

# Fare luce sui processi di trattamento sicuro delle acque

## Monitoraggio del carico microbico nell'analisi delle acque industriali e potabili

La contaminazione biologica dell'acqua rappresenta un grave rischio per l'impianto, la strumentazione e la salute umana in varie applicazioni, come l'aspirazione l'acqua grezza in ingresso, i sistemi di raffreddamento ad acqua, la demineralizzazione a osmosi inversa e la distribuzione di acqua potabile. Acquedotti, produttori di petrolio e gas, aziende chimiche, impianti di desalinizzazione, impianti di imbottigliamento e centrali elettriche misurano pertanto il carico microbico allo scopo di minimizzare la corrosione, ottimizzare le prestazioni dell'impianto e prevenire epidemie di patogeni come la legionella. Un tempo, a questo scopo si raccoglievano campioni per le analisi di laboratorio, ma una nuova tecnologia online (basata sul processo chimico utilizzato dalle lucciole per attirare i propri partner) sta migliorando notevolmente l'efficacia, la velocità e il valore del monitoraggio.

Nell'articolo seguente descriveremo i motivi che rendono opportuno il monitoraggio, il funzionamento della tecnologia e i suoi vantaggi rispetto ai metodi tradizionali. Seguiranno tre brevi case study che illustrano in che modo gli utenti hanno sfruttato i vantaggi offerti dal monitoraggio continuo del carico microbico con il rilevatore Hach® EZ7300, il primo analizzatore microbiologico al mondo che utilizza l'ATP della lucciola.

### Perché monitorare il carico microbico

La presenza di microorganismi nell'acqua rappresenta un problema per una vasta gamma di settori che attribuiscono la massima priorità alla purezza dell'acqua. Ciò dipende dal fatto che la proliferazione dei microorganismi può influire negativamente sull'efficienza dell'impianto e, se tali microbi vengono rilasciati nell'aria, possono rappresentare un rischio per la salute umana.

Gli impianti di trattamento delle acque, soprattutto se utilizzano il ricircolo, rappresentano un ambiente favorevole allo



*I test standard per la conta microbica totale richiedono una lunga incubazione. Quando finalmente arrivano i risultati, è troppo tardi per prendere provvedimenti.*

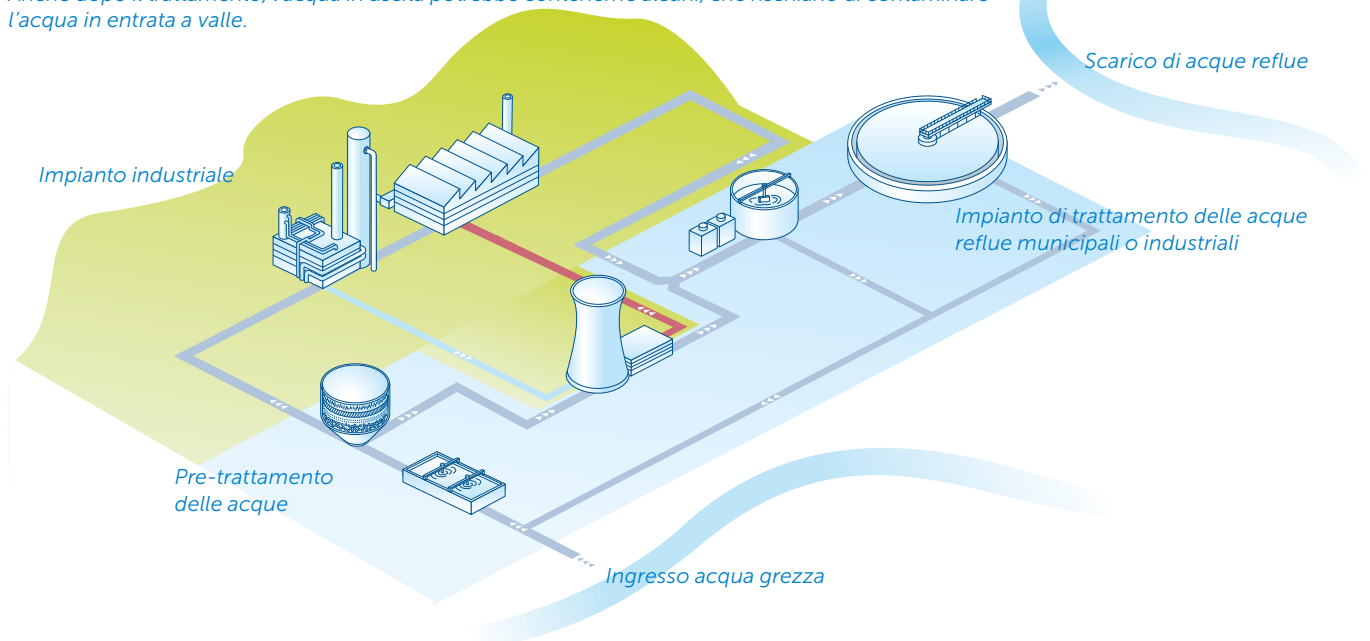
sviluppo di microorganismi, che determina la formazione di biofilm e fanghiglia. Un biofilm è l'accumulo di materiale organico e inorganico, vivente e non vivente, su una superficie. Questi biofilm possono ridurre i livelli di disinfettante residuo, aumentare i livelli di batteri, ridurre l'ossigeno disciolto e comportare alterazioni nel gusto e nell'odore delle acque destinate al consumo umano. I microorganismi presenti nei biofilm includono batteri, funghi e organismi superiori come nematodi, larve e persino crostacei.

