

## [Sistemi di distribuzione dell'acqua potabile]

Un sistema di distribuzione dell'acqua potabile (*drinking water distribution system*, DWDS) è una parte della rete di fornitura che trasporta acqua potabile da un impianto di trattamento centralizzato, o da pozzi, ai consumatori, per scopi residenziali, commerciali o di prevenzione degli incendi. I sistemi di distribuzione consistono di tubature, pompe, valvole, serbatoi di stoccaggio, sistemi di misurazione, raccordi e altri accessori idraulici.

La protezione e la manutenzione dei sistemi di distribuzione dell'acqua sono essenziali per garantire acqua potabile di elevata qualità. I dati recenti relativi a epidemie di malattie derivanti da acqua infetta suggeriscono che i sistemi di distribuzione rappresentino una fonte di contaminazione ancora rilevante. Si deve prestare particolare attenzione ad alcuni fattori, compresi gli eventi di riflusso dovuti a connessioni trasversali, la potenziale contaminazione durante la costruzione e, infine, le attività di riparazione e manutenzione.



Figura 1: Antico acquedotto Romano

### **Problemi comuni nei sistemi di distribuzione dell'acqua potabile**

I rischi nei sistemi di distribuzione dell'acqua potabile possono essere di origine chimica, fisica e microbiologica. Fattori che influenzano la qualità dell'acqua sono pH, ioni inorganici, ossigeno disciolto e materia organica.

La qualità dell'acqua potabile è intimamente intrecciata con la salute e il benessere umano. Storicamente, gli obiettivi fondamentali sono stati la preservazione delle fonti idriche e l'innovazione delle tecnologie di trattamento, spesso trascurando il collegamento finale nella catena di fornitura – ovvero la rete di distribuzione dell'acqua.

L'acqua potabile deve percorrere lunghe distanze dagli impianti di trattamento fino ai consumatori finali, venendo coinvolta in complesse reazioni fisiche, chimiche, e biologiche quando entra in contatto con le pareti interne della rete di distribuzione e le superfici delle apparecchiature collegate, con conseguenti cambiamenti nella qualità dell'acqua. Il meccanismo del deterioramento della qualità dell'acqua nella rete di distribuzione è complesso, e può portare all'aumento di torbidità, contenuto in metalli e conta batterica, patogeni inclusi – un fenomeno conosciuto come “contaminazione secondaria”.

Il meccanismo è un circolo vizioso autoalimentato. In primo luogo, la corrosione della superficie interna delle tubature crea delle nicchie ideali per la crescita microbica. In secondo luogo, i prodotti di corrosione hanno un effetto sulle reazioni chimiche nell'acqua, attraverso effetti ossidativi e catalitici, cambiando così la composizione e la qualità dell'acqua. L'ambiente acquoso influisce sulla stabilità delle incrostazioni e sul metabolismo microbico. I batteri, a loro volta, rilasciano prodotti metabolici nell'ambiente che, a sua volta, ha un impatto sui prodotti di corrosione e sulla qualità dell'acqua.

#### *Prodotti di corrosione e altre minacce chimiche*

La corrosione della rete di trasporto dell'acqua è definita come un processo in cui gli ioni metallici sono rilasciati in acqua, o formano incrostazioni sulla parete delle tubature in concomitanza con

