



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Programmi di ricerca cofinanziati - Modello E Relazione scientifica conclusiva sui risultati di ricerca ottenuti - ANNO 2007 prot. 20072MYA8P

1. Area Scientifico Disciplinare principale	<i>08: Ingegneria civile ed Architettura</i>
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	MAZZOLA Mario Rosario
- Università	Università degli Studi di PALERMO
- Facoltà	Facoltà di INGEGNERIA
- Dipartimento/Istituto	Dip. INGEGNERIA IDRAULICA ED APPLICAZIONI AMBIENTALI
3. Titolo del programma di ricerca	<i>Criteri innovativi per una gestione sostenibile della risorsa idrica e dei sistemi acquedottistici</i>
4. Settore principale del Programma di Ricerca:	ICAR/02
5. Costo originale del Programma:	298.400 €
6. Quota Cofinanziamento MIUR:	125.000 €
7. Quota Cofinanziamento Ateneo:	61.607 €
8. Finanziamento totale:	186.607 €
9. Durata:	24 mesi

10. Obiettivo della ricerca eseguita

Molti centri abitati, a scala nazionale, sono dotati di reti acquedottistiche vetuste, che non sempre riescono a garantire adeguati standard di efficienza, e predisposte ad entrare in uno stato di crisi, sia per carenza di risorsa disponibile, che per aumento della domanda.

L'obiettivo generale del progetto di ricerca è stato lo studio delle problematiche relative all'invecchiamento delle reti idriche di distribuzione e dei metodi, delle tecniche e delle strategie che i gestori possono utilizzare per evitare o limitare le potenziali crisi, con interventi riabilitativi e di rifacimento, gestionali e pianificatori. L'obiettivo principale è stato, in particolare, lo sviluppo di metodologie per la pianificazione degli interventi sui sistemi acquedottistici, approfondendo gli aspetti relativi alla valutazione delle prestazioni ottenibili dalla riqualificazione delle reti (integrando tecniche di ottimizzazione degli interventi con modelli di simulazione), all'analisi tecnico-economica delle alternative, alla localizzazione delle perdite in rete ed ai criteri di distrettualizzazione.

Le cinque Unità di Ricerca hanno avuto come obiettivo comune quello di definire procedure e strategie per affrontare le complesse problematiche relative alla gestione efficace ed efficiente del servizio di distribuzione idrica, sviluppando nel complesso tre principali temi di ricerca:

- ° identificazione e taratura di strumenti di supporto alle decisioni che consentano al gestore di ottimizzare gli investimenti infrastrutturali;
- ° sviluppo di metodologie alternative ed innovative per la ricerca delle perdite;
- ° sviluppo di criteri per l'individuazione dei distretti di rete e la gestione delle pressioni.

L'Unità di Ricerca di Palermo si è occupata delle problematiche, molto sentite nei centri urbani meridionali, della carenza di dati necessari per la valutazione dell'intervento ottimale, allorché il gestore deve cercare di ottimizzare gli effetti degli investimenti; infatti occorre una banca dati molto completa, ricorrendo alle tradizionali tecniche di acquisizione delle informazioni, per applicare le disponibili metodologie di supporto alle decisioni nella realizzazione di interventi di manutenzione straordinaria o di radicale sostituzione dei componenti del sistema.

L'Unità di Ricerca di Palermo ha avuto dunque come obiettivo la definizione di strumenti operativi che consentano, a partire da realistiche condizioni di carenza di dati, di ottimizzare gli effetti degli investimenti sulle reti. In queste condizioni si rende infatti necessario sviluppare criteri di supporto alle scelte del gestore capaci di coniugare le esigenze di intervenire rapidamente con la carenza di informazioni di base.

L'Unità di Ricerca di Cagliari è stata impegnata nel predisporre e verificare metodologie di pianificazione degli interventi che consentano il raggiungimento di un assegnato livello di prestazione del sistema acquedottistico, al minor costo possibile, compatibilmente con le possibili alternative decisionali. Si è in particolare posta principalmente l'obiettivo di sviluppare il toolkit META-WATER (Liberatore & Sechi 2004, 2005, 2007) per l'analisi delle reti.

L'attività svolta dall'Unità di Ricerca di Perugia ha riguardato la messa a punto di tecniche per la diagnosi di sistemi di condotte in pressione basate su prove in moto vario per caratterizzarne i componenti, definendo i limiti di applicabilità delle tecniche proposte.

Sono stati quindi perseguiti i seguenti specifici obiettivi:

- ° Sviluppo di nuove tecniche di diagnosi dei sistemi di condotte in pressione basate sull'effettuazione di prove in moto vario, con particolare riferimento al confronto di diversi tipi di analisi wavelet, applicati all'analisi di segnali di pressione, ed alle problematiche connesse alla generazione delle sovrappressioni utilizzando il dispositivo PPWM (Portable Pressure Wave Maker) già messo a punto dall'Unità di Ricerca.

