Il sito pilota di Monterusciello per la riduzione delle perdite idriche

Progetto presentato all'Expò internazionale di Saragozza 2008

Armando Di Nardo PhD
DIC - Dipartimento di Ingegneria Civile, Seconda Università di Napoli
e-mail: armando.dinardo@unina2.it.

INTRODUZIONE

Il problema delle perdite idriche nelle reti di distribuzione rappresenta solo la punta dell'iceberg del cattivo stato dei servizi idrici in Italia che, nonostante siano trascorsi circa quindici anni dall'emanazione della Legge n. 36/94 (*legge Galli*), che avrebbe dovuto portare ad un miglioramento dell'efficacia, dell'efficienza e dell'economicità della gestione del ciclo integrato delle acque, presenta ancora un forte grado di arretratezza in tutto il Paese.

Il ritardo accumulato, prima nella definizione degli ATO (Ambiti Territoriali Ottimali) e poi nell'affidamento della gestione del Servizio Idrico Integrato, ancora oggetto di continui ripensamenti sulla più opportuna forma di gestione, pubblica piuttosto che privata, ha comportato un immobilismo negli investimenti e nell'ammodernamento delle infrastrutture e dei servizi, legati al ciclo tecnologico dell'acqua, di quasi quindici anni.

Con riferimento alle reti idriche di distribuzione – certamente la parte del ciclo dell'acqua più vicina al cittadino – persistono, infatti, ancora numerose problematiche tecniche e gestionali: basso livello delle pressioni di esercizio; elevati costi di manutenzione; arretratezza nei sistemi di controllo e gestione (che rendono molto difficile, in numerose realtà del centro-sud, la regolare bollettazione); cattiva qualità dell'acqua e, soprattutto, altissime percentuali di perdite idriche che raggiungono il 42% di media nazionale, come evidenziato dalla Relazione del Comitato di Vigilanza per le Risorse Idriche (Figura 1), con punte di circa il 60% in alcune regioni del Mezzogiorno d'Italia (*Ministero dell'Ambiente, 2003*).

Tali percentuali fanno riferimento al livello complessivo di perdite, ov-

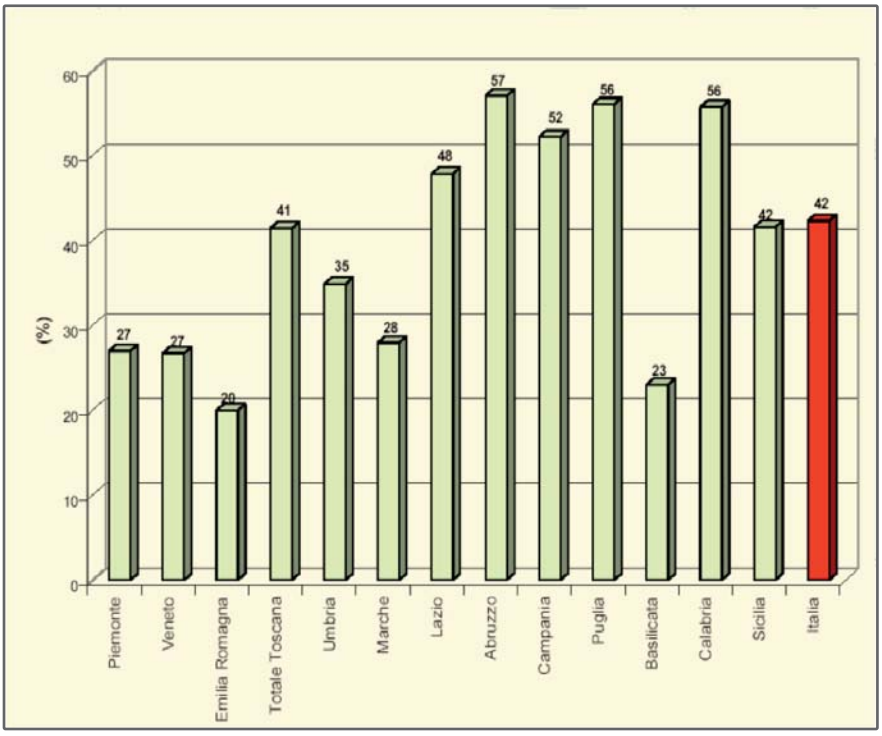

Figura 1. Perdite idriche nelle reti di distribuzione in Italia (COVIRI, 2003)

vero alle cosiddette "perdite totali", pari alla somma delle perdite dovute alla mancata fatturazione ("perdite apparenti" o "perdite amministrative") e di quelle dovute alla reale fuoriuscita di acqua dalle tubazioni, dai giunti e/o dai serbatoi della rete di distribuzione idrica ("perdite reali" o "perdite fisiche"). La letteratura internazionale concorda sul fatto che la percentuale di perdite reali supera il 50% di quella delle perdite totali e che il livello minimo, al di sotto del quale non è economicamente conveniente avviare una campagna di riduzione delle perdite, è compreso tra il 5% e il 20% in funzione delle caratteristiche del sistema idrico, della realtà socio-economica e della quantità di risorsa idrica disponibile.

