

SICUREZZA DELL'ACQUA NELLE RETI ACQUEDOTTISTICHE E NELLA DISTRIBUZIONE INTERNA DEGLI EDIFICI: EVENTI PERICOLOSI E PERICOLI MICROBIOLOGICI

Lucia Bonadonna

Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma

La manutenzione degli impianti idrici e più in generale la gestione dell'acqua all'interno degli edifici non rientrano nelle responsabilità dell'azienda che fornisce e distribuisce l'acqua potabile. Pertanto, i sistemi idrici negli edifici sono progettati e realizzati in maniera indipendente rispetto alla rete di distribuzione idrica pubblica.

All'interno degli edifici, gli impianti idrici sono ampi e complessi e ripartiti in almeno due sistemi, separati e contrassegnati, in cui si distingue la rete di acqua potabile e quella delle acque reflue. A sua volta, in caso di impianti centralizzati, il sistema di distribuzione dell'acqua potabile può essere suddiviso in due sezioni, una che fornisce acqua calda, l'altra che fa circolare acqua fredda. Gli edifici di grandi dimensioni possono anche avere una rete separata per la fornitura al sistema antincendio.

Spesso nella progettazione di nuovi edifici, o nell'ammodernamento di strutture già esistenti, viene data scarsa attenzione ai problemi sanitari, in particolare a quelli riguardanti la qualità dell'acqua, riservandone invece una maggiore alle caratteristiche estetico – funzionali. Recentemente, nell'edilizia socio-sanitaria di nuova costruzione, anche se vengono tenuti in ampia considerazione gli aspetti legati all'efficienza energetica e alla sostenibilità ambientale, è comunque cresciuta l'attenzione per le caratteristiche strutturali degli impianti idrici, queste ultime fondamentali per garantire una buona qualità dell'acqua e per contenere la ricrescita microbica negli impianti (es. *Legionella*, *Pseudomonas*). Ad esempio, progettazione, e soprattutto riparazioni e ammodernamenti, di impianti idrici negli edifici tengono in minor conto le condizioni di pericolo che possono verificarsi in relazione alla presenza di acqua a flusso lento o stagnante, lunghe tubazioni e rami morti, fattori che favoriscono, insieme alla temperatura, la ricrescita microbica in rete (1).

Nelle strutture ospedaliere (2), in quelle ad uso ricreativo e negli edifici ad uso residenziale i criteri di manutenzione e controllo degli impianti idrici dovrebbero seguire i principi previsti dai Piani di Sicurezza dell'acqua (PSA); ma se negli ospedali programmi di verifica e misure di controllo sono spesso applicati, per gli altri tipi di strutture questo non si verifica.

Gli edifici sono ambienti con caratteristiche che possono creare condizioni di pericolo in funzione di:

- uso della struttura (scuole, ospedali, case di cura, ecc.);
- vulnerabilità degli utenti presenti all'interno (soggetti ospedalizzati, scolari, ecc.) e di forniture idriche supplementari (pozzi e sorgenti);
- trattamenti addizionali dell'acqua al punto di ingresso dell'edificio;
- collegamenti dei sistemi di acqua potabile a impianti che utilizzano acqua (torri di raffreddamento, condensatori evaporativi, caldaie, piscine, lavatrici, lavastoviglie, riuniti dentistici, dispositivi medici e attrezzature industriali).

In realtà, se è noto che le caratteristiche microbiologiche e chimiche dell'acqua a monte del contatore, per le quali è responsabile il gestore idrico, sono generalmente migliori di quelle che si

riscontrano nell'impianto di distribuzione interno (3), è anche vero che nel residenziale la manutenzione viene sottovalutata dai proprietari e i controlli resi complicati per via della difficoltà di accesso all'interno della proprietà privata.

Per gli impianti esistenti manca spesso la conoscenza delle caratteristiche e, in diversi casi (edifici pubblici di grandi dimensioni, impianti sportivi), l'assenza di elaborati descrittivi degli impianti rende più difficile ogni intervento organico. Inoltre, le tubazioni appartenenti alle reti di acqua potabile e reflua spesso non sono distinguibili o contrassegnate in modo chiaro e corretto, con la conseguenza di aumentare la probabilità di creare interconnessioni sbagliate.

Una gestione utile ed efficace dei sistemi idrici richiede invece una conoscenza globale del sistema, che evidenzia potenziali pericoli ed eventi pericolosi per eseguire una corretta valutazione dei rischi (4).