l'ossidazione del metallo. La corrosione può essere generale o localizzata. Le differenti tipologie di materiale delle tubature danno differenti prodotti di corrosione, quando avviene questo processo. In tubi di ghisa, gli ossidi di ferro sono i principali prodotti di corrosione. Nei tubi di rame, si formeranno invece ossidi di rame. Nei tubi di piombo, si formeranno ossidi di piombo. Quando un tubo si corrode, rilascia sostanze che si accumulano nell'acqua potabile, la quale inevitabilmente perde qualità. Allo stesso tempo, il tubo si assottiglia e perde resistenza, vedendo quindi ridotta la propria durata. Inoltre, queste sostanze rilasciate in acqua potrebbero dimostrarsi pericolose per la salute umana, nel caso in cui superino una data concentrazione. Per fare un esempio, il cromo ha effetti negativi a livello neurologico e riproduttivo, ma la sua tossicità dipende dalla sua valenza, con il cromo esavalente notevolmente più tossico del cromo trivalente. I tubi in acciaio inossidabile hanno una certa resistenza alla corrosione ma, sul lungo termine, diventano suscettibili alla corrosione per vaiolatura (*pitting*), che forma strati sottili di depositi di corrosione. È stato evidenziato come i depositi di corrosione dell'acciaio inossidabile contengano un elevato quantitativo di composti di cromo. La corrosione della matrice di ferro e la dissoluzione dei componenti di ferro divalente sono i motivi principali dell'aumento della concentrazione di ferro nell'acqua. Nelle acque con una forte capacità di buffering,  $\text{Fe}^{2+}$  reagisce prima con  $\text{CO}_3^{2-}$  per formare  $\text{FeCO}_3$ , che viene lentamente ossidato per formare un robusto strato protettivo sulla base di ferro, inibendo così la corrosione della matrice del metallo. Un altro fattore che può influenzare la corrosione del ferro è il pH. Nell'intervallo di pH dell'acqua potabile (6.0–9.0), infatti, prodotti di corrosione del ferro si depositano generalmente in forma solida sulla parete interna dei tubi, o sono rilasciati direttamente nell'acqua nella forma di ione ferroso. Alte concentrazioni di ioni solfato e ioni cloruro influenzano la conducibilità dell'acqua, e accelerano i processi di corrosione e rilascio del ferro. L'ossigeno disciolto gioca un ruolo controverso nei processi di corrosione del ferro, poiché può avere funzioni diverse a seconda delle condizioni. L'ossigeno è il principale accettore di elettroni nelle reazioni di corrosione e, in ragione di ciò, le accelera. Inoltre, può ossidare il  $\text{Fe}^{2+}$  generato dalla corrosione in ione ferrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), inibendo così il rilascio di ferro. In ogni caso, la corrosione del ferro può avvenire anche in condizioni anossiche. Le molecole organiche di grandi dimensioni possono, col tempo, ridurre il tasso di corrosione del ferro attraverso l'accumulo e la copertura della superficie interna dei tubi. La combinazione di materia organica e inorganica aiuta anche a formare uno strato protettivo più forte. La materia organica può, comunque, alterare il potenziale redox del sistema di reazione, aumentando così la concentrazione del ferro ferroso (o bivalente) solubile in acqua.

In questo strato anaerobico poroso, i batteri solfato riduttori (o solfobatteri) sfruttano le molecole organiche e l'idrogeno come fonti energetiche, riducendo il solfato in solfuro. Il solfuro può ridurre l'ossido di ferro, rilasciando  $\text{Fe}^{2+}$  in acqua. Il processo di formazione dello strato di corrosione nella rete d'acqua è ancora oggetto di numerose ricerche. Esiste, comunque, una ridotta quantità di metalli



Figura 2: Tubatura corrosa

nei tubi di ghisa, come il manganese (Mn) e il rame (Cu). Questi precipitano o sono assorbiti nello strato di corrosione, formando altri sottoprodotti di corrosione, come  $\text{MnO}_2$  e  $\text{CuO}$ , attraverso una serie di reazioni di ossido-riduzione. Le tubature in ferro sono inoltre fonte di arsenico. Sia l'arsenico che il rame sono metalli pesanti che pongono seri problemi alla salute, di conseguenza le loro concentrazioni devono essere monitorate nei sistemi di distribuzione dell'acqua potabile.

I rischi chimici sono inoltre determinati da sottoprodotti di disinfezione, lisciviazione di

materiali delle tubazioni e dei raccordi, composti chimici per il trattamento acque. I sottoprodotti della disinfezione sono composti organici e inorganici derivanti da reazioni chimiche tra biocidi chimici e sostanze organiche e inorganiche presenti nell'acqua.

È necessario tenere sempre presente che i sottoprodotti corrosivi della rete di tubazioni influiscono in modo significativo sul decadimento dei disinfettanti e sulla formazione di sottoprodotti della disinfezione.