I biofilm possono accumularsi e causare l'ostruzione dei filtri e altri sistemi. In ogni caso, la presenza di un biofilm modifica l'ambiente della superficie contaminata, determinando l'insorgere di condizioni anaerobiche variando il potenziale redox. Ciò crea differenze tra i siti colonizzati e non colonizzati, generando un differenziale elettrochimico che può causare corrosione. I biofilm creano spesso aree localizzate di ossigeno rarefatto in cui i microbi fermentativi producono acidi organici e un pH inferiore. I sottoprodotti del solfuro potrebbero essere corrosivi o contribuire ad aumentare il differenziale elettrochimico tra le aree contaminate e quelle non contaminate.

Alti livelli di carico microbico possono determinare la diffusione di minuscole particelle d'acqua (aerosol) contenenti batteri nocivi, come la legionella. I batteri di legionella sono diffusi nei sistemi idrici naturali, ma raramente causano malattie. Le epidemie di legionella sono invece dovute

## Monitoraggio del carico microbico

Quando sono calde e contengono una notevole quantità di proteine e nutrienti, le acque reflue industriali forniscono un terreno di coltura per molti microrganismi dannosi, come la legionella. Anche dopo il trattamento, l'acqua in uscita potrebbe contenerne alcuni, che rischiano di contaminare l'acqua in entrata a valle.



all'esposizione a questi batteri causata da una gestione non corretta delle torri di raffreddamento e dei condensatori evaporativi. La legionellosi è una malattia potenzialmente mortale e, in quasi tutti i paesi, le normative impongono ai datori di lavoro di fornire una valutazione adeguata e sufficiente dei rischi derivanti da qualsiasi attività che potrebbe esporre il personale a eventuali sostanze pericolose per la salute e per le altre persone, diverse dai dipendenti, che potrebbero essere interessate dall'attività lavorativa.

In molte applicazioni, vengono aggiunti biocidi all'acqua per prevenire la proliferazione dei microrganismi. L'efficacia di questo processo deve essere monitorata per assicurare che produca l'effetto desiderato nonché per ottimizzare la frequenza e la concentrazione dei dosaggi.

Il rilevamento tempestivo della contaminazione microbiologica della sorgente d'acqua permette di analizzare in modo più approfondito l'origine della contaminazione, tramite metodi di rilevamento specifici, al fine di adottare tempestivamente le misure correttive necessarie.

Il principale motivo per cui è opportuno effettuare questo monitoraggio consiste nel rischio che verrebbe a determinarsi nel caso non venisse eseguito. La proliferazione microbica può causare danni e persino la chiusura degli impianti, con conseguenti gravi perdite finanziarie. Tuttavia, rappresenta anche una minaccia per la salute umana e un rischio potenzialmente enorme in termini di reputazione.

### Funzionamento del monitoraggio continuo del carico microbico

Il metodo ASTM D4012-81 è stato sviluppato come alternativa più rapida ed efficiente ai test microbici tradizionali, come la marcatura cellulare, la conta su piastra e la torbidità. Consente una determinazione rapida e sensibile della biomassa di batteri presente nelle acque, così come nelle

applicazioni di pulizia e igiene, attraverso il monitoraggio dell'adenosinatrifosfato (ATP).

L'ATP è la moneta di scambio energetico cellulare, pertanto costituisce un indicatore affidabile della presenza di organismi viventi. La misurazione dell'ATP imita la reazione chimica che si verifica nelle lucciole, in cui l'ATP e la luciferina generano luce in una reazione catalizzata dall'enzima luciferasi della lucciola. La luce generata è proporzionale alla quantità di ATP presente nel campione.

