

Le adduttrici: componenti essenziali dei sistemi di acquedotto

B. Brunone, S. Meniconi e C. Capponi

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale,
Università degli Studi di Perugia

I sistemi di adduzione in pressione, nella letteratura anglosassone indicati spesso come *Transmission Mains*, si differenziano dalle reti di distribuzione per alcune significative caratteristiche.

In primo luogo, per la topologia: schemi semplici, spesso con una configurazione ad albero, in cui solitamente è presente un unico serbatoio di alimentazione ed eventualmente un numero limitato di utenze lungo il percorso.

In secondo luogo, le differenze riguardano le dimensioni: diametri significativamente più grandi, per massimizzare la capacità di trasporto, e lunghezze notevoli, per la considerevole distanza esistente, in molti casi, fra l'alimentazione e la rete di distribuzione. In terzo luogo, la scarsa accessibilità dovuta non solo alla maggiore profondità di posa delle tubazioni (in ambiente urbano spesso in galleria – fig.1), ma anche al fatto che spesso attraversano territori impervi e non facilmente raggiungibili (fig.2). Situazioni estreme

sono quelle rappresentate dalle condotte subacquee, spesso non utilizzate solo per l'alimentazione di isole ma anche a seguito di stringenti esigenze territoriali.

È questo il caso, ad esempio, di una delle condotte che alimentano la città di Trieste, in cui l'orografia e la prossimità del confine di stato imposero negli anni '70 l'adozione di un'adduttrice sottomarina (fig.3). Il sintetico quadro fornito determina problematiche molto differenti dal punto di vista gestionale con notevoli criticità al verificarsi, ad esempio, di rotture. Per la ridondanza nulla delle adduttrici nello schema "ad albero", in caso di rottura è infatti necessario realizzare tubazioni *bypass volanti* per scongiurare l'impiego di autobotti. Il numero limitato di punti rende molto complessa la localizzazione di altre "anomalie" (ad esempio, un'ostruzione parziale).

Ben diversa è la situazione dei gasdotti e degli oleodotti, strutture densamente strumentate e sottoposte a frequenti controlli.

Per soddisfare le esigenze delle utenze e fronteggiare adeguatamente le situazioni di emergenza, in numero sempre maggiore per l'elevata età delle adduttrici in esercizio, è pertanto necessario adottare misure adeguate.

A seguire le opinioni di alcuni Gestori del Servizio Idrico che illustrano le problematiche affrontate e le loro esperienze anche al fine di delineare linee guida appropriate per la gestione delle adduttrici esistenti e la progettazione di quelle future.



Fig.1: Un'importante adduttrice prima di "scompare" in galleria



Fig.2: Una tipica situazione in un'adduttrice che attraversa l'Appennino Centrale: una stazione di misura per estemporanee prove di campo (in basso a destra) in corrispondenza di un punto di accesso (evidenziato dalla freccia rossa)



Fig.3: L'adduttrice sottomarina DN1300, gestita da AcegasApsAmga SpA (gruppo Hera) a servizio della città di Trieste



Enrico Pezzoli

Amministratore delegato
Acea Acqua - Gruppo Acea



È il caso di “distinguere” le adduttrici dalle reti di distribuzione per quanto riguarda la valutazione dei macro-indicatori per la valutazione delle performance degli acquedotti?

È opportuno distinguere le adduttrici dalle reti di distribuzione nella valutazione dei macro-indicatori, in quanto si tratta di infrastrutture con caratteristiche, funzioni e criticità diverse.

Le adduttrici sono condotte che trasportano l'acqua dalle fonti di approvvigionamento fino ai serbatoi o alle reti di distribuzione. Queste sono generalmente meno ramificate, presentano minore vulnerabilità e registrano una frequenza inferiore di guasti e perdite idriche.

Tuttavia, rivestono un ruolo strategico fondamentale per la disponibilità e la continuità del servizio idrico. Le reti di distribuzione, invece, servono direttamente gli utenti finali. Sono caratterizzate da una maggiore estensione, ramificazione e presenza di punti di prelievo, fattori che aumentano la complessità gestionale e il rischio di dispersioni idriche.

Queste differenze influenzano in modo significativo il calcolo dei macro-indicatori, in particolare l'M1, relativo alle perdite idriche. Le adduttrici, infatti, pur essendo spesso più lunghe, hanno dinamiche di perdita molto differenti rispetto alle reti urbane.

La valutazione delle perdite percentuali e soprattutto lineari (rapportate alla lunghezza della rete e al diametro delle condotte) dovrebbe quindi tenere conto di questa distinzione, considerato che le adduttrici impiegano normalmente tubazioni di grande diametro. Separare l'analisi tra adduttrici e reti di distribuzione permette di:

- identificare con maggiore precisione le criticità, distinguendo ad esempio se le perdite sono concentrate nella rete urbana o lungo le adduttrici;
- pianificare interventi mirati ed efficaci, come la distrettualizzazione delle reti, la sostituzione di tratti specifici o il miglioramento della manutenzione delle condotte primarie.