Diversi studi mostrano come i sottoprodotti della corrosione del rame (come CuO, Cu<sub>2</sub>O and Cu<sup>2+</sup>) catalizzino il decadimento accelerato del cloro libero. CuO e NiO nella rete di tubazioni possono favorire la reazione di dismutazione dell'acido ipobromoso (HOBr), catalizzando così la formazione di BrO<sup>3-</sup>. Cu<sup>2+</sup> può catalizzare la conversione di monocloramina a dicloramina in acqua. Per fare un altro esempio, il prodotto di corrosione delle tubature in piombo (PbO<sub>2</sub>) può ossidare la clorammina, rilasciando in questo modo Pb<sup>2+</sup> in acqua. È importante notare come non esista una concentrazione sicura di piombo nell'acqua potabile. Per questo motivo, negli ultimi anni i tubi in piombo sono stati progressivamente sostituiti in tutto il mondo. In presenza di ione Br<sup>-</sup>, il manganese divalente potrebbe essere ossidato a MnO<sub>2</sub> dal cloro libero, portando così al decadimento del disinfettante.

I sottoprodotti della corrosione del rame possono portare alla formazione di trialometani tossici (THM). Cu<sup>2+</sup> può aumentare la formazione di acidi acetici alogenati (HAA) e nitroso-dimetil-anilina (NDMA), entrambi serie minacce alla salute pubblica. La presenza di CuO può favorire simultaneamente la formazione di BrO<sup>3-</sup> e THM.

MnO<sub>2</sub> può ossidare lo ione I<sup>-</sup> in acqua a HOI/I<sub>2</sub>, che, quindi, reagisce con la materia organica in acqua a formare sottoprodotti di corrosione iodati ancor più tossici.

PbO<sub>2</sub> può anche ossidare I<sup>-</sup> in acqua HOI/I<sub>2</sub>, successivamente trasformandosi in iodoformio (CHI<sub>3</sub>).

Il tricloronitrometano (TCNM) nei sistemi di Fe<sup>2+</sup>/FeOOH e Fe<sup>2+</sup>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> è degradato attraverso una reazione di riduzione. Il tricloroacetoneitrile (TCAN), il 1,1,1-tricloropropanone (1,1,1-TCP), ed il tricloroacetaldeide (TCAh) sono degradati attraverso idrolisi e riduzione. Il triclorometano (TCM) e l'acido tricloroacetico (TCAA), infine, non possono essere degradati.

### Rischio microbiologico

La qualità dell'acqua nei sistemi di distribuzione dell'acqua potabile è di primaria importanza per la salute umana. L'acqua potabile con ridotta variazione nelle comunità batteriche tra il punto di produzione e il rubinetto può essere considerata biologicamente stabile. Di conseguenza, l'abbondanza e la composizione delle comunità microbiche nella rete idrica sono parametri chiave per consentire un accurato monitoraggio della

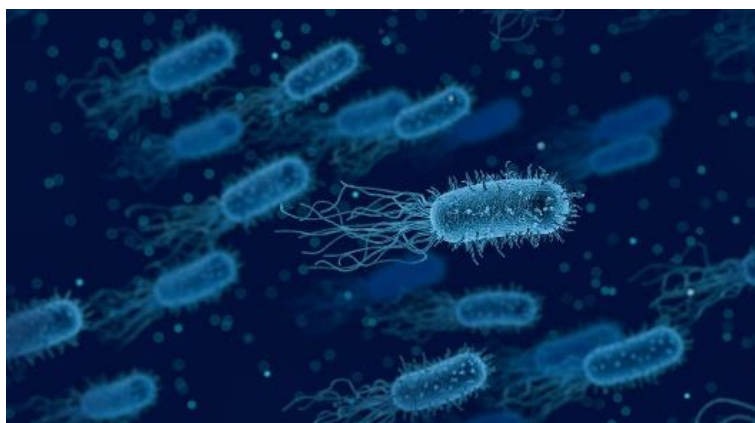


Figura 3: *Pseudomonas aeruginosa*

composizione microbiologica dell'acqua potabile nel tempo e nello spazio. I problemi che si verificano in un impianto di trattamento dell'acqua potabile possono portare alla proliferazione di agenti patogeni opportunistici come *Mycobacterium spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Legionella pneumophila*, tra gli altri. In particolare, i sistemi di distribuzione dell'acqua potabile sono stati identificati come i più grandi serbatoi di Legionella. Da questa fonte, il batterio può diffondersi attraverso torri di raffreddamento, fontane e altri sistemi che spruzzano o nebulizzano acqua.

