

# DALLO SMART METERING DEI CONSUMI IDRICI ALL'IDENTIFICAZIONE DELLE PERDITE A LIVELLO DI UTENZA

*Chiara Luciani, Francesco Casellato, Stefano Alvisi & Marco Franchini*

*Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara*

*email: chiara.luciani, francesco.casellato, stefano.alvisi, marco.franchini@unife.it*

## **ASPETTI CHIAVE**

- *Realizzazione in un distretto di un sistema di monitoraggio dei consumi idrici a livello di utenza.*
- *Analisi manuale delle serie dei consumi idrici per l'identificazione di perdite interne all'utenza.*
- *Sviluppo di un algoritmo per l'identificazione automatica delle perdite.*
- *L'algoritmo consente di identificare oltre il 90 % delle perdite interne.*

## **1 INTRODUZIONE**

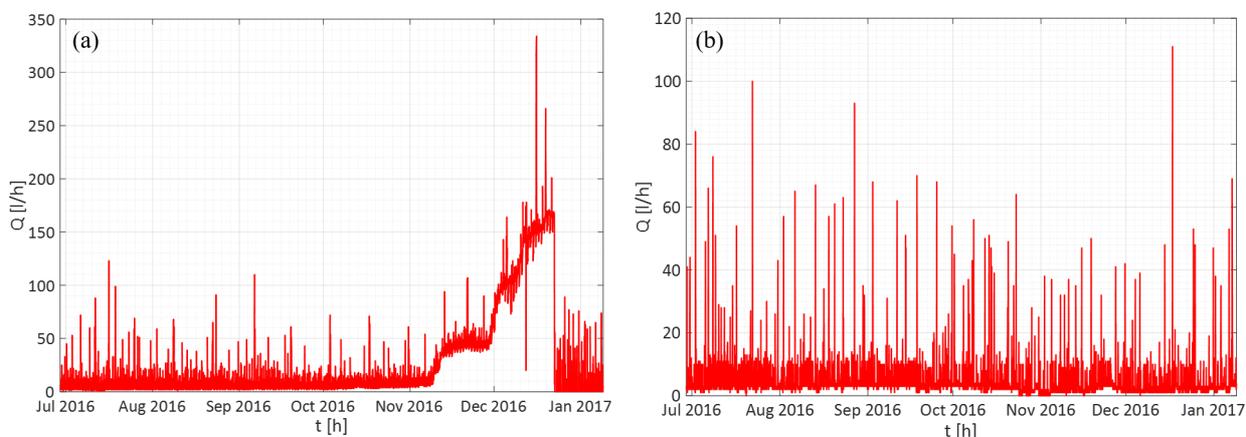
Negli ultimi anni, il tema della gestione sostenibile della risorsa idrica ha assunto un ruolo di primo piano in quanto, benché l'acqua sia una risorsa rinnovabile, diversi fattori concomitanti tra cui i mutamenti climatici e l'aumento della popolazione ne riducono notevolmente la disponibilità. Inoltre, la scarsa sensibilità al tema del risparmio idrico dei singoli individui e le profonde carenze strutturali e gestionali dalle quali sono affetti in taluni casi i sistemi acquedottistici sono fonte di inutili sprechi che chiaramente comportano impatti di varia natura (ambientali, economico-finanziari ed etico-sociali). Nel contesto della gestione sostenibile della risorsa idrica, il contenimento delle perdite, a diversi livelli, assume un ruolo di fondamentale importanza. Nella letteratura tecnico scientifica negli ultimi decenni sono state presentati moltissimi studi e metodologie per una corretta caratterizzazione e contenimento delle perdite idriche. Tuttavia, la maggior parte degli studi condotti affrontano il tema dell'identificazione delle perdite idriche a scala di rete o distretto idrico (Puust et al., 2010). Per contro, risultano ancora limitati gli studi che trattano tale questione con riferimento alla riduzione delle perdite a livello di utenza, ovvero nella rete interna a valle del contatore (Britton et al., 2008). Quest'ultime, se valutate individualmente, possono rappresentare una quantità irrisoria ma, considerate collettivamente e sul lungo periodo, rappresentano la dispersione di un notevole volume d'acqua (Buchberger & Nadimpalli, 2004) e possono avere un significativo impatto economico per l'utente. In tale scenario, i più innovativi sistemi di smart metering dei consumi idrici, emergenti oggi grazie ai recenti sviluppi offerti dal settore dell'ICT (Information Communication Technology), costituiscono un'effettiva opportunità per individuare e contenere le perdite idriche sia a livello di distretto idraulico che a livello di singolo utenza. Infatti, permettendo il rilevamento dei dati di consumo in tempo reale, la loro archiviazione ed elaborazione, nonché la loro restituzione pressoché in continuo agli utenti finali, consentono al gestore del Servizio Idrico Integrato (SII) di ottimizzare la gestione delle reti idriche di propria competenza, rilevando in tempo reale le perdite idriche, minimizzandone la durata e pianificando gli interventi di manutenzione in maniera efficiente (Boulos & Wiley 2013). Al contempo permettono agli utenti del SII, di acquisire una maggiore sensibilità al tema del risparmio idrico e di contenere inutili sprechi dovuti a perdite interne alle utenze. In questo contesto si inserisce lo studio finalizzato allo sviluppo di una procedura automatica per l'identificazione delle perdite idriche interne alle utenze a partire dalle serie temporali dei consumi idrici misurati a passo orario presso le utenze stesse, sviluppato nell'ambito del progetto POR-FESR 2014-2020 "Green-Smart Technology per l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica negli edifici e in ambito urbano (GST4Water)", finanziato dalla regione Emilia Romagna. In particolare, nel seguito si analizzano i risultati ottenuti con riferimento al laboratorio di campo realizzato presso Gorino Ferrarese (FE).