Nell'ambito dei finanziamenti collegati al PNRR, sono stati incentivati gli interventi destinati al potenziamento/miglioramento delle adduttrici?

Nel contesto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), gli investimenti nel settore idrico si sono concentrati principalmente sulle reti di distribuzione. Le principali linee di finanziamento hanno riguardato:

- la riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione dell'acqua potabile;
- la digitalizzazione e il monitoraggio delle reti;
- l'ammodernamento e la distrettualizzazione delle infrastrutture distributive.

Sebbene il PNRR includa interventi volti alla messa in sicurezza e all'efficienza del sistema idrico nel suo complesso, la maggior parte dei finanziamenti ha riguardato l'approvvigionamento idrico in senso ampio, senza però porre un'enfasi specifica e sistematica sulle adduttrici. Il controllo e la digitalizzazione del bilancio idrico nelle adduttrici sono altrettanto cruciali e vanno perseguiti in parallelo alla digitalizzazione e distrettualizzazione della rete idrica. Il ruolo strategico delle adduttrici – fondamentali per garantire la continuità del servizio idrico – è stato riconosciuto in parte. Gli investimenti più rilevanti per le adduttrici sono quelli relativi alle interconnessioni tra sistemi acquedottistici, essenziali per fronteggiare emergenze idriche, compensare deficit locali e ottimizzare la gestione delle risorse, nonché quelli legati all'obiettivo di aumentare la resilienza, sostenibilità ed efficienza dell'intero sistema idrico.

Quali sono i principali interventi eseguiti nell'ultimo decennio per il controllo del funzionamento delle adduttrici, le tecniche adottate e i costi sostenuti rispetto a quelli affrontati per le reti di distribuzione?

Negli ultimi dieci anni, gli interventi sul sistema acquedottistico si sono concentrati prevalentemente sulle reti di distribuzione, hanno riguardato la resilienza e la continuità del servizio nonché la stabilità dei parametri di esercizio e la prevenzione dei colpi d'ariete, con investi-



menti significativi in distrettualizzazione, installazione di smart meters, telecontrollo e riduzione delle perdite. I costi degli interventi sulle adduttrici sono generalmente più cospicui rispetto a quelli della distribuzione (fino a 2-3 volte tanto) e variano a seconda del diametro e della complessità (collocazione extraurbana o interrata profonda, spesso in zone difficilmente accessibili; necessità di tecnologie specialistiche per ispezioni e interventi e maggiore impatto operativo in caso di interruzione del servizio). Tra gli interventi effettuati, sia per il controllo del funzionamento sia per il miglioramento strutturale e tecnologico, i principali hanno riguardato:

- Monitoraggio del funzionamento (digitalizzazione e sensoristica con installazione di sistemi SCADA per il controllo centralizzato; sensori di pressione e portata per il monitoraggio continuo; valvole intelligenti per la regolazione automatica e la gestione delle pressioni; utilizzo di modelli idraulici per simulazioni predittive e supporto alle decisioni operative; prevenzione dei colpi d'ariete e stabilizzazione delle pressioni per garantire la sicurezza e la durata delle condotte);
- Ispezioni e verifiche strutturali con utilizzo di tecnologie avanzate per la diagnosi dello stato delle condotte (geofoni e correlatori acustici per la localizzazione delle perdite; droni e robot per ispezioni interne delle tubazioni; tecniche non distruttive per valutare la tenuta strutturale e individuare criticità);
- Manutenzione straordinaria e interventi infrastrutturali (sostituzione di tratti obsoleti o deteriorati; rifacimento dei giunti e interventi di protezione catodica contro la corrosione; in alcuni casi, realizzazione di nuove adduttrici parallele per aumentare la resilienza e garantire la ridondanza del sistema).

Quali sono le principali problematiche affrontate?