- ° Verifica dell'efficienza delle metodologie proposte in sistemi idraulici di differenti caratteristiche, al variare della posizione e delle dimensioni delle perdite.

L'Unità di Ricerca dell'Università "Federico II" di Napoli ha contribuito alla definizione di criteri per la distrettualizzazione dei sistemi di distribuzione idrica, a partire dall'analisi di un sistema idrico di distribuzione, con lo scopo di definire una procedura standardizzata di distrettualizzazione ottimale, minimizzando i costi dell'intervento e massimizzandone i benefici.

Nello specifico, gli obiettivi dell'Unità di Ricerca sono stati i seguenti:

- ° Caratterizzazione del sistema di distribuzione idrica preso in esame, a partire dall'analisi dei dati a disposizione, procedendo all'elaborazione di una mappa di vulnerabilità ed individuando le subreti per cui sviluppare successivamente la procedura di distrettualizzazione.

- ° Messa a punto di un modello matematico per la simulazione numerica della risposta idraulica delle subreti da distrettualizzare nelle diverse condizioni di funzionamento, opportunamente integrato dal Sistema Informativo Territoriale dell'Ente gestore.

- ° Progettazione di uno o più assetti distrettualizzati del sistema idrico in esame e determinazione di quello teoricamente più conveniente ed efficiente, tenendo conto dei benefici dovuti alla riduzione delle perdite ed alle variazioni degli indici prestazionali e di affidabilità del sistema.

- ° Valutare la possibilità di definire criteri generali di distrettualizzazione dei sistemi di distribuzione idrica, mediante l'applicazione di tecniche di ricerca operativa per l'ottimizzazione della soluzione.

L'Unità di Ricerca della Seconda Università di Napoli ha lavorato sull'ottimizzazione della distrettualizzazione delle reti idriche e sulla gestione attiva delle pressioni, utilizzate in maniera congiunta, prefissandosi i seguenti obiettivi:

- ° Analizzare le problematiche connesse alla definizione dei bilanci idrici di distretto con riferimento alla sincronia delle misure ed alla stima dei consumi nelle

diverse condizioni di funzionamento, sviluppando criteri e metodologie di validità generale utilizzando un sito pilota già parzialmente realizzato.
° Validare sul sito pilota i risultati dello studio dell'ottimizzazione della distrettualizzazione delle reti, e la scelta del posizionamento e del grado di apertura delle valvole di regolazione per la riduzione delle perdite idriche.

11. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

I. L'Unità di Palermo ha studiato un possibile approccio per la selezione delle azioni di riabilitazione delle reti idriche, in condizioni di scarsità ed incertezza di informazioni, basato sull'utilizzo di indici di performance sintetici, che consentono di individuare le soluzioni più efficienti, affidabili e robuste, sulla base di un ridotto numero di dati.

Altro problema preso in considerazione è la quantificazione delle perdite nei distretti di rete.

A tale scopo l'esecuzione di bilanci idrici sarebbe lo strumento fondamentale, nondimeno esso richiede la misura dei volumi erogati alle utenze. Sarebbero quindi necessarie le letture di tutto il parco contatori.

È questo il maggior limite del metodo del bilancio idrico, in quanto i contatori sono spesso insufficienti nel numero, obsoleti, imprecisi ed inaffidabili. Inoltre il tempo richiesto può essere incompatibile con le esigenze dei processi decisionali di asset planning e col monitoraggio delle perdite idriche a scala temporale ridotta, e le misure sarebbero comunque non sincronizzate.

È stata dunque studiata la possibilità di eseguire un numero limitato di misure, installando, solo presso poche utenze, strumenti di misurazione dei volumi erogati più moderni, affidabili e precisi, in modo da stimare i consumi dell'intero distretto.

La teoria statistica del campionamento consente infatti di ottenere informazioni su un carattere di una popolazione di dimensione N , a partire da un campione di n unità ($n < N$). In particolare nel campionamento stratificato, che consente di ridurre al minimo il numero di misure da effettuare a parità di precisione e grado di fiducia della stima, la popolazione va prioritariamente suddivisa in sottopopolazioni omogenee e distinte dette strati, ed i sottocampioni sono selezionati dai corrispondenti strati.