Pertanto è evidente che la percentuale di risorsa idropotabile sprecata in Italia appare quanto mai incompatibile con l'erogazione di un moderno servizio pubblico, soprattutto se confrontata con l'erogazioni di altri servizi essenziali che presentano percentuali di perdite decisamente trascurabili.

Inoltre è bene osservare che lo spreco di acqua nei paesi industrializzati, oltre a contribuire alla carenza idrica in una fase storica di enorme crescita della domanda e di evidente aumento dei periodi di siccità, comporta anche un notevole dispendio di costi energetici e di esercizio necessari alla captazione e all'adduzione negli acquedotti di acqua potabile dalle sorgenti. Tali risorse economiche risultano, infatti, anch'esse sprecate se la risorsa si perde durante il tragitto non riuscendo a raggiunge i destinatari della distribuzione idropotabile.

Il problema delle perdite idriche nei paesi industrializzati è noto da tempo ed è stato affrontato con specifiche normative e best practice gestionali. Anche in Italia, in seguito alla Legge Galli, è stato emanato uno specifico *"Regolamento sui criteri e sul metodo in base ai quali valutare le perdite negli acquedotti e nelle fognature"* (*D.M. n. 99 dell'8 gennaio 1997*) che avrebbe dovuto rappresentare uno strumento legislativo innovativo in materia di riduzione e controllo delle perdite idriche.

Il D.M. n. 99/97 segnava una vera svolta nella gestione e nel controllo del processo di distribuzione idrica e definiva, per la prima volta in maniera formale, i criteri ed i metodi in base ai quali valutare le perdite nei sistemi acquedottistici e fognari. In particolare il Regolamento introduceva una serie di novità importanti tra cui la necessità di disporre di misure di pressione, oltre che di portata, e di modelli di simulazione per migliorare la gestione.

Il Regolamento individuava, inoltre, le responsabilità dell'ente gestore il quale, in ogni caso, doveva procedere ad una sistematica valutazione delle perdite, tramite sistemi periodici di lettura e fatturazione, o mediante apposite stime anche su periodi di tempo relativamente brevi, al fine di una più puntuale individuazione delle criticità che possono favorire l'insorgere delle perdite idriche.

Tuttavia, a oltre undici anni dalla sua emanazione, il D.M. 99/97, nonostante alcune "premialità" nell'aumento della tariffa (circolare CIPE n°131 del 19/12/2002), introdotte dal legislatore per favorire gli investimenti e l'ammodernamento degli acquedotti indirizzati alla riduzione delle perdite idriche, risulta ancora attuato in pochissimi sistemi idrici per difficoltà tecniche e ritardi gestionali.

In tale contesto è apparso quanto mai opportuno, in seguito all'intercettazione di finanziamenti europei nell'ambito del progetto europeo HYDRANET (INTERREG IIB – MEDOCC), allestire un sito pilota per la sperimentazione di tecniche e metodologie per la gestione ottimale delle reti idriche di distribuzione, proseguendo studi ed attività già avviate dal gruppo di ricerca afferente al Dipartimento di Ingegneria Civile della Seconda Università di Napoli (*Cascetta et al*. 2005a, 2005b e 2006).

In particolare il sito pilota è stato realizzato per approfondire i seguenti aspetti legati alla gestione ottimale degli acquedotti cittadini: a) studiare le reali applicazioni del D.M. n. 97 del 1999 e delle successive normative regionali (*Regione Emilia Romagna,* 2005); b) confrontare le diverse metodologie per la valutazione dei bilanci idrici e la ricerca perdite; c) valutare l'efficacia delle tecniche di regolazione delle pressioni in maniera differenziata nei singoli distretti; d) migliorare la caratterizzazione della domanda idropotabile; e) sperimentare metodologie e tecnologie per diminuire il rischio di contaminazione casuale o intenzionale della risorsa idrica.

Nell'ambito delle attività di ricerca realizzate nella regione Campania, i primi risultati della sperimentazione del progetto HYDRANET sono stati presentati all'Expò internazionale di Saragoza, specificamente dedicata all'acqua e allo sviluppo sostenibile, alla quale hanno partecipato oltre 120 Paesi.

LA DISTRETTUALIZZAZIONE E LA REGOLAZIONE DELLE PRESSIONI

Tra i diversi criteri e metodologie introdotti dal D.M. n°99 del 1997 per una migliore gestione degli acquedotti e per la riduzione delle perdite idriche, la distrettualizzazione, mutuata da altre esperienze internazionali, appare quella di maggiore interesse.

I principali benefici derivanti dall'applicazione di tale metodologia, che possono ottenersi mediante la suddivisione della rete idrica in distretti, consistono: nel miglioramento della gestione dell'intero sistema di distribuzione, attraverso il monitoraggio continuo di tutte le variabili idrauliche, al fine di prevenire le situazioni di crisi e di programmare le opere di manutenzione e ampliamento; e nella riduzione della grande quantità di acqua dispersa nelle reti idriche urbane favorita dalla valutazione dei bilanci idrici di distretto. Infatti, la possibilità di controllare parti di una rete idrica complessa (distretti), piuttosto che l'intero sistema, rende molto più agevole la gestione e la localizzazione delle diverse problematiche tecniche con particolare vantaggio per l'individuazione e la riparazione delle perdite idriche.