Le adduttrici rappresentano un'infrastruttura strategica per il sistema idrico nazionale, ma negli ultimi decenni si sono manifestate diverse criticità, sia di natura tecnica sia gestionale e finanziaria. Si tratta prevalentemente di infrastrutture datate e dimensionate per fabbisogni superati in termini di domanda idrica. La sola digitalizzazione ed efficientamento dei parametri operativi non è sufficiente, occorrono grandi opere e spesso il raddoppio delle linee adduttrici in modo da permettere la manutenzione straordinaria delle linee esistenti, garantendo la continuità del servizio. Le principali problematiche affrontate possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Vetustà e vulnerabilità delle infrastrutture: molte adduttrici sono state realizzate più di 50 anni fa, in un contesto storico e operativo ormai superato. Queste condotte non rispondono più agli attuali standard di sicurezza, resilienza e capacità, risultando spesso sottodimensionate rispetto ai fabbisogni attuali o sovradimensionate rispetto a una domanda idrica evoluta. Le infrastrutture sono esposte a rotture, con gravi impatti sull'approvvigionamento idrico, in particolare nei contesti urbani ad alta densità.
- Rischi legati al territorio: in molte aree, le adduttrici attraversano zone sismiche o idrogeologicamente instabili, che determinano un pericolo di guasti o danni strutturali. In assenza di interventi di consolidamento o raddoppio, il rischio di interruzione del servizio resta elevato.
- Sottofinanziamento e ritardi negli investimenti: per lungo tempo, gli investimenti nelle adduttrici sono stati marginali rispetto a quelli destinati alle reti di distribuzione. La mancanza di un programma nazionale strutturato e continuativo ha ostacolato la realizzazione di interventi di manutenzione straordinaria e ammodernamento.
- Frammentazione gestionale: in molte aree, soprattutto nel Mezzogiorno, la presenza di più gestori sullo stesso territorio ha compromesso una gestione efficiente e integrata delle adduttrici. In alcuni casi, l'assenza di un gestore unico ha determinato ritardi nella pianificazione e nell'attuazione degli interventi necessari.
- Limiti della sola digitalizzazione: sebbene la digitalizzazione e l'efficientamento dei parametri operativi (pressione, portata, telecontrollo) siano azioni positive, non sono sufficienti da sole a garantire la sicurezza e l'affidabilità del servizio. In molti casi, è necessario realizzare grandi opere infrastrutturali, tra cui il raddoppio delle linee adduttrici, al fine di: garantire la continuità del servizio durante gli interventi di manutenzione; aumentare la resilienza del sistema in condizioni di emergenza e adeguare la rete a nuove condizioni climatiche e di domanda idrica.

- Evoluzione del sistema di finanziamento: le grandi infrastrutture idriche realizzate nel passato, spesso grazie a strumenti straordinari come la Cassa per il Mezzogiorno, hanno permesso di colmare il divario infrastrutturale tra Nord e Sud. Oggi, il sistema di finanziamento è più articolato, basato su una combinazione di: Fondi europei e nazionali; Risorse tariffarie e Programmi mirati per le grandi opere infrastrutturali idriche.

Quali sono gli interventi più importanti in programma per il potenziamento delle adduttrici già esistenti e le relative motivazioni?

Nel contesto delle politiche nazionali per il rafforzamento del sistema idrico, sono in corso o programmati diversi interventi strategici sulle adduttrici esistenti, finalizzati a potenziarne le prestazioni e a rispondere alle sfide legate alla sostenibilità, alla sicurezza e alla resilienza del servizio. Questi rientrano in un quadro più ampio di pianificazione e finanziamento infrastrutturale, come previsto dal Piano Nazionale di Interventi Infrastrutturali e per la Sicurezza nel Settore Idrico (PNISSI) che supporta progetti volti a colmare le criticità storiche, con attenzione anche alle interconnessioni tra sistemi idrici regionali e sovra-regionali. Gli obiettivi principali degli interventi riguardano:

- Aumento della resilienza idrica: potenziando la capacità delle infrastrutture di resistere e adattarsi a eventi estremi (siccità, alluvioni, terremoti); garantendo la continuità e la qualità del servizio anche in condizioni critiche; riconfigurando e integrando le reti per assicurare approvvigionamento alternativo in caso di guasto o interruzione.
- Adeguamento infrastrutturale: con interventi mirati per migliorare l'efficienza idraulica e la sicurezza delle condotte esistenti; la sostituzione di tratti obsoleti e l'ampliamento delle sezioni in caso di aumento della domanda; adozione di materiali più duraturi e tecnologie costruttive avanzate.
- Innovazione tecnologica e digitalizzazione: tramite l'integrazione di sistemi digitali avanzati per il controllo in tempo reale delle adduttrici; l'implementazione di strumenti di manutenzione predittiva basati su dati storici e modelli dinamici e l'utilizzo di modelli idraulici integrati, piattaforme SCADA, e sensori per pressione, portata e vibrazioni.

- Monitoraggio e security: con il rafforzamento del monitoraggio continuo e del controllo predittivo, anche per finalità di security fisica e informatica delle infrastrutture; la prevenzione di eventi di natura dolosa o accidentale, che possano compromettere la sicurezza dell'approvvigionamento.

Quali sono i requisiti indispensabili per una progettazione delle nuove adduttrici adeguata alle attuali esigenze gestionali?

