari ricircoli notturni e festivi necessari per evitare le stasi e potrà essere completato con importanti accessori complementari (kit antiallagamento, dispositivi di telediagnosi, analizzatori di cloro, di durezza ecc. ecc.); è inoltre predisposto per l'attuazione in automatico del procedimento di sterilizzazione chimica a freddo, attraverso l'accessorio descritto di seguito.

## **ACCESSORI PREVISTI**

- Quadro ripetitore K/AR dei principali allarmi dell' impianto (segnalazione acustica e luminosa), completo di conducimetro per il controllo continuo della conduttività dell' acqua trattata nel loop di distribuzione e per la segnalazione dei valori anomali.
- Dispositivo Kosmed K/SNT per la sterilizzazione chimica dei principali componenti dell'impianto di trattamento (decoloratori, microfiltri e dissalatori ) e del circuito di distribuzione dell'acqua trattata. Il dispositivo prevede la sterilizzazione automatica con avvio manuale, e l'impiego dei più comuni prodotti disinfettanti.

## **CIRCUITO DI DISTRIBUZIONE DELL' ACQUA TRATTATA**

Premesso che da tempo è ormai accettata come soluzione ottimale la configurazione ad anello (loop) del circuito di distribuzione, con varianti che ne consentono un migliore adattamento alle esigenze specifiche del centro, (circuiti a maglie multiple, ecc.) resta invece aperta la scelta del materiale più idoneo. Il PVC continua ad essere il materiale più impiegato per ragioni esclusivamente economiche ma la tendenza è quella di orientarsi verso materiali che presentino rilasci o cessioni praticamente nulli e che permettano l' impiego di metodi di sterilizzazione termica, più efficaci e con minore impatto ambientale. Le due soluzioni allo stato attuale considerate più valide sono le seguenti:

1. LINEA IN ACCIAIO INOX AISI 316 L: la linea va realizzata con tubazioni in acciaio inox AISI 316 L, lucidate internamente ed esternamente; tubazioni, raccorderia e valvole dovranno avere una finitura di tipo farmaceutico e dovranno essere dotati di attacchi CLAMP; i gruppetti di alimentazione dei reni saranno dotati di valvole inox AISI 316 L, a membrana o comunque di tipo SANITARY; le saldature dovranno essere eseguite a TIG con gas inerte di protezione sia interno che esterno; le guarnizioni dovranno essere in EPDM o in PTFE. In previsione dell' inserimento della sterilizzazione a vapore pulito, la linea di distribuzione andrà opportunamente progettata e realizzata rispettando criteri di pendenza che ne consentano un buon drenaggio.
2. LINEA IN PVDF: le tubazioni, le valvole e le raccorderie varie saranno tutte realizzate in PVDF, sistema MPBCF, con sistema di saldatura di tipo testa a testa (Sygef HP BCF) priva di cordoncino sui lati sia interni che esterni della saldatura stessa. Le valvole saranno del tipo a membrana preferibilmente di tipo T-VALVE che consentono di ridurre adeguatamente la lunghezza degli stacchi. In previsione dell'adozione di un sistema di sterilizzazione con acqua calda, dovranno essere considerate le dilatazioni del materiale e le sue possibili flessioni.

## **ALTERNATIVE INNOVATIVE**

### ***A) Complemento della sterilizzazione chimica.***

#### **Sterilizzazione termica a vapore pulito (solo per circuiti INOX).**

La maggiore garanzia della sterilità del circuito di distribuzione dell' acqua trattata realizzato in acciaio inox AISI 316, viene offerto da un sistema di sterilizzazione a vapore pulito a 121°C, esente da patentato e da collaudi ISPESL, avente le seguenti caratteristiche di base: Evaporatore in acciaio inox AISI 316 realizzato secondo le norme, ed adeguatamente coibentato e rivestito esternamente. Serpentine di riscaldamento preferibilmente di tipo elettrico (40-50 KW), in acciaio inox AISI 316. Tutte le parti a contatto con acqua bi-osmotizzata e vapore pulito, in acciaio inox AISI 316, con grado di finitura adeguato. Gli

accessori vari (valvole, regolatore livello, livellostati, pressostati, manometri, ecc.) dovranno garantire la massima sicurezza e la semplicità di gestione. La potenzialità sarà di almeno 50 kg/h di vapore pulito per poter raggiungere in ogni parte del circuito di distribuzione una temperatura di almeno 121°C per un tempo non inferiore a 20 minuti. La sterilizzazione termica a vapore pulito è applicabile ad un loop di distribuzione in acciaio inox, purché sia di tipo AISI 316 L e sia realizzato secondo gli standard descritti precedentemente. Il procedimento di sterilizzazione deve essere di tipo automatico con avvio manuale e dovrà comprendere tutte le fasi indispensabili al conseguimento del risultato ottimale (svuotamento del loop, insufflazione vapore, modulazione del vapore comandata da termostati e pressostati, raffreddamento ecc.) con i necessari dispositivi per garantire la massima sicurezza.