Tuttavia, sebbene la distrettualizzazione presenti evidenti benefici, essa comporta una notevole complessità nell'applicazione a sistemi idrici già esistenti (*Cascetta et al.*, 2005c). Infatti, la distrettualizzazione degli acquedotti cittadini contrappone alla tradizionale impostazione progettuale di realizzare reti con un elevato grado di interconnessione interna, al fine di garantirne l'efficienza e la flessibilità nelle mutevoli condizioni di esercizio, un differente approccio di parzializzazione della rete in distretti, che comporta, inevitabilmente, problemi di prestazione globale e parziale dei sistemi idrici già in esercizio. È infatti noto che reti fortemente magliate sono maggiormente affidabili nei casi di interruzione del servizio, in una o più zone del sistema idrico, e risultano più robuste rispetto alla variabilità spazio-temporale della domanda.

In particolare, il D.M. n. 99 del 1997, con riferimento alla distrettualizzazione, stabilisce che: *"[...] Per il controllo delle perdite di un sistema di acquedotto è utile suddividere l'impianto in distretti [...], intendendo per questi, [...] porzioni di rete di distribuzione di un acquedotto per le quali sia installato un sistema fisso di misura volumetrica per acqua in entrata ed in uscita [...]"*. Tali indicazioni comportano l'inserimento nel sistema idrico di opportuni dispositivi per la definizione dei distretti di misura (Figura 2). Nelle reti fortemente magliate risulta indispensabile, inoltre, chiudere alcuni tratti di tubazione mediante saracinesche per semplificare il calcolo del bilancio idrico con l'inserimento solo di pochi dispositivi di misura.

Pertanto il gruppo di ricerca della SUN ha ritenuto opportuno sperimentare, su una rete pilota reale, gli effetti della distrettualizzazione con riferimento all'ottimizzazione del numero, della forma e della dimensione dei distretti oltre che testare la tecnica della regolazione delle pressioni per la riduzione delle perdite idriche.

Con riferimento a quest'ultima, infatti, com'è noto, le portate perse $Q^{Perdite}$ nelle condotte aumentano all'aumentare delle pressioni P secondo una relazione del tipo (*Khaled et al.*,1992; Lambert, 2000):

$$Q^{Perdite} = cP^{\gamma} \qquad (1)$$

con c e γ coefficienti variabili in dipendenza delle caratteristiche della tubazione e del tipo di perdita e P espresso in metri di colonna idrica. E' quindi evidente dalla (1) che la disposizione di valvole di riduzione delle pressioni in un distretto della rete può consentire l'instaurarsi di una distribuzione dei carichi idrici ai nodi tale da ridurre le perdite dalle tubazioni.

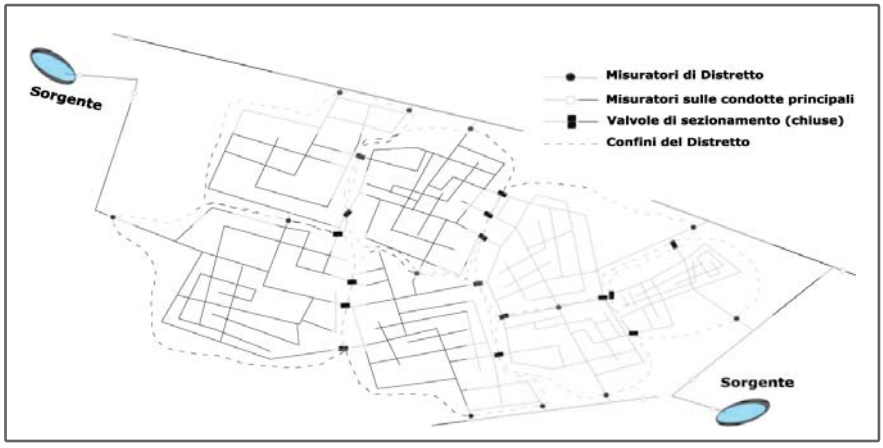

Figura 2. Esempio di distrettualizzazione di una rete idrica di distribuzione.

Tale tecnica può permettere di ottenere sensibili riduzioni delle perdite soprattutto nelle reti idriche di distribuzione che presentano eccessi di pressione oppure forti escursioni tra le pressioni notturne (corrispondenti a portate di esercizio minime) e quelle diurne (corrispondenti a portate di esercizio di punta) nei diversi distretti del sistema.
Tuttavia, anche in questo caso, la diminuzione delle pressioni, ovvero la loro regolazione differenziata per distretto, è un'operazione delicata, in quanto altera le condizioni di progetto (e quelle di esercizio), producendo un peggioramento dell'efficienza idraulica della rete (*Pezzinga*, 1994; *Di Nardo et al.*, 2006). Tale inevitabile alterazione del sistema idrico deve essere opportunamente valutata, sia mediante simulazione numerica, sia mediante l'ottimizzazione della disposizione e del grado di regolazione delle valvole (*Di Nardo et al.*, 2008), al fine di minimizzare le pressioni ai nodi (e quindi le perdite idriche del distretto) conservando prestazioni idrauliche del sistema compatibili con il D.P.C.M. del 4 marzo 1996 ("Disposizioni in materia di risorse idriche", pubblicato sulla G.U.R.I. del 14.03.1996, n.62, Supplemento ordinario).

