

ANALISI DEL RISCHIO PER LE ACQUE POTABILI, COME?

DI RECENTE È STATO SPERIMENTATO UN MODELLO INTEGRATO DI ANALISI DEL RISCHIO SULLA FILIERA DI DISTRIBUZIONE DELLE ACQUE POTABILI NELL'ACQUEDOTTO DI BOLOGNA. IL MODELLO SPERIMENTALE, ISPIRATO ALLA METODOLOGIA FMEA, HA COLLAUDATO UN METODO CHE INDIVIDUA UNA STRATEGIA DI CONTROLLO DEGLI EVENTI NON CONFORMI.

La normativa comunitaria non comprende attualmente la gestione delle acque potabili; mentre ha ben definito il concetto di valutazione e categorizzazione del rischio (probabilità che un'azione o un'attività scelta, includendo la scelta di non agire, porti a una perdita o a un evento indesiderabile) per la definizione di adeguati piani di controllo ufficiale con l'introduzione del "pacchetto igiene" nel settore alimentare.

Il pacchetto igiene prevede che la responsabilità per la sicurezza dei prodotti alimentari sia in carico all'operatore del settore alimentare (Osa) che deve predisporre un piano di autocontrollo per garantire l'igiene delle produzioni. Il metodo più utilizzato per l'analisi del rischio è il sistema Haccp (*Hazard Analysis of Critical Control Points*)¹, che si basa sull'analisi del pericolo e sulla gestione dei punti critici (Ccp)² e permette di realizzare un pieno controllo aziendale, attraverso una valutazione razionale dei pericoli legati alla produzione stessa. Al controllo ufficiale è demandata la valutazione delle garanzie di sicurezza individuate dall'Osa e l'esecuzione di controlli mirati alla tutela del consumatore.

In analogia, questo progetto ha voluto sperimentare modelli analoghi all'Haccp anche nella filiera delle acque destinate al consumo umano. È stato realizzato uno studio di tipo qualitativo e quantitativo per valutare la probabilità e la gravità di accadimento di un evento potenzialmente rischioso in una o più fasi del processo di captazione, potabilizzazione e distribuzione dell'acqua. Lo strumento utilizzato per lo studio dei potenziali rischi d'inefficienza nel processo di controllo, è noto come Fmea/Fmeca (*Failure Mode and Event Analysis/ Failure Mode and Effect and Criticality Analysis*)³ ed è comunemente impiegato dalle organizzazioni sanitarie per l'identificazione e la prevenzione dei rischi. Tale metodo permette di dare



una valutazione preventiva/consultiva delle potenziali cause d'inefficienza in un processo a elevata complessità quale è il controllo sul servizio di erogazione dell'acqua potabile e delle eventuali conseguenze. I processi complessi vengono separati in passaggi gestibili e, una volta che le inefficienze sono state individuate e ben definite, la valutazione del rischio potenziale in termini probabilistici può essere utilizzata per il loro controllo nell'ambito delle attività proprie del settore.

È stato analizzato tutto il percorso della distribuzione delle acque che si può scomporre in tre sottoprocessi:

- bacino di captazione
- impianto di potabilizzazione (ingresso, trasporto, uscita)
- distribuzione.

I tre macroprocessi sono stati analizzati

attraverso una serie di variabili esplicative, associando a esse un giudizio di valore su criteri predefiniti, per poi calcolare un indice di priorità del rischio (Ipr) derivante dalla moltiplicazione di tre fattori identificati come segue:

1. P = probabilità che si verifichi un evento dannoso
2. G = gravità degli effetti dell'evento
3. R = rilevanza dell'evento.

Il calcolo di Ipr deriva dalla moltiplicazione dei fattori G, P, R che devono necessariamente essere indipendenti tra loro e sono valorizzati da un indice numerico compreso all'interno di un intervallo da 1 a 5 (scala di Likert⁴), secondo una relazione proporzionale. Si è scelto di lavorare sull'acquedotto di Bologna perché, per le sue caratteristiche, è quello maggiormente rappresentativo

per la costruzione di un modello traslabile alle altre realtà della regione. La necessità di lavorare su un campione rappresentativo dell'intero acquedotto ha portato a scegliere i punti di campionamento da analizzare, secondo una logica legata innanzitutto alla loro origine e alla localizzazione geografica. Si sono individuati quindi dei punti di captazione, sia superficiale che profonda, dei punti in uscita centrale come punti di rete a km 0 e alcuni punti di rete distribuiti in modo da coprire l'intero territorio di Bologna città. La selezione si è basata sui seguenti criteri:

1. diversità/complessità delle centrali
2. densità antropica (popolazione servita) o m³ erogati
3. distribuzione geografica

Per quanto riguarda i punti di rete, si è cercato di individuare almeno un punto rappresentativo per ciascun quartiere, tuttavia nei quartieri ritenuti territorialmente più critici per estensione territoriale o complessità di gestione, sono stati individuati più punti. La valutazione dei dati storici, al fine di avere un quantitativo di dati significativo, è stata effettuata sul triennio 2009-2011, analizzando un dataset di oltre 15.000 dati. I parametri più rappresentativi ai fini della valutazione dello stato di salute dell'acqua destinata al consumo umano sono stati scelti in funzione della tipologia del punto di campionamento da monitorare. Sono stati suddivisi in "indicatori" di cui all'allegato I parte C del Dlgs 31/2001 e "significativi" di cui all'allegato I parte A e B dello stesso decreto. L'elenco è riportato in *tabella 1*.

La valorizzazione dei fattori G, P ed R che costituiscono la base per il calcolo di Ipr è stata effettuata adottando i seguenti criteri.

Fattore G o di gravità

Il fattore è inteso come importanza di un dato parametro di essere rilevato in un punto di campionamento. In relazione al gruppo di parametri ritenuto maggiormente significativo per ciascun sottoprocesso della rete, identificati come captazione (pozzi e superficiali) centrali e rete, si assume come criterio di base la suddivisione dei parametri previsti dalla normativa come:

- parametri indicatori
- parametri chimici/microbiologici definiti "significativi".

Per i parametri indicatori si decide di utilizzare la scala da 1 a 3, mentre per i parametri significativi si conviene di utilizzare l'intera scala da 1 a 5. Dei 24

parametri chimici scelti, 11 sono stati classificati con un livello di G>3. Il dettaglio degli indici è riportato in *tabella 2*.

Fattore P o di probabilità

Il fattore è inteso come probabilità che si verifichi un evento avverso in un'area dell'acquedotto. Si è deciso di procedere attribuendo valori diversi sia per i punti di approvvigionamento che per quelli di rete. Per i punti di approvvigionamento (profondi e superficiali) il criterio di attribuzione della scala 1-5 è derivato dalle caratteristiche dei fattori antropici circostanti, dall'utilizzo reale (pozzi), e dalla classificazione dei corpi idrici (Dlgs 152), dal grado di protezione delle stesse fonti ecc. Si è pertanto valorizzato P come in *tabella 3*.

Per i punti della rete distributiva, il gruppo ha definito come fattori importanti la densità di popolazione relativa all'area servita, la presenza di strutture sensibili (ospedale, scuole, carcere) la logistica di supporto ai centri sensibili (centri pasti), la vetustà della rete stessa e la frequenza degli interventi di riparazione a carico del gestore ecc. Per una definizione dettagliata di P è stato necessario valutare il concorso di questi fattori in ogni quartiere.

Fattore R o di rilevanza

Il fattore è relativo ai parametri scelti come variabili dipendenti. La definizione del fattore R deriva esclusivamente dall'analisi dei dati storici del triennio 2009-2011 relativo ai punti di campionamento e ai parametri scelti e condivisi dal gruppo di lavoro. La valutazione dell'andamento e del comportamento di ciascun parametro monitorato ha previsto l'uso di statistiche riassuntive parametriche e non parametriche⁵.

Molti dei dati presi in esame in questo progetto, al pari di molti altri dati analitici ambientali, sono definiti come *left censored* (letteralmente "censurati a sinistra") e tecnicamente sono dati non esprimibili numericamente (< a...) poiché il presunto valore di concentrazione è inferiore al limite di rilevanza strumentale (LR) del metodo utilizzato. La valutazione dei dati ritenuti significativi per la caratterizzazione dei diversi sottogruppi della filiera di distribuzione ha prodotto una classificazione dei parametri in tre sottocategorie dipendenti dal loro comportamento all'interno del punto analizzato:

- a) tutti i valori sono *left censored* (es. metalli pesanti)
- b) una percentuale significativa dei valori

è al di sopra del LR (es. manganese, ferro ecc.)

c) tutti i valori sono maggiore di LR (es. pH, conducibilità, durezza)

Il valore di R è stato assegnato dividendo l'intervallo fra LR e Valore di parametro (VL) in cinque parti uguali: alle sostanze in classe A (ovvero < a...) è stato assegnato R=1, per le restanti classi il valore di R è stato definito sulla base del 95° percentile dei valori disponibili⁶.