Le parti di rete da riabilitare prioritariamente sarebbero evidentemente le più vetuste e quelle con la maggiore frequenza di rottura, il maggior livello di perdite e le maggiori pressioni di esercizio. In vero, intervenire in queste aree consente di limitare i volumi persi ed il numero delle rotture, ma non dà garanzie sul miglioramento dei livelli di servizio. A tale scopo è invece necessario valutare le performance che il sistema sarebbe in grado di esprimere attuando interventi di riabilitazione anche in parti della rete non considerate dalla selezione iniziale, secondo un approccio di natura "olistica".

La selezione delle azioni da attuare potrà dunque effettuarsi sulla base di criteri di efficienza, soddisfacimento delle portate richieste dell'utenza, affidabilità, e robustezza. In particolare si sono adottati gli indici di affidabilità R_s , efficienza E e performance complessiva P del sistema (Bertola e Nicolini, 2006), insieme all'indice di resilienza I_r (Todini, 2000) opportunamente adattato alla selezione delle azioni di riabilitazione.

L'affidabilità del sistema, intesa come la capacità di soddisfare la domanda di volume ai nodi, è valutata tramite il rapporto tra il volume effettivamente consegnato alle utenze ed il volume totale richiesto.

L'indice di efficienza, che tiene conto dell'effetto delle perdite sulle performance del sistema, è definito come la frazione del volume immesso in rete effettivamente consegnato alle utenze.

Le prestazioni complessive del sistema vengono dunque valutate attraverso il prodotto dell'efficienza e dell'affidabilità.

L'indice di resilienza indica la capacità della rete di fare fronte a condizioni di stress operativo, quando aumenta la dissipazione di energia e, per evitare o limitare i deficit prestazionali, è bene disporre di carichi e potenza idraulica maggiori di quelli strettamente sufficienti. In tal senso rappresenta una misura dell'affidabilità e della robustezza delle soluzioni progettuali.

L' I_r è dato dal complemento ad uno del rapporto tra la potenza dissipata internamente alla rete, P_{int} , e la massima potenza dissipabile nel rispetto dei vincoli di carico minimo ai nodi, $P_{int\ max}$.

Nella versione modificata dell'indice I_r , nel calcolo di P_{int} , in luogo delle domande (utilizzate nella formulazione originaria) si utilizzano le portate effettivamente erogate.

È stato individuato un semplice modo per calcolare P_{int} , $P_{int\ max}$ e dunque I_r , nei casi in cui vi sono due o più serbatoi ed è quindi impossibile stabilire la frazione di portata in ingresso, in corrispondenza di ciascuno di essi, dovuta alle perdite (Arena et al., 2010). La potenza idraulica in ingresso nella rete non è infatti interamente disponibile per gli utenti, dal momento che una parte di essa è dovuta ad assorbita dalle perdite.

Dalle analisi condotte (Arena et al. 2010) emerge la capacità degli indici proposti di descrivere le performance e la robustezza delle vari opzioni di riabilitazione, costituendone un buon criterio di selezione. Esse inoltre mostrano come la formulazione generalizzata adottata per l'indice di resilienza si adatti bene alle reti in crisi, indicando la capacità di affrontare situazioni di stress future senza pregiudicare ulteriormente i livelli di servizio.

Le applicazioni del metodo di campionamento stratificato dei consumi idrici (Fortunato et al. 2010) confermano che esso è concretamente attuabile nella pratica tecnica e fornisce gli ottimi risultati previsti dalla teoria: nel caso delle 2.074 utenze residenziali di un piccolo comune siciliano, si sono ottenute frazioni di campionamento inferiori al 5% (75 misure), per precisioni di stima del consumo giornaliero medio per utenza di $\pm 1,51$ e grado di fiducia del 99%.

II. L'Unità di Ricerca di Cagliari si è occupata del controllo attivo della pressione in rete attraverso la distrettualizzazione e l'inserimento di opportune apparecchiature. È stata in particolare studiata la possibilità di applicare metodologie metaeuristiche per la localizzazione e la taratura delle valvole in casi reali, per i quali è opportuno ricorrere a procedure di riduzione del grafo della rete.

Sono state comparate quattro tecniche di riduzione del grafo per definire il set di lati candidati all'inserimento delle valvole di riduzione delle pressioni (Liberatore e Sechi, 2010), considerando una rete già utilizzata da numerosi autori (Bargiela, 1984; Germanopoulos e Jowitt, 1989; Araujo et al., 2006; Liberatore e Sechi, 2006, 2009), che, pur relativamente semplice, ha consentito di evidenziare prerogative, vantaggi e limitazioni delle strategie per la localizzazione delle valvole. La prima tecnica si basa sull'applicazione del metodo PRM (Pressure Reference Method, Liberatore e Sechi 2009) ed opera su un set di lati definito in base alla localizzazione del taglio della piezometrica della rete con una pressione di riferimento. La seconda tecnica, MED (Minimum Energy Dissipation approach), analizza i percorsi di minima dissipazione di energia nel trasferimento nodi risorsa-nodi domanda. La terza tecnica, RSEN (Roughness-SENSitivity analysis), si basa sull'analisi di sensitività della variazione dei carichi ai nodi in seguito all'inserimento di perdite di carico concentrate. Infine, la quarta tecnica ENTR (ENTRopy-based pipe selection method) analizza l'andamento della funzione di entropia della rete a seguito dell'inserimento di perdite di carico concentrate, ricercando la massimizzazione di tale funzione.