L'analizzatore EZ7300 raccoglie campioni continuamente con un ciclo di analisi di 10-15 minuti e supporta al massimo 8 flussi di campioni. Durante la prima fase del processo di misura, viene controllato il livello di ATP nel campione "grezzo" e tale valore rappresenta l'ATP extracellulare (o "non vivente"). Nella seconda fase, viene utilizzato un metodo a ultrasuoni (non chimico) per lisare le cellule nel campione e liberare l'ATP "vivente". Viene quindi eseguita una seconda misura per ottenere il valore di "ATP totale" presente nel campione. La differenza tra queste due misurazioni rappresenta l'ATP "vivente" ed è proporzionale al numero di microrganismi viventi nel campione.

Con un limite di rilevabilità di 0,05 picogrammi di ATP per mL, l'analizzatore EZ7300 è in grado di eseguire misure a livelli molto bassi (0,05 pg  $\approx$  50 batteri delle dimensioni di E. coli), con un intervallo di misurazione che si estende fino a oltre 200 pg/mL\*.

Sono stati sviluppati strumenti portatili che supportano il metodo ATP, ma l'analizzatore Hach EZ7300 è il primo in grado di applicare con successo questa tecnica in un contesto di monitoraggio continuo.

### Vantaggi del monitoraggio continuo

Prima di esaminare gli evidenti vantaggi del monitoraggio continuo, è importante comprendere le differenze tra il

metodo ATP e le tecniche tradizionali, che generalmente implicano la coltivazione di organismi specifici o indicatori. Questi metodi coltivano generalmente meno dell'1 % dei batteri in un campione, pertanto non forniscono un'indicazione valida del carico microbico. Si affidano anche all'abilità dell'operatore e non prevedono gli effetti causati dall'errore umano o da altre variabili.

L'analisi di laboratorio comporta un notevole ritardo fra la raccolta di un campione e l'ottenimento del risultato. L'analizzatore EZ7300, invece, è in grado di eseguire un'analisi in meno di 15 minuti, 24 ore al giorno, tutti i giorni. Questa continuità di dati apre nuove possibilità nel controllo dei processi. La fornitura di dati quasi in tempo reale permette agli operatori di rispondere immediatamente a qualsiasi variazione delle condizioni. Questa risposta rapida è spesso molto più efficace e decisamente meno costosa rispetto a quella che era possibile ottenere dall'analisi in laboratorio dei campioni prelevati.

Uno dei vantaggi più importanti del monitoraggio continuo è la possibilità di registrare il momento e la gravità dei picchi nei dati. Insieme agli altri dati di processo, ciò permette di identificare le cause di tali picchi e adottare le misure di contenimento appropriate. Il carico microbico può aumentare molto rapidamente in determinate condizioni (come in caso di guasto dell'apparecchiatura di dosaggio dei biocidi) e il ritardo dei campioni di laboratorio determina un alto livello di rischio rispetto alla risposta quasi immediata offerta dal monitoraggio continuo.

Con la possibilità di raccogliere campioni fino a sei volte ogni ora, l'analizzatore EZ7300 è in grado di generare moltissimi dati, migliorando notevolmente la significatività statistica dei risultati e, di conseguenza, l'attività di ricerca e sviluppo, oltre all'analisi delle tendenze. Poiché i servizi di pubblica utilità hanno iniziato a estrarre valori reali dalle banche dati, ciò si rivelerà prezioso per lo sviluppo di algoritmi predittivi, sistemi intelligenti e intelligenza artificiale.

Il monitoraggio continuo consente ai microbiologi, altamente qualificati, di concentrarsi su attività più importanti rispetto ai tradizionali test di laboratorio di routine, quali l'ottimizzazione dei processi, la ricerca, lo sviluppo e l'analisi di rela-

zioni di causa ed effetto nei dati forniti dal monitoraggio. Inoltre, data la quantità di manodopera e materiali impiegati nelle analisi di laboratorio, i metodi più tradizionali hanno un costo per campione notevolmente superiore rispetto alla tecnica utilizzata dall'analizzatore EZ7300.