## **2 MATERIALI E METODI**

I dati utilizzati in questo studio sono relativi ai consumi idrici rilevati presso la frazione di Gorino Ferrarese (FE), località situata nel Parco del Delta del Po e avente un'estensione di circa 3 Km<sup>2</sup>. Le rete di



condutture (Figura 2.a), fino alle piccole perdite dovute a un non corretto funzionamento degli impianti igienico-sanitari (Figura 2.b). In entrambi i casi, è immediato distinguere la perdita d’acqua osservando che i valori di minimo delle serie temporali del consumo incrementale, per lunghi periodi, non si annullano mai.



**Figure 2.** (a) Andamento nel tempo della portata oraria di un’utenza caratterizzata da una grossa fuga d’acqua e (b) andamento nel tempo della portata oraria di un’utenza caratterizzata da una piccola fuga d’acqua.

In totale, durante il periodo in esame, sono state individuate 94 fughe d’acqua delle quali 21 corrispondenti a perdite di intensità superiore ai 10 L/h e 73 corrispondenti a perdite comprese tra 1 e 10 L/h, corrispondenti a volumi persi percentualmente rispetto al consumo complessivo di ciascuna utenza variabili da pochi punti percentuali fino ad un massimo del 40%. I risultati, in termini di identificazione delle presenza o meno di perdita interna all’utenza ottenuti mediante analisi manuale hanno costituito il benchmark per la messa a punto dell’algoritmo per l’identificazione automatica. Operativamente, per valutare le performance dell’algoritmo per l’identificazione automatica, sono stati dapprima quantificati, per ciascun’utenza, il numero di giorni di perdita reale identificata dall’algoritmo (veri positivi-VP), quelli di reale assenza di perdita (veri negativi-VN), quelli di perdita inesistente erroneamente segnalata dall’algoritmo considerato (falsi positivi-FP) e infine i giorni di perdita reale non segnalata (falsi negativi-FN). Per inciso, il numero totale di giorni di perdita è data dalla somma dei veri positivi (VP) e falsi negativi (FN). Successivamente, per valutare l’accuratezza del modello, sull’insieme delle utenze sono stati calcolati due indici, *Recall* e *Precision*, definiti rispettivamente come (Wang et al., 2010):

$$Recall = \frac{VP}{VP + FN} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{VP}{VP + FP} \quad (2)$$