In linea generale, nella valutazione dell'indice Ipr sono stati valutati in differente modo:

- gli indici P di probabilità relativi alla fase di captazione rispetto a quelli di rete

Tab. 1 Elenco dei parametri scelti per le valutazioni

INDICATORI	SIGNIFICATIVI
Ammonio	Nitrito
Alluminio	IPA
Ferro	Mercurio
Manganese	Cromo
Cloruro	Piombo
Coliformi totali	Clorito
Conducibilità	Bromato
Durezza	Nichel
pH	Nitrato
Sodio	Triometani tot.
Torbidità	Tri+Tetra
Solfato	E coli

Tab. 2 Indici relativi al fattore G (gravità)

G	PARAMETRI
1	pH, conduttività, durezza, torbidità, ammonio, cloruri, sodio, solfato, manganese, coliformi fecali (se alla captazione/centrale), coliformi totali (se alla captazione/centrale)
2	ferro (in rete), manganese (in rete)
3	ammonio (in rete), coliformi totali (in rete) alluminio, nitrati.
4	nichel, piombo, cromo, IPA totali
5	nitriti, tetracloroetilene +tricloroetilene, E. coli, triometani, bromati, cloriti, mercurio.

Tab. 3 Classificazione in base al fattore P (probabilità)

P	FONTE
P = 4	superficiali (Setta-Reno)
P = 4-5	pozzi di Fossolo e Tiro a segno
P = 1-2	Borgo Panigale

- gli indici R di rilevanza dei parametri qualora si presentassero in quantità significativamente differente nella fase di captazione rispetto alla presenza in rete
 - gli indici G di gravità qualora l'impatto del parametro nella fase di captazione fosse ritenuto significativamente differente rispetto all'impatto in rete.

Tenendo conto che ciascun fattore G, P ed R può raggiungere il livello massimo di 5, la peggior situazione che si può verificare nel sistema di distribuzione delle acque destinate al consumo umano è un indice Ipr pari a:

$$IPR = G \cdot P \cdot R = 125$$

A sua volta, dividendo la scala da 0 a 125 in ulteriori 5 intervalli è possibile costruire una matrice di rischio come esemplificata in *tabella 4*, attraverso la quale individuare, se esistono, quali zone territoriali o quali parametri necessitano di maggior attenzione a livello di monitoraggio.

Sulla base dei punteggi calcolati si possono ottenere ulteriori fasce di rischio, in scala crescente da 1 a 5, che permettono di attribuire a ciascuna zona il rischio reale: da Ipr=1 cioè rischio nullo, a Ipr=5 zona di intervento immediato.

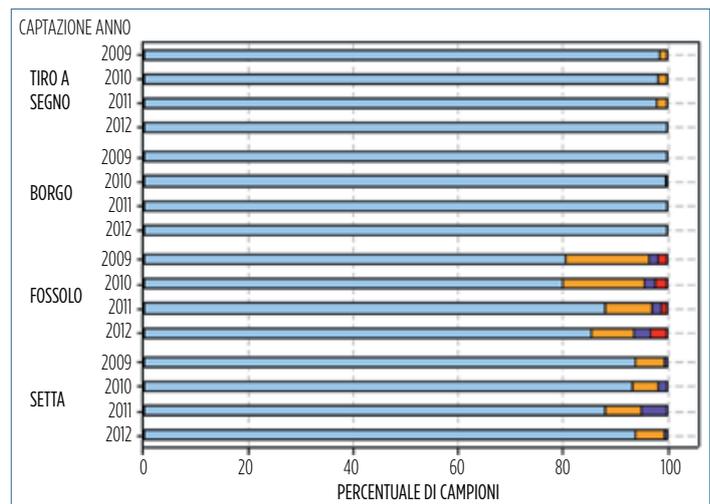
L'ultimo step del progetto ha previsto il confronto dei risultati analitici del triennio in esame (2009-2012) prodotti dal laboratorio di Arpa e di Hera. A fronte di un dataset fornito da Hera costituito da circa 5000 dati, Arpa ha elaborato i risultati relativi ai punti campionati in contemporanea da Hera e Arpa o sui quali il grado di sovrapposizione temporale del prelievo su uno stesso punto fosse al massimo di ± 5 giorni.