La progettazione delle nuove adduttrici deve rispondere a criteri moderni e integrati, capaci di garantire efficienza operativa, resilienza e adattabilità gestionale, in linea con gli attuali standard tecnologici e normativi. Non si può prescindere da un approccio integrato tra ingegneria, tecnologie digitali e gestione adattiva, al fine di garantire infrastrutture resilienti, intelligenti e sostenibili nel lungo periodo:

- Affidabilità strutturale e durabilità per assicurare robustezza meccanica, resistenza a sollecitazioni esterne (sismi, fenomeni idrogeologici) e una vita utile prolungata. È indispensabile l'impiego di materiali durevoli e tecnologicamente avanzati, nonché soluzioni costruttive che minimizzino il rischio di guasti e perdite.
- Resilienza e sicurezza operativa: le nuove infrastrutture devono garantire continuità del servizio anche in scenari critici, come eventi climatici estremi o picchi di domanda. Occorre prevedere ridondanze e interconnessioni con altre reti per assicurare flessibilità e risposta immediata a situazioni di emergenza.
- Digitalizzazione e monitoraggio avanzato: integrazione fin dalla fase progettuale con sistemi SCADA, IoT e sensori intelligenti per il monitoraggio in tempo reale di pressione, portata, qualità dell'acqua e integrità strutturale e una gestione predittiva delle anomalie e la riduzione dei tempi di reazione (predisposizione per l'uso di modelli digitali gemelli *digital twin*, in grado di simulare dinamicamente il comportamento dell'infrastruttura sotto diversi scenari di esercizio).
- Modellazione idraulica e simulazione: la progettazione deve basarsi su modelli idraulici evoluti, capaci di analizzare e ottimizzare il funzionamento delle adduttrici in tutte le condizioni operative previste (normali, di crisi, manutentive). I modelli devono essere aggiornabili e integrabili con i dati reali provenienti dai sistemi di monitoraggio.
- Flessibilità gestionale e scalabilità: le nuove adduttrici devono essere progettate con una logica modulare, per consentire futuri ampliamenti, modifiche o riconfigurazioni. È essenziale la capacità di adattarsi a variazioni di domanda, mutamenti climatici o nuove esigenze territoriali e normative.



ALTO TREVIGIANO SERVIZI

SOCIETÀ A PARTECIPAZIONE PUBBLICA

SERVIZIO
IDRICO
INTEGRATO**Paolo Pizzaia**Responsabile Risorse Idriche, Energia e Territorio
Alto Trevigiano Servizi

È il caso di “distinguere” le adduttrici dalle reti di distribuzione per quanto riguarda la valutazione dei macro-indicatori per la valutazione delle performance degli acquedotti?

È senz'altro utile distinguere tra captazione, adduzione e distribuzione, anche se i macro-indicatori ARERA, ad oggi, non permettono di valutarne le prestazioni in maniera separata. Le reti di adduzione e quelle di distribuzione rispondono infatti a logiche e finalità diverse, e valutarle con criteri omogenei rischia di restituire un quadro poco aderente alla realtà. Le reti di adduzione devono garantire affidabilità e continuità in vaste aree del territorio servito, anche in situazioni straordinarie, evitando che particolari eventi possano ripercuotersi sulle reti di distribuzione e quindi sull'utenza.



Nell'ambito dei finanziamenti collegati al PNRR, sono stati incentivati gli interventi destinati al potenziamento/miglioramento delle adduttrici?

Alto Trevigiano Servizi ha partecipato attivamente al programma PNRR, presentando progetti mirati alla realizzazione di nuove reti adduttrici e al potenziamento di quelle esistenti. Nonostante le proposte fossero in linea con i criteri di qualità e innovazione richiesti, non sono risultate tra quelle finanziate. Questo non ha però rallentato l'impegno dell'azienda: il miglioramento delle infrastrutture di adduzione rimane una priorità strategica, da portare avanti continuando ad esplorare ogni opportunità di finanziamento per garantire un servizio idrico sempre più efficiente, sicuro e sostenibile.

Quali sono i principali interventi eseguiti nell'ultimo decennio per il controllo del funzionamento delle adduttrici, le tecniche adottate e i costi sostenuti rispetto a quelli affrontati per le reti di distribuzione?

Uno degli interventi più significativi è stato il risanamento funzionale della condotta principale “Schievenin”, realizzato con una tecnologia no-dig mai sperimentata prima in Italia su un acquedotto. In un'unica soluzione sono stati riabilitati 2 km di tubazione in ghisa grigia, grazie all'inserimento di un liner flessibile armato da 350 mm, capace di resistere a una pressione di esercizio di 25 bar. L'intervento, dal valore di oltre 460 mila euro, ha permesso di evitare la sostituzione completa della condotta, garantendo una riabilitazione definitiva e sostenibile. Oltre al primo tratto sono stati risanati altri 3,5 km dello stesso tubo sempre con la medesima tecnica. Parallelamente, si è investito in sistemi di telecontrollo, posizionando sensori in punti strategici della rete per monitorare in tempo reale lo stato delle condotte. Un'altra innovazione introdotta è la “Smartball”, una sfera con nucleo in lega di alluminio che rotolando all'interno delle tubazioni, rileva eventuali perdite con un margine di errore inferiore al metro, grazie a sensori acustici e GPS. Queste tecnologie permettono di intervenire in modo mirato, riducendo sprechi e ottimizzando i costi.