Quando si fa riferimento ai pericoli potenzialmente presenti in impianti idrici di edifici si intende quella serie di condizioni a cui sono associati uno o più elementi capaci di compromettere più o meno gravemente la sicurezza e la qualità dell'acqua distribuita:

- presenza di organismi ambientali nel sistema di distribuzione;
- presenza di agenti patogeni di origine enterica (batteri, virus, protozoi) che derivano da contaminazione fecale e possono introdursi nel sistema in seguito a connessioni crociate, falle nelle tubature e pressione ridotta al loro interno;
- impianti collegati che utilizzano acqua (es. torri raffreddamento);
- prodotti chimici che possono essere presenti nelle acque provenendo da fonti esterne, industriali e agricole. Pericoli di origine chimica possono comunque anche derivare da processi di trattamento, cessioni da materiali, corrosione di tubazioni e raccordi (piombo, cadmio e nichel);
- amplificazione di fenomeni di corrosione dovuta al ristagno dell'acqua.

Di conseguenza, le diverse strutture (residenziali, comunitarie, ecc.) possono presentare condizioni che conducono a una serie di eventi pericolosi. Ad esempio, con le nuove leggi sul risparmio energetico (impianti centralizzati), anche le strutture residenziali potrebbero essere più esposte a pericoli associati alla produzione di biofilm e proliferazione microbica.

Possono avere un ruolo importante nell'accadimento di eventi pericolosi, potenzialmente amplificati sia da grandezza e complessità dell'edificio, carenze nella progettazione, costruzione, funzionamento e manutenzione degli impianti, sia da condizioni che possono derivare da:

- flusso lento a fine rete e ristagno dell'acqua dovuti a cattiva progettazione e presenza di tubature lunghe e bracci morti;
- uso intermittente o lunghi periodi di non-uso dell'impianto (hotel ad occupazione stagionale; scuole durante la chiusura estiva, case di villeggiatura);
- scarso controllo della temperatura con valori elevati nella rete dell'acqua fredda per contiguità al sistema di acqua calda e scarsa coibentazione;
- materiali non idonei utilizzati in idraulica;
- materiali incompatibili con le caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua fornita agli edifici con aumento di corrosione o incrostazioni;
- serbatoi di stoccaggio dell'acqua non protetti che consentono l'accesso a contaminanti esterni;
- interconnessioni con un sistema idrico indipendente: pozzi, sistemi antincendio, reti duali;
- mancanza o inadeguatezza di sistemi per il blocco del riflusso da impianti che utilizzano acqua (torri di raffreddamento, fontane, caldaie, lavastoviglie, lavatrici);
- cattiva gestione degli impianti che utilizzano acqua (torri di raffreddamento, fontane, piscine);

- gestione e manutenzione peggiorate da un sistema di mappatura inadeguato (diagrammi schematici non aggiornati con le modifiche successive) e tubazioni etichettate male (distinzione tra sistemi di acqua potabile/acqua di scarico/rete duale).

Soprattutto i fabbricati di più grandi dimensioni hanno sistemi di distribuzione dell'acqua potabile ampi e complessi. In questa categoria vengono compresi:

- strutture educative (scuole, collegi, ecc.), con lunghi periodi in cui è possibile un ristagno di acqua nella rete, es., durante la chiusura estiva e il fine settimana;
- strutture ricettive e ricreative (hotel, ecc.) possono essere fonte di diffusione di patogeni anche ambientali (es. *Legionella*). La permanenza nei tubi può variare notevolmente a seconda della stagione e edifici, parti o piani di edifici possono rimanere chiusi in determinati periodi;
- condomini con abitazioni che non favoriscono l'accesso all'interno della proprietà privata;
- edifici pubblici in cui mancano elaborati descrittivi degli impianti;
- centri commerciali, fontane decorative, negozi per il giardinaggio, negozi ortofrutticoli con nebulizzazione dell'acqua;
- fabbriche, industrie e centri di produzione, con serbatoi di stoccaggio e sistemi di distribuzione in cui circola acqua utilizzata per il raffreddamento.