La verifica puntuale dell'andamento dei dati è stata fatta nella captazione e nella rete. La corrispondenza dei dati è significativa, lievi differenze si rilevano laddove lo stesso punto prelievo sia stato analizzato a distanza di qualche giorno. Anche per quanto riguarda la

Valore Ipr	Fascia di rischio	Rischio reale
0-25	1	rischio nullo
26-50	2	
51-75	3	
76-100	4	
101-125	5	zona di intervento immediato

FIG. 1 CLASSIFICAZIONE IPR

Rappresentazione della rete di distribuzione delle acque secondo la classificazione dell'indice di priorità del rischio Ipr.



suddivisione dei parametri in classi (A, B, C, *left censored* ecc...) il livello di sovrapposizione è statisticamente significativo.

Il modello sperimentale ispirato alla metodologia Fmea e applicato al presente progetto ha collaudato un metodo di lavoro che individua una strategia di controllo degli eventi non conformi in modo da stabilire se, ed in che modo, è possibile definire e prevedere l'andamento del processo di potabilizzazione delle acque in relazione a un'analogia di comportamento fra stessi parametri o fra punti di campionamento della stessa origine.

In linea generale, la sperimentazione sull'acquedotto di Bologna non ha rilevato particolari criticità all'interno di tutto il percorso analizzato, né per quanto riguarda le fasi del processo inteso come captazione, trattamento e distribuzione, né a livello specifico di parametri.

Il modello operativo ha quindi evidenziato un sistema caratterizzato da un grado di omogeneità generale assestato verso l'estremo inferiore della scala di Likert (Ipr 1, 2). Alcune eccezioni sono rappresentate da un piccolo gruppo di analiti come clorito, bromato, tricloroetilene e tetracloroetilene in limitate aree della rete. Il dato è ben rappresentato in *figura 1*, dove è evidente che oltre l'80% delle aree monitorate appartiene all'estremo inferiore della scala di Likert (Ipr=1, colore azzurro).

Il valore aggiunto di questo progetto è la messa a punto di un modello applicabile a tutti gli acquedotti regionali, che prevede la valorizzazione dei tre fattori G, P e R da parte degli attuali "attori" del processo di garanzia della qualità dell'acqua. In altre parole, la valorizzazione dell'Ipr nasce dall'esperienza delle Asl competenti per territorio, del gestore specifico e

dal laboratorio che esegue i controlli analitici. Sulla base di tali considerazioni il risultato dell'Ipr specifico dei punti di campionamento sarà un indicatore oggettivo ai fini della programmazione della frequenza di campionamento.

Leonella Rossi¹, Samanta Morelli¹, Lisa Gentili¹, Maria Antonietta Buccì², Emilia Guberti³, Morena Bertelli³, Claudia Mazzetti³, Paolo Pagliai⁴, Cinzia Govoni⁵, Laura Minelli⁶, Danila Tortorici⁷

1. Arpa Emilia-Romagna, Direzione tecnica
2. Arpa Emilia-Romagna, Laboratorio integrato Bologna
3. Ausl Bologna
4. Ausl Romagna, Forlì
5. Ausl Ferrara
6. Hera spa
7. Servizio Veterinario e igiene degli alimenti, Assessorato alle Politiche per la salute, Regione Emilia-Romagna

NOTE

¹ <http://www.wcpsplanet.com/certificazione/haccp.htm>

² http://bit.ly/manuale_HACCP

³ http://bit.ly/fmea_wiki

⁴ Inizialmente sviluppata come metodo di misura degli atteggiamenti nell'ambito degli studi sociali, la scala di Likert è stata successivamente adattata e impiegata in diversi altri campi. Rappresenta un insieme di elementi numerici che esprimono il grado di accordo o disaccordo in relazione al verificarsi di un fenomeno. Nel presente studio, ad esempio, riporta la misura di: quanto è grave la presenza di un parametro in un determinato punto della rete (misura del fattore G). Likert R., 1932, "Technique for the measure of attitudes", *Arch. Psycho.*, Vol. 22 N. 140.

⁵ Per maggiori dettagli si rimanda all'articolo "Calcolo dell'Indice di priorità del rischio (Ipr) nella filiera delle acque potabili: trattamento statistico dei dati", C. Bonifazzi

⁶ Dennis R. Helsel, 2012, "Statistics for censored environmental data - second edition", Ed. Wiley.