Il primo, quantifica la capacità dell’algoritmo di identificare gli allarmi fornendo la frazione di veri allarmi correttamente identificati dall’algoritmo rispetto al totale di veri allarmi attesi. Il secondo, quantifica la capacità dell’algoritmo di evitare falsi allarmi, essendo dato dal rapporto tra il numero di veri allarmi identificati dall’algoritmo rispetto al numero totale di allarmi segnalati dallo stesso. *Recall* e *Precision* sono state quindi combinate nell’indice *F1* dato da:

$$F1 = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (2)$$

Tanto più l’algoritmo è efficace tanto più gli indici *Recall*, *Precision* e *F1* assumono valori prossimi a 1. La valutazione degli indici è stata effettuata sia per l’algoritmo in cui si valuta il non annullamento della portata nelle sole ore notturne, sia per l’algoritmo in cui si considerano tutte le 24 ore del giorno ed i corrispondenti risultati sono sintetizzati in Tabella 1. Come si può osservare, applicando l’algoritmo che ricerca i valori nulli di portata esclusivamente nelle ore notturne, *Recall* assume un valore di 0.96, dimostrando che quasi tutti gli allarmi reali vengono individuati dall’algoritmo. *Precision* assume un valore

di 0.66 e complessivamente  $F_1$  vale 0.79. Invece, applicando l'algoritmo che controlla la portata nell'arco dell'intera giornata, benché si riscontri una lieve riduzione di *Recall* (0.91) causata dal leggero aumento del numero di allarmi reali non segnalati dall'algoritmo, l'indice *Precision* aumenta sensibilmente assumendo un valore di 0.86 in quanto ricercando gli zeri della portata oraria in un intervallo di tempo più esteso diminuiscono i casi di perdite inesistenti segnalate. Complessivamente l'indice  $F_1$  assume un valore più alto pari a 0.88, dimostrando una maggiore accuratezza nell'identificazione degli allarmi nel caso in cui la portata oraria venga esaminata nell'arco delle 24 ore.

	-	2 – 5	0 – 24
<i>VP</i>		8056	7606
<i>FP</i>		4080	1255
<i>FN</i>		305	755
<i>VN</i>		44301	47126
<i>Recall</i>		0.96	0.91
<i>Precision</i>		0.66	0.86
$F_1$		0.79	0.88

**Tabella 1.** Valori degli indici ottenuti mediante l'algoritmo in cui valuta l'annullamento della portata oraria nelle sole ore notturne tra le 2 e 5 di mattina (prima colonna) e nell'arco dell'intera giornata (seconda colonna).

#### 4 CONCLUSIONI

Partendo dalle serie temporali a passo orario di consumo registrate per circa 300 utenze di un distretto idrico è stato messo a punto un algoritmo per identificare le perdite interne alle utenze. L'algoritmo si basa sull'analisi delle serie incrementali di portata fornendo la segnalazione di possibile perdita nel caso in cui la portata non si annulli mai nelle ore notturne o nell'arco dell'intera giornata. I risultati numerici evidenziano che l'analisi condotta sulle 24 ore consente di ridurre significativamente i falsi negativi con un beneficio nell'efficienza complessiva dell'algoritmo. Tale algoritmo, implementato all'interno dei più recenti sistemi di monitoraggio in tempo reale dei consumi idrici permetterebbe di notificare direttamente all'utente la presenza di probabili fughe d'acqua all'interno della propria abitazione, consentendo una riduzione dei volumi d'acqua dispersi in seguito a una riparazione tempestiva.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Boulos P.F. & Wiley A.N. *Can we make water systems smarter?*, *Opflow*, 2013, 39, 20-22.
- Britton, T., Cole, G., Stewart, R. & Wiskar, D. *Remote diagnosis of leakage in residential households*, *Water*, 2008, 7, 56-60.
- Buchberger, S.G. & Nadimpalli, G. *Leak Estimation in Water Distribution Systems by Statistical Analysis of Flow Readings*, *Journal of Water Resources Planning & Management*, 2004, 130, 321-329.
- Puust, R., Kapelan, Z., Savić, D.A. & Koppel T., *A review of methods for leakage management in pipe networks*, *Urban Water Journal*, 2010, 7, 25-45.
- Wang, G., Hao, J., Ma, J. & Huang, L. *A new approach to intrusion detection using artificial neural networks and fuzzy clustering*, *Expert Systems with Applications*, 2010, 37, 6225-6232.