IL SITO PILOTA

Il sito pilota è stato allestito nel quartiere Monterusciello della città di Pozzuoli (NA) che fu interamente costruito, tra il 1984 e il 1987, in seguito al fenomeno di bradisismo verificatosi nell'anno 1983. In quell'anno, infatti, si decise di trasferire rapidamente tutti gli abitanti della zona ad *alto rischio* e di costruire un nuovo quartiere da realizzare in tempi brevissimi.
Cosicché furono costruiti, in 220 ha di terreno, circa 4.500 alloggi distribuiti in 267 fabbricati, afferenti a 19 lotti costruttivi con un'utenza di circa 16.000 abitanti e una densità abitativa pari a 3.56 ab/alloggio. La scelta di realizzare il sito pilota nel quartiere di Pozzuoli è legata, pertanto, alle particolari caratteristiche omogenee della zona di studio che semplificano l'analisi idraulica del sistema idrico, pur senza compromettere la trasferibilità dei risultati a contesti diversi.
La tipologia degli interventi edilizi, realizzati pressoché simultaneamente, è tale da far ritenere che la rete idrica abbia caratteristiche omogenee per quanto concerne i materiali utilizzati (acciaio) e la vetustà delle componenti del sistema. Inoltre la tipologia dell'insediamento residenziale consente di semplificare la schematizzazione degli allacciamenti ai fini della modellazione idraulica del sistema.
L'area di studio presenta condizioni favorevoli anche per studiare l'efficacia delle tecniche di regolazione delle pressioni in quanto è interessata da zone con differenti livelli della pressione di esercizio.
Il progetto di distrettualizzazione, seguendo le prescrizioni del D.M. n°99 del 1997, ha individuato 7 distretti idrici permanenti, denominati D.M.A. (District Meter Area) A1, A2, B1, B2, B3, C, D e diversi settori, come rappresentato in Figura 3, opportunamente modellati con il software di simulazione INFOWORKS WS (Copyright © 2008 Wallingford Software Ltd.).
La scelta del numero, dell'estensione e della forma dei distretti, nonché del posizionamento degli organi di regolazione e sezionamento, è stata dettata principalmente dai seguen-

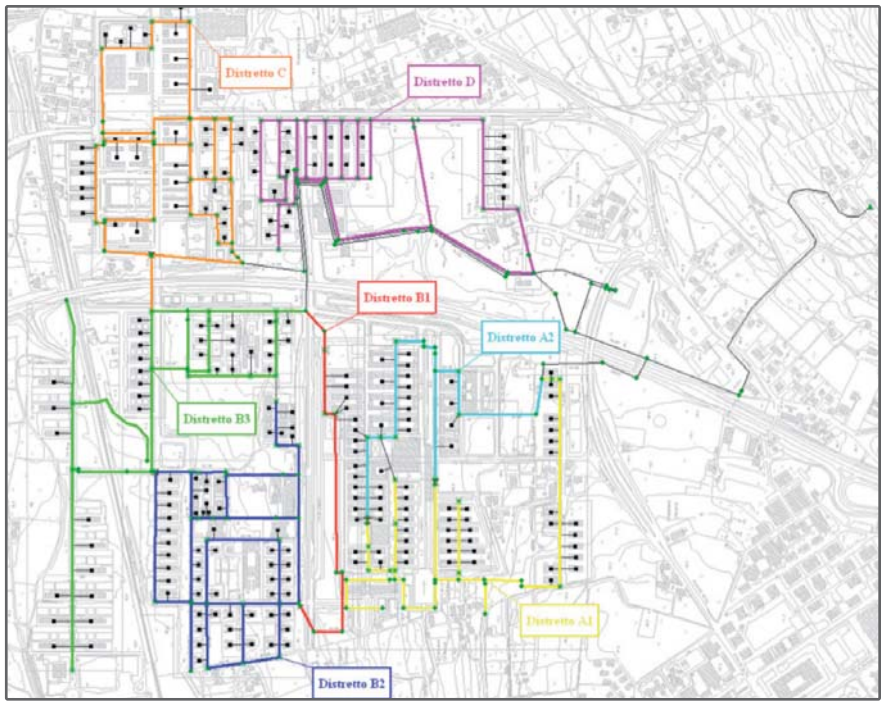

Figura 3. Implementazione della distrettualizzazione della rete di Monterusciello nel modello INFOWORKS WS.

ti criteri: distinzione tra una zona a quote topografiche maggiori, che è collegata direttamente ad un serbatoio principale posto a quota 160 m, ed una zona a quote topografiche minori, che è servita da un serbatoio di sconnessione posto a quota 100 m; utilizzo, dove possibile, delle saracinesche già presenti sulla rete; univocità dello schema di allacciamenti secondari; variabilità della forma e dimensione dei distretti in termini di superficie, numero di allacciamenti e numero di residenti; possibilità di regolare le pressioni di esercizio dove queste risultavano eccessive rispetto a quelle definite dalla normativa italiana vigente (D.P.C.M. del 4 marzo 1996).