L'insediamento e la proliferazione di batteri sulle superfici interne delle tubazioni porta ad un fenomeno comunemente noto come "biofilm". Questo strato batterico porta comunemente a complicazioni tecniche durante la distribuzione, come incrostazioni nei tubi, biocorrosione e degrado della qualità dell'acqua.

#### *Problematiche associate al biofilm nei sistemi di distribuzione dell'acqua potabile*

Un biofilm maturo è costituito prevalentemente da batteri, funghi, protozoi e invertebrati. In particolare, la presenza delle amebe fornisce un habitat ideale per la proliferazione degli agenti patogeni.

Nei sistemi di distribuzione dell'acqua, il biofilm può essere responsabile di un'ampia gamma di problemi operativi e di qualità dell'acqua, come l'abbattimento dei residui di disinfettante, l'aumento dell'abbondanza batterica, la riduzione dell'ossigeno disciolto, il cambiamento del gusto e dell'odore, la corrosione microbiologica e le rugosità idraulica.

Il biofilm influenza la corrosione dei materiali dei tubi attraverso azioni metaboliche in quattro modi distinti:

- (1) influenzando le reazioni anodiche o catodiche della corrosione;
- (2) provocando vaiolature sulla superficie metallica;
- (3) a causa dell'effetto corrosivo di alcuni metaboliti acidi;
- (4) causando condizioni locali anaerobiche, promuovendo così la corrosione anaerobica.

I principali microbi associati alla biocorrosione dei tubi di ferro includono batteri che ossidano o riducono il ferro e batteri che ossidano o riducono i solfati.



Figura 4: *Legionella*

I biofilm consentono ai microrganismi di persistere e crescere in ambienti ostili in condizioni di scarso nutrimento. In questo ambiente protetto, le sostanze polimeriche extracellulari (EPS) forniscono una barriera contro disinfettanti e altre sostanze chimiche deleterie, microrganismi predatori e antibiotici. I biofilm sono il principale incubatore microbico sia nelle condotte nuove che in quelle più datate. Infatti, solo il 10% dei batteri totali vive liberi nel liquido, in forma planctonica. Alcuni patogeni, come *Mycobacterium avium*, *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli* e *Nitrosomonas spp.* possono sopravvivere a lungo nel rifugio del biofilm ed entrare nell'acqua a seguito della disgregazione del biofilm. I batteri appartenenti al genere *Nitrosomonas* contribuiscono alla generazione di nitriti tossici.

Numerosi fattori estrinseci possono influenzare la formazione del biofilm, in particolare le condizioni idrauliche, l'età e il materiale delle tubazioni, il pH e la temperatura dell'acqua, la sua composizione chimica, i cambiamenti stagionali e molti altri. Generalmente, il biofilm e le particelle tendono ad accumularsi sul fondo

del tubo e nelle aree a basso flusso. La porzione a valle delle tubazioni tende ad essere più ricca di biofilm rispetto alle porzioni a monte, anche dove i tubi sono più nuovi.

La sicurezza dell'acqua potabile non può essere garantita senza strategie efficaci per il monitoraggio e il controllo del biofilm. La Tecnologia ALVIM fornisce soluzioni all'avanguardia per il rilevamento e il monitoraggio del biofilm, in linea e in tempo reale. Un caso applicativo relativo al [rilevamento del biofilm nelle reti di distribuzione idrica è disponibile qui](#).

## Metodi di disinfezione

L'acqua potabile è una delle risorse più attentamente monitorate e regolamentate. Per produrre acqua potabile, le società idriche selezionano i trattamenti più adeguati in base alle caratteristiche dell'acqua grezza utilizzata dall'impianto. Normalmente, questi processi includono un trattamento sequenziale che impiega procedure come filtrazione e disinfezione.