Quali sono le principali problematiche affrontate?

Le criticità principali sono legate all'età delle condotte: molte condotte risalgono agli anni '80 e non sono più adeguate alle esigenze attuali, sia in termini di portata che di affidabilità. A questo si aggiunge il problema dell'inquinamento delle fonti, che impone una maggiore flessibilità nella gestione e una capacità di risposta rapida in caso di emergenza.

Non da ultimo, per una pianificazione efficace è fondamentale un'attenta gestione e validazione dei dati: ogni giorno, infatti, raccogliamo migliaia di dati provenienti da attività in campo o da strumentazione telecontrollata ed è importante dare valore a tutte queste informazioni interpretandole nel modo corretto per poter gestire efficacemente gli impianti e le reti.

Quali sono gli interventi più importanti in programma per il potenziamento delle adduttrici già esistenti e le relative motivazioni?

Il potenziamento delle reti adduttrici è al centro della pianificazione strategica di Alto Trevigiano Servizi. Tra gli interventi più rilevanti, vi è la sostituzione della condotta denominata CMG, che serve 12 comuni della Pedemontana del Grappa e dei Colli Asolani: Pederobba, Cavaso del Tomba, Possagno, Pieve del Grappa, Asolo, Fonte, Borso del Grappa, San Zenone degli Ezzelini, Romano d'Ezzelino, Monfumo e in parte Mussolente e Castelluccio. La condotta attuale, in ghisa sferoidale da 400 mm, è soggetta a rotture frequenti a causa dell'elevata pressione di esercizio, e non esistono fonti alternative per l'area servita. Si prevede la sostituzione di circa 5,2 km di condotta con una nuova in acciaio saldato, per un investimento di quasi 6 milioni di euro. Oltre alla realizzazione di un nuovo serbatoio a Pieve del Grappa, composto da due vasche per un volume complessivo di 5.000 m³, con un investimento superiore ai 3 milioni di euro, per poter sopperire alle situazioni di emergenza idrica sia in caso di siccità che di rotture della condotta adduttrice. Un altro intervento riguarda la realizzazione di una nuova rete adduttrice per i comuni di Maserada sul Piave, Breda di Piave, Villorba, Carbonera e Treviso. L'obiettivo è interconnettere le reti esistenti con una nuova fonte di approvvigionamento, aumentando la disponibilità idrica e garantendo una fonte alternativa in caso di carenze o inquinamenti. La nuova condotta, lunga circa 11,7 km, sarà realizzata in ghisa sferoidale, con un investimento di 8,7 milioni di euro. Infine, è importante ricordare che in Veneto, da anni, si sta lavorando a livello regionale per creare

interconnessioni tra sistemi acquedottistici, sia all'interno dei singoli gestori sia tra gestori di aree diverse. Queste connessioni sono fondamentali per assicurare la qualità del servizio e la resilienza del sistema, permettendo di trasferire risorse idriche da zone più ricche a quelle in sofferenza, soprattutto in caso di siccità o inquinamento delle fonti. Alcuni progetti sono ancora in fase di studio.

Quali sono i requisiti indispensabili per una progettazione delle nuove adduttrici adeguata alle attuali esigenze gestionali?

La progettazione delle nuove adduttrici deve rispondere a criteri tecnici, gestionali e ambientali che garantiscano efficienza, resilienza e sostenibilità nel lungo periodo e che quindi tengano in considerazione le esigenze e le criticità sia del territorio in cui captano l'acqua sia del territorio che andranno a servire utilizzando materiali certificati e durevoli che siano idonei al contatto con l'acqua potabile. È fondamentale rispettare la normativa vigente in materia di qualità dell'acqua per il consumo umano, in particolare il D. Lgs. 18/2023, e le linee guida ISTISAN 22/33 di implementazione dei piani di sicurezza dell'acqua: il monitoraggio continuo e la valutazione qualitativa delle condotte devono garantire un equilibrio tra qualità del servizio e sostenibilità economica. Non da ultimo, è necessario tenere conto dei cambiamenti climatici, che impongono una maggiore flessibilità e capacità di adattamento dei sistemi acquedottistici.





Francesca Mitola

Responsabile Efficiamento Reti e Asset Management
Publiacqua



È il caso di “distinguere” le adduttrici dalle reti di distribuzione per quanto riguarda la valutazione dei macro-indicatori per la valutazione delle performance degli acquedotti?