In strutture come gli ospedali, oltre alle diverse criticità già sopra elencate che favoriscono modifiche della qualità dell'acqua, diventa importante la particolare vulnerabilità di coloro che vi soggiornano. Pertanto, per mantenere una buona qualità dell'acqua, generalmente vengono eseguiti trattamenti aggiuntivi all'acqua al punto di ingresso e lungo la rete all'interno dell'edificio. Condizioni specifiche di pericolo in queste strutture riguardano, in particolare, la presenza di:

- impianti idrici estesi;
- flussi intermittenti e ristagni nell'impianto idrico per irregolare presenza di degenti nei reparti;
- sistema di distribuzione dell'acqua calda mantenuto a temperature non molto alte o con valvole di miscelazione termostatica installate prima del rubinetto per ridurre il rischio di ustioni ($41 \div 45^{\circ}\text{C}$);
- posizionamento/funzionamento non corretto delle valvole di miscelazione termostatica per la temperatura. Questi dispositivi possono essere troppo lontani dai punti d'uso, con conseguenti lunghi tratti di tubazioni contenenti acqua calda. In questi casi, l'impianto di acqua calda o le tubature a valle delle valvole possono creare siti per la crescita di patogeni ambientali.

In questi casi, anche gli impianti di acqua fredda possono presentare criticità dovute a:

- vicinanza/scarsa coibentazione dei tubi dell'acqua calda;
- scarso controllo della temperatura nell'impianto;
- incrostazioni e corrosione delle superfici interne delle tubazioni; superfici più rugose, inoltre, promuovono più rapidamente sviluppo di biofilm e corrosione dei materiali;
- particolato sospeso che, utilizzato come nutriente, favorisce la crescita microbica e che depositandosi sostiene il biofilm;
- materiali idraulici non appropriati;
- scarsa manutenzione e uso intermittente di dispositivi al punto d'uso.

Gli impianti idrici collegati a una rete di distribuzione dell'acqua rappresentano sistemi di fine rete. In quanto tali, essi possono costituire un habitat favorevole alla crescita microbica e alla formazione di biofilm sulle superfici e in corrispondenza di valvole, rompighetto, ecc.

Il biofilm è definito come una comunità strutturata e funzionalmente coordinata di cellule procariotiche ed eucariotiche in cui sono intrappolati batteri, alghe, protozoi, funghi, virus e

componenti organiche e inorganiche in una matrice polimerica (EsoPoliSaccaridi, EPS) altamente idratata che incorpora grandi quantità di acqua per mezzo di legami H (5).

Diversi e numerosi sono i microrganismi che possono fare parte del biofilm: batteri indicatori, ambientali, patogeni, come anche batteri responsabili della corrosione, quali batteri solfatoriduttori, solfoossidanti, ferroriducenti, ecc.

Il biofilm, generalmente di spessore tra 50 e 100 μm fino a qualche mm, non è composto-specifico ed è quindi associato a ioni metallo, cationi bivalenti e proteine, acidi nucleici extracellulari, composti amfilici, glico- e peptido lipidi. Eccesso di C e limitazione di N, P, K, promuovono la sintesi di EPS da parte dei microrganismi.

La sua formazione è un processo complesso e dinamico che avviene in 4 fasi principali che si susseguono:

- ancoraggio reversibile delle singole cellule alle superfici tramite organelli e proteine extracellulari (flagelli, pili, fimbriae, proteine di membrana);
- adesione con legami irreversibili alle superfici; inoltre, tramite un sistema di regolazione trascrizionale dipendente dalla densità cellulare, il Quorum Sensing, si instaura una comunicazione chimica tra le cellule presenti che stimola/limita la moltiplicazione cellulare e quindi la formazione della pellicola di biofilm;
- sviluppo di microcolonie all'interno della pellicola;
- maturazione della struttura e distacco.

Diventano fondamentali, in questo caso, diverse variabili che rappresentano i fattori coinvolti nello sviluppo del biofilm:

- tipo di substrato;
- idrodinamica del sistema;
- caratteristiche del mezzo acquoso;
- struttura cellulare dei microrganismi presenti (fimbrie, pili, produzione di polimeri e capsule per aggregazione).

Tutto il sistema, dalla formazione al distacco, è un processo altamente controllato, regolato a livello genetico e da segnali ambientali che comprendono cambiamenti nelle concentrazioni di nutrienti, livelli di ossigeno e temperatura, fonti di carbonio e sollecitazioni predatorie.