**La disinfezione primaria** uccide o inattiva i microrganismi patogeni che potrebbero essere presenti nella fonte d'acqua prima che l'acqua sia immessa nella rete di distribuzione. Per preservare la qualità dell'acqua già trattata destinata alla distribuzione, limitando eventuali crescite incontrollate, viene applicata una **disinfezione secondaria**. Questa si basa comunemente sul dosaggio di un biocida chimico, comunemente cloro o clorammina. La popolazione di microbi che sopravvive al primo trattamento può, così, essere tenuta sotto controllo, e i microbi che risiedono nel biofilm risultano costantemente esposti ai residui di biocida.

Lo scopo del filtro a **carbone attivo granulato** (GAC) è quello di eliminare qualsiasi potenziale contaminazione microbica dall'acqua trattata con disinfettante primario. Tuttavia, a causa dell'elevata concentrazione di batteri bloccati da questi filtri, è noto come essi rappresentino un'arma a doppio taglio, poiché i batteri proliferano e formano biofilm proprio all'interno dei granuli e dei filtri, causando problemi di biofouling. Inoltre, diversi studi suggeriscono che il biofilm sui filtri GAC possa fungere da hotspot per i protozoi, comprese le amebe e gli agenti patogeni. Infatti, i biofilm creano comunità microbiche dove i protozoi trovano protezione contro disinfettanti e nutrimento, cibandosi di batteri.

Ci sono due questioni da considerare riguardo alla presenza di protozoi nell'acqua potabile. I protozoi possono formare oocisti altamente resistenti alla disinfezione con cloro - che è la principale strategia attualmente applicata all'acqua potabile. Per fare un esempio, l'inattivazione del 90% delle oocisti di *Cryptosporidium* può richiedere fino a 90 minuti di esposizione a 80 mg/L di cloro libero. Altre amebe pericolose includono *Acanthamoeba castellanii*, *Hartmannella vermiformis*, e *Naegleria fowleri*, comunemente sensazionalizzata come "ameba mangia-cervello". L'indicazione più allarmante riguarda l'acqua campionata da piscine clorate - tipicamente disinfettata con un'alta concentrazione di cloro - risultata positiva per *H. vermiformis*. Oltre ad essere essi stessi patogeni, sono stati segnalati batteri resistenti all'ameba (*amoeba-resistant bacteria*, ARB) in grado di eludere la fagocitosi e risiedere continuamente all'interno dei protozoi ospiti. Tra questi, ci sono *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium avium* e *Pseudomonas aeruginosa*. All'interno delle amebe, gli ARB sono maggiormente protetti dalla disinfezione e possono anche accrescere la loro virulenza.

Negli ultimi anni, la disinfezione **ultravioletta (UV)** è stata sempre più considerata come una possibile opzione per la disinfezione primaria. Il vantaggio principale dei raggi UV è l'assenza di sottoprodotti del cloro, una delle principali preoccupazioni nell'acqua potabile. D'altra parte, gli UV sono efficaci solo nel punto in cui vengono applicati, quindi possono essere un'opzione per trattare l'acqua, ma non per uccidere il biofilm nel sistema di tubazioni. A sua volta, il biofilm può svolgere un ruolo attivo nella prevenzione dei danni UV alle cellule batteriche, grazie al suo effetto protettivo. Studi condotti negli acquedotti svedesi suggeriscono, comunque, che il passaggio dalla disinfezione con cloro a quella UV non porti ad un cambiamento significativo nel biofilm, anche

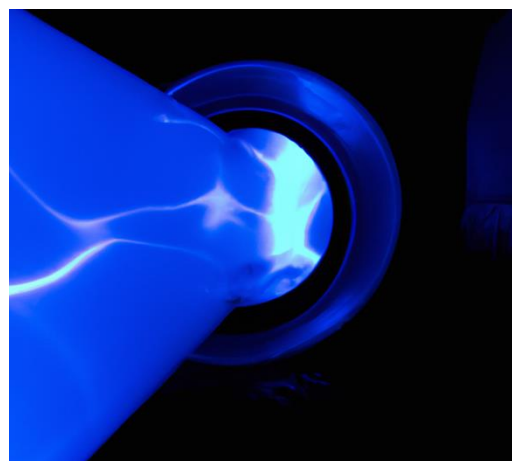


Figura 5: Irraggiamento UV

se è stato ipotizzato che l'aggiunta di monocloramina come disinfettante secondario possa aver influenzato questa osservazione.