Come previsto dal D.M. n°99 del 1997, per distrettualizzare la rete di distribuzione idrica di Monterusciello, è stato necessario inserire organi di misura delle portate entranti ed uscenti dai singoli distretti; mentre per poter effettuare la regolazione delle pressioni sono stati utilizzati ulteriori dispositivi che consentono, una volta assegnata la pressione di esercizio desiderata, di mantenerla costante al variare della domanda idrica.

A tal fine, nel sito pilota di Monterusciello – nell'ambito del progetto HYDRANET – sono stati inseriti un certo numero di FCS® (Fluid Control System della IFA Association), Figura 4, ovvero di sistemi integrati per il monitoraggio delle portate e il controllo delle pressioni di distretto, come schematicamente riportato nella Figura 5.

Ogni dispositivo FCS® è dotato di un sistema di telecontrollo, mediante rete GSM/GPRS, accessibile via internet in modalità ASP (Application Service Provider). Inoltre il

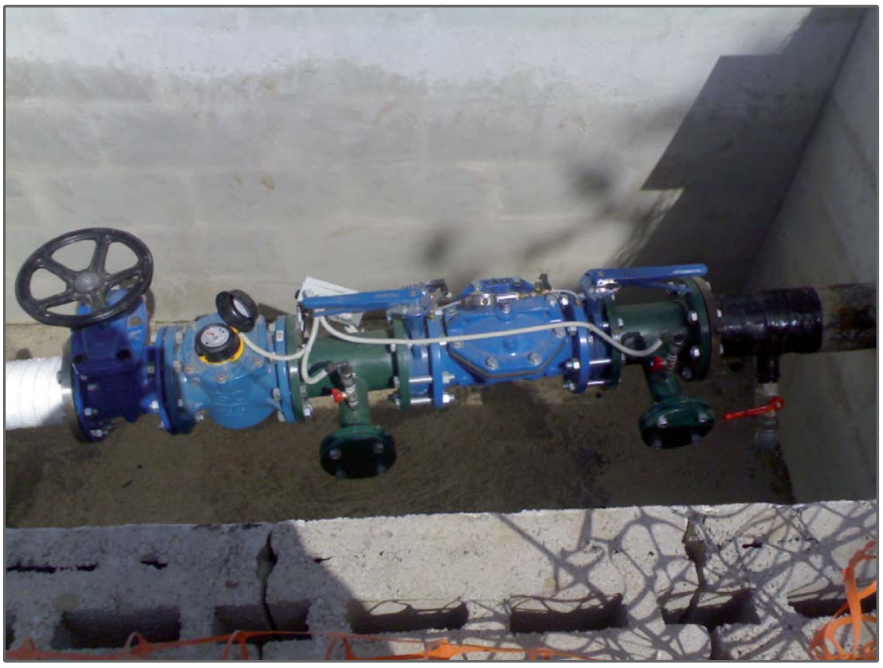

Figura 4. Dispositivo integrato di telecontrollo FCS®.