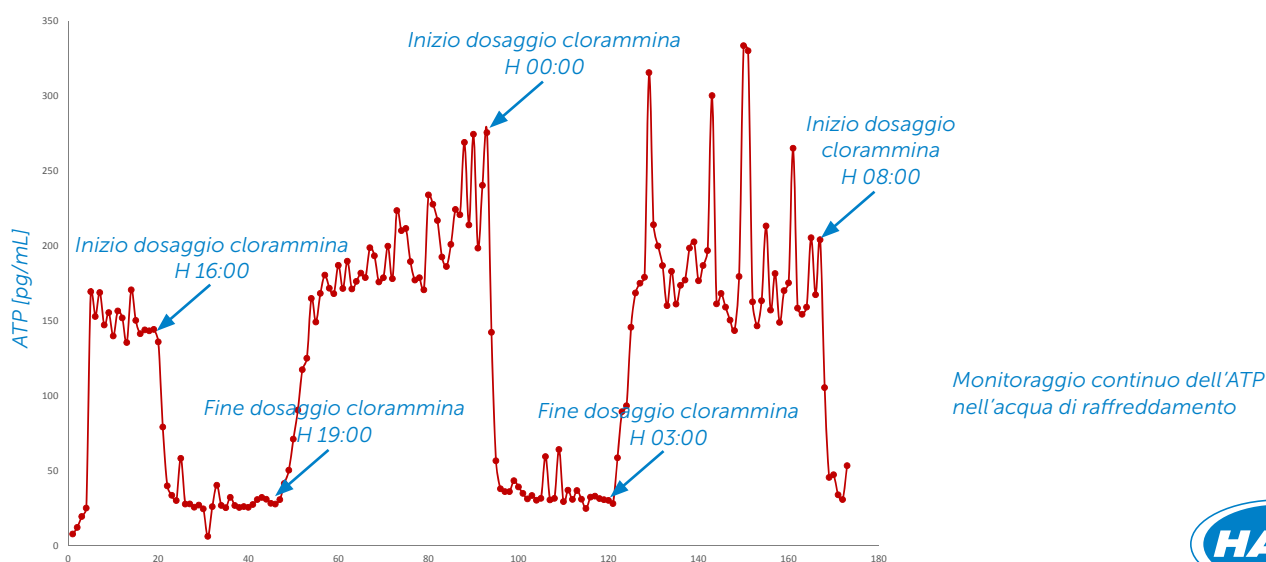
### Centrale elettrica nell'Indiana, USA

La strategia di dosaggio dei biocidi nelle torri di raffreddamento di una centrale è influenzata da due principali fattori. Innanzitutto, i limiti di scarico consentiti possono limitare la velocità e i tempi di dosaggio e, in secondo luogo, la strategia di dosaggio deve essere adeguata al carico microbico nell'acqua, che potrebbe variare in base alla sorgente e all'utilizzo o meno di sistemi di riciclo.

Gli operatori di una centrale elettrica nell'Indiana avevano bisogno di informazioni in tempo reale per ottimizzare il protocollo di trattamento con biocidi. Era necessario per stabilire se era più efficiente ed efficace sotto il profilo dei costi utilizzare il dosaggio intermittente o quello continuo (con una concentrazione inferiore di clorammine). Era anche necessario ridurre il carico microbico totale nel circuito di raffreddamento dell'acqua e nelle torri di raffreddamento per limitare la formazione di biofilm e il rischio di diffondere un'epidemia di legionella dalla torre di raffreddamento più grande.

È stato installato un analizzatore EZ7300 che, nell'arco di due mesi, ha fornito una chiara dimostrazione dei vantaggi offerti dal monitoraggio continuo. Ad esempio, i dati provenienti dal dosaggio intermittente dei biocidi hanno evidenziato una notevole variazione dei livelli di ATP, e pertanto del carico microbico, tra i periodi con dosaggio e quelli senza dosaggio (vedere il grafico).

Sulla base di questi risultati, l'impianto ora effettua il monitoraggio continuo di due flussi di campioni per ottimizzare il dosaggio dei biocidi e attenuare eventuali rischi potenziali. È stato acquistato anche un secondo analizzatore per monitorare il sistema di trattamento delle acque di raffreddamento a bassa pressione di un impianto gemello.



Monitoraggio continuo dell'ATP nell'acqua di raffreddamento

### Impianti di potabilizzazione in Nevada, USA

Le acque in entrata possono contenere microorganismi come batteri, virus e protozoi, che rappresentano un rischio per la salute umana se non vengono disinfettate e trattate efficacemente. Il trattamento efficace delle acque prevede la rimozione e/o l'inattivazione dei microorganismi patogeni per prevenire la diffusione di malattie attraverso l'acqua. La rimozione degli organismi patogeni viene effettuata tramite coagulazione seguita da sedimentazione e filtrazione, oltre ad altri processi quali la filtrazione a membrana. L'inattivazione dei patogeni è invece dovuta all'effetto di un disinfettante, che distrugge la struttura cellulare dei microorganismi o ne ostacola il metabolismo, la biosintesi o la capacità di crescere e riprodursi. Per i batteri, questa inattivazione è misurata dall'incapacità di dividersi e formare colonie. I test tradizionali, pertanto, misurano le "unità formanti colonie". Per i virus, l'inattivazione si traduce nell'incapacità di formare placche nelle cellule ospite. Per il protozoo *Cryptosporidium Oocysts*, l'inattivazione comporta l'incapacità di moltiplicarsi, prevenendo quindi l'infezione di un ospite da parte di tale microorganismo.