### **Sterilizzazione termica ad acqua calda (per circuiti INOX e PVDF)**

Il dispositivo di sterilizzazione con acqua calda è applicabile alle linee di distribuzione in INOX e in PVDF e consiste in una serie di accessori e di automatismi per ricircolare l'acqua osmotizzata, previo suo riscaldamento a 85°-90°C. Le fasi con acqua calda sono seguite da fasi di passaggio di acqua fredda, secondo uno schema classico che statisticamente sembra offrire risultati accettabili. Lo scambio termico viene effettuato mediante uno scambiatore di calore a piastre in acciaio inox AISI 316 L che consente l'impiego quale fluido riscaldante, di vapore o acqua surriscaldata. Il dispositivo sarà a funzionamento automatico con avvio manuale e dovrà essere dotato di controlli e di tutte le necessarie sicurezze.

### ***B) Alternative al pretrattamento tradizionale***

Com'è noto l'addolcimento a resine scambiatrici di ioni, è impiegato da quasi 30 anni nel pretrattamento dell'acqua destinata ad alimentare i dissalatori ad osmosi inversa e ciò allo scopo di evitare le incrostazioni calcaree delle membrane osmotiche. Se da un lato i risultati conseguiti nella protezione delle membrane si possono ancora oggi considerare validi (l'addolcitore è una macchina semplice senza particolari esigenze e con livelli di efficienza elevati) vi è peraltro la necessità di considerare l'esigenza di frequenti rigenerazioni con cloruro di sodio che oltre al costo economico di acquisto, di movimentazione e di stoccaggio, inevitabilmente comportano il riversamento allo scarico di quantità notevoli di cloruri. In un centro dialisi di 20 reni mediamente vengono inviati allo scarico quotidianamente circa 15 Kg di cloruro di sodio che in un anno diventano circa 5400 Kg: cifra considerevole e tale da influire negativamente sull'ambiente: com'è noto i cloruri non sono biodegradabili. L'addolcimento inoltre presenta altri aspetti fino a ieri trascurati ma che oggi debbono essere valutati con maggiore attenzione per la loro influenza negativa sul risultato generale. Ci riferiamo al fatto che le resine scambiatrici rappresentano un ambiente ideale per lo sviluppo della flora batterica e dei microrganismi in generale: ciò richiede un dosaggio continuo di prodotti cloro-ossidanti a monte degli addolcitori e di conseguenza obbliga all'impiego di filtri dechloratori anche nei casi di assenza di cloro nell'acqua greggia. A sua volta l'impiego di filtri dechloratori di dimensione adeguata, introduce una serie ulteriori di complicazioni tra cui la estrema facilità di inquinamento e la notevole difficoltà di disinfezione. I carboni attivi infatti, oltre all'azione di dechlorazione, svolgono una azione di adsorbimento delle materie organiche (da considerare positivamente) che a loro volta diventano però il substrato nutritivo dei microrganismi creando quindi altri problemi a ridosso delle membrane osmotiche che obbligano a frequenti sterilizzazioni. In pratica si può affermare che la linea di pretrattamento è oggi costituita da una serie di fasi che spesso si sono rese necessarie per far fronte a problemi causati da esse stesse. Queste sono alcune delle premesse da cui abbiamo tratto la convinzione che fosse giunto il momento di cambiare la filosofia del trattamento. Le altre considerazioni che hanno rafforzato il nostro impegno sono state:

- l'esigenza di migliorare ulteriormente la qualità dell'acqua trattata sia dal punto di vista chimico che fisico per soddisfare le sempre più sofisticate esigenze della dialisi di oggi
- la necessità di aumentare le garanzie sulla sicurezza e sulla continuità dei risultati qualitativi conseguiti
- la possibilità di compattare le stazioni di trattamento dell'acqua
- la possibilità di semplificare il montaggio, il monitoraggio e le esigenze manutentive del sistema

Questo nostro impegno si è tradotto con la messa a punto di una unità a membrane a taglio molecolare specifico (Bia-membrane), che di fatto ci ha permesso di rivoluzionare l'intera linea di trattamento sia nella struttura che nei risultati finali. In pratica i punti essenziali del pretrattamento con il nostro sistema diventano ora:

1. **Prefiltrazione:** a cartucce da 20 micron o a sabbia in rapporto al grado di inquinamento fisico dell' acqua greggia.
2. **Bia-filtrazione:** è il cuore dell' innovazione. E' realizzata mediante una apparecchiatura compatta costituita da due sezioni (una di riserva all'altra), dotata di pompe di pressurizzazione e di speciali membrane che consentono la rimozione oltre all'80% di sali e sostanze organiche. L'acqua Così trattata è in grado di alimentare direttamente, senza alcun ulteriore trattamento, il successivo sistema di bi-osmosi inversa. Il Bia-filtro destina allo scarico una aliquota di acqua (rapporto di recupero pari a circa il 50%) che garantisce il flusso continuo delle membrane e quindi l'allontanamento continuo delle impurità chimiche e fisiche bloccate dalle membrane stesse. Un periodico lavaggio chimico sterilizzante-disincrostante garantirà la massima efficienza operativa delle Bia-membrane sottoposte ad un logorante lavoro su acqua praticamente greggia. La durata delle membrane è notevole e comunque tale da contenere il costo di rimodulazione periodica a livelli competitivi con i costi di una linea di pretrattamento tradizionale.
3. **Clorazione e dechlorazione:** sono da prendere in considerazione soltanto in caso di problemi qualitativi dell' acqua greggia.

Gli step successivi del trattamento restano invariati, secondo lo schema più sopra elencato. Il bi-dissalatore ad osmosi inversa, ricevendo un'acqua già notevolmente pura può operare con rapporti di recupero molto elevati (75-85%) con conseguenti minori consumi energetici e l'acqua di rigetto può essere integralmente recuperata a monte del Bia-filtro. La qualità chimica e biologica dell' acqua trattata raggiunge valori elevatissimi. I risultati più importanti conseguibili mediante questa nuova impostazione sono i seguenti:

- Minore ingombro di una linea di trattamento e minori tempi di installazione
- Maggiore semplicità di conduzione
- Migliore qualità dell'acqua trattata: in pratica viene realizzato un triplo passaggio su membrane
- Maggiore garanzie sulla qualità dell' acqua trattata: anche in caso di avaria ad uno stadio di Bia-filtrazione o di bi-osmosi, l'acqua è sottoposta a duplice passaggio su membrane
- Riduzione/eliminazione dei prodotti chimici di consumo (ipoclorito di sodio e cloruro di sodio) e di tutte le operazioni ad esse collegate (trasporto, stoccaggio ecc. ecc.)
- Semplificazione del circuito idraulico di interconnessione delle apparecchiature
- Maggiore mobilità del sistema: lo spostamento di un impianto in caso di trasferimento del centro, diviene molto più agevole
- Migliore monitoraggio dei parametri di funzionamento di ogni singolo stadio del trattamento.
- Costi di gestione praticamente equivalenti a quelli di un impianto tradizionale.

### **MONITORAGGIO COMPUTERIZZATO**

Il quadro elettronico Kosmed K/Q-COMP, anche nella sua versione di base, è in grado di rilevare e di visualizzare attraverso il display posto sul pannello anteriore, gli stati di funzionamento dell' impianto e tutte le situazioni di funzionamento anomalo (bassa o alta pressione, alta conducibilità, mancata rigenerazione addolcitori e dechloratori, errore nella preparazione della soluzione sterilizzante, basso livello soluzione ipoclorito, protezioni termiche pompe, ecc.). E' predisposto inoltre per essere interfacciato con diversi accessori KOSMED: Kit Antiallagamento, un accessorio che permette di segnalare la presenza di allagamenti in punti diversi del centro e di attuare le azioni programmate (allarme visivo, luminoso, intercettazione automatica linea idrica, ecc.) Kit Telestart che consente l'accensione remota da una o più posizioni del centro dialisi, con indicazione dello stato di funzionamento dell' impianto (STOP, SERVIZIO, STERILIZZAZIONE, PRENOTAZIONE PARTENZA, ALLARME IN CORSO) Kit Telecall,

un sistema di trasmissione di eventi a sintesi vocale, via linea telefonica commutata ed a costi di esercizio contenuti (teleassistenza). Il Telecall può memorizzare sino a 12 numeri telefonici compresi Teledrin o cellulari con ricerca automatica fino a conferma della chiamata. Permette di chiamare il sistema telefonicamente tramite numero in codice (Password) per il controllo dello stato di funzionamento o di allarmi precedentemente intervenuti ma non ancora resettati. Ovviamente il sistema è adeguatamente protetto contro gli accessi indesiderati. Il quadro elettronico K/Q-COMP è già in grado inoltre di fornire la soluzione completa per la gestione computerizzata, con il semplice collegamento ad un PC e quindi senza costi hardware. L'interfacciamento per la trasmissione e l'acquisizione di dati con una stazione di supervisione avviene secondo gli standard RS232-422-485 con opzione diretta o tramite modem telefonico. Il nostro sistema K/Q-COMP-B, fornisce tramite un pacchetto software CONTROLOGIC BY KOSMED, le seguenti prestazioni:

- Schermata grafica dell' impianto con visualizzazione in tempo reale dello stato di ogni singola apparecchiatura, dei valori di pressione, temperatura, conducibilità e di ogni altro parametro implementato.
- Gestione delle letture (tempi e modi di acquisizione dei dati)
- Gestione degli allarmi (tempi e modi di attuazione delle azioni)
- Storico delle letture e degli allarmi
- Stampa programmabile per letture ed allarmi
- Analisi statistica degli eventi ed azioni opportune
- Selezione di stampa di ora/giorno/mese/anno per ogni evento storico
- Avviso di chiamata per manutenzione secondo i dati impostati
- Telecontrollo con possibilità di inserire o modificare i dati del PLC (listati, tempi, orari, soglie di allarme ecc.) tramite PC dedicato o remoto, ovviamente dopo inserimento di PASSWORD di accesso.

Ovviamente il sistema Kosmed K/Q-COMP B è in continua evoluzione e si arricchisce sempre più sia con la esperienza maturata a stretto contatto degli utilizzatori, sia con il continuo sviluppo dei mezzi informatici che permettono la realizzazione di funzioni sempre più sofisticate.

## I COSTI

Il problema costi non è di facile trattazione in quanto i parametri, le caratteristiche tecniche e qualitative dei vari componenti di una linea di trattamento sono spesso non sovrapponibili con quelli delle varie società concorrenti, così come gli standard costruttivi da adottare, sono influenzati da richieste specifiche del cliente che frequentemente ci obbliga ad uscire dai nostri programmi costruttivi standard. Tuttavia per poter dare una risposta il più possibile valida e riproducibile, abbiamo fatto un tentativo che permetta di valutare alcuni aspetti non sempre considerati adeguatamente e quindi di allargare gli elementi di valutazione per una corretta scelta. La tabella che segue, visualizza i costi delle possibili soluzioni oggi adottabili per il trattamento della acqua in dialisi, in 10 anni di lavoro, esprimendoli per singola seduta di dialisi. Questi costi in pratica includono la manutenzione, le possibili riparazioni, nonché il rifacimento dell' anello, che nel caso del PVC è raccomandato ogni 3-4 anni max. Ovviamente i dati espressi sono da considerare orientativi e suscettibili di approfondimenti ulteriori.

<i>TAB. Riepilogativa dei costi in 10 anni delle possibili soluzioni impiantistiche adottabili per il trattamento dell'acqua in un centro dialisi di 20 reni rapportati a singola dialisi - (costi espressi in lire)</i>				
DESCRIZIONE FORNITURA	I CASO	II CASO	III CASO	IV CASO
IMPIANTO BASE CON ACCESSORI (STER. CHIMICA)	600	600	600	600
CON LOOP IN PVC	240	--	--	--
CON LOOP IN ACCIAIO INOX AISI 316 L	--	400	400	--
CON LOOP IN PVDF	--	--	--	320
STERILIZZAZIONE CON ACQUA CALDA	--	120	--	120

STERILIZZAZIONE A VAPORE PULITO	--	--	280	--
MANUTENZIONE E ASSISTENZA TECNICA	750	790	840	790
COSTI TOTALI PER SINGOLA DIALISI IN 10 ANNI	1590	1510	2120	1830
BIA-FILTRAZIONE	260	260	260	260
MONITORAGGIO COMPUTERIZZATO	50	50	50	50

## CONCLUSIONI

Da questa tabella risulta in maniera inequivocabile che, dei vari elementi che costituiscono il SISTEMA DIALISI, l'acqua, nonostante la sua grande importanza nel conseguimento dei buoni risultati della terapia, sia praticamente influente nel costo globale di una seduta. Si evince inoltre come la differenza tra il costo di un impianto di tipo obsoleto od innovativo sia veramente minima, ovvero il passaggio da un sistema che offre garanzie qualitative e di sicurezza di risultati appena sufficienti ad un sistema completo, sicuro ed adeguato all'importanza del ruolo svolto, sia assolutamente alla portata di ogni Centro di dialisi e debba quindi essere preso in considerazione.