Publiacqua ritiene prioritaria, in via preliminare, l'introduzione di un criterio normativo chiaro, univoco e universalmente applicabile che consenta di definire in modo oggettivo cosa si intende per “adduzione”. Solo attraverso una classificazione standardizzata e coerente a livello nazionale, infatti, è possibile garantire l'omogeneità nell'attribuzione dei tratti di rete alle rispettive categorie di adduzione o distribuzione. Una volta adottata tale definizione da parte di tutti i gestori del Servizio Idrico Integrato, si ritiene tecnicamente fondato operare una distinzione tra le due tipologie di rete nella valutazione degli indicatori di performance. Le reti di adduzione, infatti, presentano caratteristiche strutturali, funzionali e gestionali differenti rispetto a quelle di distribuzione e richiedono sistemi di monitoraggio e modalità di controllo delle performance specifici e non del tutto assimilabili.

Nell'ambito dei finanziamenti collegati al PNRR, sono stati incentivati gli interventi destinati al potenziamento/miglioramento delle adduttrici?

Publiacqua ha beneficiato, negli ultimi anni, di 7 contributi su specifiche linee di finanziamento del PNRR, per un importo complessivo superiore a 70 milioni di euro. Una parte significativa di tali risorse è stata destinata a interventi sul sistema acquedottistico, anche in riferimento al potenziamento e alla riqualificazione delle reti di adduzione. L'intervento di maggior rilievo, finanziato per 50 milioni di euro sulla linea PNRR M2C4-I4.2, riguarda il progetto “Riduzione delle perdite idriche nei sistemi acquedottistici dell'area metropolitana Firenze-Prato-Pistoia”. Questo include l'implementazione di sistemi avanzati di monitoraggio e digitalizzazione delle reti idriche, incluse le adduttrici, nonché la sostituzione di tratti vetusti delle stesse, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e ridurre le perdite.

Quali sono i principali interventi eseguiti nell'ultimo decennio per il controllo del funzionamento delle adduttrici, le tecniche adottate e i costi sostenuti rispetto a quelli affrontati per le reti di distribuzione?

Nel corso dell'ultimo decennio, Publiacqua ha progressivamente rafforzato le attività di controllo delle grandi adduttrici attraverso l'installazione di sistemi di misura in continuo di portate e pressioni, strumentazioni essenziali per il monitoraggio delle condizioni operative e la tempestiva individuazione di anomalie. Sono inoltre in fase di valutazione ulteriori tecnologie, tra cui sistemi di rilevazione acustica delle perdite su adduttrici e soluzioni basate su dispositivi tipo Smart Ball, utili per il rilevamento puntuale di perdite in condotte a grande diametro. Un ulteriore sviluppo è rappresentato dall'introduzione di un software di Asset Management, finanziato anch'esso nell'ambito della linea PNRR M2C4-I4.2, volto a supportare la gestione proattiva delle infrastrutture incluse le adduttrici. A livello comparativo, i costi associati al controllo delle reti di adduzione risultano significativamente superiori rispetto a quelli



sostenuti per le reti di distribuzione, in ragione delle dimensioni delle condotte, della complessità degli interventi di manutenzione e della maggiore rilevanza strategica dei tratti interessati.

Quali sono le principali problematiche affrontate?

Una delle principali criticità riguarda la definizione univoca di "adduttrice", ancora oggi non standardizzata a livello nazionale, elemento che può creare incertezze nell'ambito della pianificazione e del reporting regolatorio. Publiacqua si è data un criterio di classificazione che ha permesso di classificare univocamente tutti i tratti di condotta gestiti. Dal punto di vista tecnico-operativo, le adduttrici sono generalmente caratterizzate da grandi diametri e portate elevate, che comportano interventi di manutenzione, riparazione o sostituzione altamente complessi e costosi. Tali interventi, oltre a richiedere tempistiche e risorse significative, possono generare impatti rilevanti sulla continuità del servizio, data l'estensione del territorio servito e la funzione strategica svolta da tali condotte all'interno del sistema acquedottistico.

Quali sono gli interventi più importanti in programma per il potenziamento delle adduttrici già esistenti e le relative motivazioni?

Nel Piano degli Investimenti 2024–2029, Publiacqua ha previsto interventi di manutenzione straordinaria e sostituzione delle adduttrici esistenti per un importo complessivo pari a circa 100 milioni di euro. Tra gli interventi di maggiore rilevanza si segnala la sostituzione dell'adduttrice da Piazza della Libertà a Lungarno Colombo, nel Comune di Firenze, prevista nell'ambito delle opere connesse alla realizzazione della nuova linea tramviaria Firenze–Bagno a Ripoli. Le principali motivazioni che guidano la definizione delle priorità di intervento sono:

- l'incremento della resilienza del sistema idrico attraverso la realizzazione di interconnessioni tra reti distinte, al fine di migliorare la flessibilità gestionale, ridurre le interruzioni del servizio e fronteggiare eventi di siccità;
- l'obsolescenza delle infrastrutture, con conseguente necessità di rinnovamento per garantire la continuità e la qualità del servizio nel lungo periodo.

Quali sono i requisiti indispensabili per una progettazione delle nuove adduttrici adeguata alle attuali esigenze gestionali?