I test di laboratorio standard sono necessari per garantire la conformità alle normative in materia di acqua potabile. Tuttavia, è evidente che il successo della disinfezione si basa sull'inattivazione di tutti i microorganismi, non solo di quelli testati come organismi indicativi. Di conseguenza, grazie alla possibilità di misurare tutti gli organismi "viventi", il monitoraggio continuo dell'ATP fornisce uno strumento prezioso per la misurazione dell'efficienza di disinfezione.

Nel 2017, un importante impianto di trattamento delle acque (2,3 milioni di metri cubi al giorno) ha installato l'analizzatore EZ7300 in un impianto di disinfezione a ozono che trattava l'acqua in entrata da un lago. I risultati hanno soddisfatto molto gli operatori poiché, grazie all'acquisizione di dati in continuo, sono riusciti a comprendere il processo più a fondo e a ottimizzare la disinfezione, assicurando la massima disinfezione e minimizzando i costi.

L'installazione ha avuto un tale successo che è stato acquistato anche un altro strumento per un processo di disinfezione a base di cloro sull'acqua potabile in uscita. L'analizzatore EZ7300 garantisce l'ottimizzazione continua della disinfezione, dimostrando anche l'efficace inattivazione dei microorganismi.

### Ottimizzazione del filtro biologico in Minnesota, USA

I filtri biologici rimuovono gli agenti contaminanti in tre modi: biodegradazione, assorbimento di microinquinanti e filtrazione. I microorganismi nel terreno di filtrazione

consumano materiale organico e generano prodotti finali che includono biossido di carbonio, acqua, biomassa e molecole organiche più semplici.

Il trattamento biologico rimuove una vasta gamma di agenti contaminanti ed evita la necessità di ricorrere a trattamenti chimici prima della filtrazione o della sedimentazione, senza i problemi associati ai sottoprodotti. Rispetto ad altre tecnologie di trattamento dell'acqua potabile, che isolano gli agenti contaminati da rimuovere, il trattamento biologico distrugge e rimuove vari agenti contaminanti simultaneamente e riduce la produzione di fanghiglia.

I filtri biologici riducono i costi delle sostanze chimiche, ma possono funzionare in modo efficiente solo se nel terreno di filtrazione è presente una popolazione sana di microorganismi. Il funzionamento di un filtro biologico può essere valutato mediante misurazioni indirette di alcuni parametri, quali pH e ossigeno disciolto, ma è più utile effettuare una misura diretta dei microbi nelle acque in entrata e in uscita.

Nel novembre 2015 è stato installato un prototipo di EZ7300 per monitorare un filtro biologico in un premiato impianto di trattamento delle acque in Minnesota. Grazie al monitoraggio contemporaneo delle acque in entrata e in uscita, lo strumento è stato in grado di misurare l'efficienza di rimozione della biomassa del filtro in varie condizioni. Soprattutto, grazie alla misurazione dell'ATP libera e intracellulare, l'analizzatore è riuscito a dimostrare anche l'efficienza di rimozione dei microorganismi vitali.

Gli operatori dell'impianto sono rimasti colpiti dalle capacità dell'analizzatore e nel maggio 2017 è stata installata una nuova unità che funziona il modo continuativo, monitorando le prestazioni del filtro biologico. Il personale dell'impianto si è avvalso anche della capacità di estrarre un campione istantaneo dello strumento, che permette di prelevare campioni da altre aree dell'impianto per analizzarli. Questa attività ha consentito, ad esempio, di analizzare il fenomeno di corrosione indotto dai microorganismi.

### Riepilogo

Il feedback sull'analizzatore EZ7300 è stato estremamente positivo e in molti hanno apprezzato le numerose opportunità offerte dal monitoraggio continuo. I rilevatori di ATP forniscono una quantità di informazioni preziose sulle condizioni dei processi di gran lunga superiore a quanto finora possibile, contribuendo a ottimizzare il controllo dei processi e a contenere i rischi associati al carico microbico.