Conclusioni

Le strategie di controllo dei microrganismi, soprattutto dei patogeni, all'interno di strutture residenziali, ricreative e sanitarie dovrebbero impedire lo sviluppo di condizioni che possono favorire la crescita microbica; progettazione e costruzione adeguate offrono la prima opportunità di applicare misure di controllo per azioni preventive e di riduzione dei pericoli.

Pertanto, è importante considerare la necessità che gli impianti siano progettati e gestiti per ottimizzare la circolazione e i flussi (evitando ristagni, flussi lenti, tubature lunghe e rami morti, rallentata distribuzione del flusso tra le diramazioni, ecc.).

Sicuramente la gestione del parametro temperatura dell'acqua è tra le misure di controllo più importanti, utile per limitare lo sviluppo di biofilm e la moltiplicazione microbica. In questo ambito, la temperatura dell'acqua deve essere mantenuta sotto i 20°C negli impianti dell'acqua fredda e sopra i 60°C in quelli dell'acqua calda. Le condutture dell'acqua calda devono essere isolate, mentre quelle dell'acqua fredda devono essere protette da fonti di calore esterno. Idealmente, l'acqua calda deve essere conservata al di sopra dei 60°C e distribuita ad una temperatura superiore a 60°C. Tuttavia, è anche necessario che negli impianti dell'acqua calda sia applicata una riduzione della temperatura, tramite miscelatori termostatici. Questi dovrebbero

essere posizionati il più vicino possibile al punto d'uso per ridurre temperature elevate che potrebbero essere causa di ustioni.

È stato osservato che alcune difformità caratterizzano normative e norme in tema di temperatura negli impianti di acqua calda. Secondo il DPR n. 412 del 26 agosto 1993 gli impianti termici centralizzati di tipo abitativo di nuova installazione e quelli sottoposti a ristrutturazione devono essere progettati e gestiti in modo che la temperatura dell'acqua, misurata nel punto di immissione della rete di distribuzione, non superi i 48°C con +5°C di tolleranza. Tecnicamente e scientificamente diverso è quanto riportano le recenti linee guida per la prevenzione della legionellosi che sono ad oggi il principale testo italiano in materia di *Legionella* (6). In questo caso, le indicazioni relative alla gestione della temperatura dell'acqua fanno riferimento a un intervallo ristretto di temperatura che deve essere mantenuta al di fuori dei 20-50°C per limitare le condizioni favorevoli allo sviluppo di biofilm che interessa la presenza di *Legionella*, ma anche di tutti quei patogeni e opportunisti ambientali che possono ritrovarsi nelle acque in rete. Scientificamente più valide sono le indicazioni fornite dalle norme tecniche di progettazione che raccomandano il mantenimento della temperatura dell'acqua calda a livelli superiori a 60°C in tutta la rete di distribuzione per limitare la proliferazione microbica.

Queste differenze portano ad un conflitto tra normativa, linee guida e norme tecniche e complicano la progettazione e la gestione degli impianti che dovrebbero essere volti alla prevenzione e alla tutela igienico-sanitaria, soprattutto in quelle strutture, quali quelle sanitarie, dove l'esposizione ad acqua contaminata può rappresentare un rischio reale per la salute.

Pertanto, a tutela della salute e a garanzia del buon funzionamento degli impianti di distribuzione dell'acqua, controllo e rimozione dei biofilm dalle reti idriche diventano misure fondamentali soprattutto in quegli ambienti a rischio dove l'aerosolizzazione di acqua del rubinetto contenente microrganismi di limitata rilevanza sanitaria per soggetti sani, può invece rappresentare un rischio per la salute per individui con ridotte difese immunitarie.

Bibliografia

1. World Health Organization. *Water safety in buildings*. Geneva: WHO; 2011.
2. Anaissie EJ, Penzak SR, Dignani C. The hospital water supply as a source of nosocomial infections: a plea for action. *Arch Intern Med* 2002;162:1483-92.
3. Briancesco R, Semproni M, Della Libera S, Sdanganelli N, Bonadonna L. Non-tuberculous mycobacteria and microbial populations in drinking water distribution systems. *Ann Ist Super Sanità* 2010;46:254-58.
4. World Health Organization. *Health aspect of plumbing*. Geneva: WHO; 2006.
5. Bonadonna L, Memoli G, Chiaretti G. *Formazione di biofilm su materiali a contatto con acqua: aspetti sanitari e tecnologici*. Rapporti ISTISAN 08/19. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2008.
6. Ministero della Salute. *Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi*. Roma: Ministero della Salute; 2015.