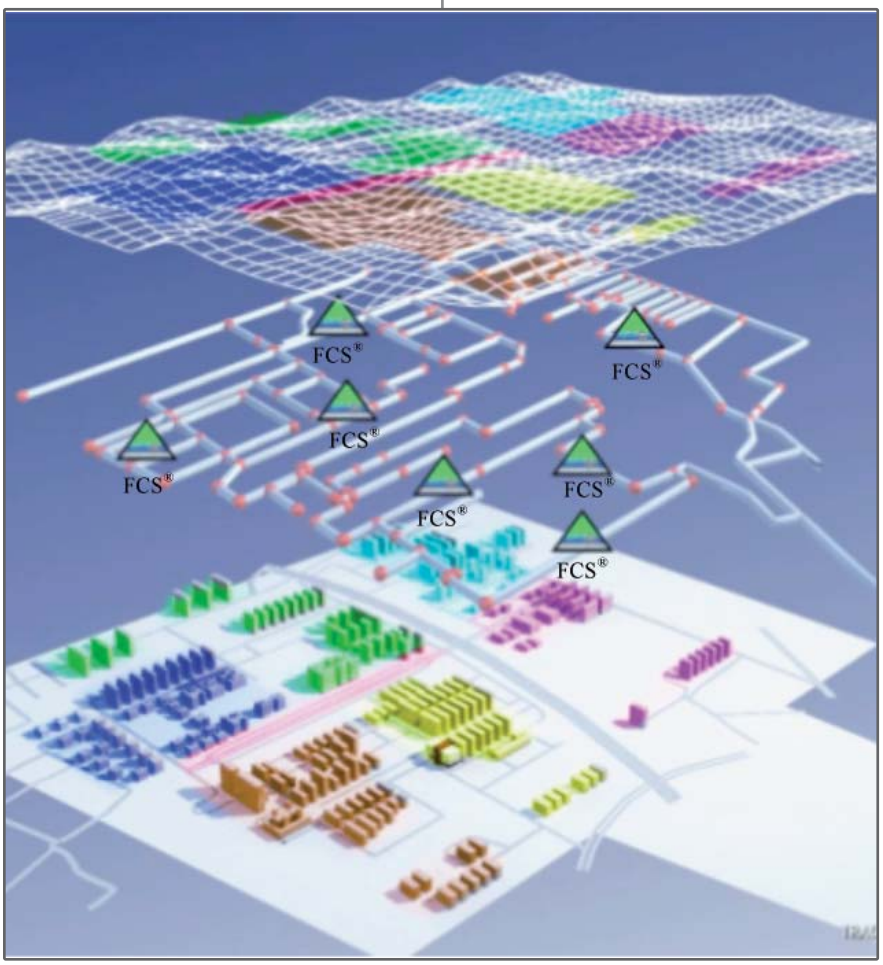

Figura 5. Rappresentazione schematica del sistema di regolazione differenziata delle pressioni di distretto mediante FCS®.

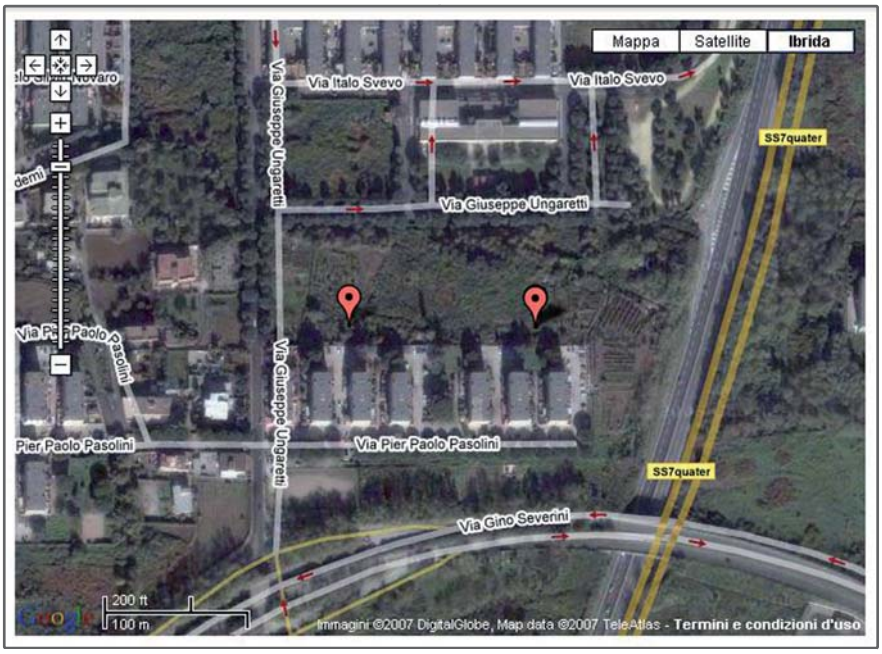

Figura 6. Georeferenziazione con Google Map dei dispositivi FCS®.

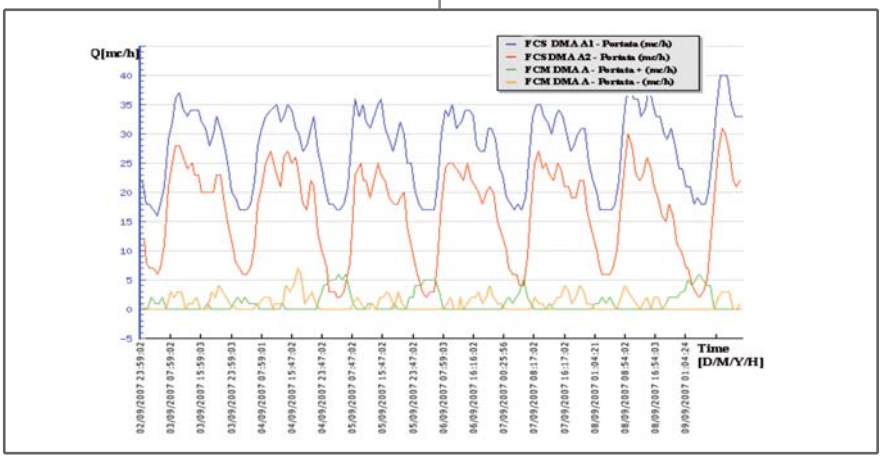

Figura 7. Visualizzazione dei dati di portata da WEB.