Una progettazione efficace delle nuove adduttrici deve rispondere a requisiti tecnici e gestionali coerenti con i più recenti standard normativi e con le esigenze operative dei gestori del SII. In particolare, si ritengono essenziali:

- la scelta appropriata dei materiali e delle tecniche di posa, in funzione delle caratteristiche del tracciato e dei carichi idraulici previsti;
- l'integrazione di sistemi di monitoraggio in continuo, fi-



nalizzati alla misurazione di portata, pressione e qualità della risorsa, in ottica di manutenzione predittiva e controllo remoto;

- l'ottimizzazione del tracciato per minimizzare interferenze con altre infrastrutture, garantendo allo stesso tempo l'accessibilità per future operazioni di manutenzione;
- la previsione di sistemi di ridondanza e interconnessione con altre reti per assicurare la continuità del servizio in caso di guasto o manutenzione programmata;
- l'analisi preventiva del contesto urbanistico e demografico e della disponibilità della risorsa idrica, al fine di assicurare un dimensionamento adeguato e sostenibile nel tempo.





Antonio Coniglio

Direttore Generale
Acoset SpA



È il caso di “distinguere” le adduttrici dalle reti di distribuzione per quanto riguarda la valutazione dei macro-indicatori per la valutazione delle performance degli acquedotti?

È indispensabile operare una chiara distinzione tra le condotte adduttrici e le reti di distribuzione ai fini della valutazione dei macro-indicatori di performance degli acquedotti. Sebbene entrambe le componenti siano parte del medesimo sistema, esse presentano funzioni, caratteristiche e profili di criticità diversi. Di conseguenza, gli indicatori più idonei alla misurazione delle loro performance devono riflettere tali specificità. Le perdite nelle adduttrici, pur meno diffuse, possono assumere entità considerevoli e incidere sulla disponibilità complessiva della risorsa idrica, dato l'ingente volume d'acqua veicolato. La loro individuazione e il conseguente ripristino risultano spesso complessi a causa dell'estensione delle tratte e della profondità delle condotte.

La manutenzione delle adduttrici, sebbene meno frequente, riveste carattere strategico e comporta costi elevati, in considerazione della dimensione e dell'importanza delle infrastrutture. Data la complessità delle operazioni di ripristino, gli interventi in questo ambito riguardano primariamente la sostituzione di sezioni estese o la realizzazione di nuove linee. È fondamentale considerare che un'interruzione su una condotta adduttrice può produrre un impatto su aree geografiche vaste, generando disservizi per un elevato numero di utenti, spesso per periodi prolungati.

Le perdite nelle reti di distribuzione si presentano con una maggiore incidenza e costituiscono una percentuale rilevante delle perdite totali. La loro gestione impone un monitoraggio capillare e interventi tempestivi. Gli indicatori di perdita devono, pertanto, essere concepiti per riflettere queste differenze.

Le interruzioni sulla rete di distribuzione tendono a essere più localizzate, pur manifestandosi con maggiore frequenza e minore durata. La manutenzione delle reti di distribuzione è caratterizzata da una

maggiore continuità e diffusione, con interventi mirati alla riparazione delle perdite. Per quanto concerne la qualità dell'acqua, nelle adduttrici il monitoraggio avviene di norma all'ingresso e all'uscita delle condotte, al fine di scongiurare contaminazioni significative durante il trasporto.

Nelle reti di distribuzione, invece, il controllo della qualità dell'acqua è esteso a diversi punti della rete, garantendo il rispetto dei parametri normativi fino al punto di consegna all'utenza.

Nell'ambito dei finanziamenti collegati al PNRR, sono stati incentivati gli interventi destinati al potenziamento/miglioramento delle adduttrici?

Nell'ambito dei finanziamenti allocati dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), è stata riscontrata un'incentivazione degli interventi volti al potenziamento e al miglioramento delle infrastrutture idriche primarie, tra le quali rientrano le condotte adduttrici. Il PNRR ha destinato risorse significative al settore idrico, con un investimento complessivo superiore ai 4,3 miliardi di euro.

Di tale importo, una quota rilevante è specificamente orientata alle infrastrutture primarie. Nello specifico, circa due miliardi di euro sono stati stanziati per "Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico", includendo il potenziamento e il rifacimento delle adduttrici.

Un'ulteriore misura di rilievo (Investimento 4.2: "Riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione dell'acqua, compresa la digitalizzazione e il monitoraggio delle reti"), di cui ha beneficiato anche Acoset, è finalizzata alla riduzione delle perdite idriche. Pur essendo principalmente rivolta alle reti di distribuzione e non ammettendo progetti esclusivi per la sola adduzione, in specifici contesti è possibile prevedere interventi su tratti di adduzione qualora questi siano parte integrante di un programma complessivo e integrato di riduzione delle perdite.

Quali sono i principali interventi eseguiti nell'ultimo decennio per il controllo del funzionamento delle adduttrici, le tecniche adottate e i costi sostenuti rispetto a quelli affrontati per le reti di distribuzione?