Quando si tratta di disinfezione secondaria, va prestata particolare attenzione al mantenimento di un'adeguata concentrazione di disinfettante al termine della rete. Quando si utilizza **cloro** libero, gli standard di sicurezza suggeriscono solitamente una concentrazione finale non inferiore a 0,5 mg/L. Tuttavia, come discusso in [un altro white paper, il cloro residuo non è sufficiente per garantire una sanificazione efficiente](#). Inoltre, la formazione di sottoprodotti all'interno della rete merita particolare attenzione. I metaboliti della vita microbica all'interno dei biofilm, le sostanze polimeriche extracellulari secrete e gli organismi stessi aumentano il contenuto organico dell'acqua. Tale materiale organico può reagire con il cloro residuo formando sottoprodotti di disinfezione (*disinfection by-products*, DBP), con conseguente aumento della tossicità. Per fare un esempio, la reazione di *P. aeruginosa* con il cloro residuo genera trihalometani, attraverso reazioni chimiche. Questi sottoprodotti hanno effetti cancerogeni, mutageni e teratogeni. In questo caso la scelta di un disinfettante diverso diventa una strategia fondamentale per evitare la formazione di pericolosi DBP all'interno del sistema di distribuzione.

Per tale motivo, le **cloramine** sono talvolta applicate come disinfettante secondario. Per la monocloramina, gli standard di sicurezza suggeriscono solitamente una concentrazione finale non inferiore a 2 mg/L. È noto come le cloramine penetrino nel biofilm meglio del cloro. A titolo di esempio, la monocloramina può penetrare in un biofilm nitrificante fino a 170 volte più velocemente del cloro. Va considerato che il cloro è per sua natura altamente ossidante e reagisce facilmente con le macromolecole presenti negli EPS, quali carboidrati e proteine. Pertanto, la sua minore penetrazione potrebbe essere il risultato di una rapida reazione con i componenti del biofilm, piuttosto che la conseguenza di una limitata diffusione all'interno del biofilm. Tuttavia, va tenuto presente che la penetrazione non corrisponde alla perdita di vitalità cellulare - e alcuni studi suggeriscono che il cloro sia più efficace della cloramina, quando raggiunge l'obiettivo.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo della cloramina potrebbero essere contrastati da alcuni svantaggi. Le cloramine vengono prodotte in situ, dalla reazione tra cloro libero e ammoniaca. La presenza di ammoniaca libera rappresenta un importante vantaggio selettivo per i batteri *Nitrosomonas*, che si nutrono di ammoniaca per produrre nitriti, causando problemi di nitrificazione e decadimento delle cloramine. La nitrificazione è un processo microbiologico in due fasi, in cui l'ammoniaca viene prima ossidata a nitrito dai batteri ammonio-ossidanti e, successivamente, il nitrito viene ossidato a nitrato dai batteri. Studi recenti hanno riportato che, oltre al pH e ai nitriti, i prodotti microbici solubili accelerano significativamente il decadimento delle cloramine, catalizzando i processi di autodecomposizione e ossidazione dei nitriti nelle acque clorate.