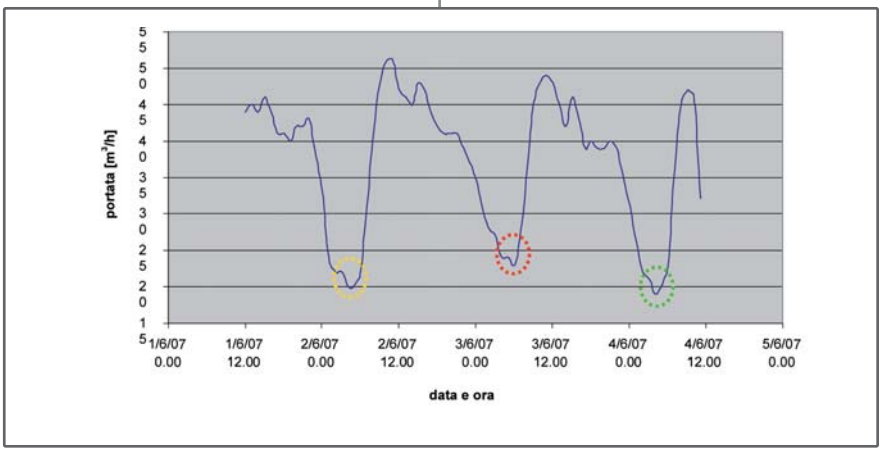

Figura 8. Individuazione dell'insorgere di una perdita (cerchio rosso) e successiva riparazione (cerchio verde).

sistema è collegato a Google Map (Copyright ©2008 Google) che supporta la georeferenziazione e la visualizzazione della rete idrica distrettualizzata (Figura 6); sia la comunicazione dei dati provenienti dalle singole attrezzature (Figura 7), sia la regolazione delle pressioni di valle di ogni dispositivo FCS® avviene via Internet, mentre la gestione degli allarmi avviene a mezzo SMS, con possibilità di ricezione comandi asincroni sempre via SMS.

I RISULTATI

Gli obiettivi della prima fase della sperimentazione erano quelli di valutare l'efficacia del sistema di telecontrollo, sia con riferimento al monitoraggio delle perdite idriche nella rete distrettualizzata, riconducibili ad anomale misure delle portate idriche, sia con riferimento alla regolazione delle pressioni nei diversi distretti del sito pilota.

Nel primo caso, la distrettualizzazione del sistema idrico di Monterusciello ha permesso, dopo pochi giorni dall'installazione dei dispositivi di misura, il rilevamento di una nuova perdita idrica nel DMA A1 da parte del sistema di telecontrollo la quale, prontamente, è stata poi riparata come evidenziato nella Figura 8.

Nel secondo caso, le idrovalvole presenti nei sistemi FCS®, inserite a monte di ciascun distretto nel quale era stata prevista la gestione delle pressioni, hanno consentito una regolazione delle pressioni nelle diverse ore del giorno.

I primi risultati, presentati in *Di Nardo et al.* (2008), fanno riferi-

mento ai distretti DMA A1 e DMA A2, che totalizzano una portata oraria media immessa in rete pari a circa 42 m^3/h, con punte di oltre 60 m^3/h nelle ore di maggior consumo; nelle ore notturne, invece, i valori medi registrati sono di poco inferiori a 20 m^3/h. I livelli di pressione di esercizio sono influenzati dalle variazioni della domanda ma, tuttavia, è possibile distinguere due diversi periodi temporali: quello notturno, in cui la pressione di esercizio varia tra 6.0 e 6.5 bar, e quello diurno, durante il quale il carico è compreso tra 5.5 e 6.0 bar.

La regolazione delle pressioni nel DMA A1 e nel DMA A2 è stata effettuata in base all'analisi delle diverse condizioni di esercizio (consumo di punta e consumo notturno) e dei livelli prestazionali prescritti dal D.P.C.M. del 4 marzo 1996.

Nella Figura 9 si riporta il confronto dell'andamento delle pressioni e delle portate tra il sabato 13/10/2007 (con regolazione) e la media, su un mese, dello stesso giorno settimanale (in assenza di regolazione). In particolare la regolazione è avvenuta sia di notte, tra le 3.00 e le 8.00, imponendo al sistema di controllo una pressione di 4.50 bar ±0.5 bar, sia di giorno, imponendo un valore di pressione inferiore di circa 1 bar rispetto alla condizione ordinaria. I risparmi ottenuti sono stati di oltre il 16%, di notte, e di circa il 7% nelle rimanenti ore.

Le regolazioni delle pressioni non hanno provocato alcun disservizio per gli utenti e hanno confermato l'opportunità di effettuare regolazioni differenziate nei diversi distretti dell'acquedotto interno, al fine di ridurre le perdite idriche e i carichi idraulici eccessivi che, com'è noto, possono indurre rotture su tubazioni già particolarmente sollecitate.