Nell'ultimo decennio, Acoset ha realizzato molteplici interventi sulle proprie condotte di adduzione. In particolare, è stata effettuata la sostituzione di almeno 10 dei 46 km della condotta Maniace, la più antica opera dell'acquedotto, caratterizzata da diametri variabili tra 300 e 500 mm. Tali sostituzioni sono state eseguite impiegando metodologie tradizionali. Parallelamente, sono stati implementati potenziamenti nei punti di misura sia sulla condotta Maniace che su altre condotte di adduzione.

Quali sono le principali problematiche affrontate?

Le operazioni di sostituzione e gli interventi sulle condotte adduttrici hanno presentato complessità significative per l'Azienda. Hanno richiesto una pianificazione precisa al fine di minimizzare l'impatto sull'utenza. Le adduttrici, data la loro notevole dimensione, hanno reso le fasi di movimentazione, posa e giunzione dei nuovi tratti particolarmente onerose e complesse.

Ciò è stato aggravato dalla frequente ubicazione all'interno di proprietà private, per le quali non sempre risultano chiaramente definiti gli espropri e le servitù. La presenza di altre infrastrutture interrato, quali cavi elettrici, gasdotti, fognature e fibre ottiche, ha reso gli scavi tecnicamente complessi. I cantieri su condotte di grandi dimensioni e ad alta pressione hanno comportato elevati rischi per la sicurezza dei lavoratori, richiedendo l'adozione di procedure e attrezzature specifiche. La problematicità tecnica, la necessità di realizzare bypass in alcuni casi, le lunghe distanze, le interferenze e le operazioni di ripristino hanno reso gli interventi sulle adduttrici onerosi, anche in considerazione dei costi della manodopera richiesta.

Quali sono gli interventi più importanti in programma per il potenziamento delle adduttrici già esistenti e le relative motivazioni?

È previsto un intervento di risanamento tramite "relining" sulla condotta Maniace. Tale adduttrice si trova in uno stato di degrado causato dalla sua età avanzata. Negli anni, si sono verificate numerose rotture lungo la linea, generate prevalentemente da problematiche connesse sia alla natura della tubazione, sia alla composizione del terreno di posa, costituito essenzialmente da materiale argilloso. L'obiettivo

primario è la riduzione delle perdite idriche, la cui percentuale, a progetto ultimato, si auspica a un -35% per l'intera condotta. Ciò si tradurrà in un consistente miglioramento dei macro-indicatori definiti da ARERA (M1 ed M2). Il risanamento interesserà un tratto di circa 6,5 km di condotta.

Quali sono i requisiti indispensabili per una progettazione delle nuove adduttrici adeguata alle attuali esigenze gestionali?

La progettazione di una nuova adduttrice nell'attuale contesto non si limita al mero calcolo delle tubature. Affinché essa risponda alle sfide presenti e future della gestione idrica, è indispensabile considerare una serie di requisiti fondamentali, a partire dall'analisi dei fabbisogni futuri. È necessario adottare una prospettiva lungimirante, prevedendo l'evoluzione della domanda idrica nei prossimi 30-50 anni, tenendo conto della crescita demografica, dello sviluppo economico e, in particolare, degli impatti dei cambiamenti climatici, che in Sicilia potrebbero ridurre la disponibilità di risorsa idrica.

La nuova adduttrice deve essere flessibile e prevedere spazi per futuri ampliamenti o eventuali deviazioni di flussi, inoltre deve garantire punti di accesso agevoli per le future manutenzioni. Sarà necessario uno studio geologico approfondito, al fine di evitare zone a rischio (quali frane o aree sismiche) e minimizzare le interferenze con altre infrastrutture sotterranee. Allo stesso tempo è prioritario il rispetto dell'ambiente e del paesaggio, cercando di contenere l'impatto su aree naturali o centri abitati.

È necessario anche selezionare materiali di alta qualità che garantiscano resistenza alla corrosione, alla pressione e alle sollecitazioni esterne. Laddove tecnicamente fattibile, è consigliabile valutare l'adozione di tecniche costruttive innovative che riducano al minimo gli scavi, come il microtunnelling per attraversamenti complessi. Una condotta adduttrice efficiente deve assicurare che l'acqua giunga a destinazione con la minima perdita di energia possibile.

Ciò si ottiene attraverso una gestione oculata delle pressioni, al fine di prevenire i "colpi d'ariete" e garantire un trasporto fluido e privo di sprechi. Attualmente, un'adduttrice all'avanguardia deve essere dunque "intelligente", ovvero equipaggiata con sensori per il monitoraggio costante di pressione, portata e qualità dell'acqua. Questi dati devono essere integrati in sistemi digitali avanzati, consentendo un controllo continuo della condotta, l'individuazione tempestiva di eventuali anomalie e una pianificazione predittiva della manutenzione.