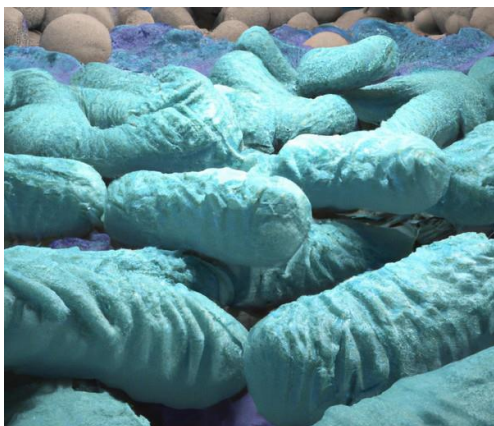


Figure 6: Il biofilm rappresenta una minaccia per la qualità dell'acqua

Qualunque sia il trattamento, va sempre considerato che uccidere i microrganismi non equivale a pulire. Senza la rimozione dell'EPS adesivo, la matrice del biofilm può essere presente anche dopo aver ucciso i microrganismi che l'hanno formata, e i residui di cellule morte possono nutrire i microbi sopravvissuti alla disinfezione. Pertanto, anche con una quantità minima di nutrienti nell'acqua il biofilm può persistere nei tubi.

Nei biofilm di diversa età, il metodo di disinfezione applicato può portare allo sviluppo di diverse comunità batteriche. Monitorare i cambiamenti nella comunità microbica nei DWDS è importante per comprendere ulteriormente i meccanismi di selezione e ricrescita microbica.

## Conclusioni

La qualità dell'acqua potabile è strettamente correlata alla vita e alla salute delle persone. Con lo sviluppo economico e il miglioramento del tenore di vita aumenta anche la domanda di acqua potabile da parte della popolazione. Fornire acqua potabile sicura, pulita e sana alle persone risulta di estrema importanza strategica. Attualmente, molti paesi stanno compiendo grandi sforzi per promuovere la costruzione di impianti municipali di acqua potabile di qualità elevata.

Durante il trasporto, gli indici di qualità dell'acqua come torbidità, colore, numero totale di batteri e contenuto di metalli pesanti possono cambiare, a causa di reazioni chimiche e biochimiche con tubi, apparecchiature, microrganismi, materia organica e inorganica. Prevenire il deterioramento dell'acqua potabile nella rete di condotte e trasportarla in sicurezza agli utenti finali è ancora un problema.

In alcuni Paesi risulta sempre più accettata l'idea che non sia possibile eliminare completamente il biofilm dalle reti di distribuzione idrica. Pertanto, alcuni servizi idrici mirano semplicemente a mantenere la proliferazione batterica al di sotto di una determinata soglia. Quest'idea, però, non sembra essere supportata da evidenze scientifiche, poiché il biofilm rappresenta l'ambiente ideale per la sopravvivenza e la proliferazione degli agenti patogeni, e non è possibile prevedere l'esatta composizione delle specie batteriche che compongono il biofilm.

Come discusso, la presenza di biofilm nei tubi di distribuzione dell'acqua potabile diventa parte di un circolo vizioso autoalimentato, poiché facilita la corrosione della superficie interna dei tubi e gioca un ruolo nella formazione di DBP. Prevenire la crescita e la ricomparsa del biofilm è essenziale per preservare la qualità dell'acqua, la salute e la sicurezza dei consumatori e, in definitiva, per rallentare la corrosione dei tubi. Grazie alla [Tecnologia ALVIM](#), è possibile sapere in tempo reale quando inizia a formarsi il biofilm, verificare l'efficacia dei disinfettanti e ottimizzarne il dosaggio, con un notevole vantaggio economico. Allo stesso tempo, ciò consente di limitare la formazione di DBP.

**Hai un problema simile con il biofilm? Contatta i nostri esperti e chiedi una consulenza gratuita su misura, riceverai maggiori informazioni riguardo i prodotti ed i servizi ALVIM.**

Il sistema ALVIM per il Monitoraggio del Biofilm rappresenta uno strumento affidabile per la rilevazione precoce della crescita batterica sulle superfici, in linea ed in tempo reale, in impianti industriali, acque di raffreddamento, etc.

La Tecnologia ALVIM è stata sviluppata in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine, ed è attualmente utilizzata in tutto il mondo, in svariati settori applicativi.

**ALVIM Srl | +39 0108566345 | [info@alvim.it](mailto:info@alvim.it) | [www.alvim.it](http://www.alvim.it) | [www.linkedin.com/company/alvimbiosensors](https://www.linkedin.com/company/alvimbiosensors)**