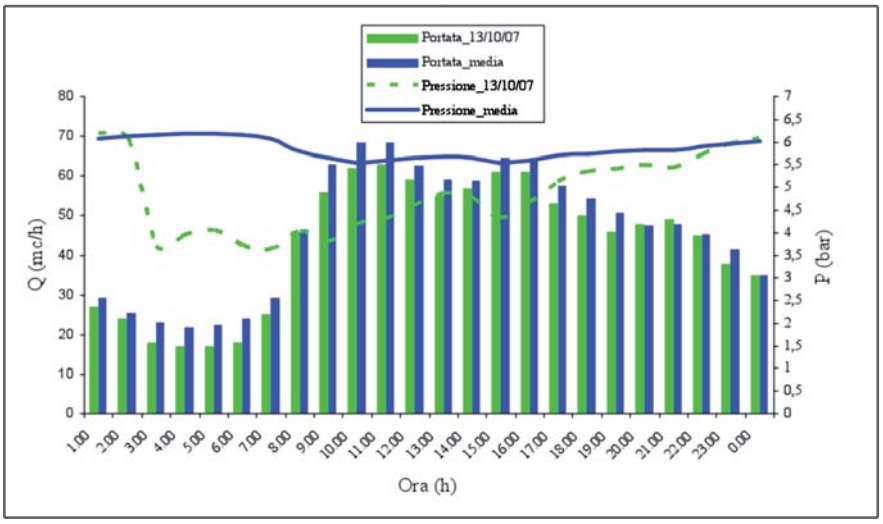

Figura 9. Valori delle portate immesse nel giorno sabato 13/10/2007 (regolato) e negli altri sabato del mese (valori medi senza regolazione) con rispettivi andamenti delle pressioni.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti sul sito pilota di Monterusciello confermano l'efficacia sia della distrettualizzazione che della regolazione delle pressioni.

In particolare la sperimentazione ha mostrato la particolare efficacia dell'approccio combinato di entrambe le tecniche, ottenuto mediante l'inserimento di dispositivi di controllo delle pressioni all'ingresso dei singoli distretti. Tale scelta permette, infatti, sia di monitorare le perdite e di intervenire prontamente qualora si evidenzino anomalie sui flussi idrici misurati, sia di limitare gli eccessi di pressione in alcune zone del sistema idrico ottenendo, contemporaneamente, una riduzione degli sprechi e una diminuzione del rischio di rottura dovuto ad eccessive escursioni di pressione sulle tubazioni. Naturalmente tutti gli interventi effettuati necessitano di una preventiva analisi simulativa del comportamento del sistema idrico nelle diverse condizioni di esercizio e nei differenti scenari previsti.

La sperimentazione ha evidenziato, inoltre, le grandi potenzialità offerte dal telecontrollo delle reti di distribuzione idrica complesse con riferimento alla possibilità di attuare a distanza differenti configurazioni della rete (distrettualizzazioni temporanee o permanenti, regolazione differenziata delle pressioni, definizione di stati di preallarme, ecc.), che consentono di realizzare diversi scenari, compatibilmente con le esigenze gestionali del servizio.

I risparmi idrici ottenuti appaiono significativi e tali da poter giustificare il costo di investimento necessario per dotare gli acquedotti interni di sistemi di telecontrollo essenziali per una moderna gestione dei servizi di distribuzione idrica.

La sperimentazione sul sito pilota proseguirà approfondendo, oltre alle diverse metodologie di distrettualizzazione (fisica o virtuale), i

criteri di caratterizzazione della domanda e il rischio di contaminazione casuale o intenzionale della risorsa idropotabile distribuita.

Bibliografia

- Cascetta, F., Di Nardo, A., and Di Natale, M., *Distrettualizzazione fisica e virtuale delle reti idriche*, Acqua&Aria, N.5 Maggio 2005b.
- Cascetta, F., Di Nardo, A., and Di Natale, M., *La distrettualizzazione delle reti idriche di distribuzione*, Acqua&Aria, N.3 Marzo 2005a.
- Cascetta, F., Di Nardo, A., Di Natale, M., Gisonni, C., and Greco, R., *Una metodologia per la distrettualizzazione di una rete idrica di distribuzione: il caso di Villaricca (NA)*, La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto. Secondo Seminario, Morlacchi Editore, Milano, 2006.
- Cascetta, F., Di Nardo, A., Di Natale, M., Greco, R. e Iervolino, M., *Analisi degli effetti della distrettualizzazione sull'efficienza di una rete di distribuzione idrica*. EIDOS La rivista del metering, 4, 48–58, 2005c.
- Di Nardo, A., Di Natale, M., Gisonni, C., Iervolino M. & Musmarra, D., *Regolazione delle pressioni in una rete distrettualizzata mediante algoritmi genetici*, La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto, Terzo seminario, Morlacchi Editore, Milano, 2008.
- Di Nardo, A., Di Natale, M., Gisonni, C., *La distrettualizzazione delle reti idriche per il controllo delle pressioni (il sito pilota di Monterusciello)*, Atti del XXXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Perugia, 2008.
- Di Nardo, A., Di Natale, M., Greco, R., Iervolino, M., *Controllo differenziato delle pressioni per la riduzione delle perdite in una rete idrica distrettualizzata*, Atti del XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Roma, 2006.
- Khaled, H., Sendil Al-Dhowalia, U., *Relationship between pressure and leakage in a water distribution network*, Proceeding of the AWWA Conference, 1992.
- Lambert, A., *What do we know about Pressure- Leakage Relationships in Distribution Systems*, Proceeding of the IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution System Management, 2000.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, *Relazione annuale al Parlamento sullo stato dei servizi idrici*, Anno 2002, Roma 2003.
- Pezzinga, G., *Modelli per la regolazione della piezometrica ai fini della riduzione delle perdite in rete*, Atti del XXIV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Napoli, Vol. II, T3b25–T3b38, 1994.
- Regione Emilia Romagna, *Linee guida per la definizione dei bilanci dei sistemi acquedottistici e la compilazione del questionario previsto dal D..M.. 8 gennaio 1997 n. 99*, Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile, 2005.