La ricerca ha esaminato le potenzialità applicative delle suddette tecniche per la rete di distribuzione di Macomer, cittadina di circa 11.500 abitanti in Sardegna, considerata anche da Artina et al. (2002) che avevano stimato una percentuale di perdite del 49%. L'applicazione è stata finalizzata alla riduzione delle perdite con il controllo delle pressioni, mediante suddivisione della rete in distretti. Data la rete G costituita da N nodi e M lati si è ricercato il sub-set G_v di archi candidati per la localizzazione ottimale delle valvole, con l'obiettivo di ottenere, con demand pattern d , l'annullamento della penalità quadratica conseguente al superamento della pressione massima ammessa in rete.

Nel metodo PRM è considerata una pressione di riferimento HPRM e conseguentemente è possibile individuare un primo sub-set dei nodi nei quali è superata HPRM. Il sub-set G_v è quindi definito dagli archi nei quali uno dei nodi è a pressione superiore ad HPRM mentre l'altro è a pressione inferiore.

Fissato il demand pattern d , l'applicazione del metodo MED consente di definire il percorso p_{ij} che dal generico nodo risorsa i porta al generico nodo domanda j con la minima dissipazione di energia. Sono state individuate due possibilità per utilizzare i percorsi: a) considerare le frequenze con le quali i lati compaiono nei diversi percorsi ed inserire i lati con la frequenza maggiore nel sub-set G_v ; b) esaminare le strutture di crescita dei percorsi ed individuare i percorsi fondamentali p^* il cui insieme fornisce il sub-set G_v .

La strategia R-SEN si basa sulla stima della sensitività del nodo i -esimo all'inserimento di una dissipazione energetica localizzata P_j nel generico lato j -esimo, consentendo di definire una matrice A di sensitività. Il sub-set G_v è selezionato considerando tutti i k -archi che determinano le maggiori variazioni di pressione ai nodi.

Con il metodo ENTR si ricerca una configurazione di flusso nella rete che, con l'inserimento di perdite di carico localizzate, determini la massimizzazione della funzione di entropia di Shannon (Tanyimboh e Templeman, 1994). I lati che costituiscono il sub-set G_v sono quelli che determinano i valori maggiori nella funzione di entropia.

L'esame dei risultati ottenuti ha evidenziato come queste tecniche, abbinate alla distrettualizzazione della rete, consentano di minimizzare la somma delle violazioni del vincolo sulle pressioni.

Le applicazioni delle tecniche R-SEN e MED sono risultate particolarmente promettenti, soprattutto se integrate con metodologie di distrettualizzazione e si mostrano assai efficaci con reti complesse, caratterizzate da un numero elevato di maglie. Anche le tecniche ENTR e PRM possono consentire di individuare il set dei lati candidati per la localizzazione delle valvole nelle reti complesse.

III. L'Unità di Ricerca di Perugia si è occupata di: diagnosi dei sistemi di condotte; modellazione delle resistenze in moto vario; modellazione delle reti; determinazione della legge di efflusso da una perdita.

Per quanto riguarda la diagnosi dei sistemi di condotte, è stato messo a punto il dispositivo PPWM (Portable Pressure Wave Maker), mediante il quale è possibile generare onde di pressione non solo di prefissata ampiezza ma anche di ripidità tale da consentire di individuare con notevole precisione i tempi di passaggio nelle sezioni di misura delle onde riflesse dalle anomalie (perdite, ostruzioni parziali, valvole di linea parzialmente chiuse, allacciamenti abusivi) presenti nelle condotte. Mediante l'impiego di transitori, è stato possibile analizzare i fenomeni d'interazione di un'onda di pressione con i dispositivi di linea. Si tratta di un fenomeno sul

quale in letteratura sono disponibili pochissimi dati sperimentali.

Particolare attenzione è stata dedicata alla messa a punto di tecniche per la localizzazione e la stima delle ostruzioni parziali ("partial blockages"), evidenziandone la peculiarità della risposta ai transitori sia dal punto di vista numerico che sperimentale. Nelle prove di laboratorio sono stati considerati tratti caratterizzati da ostruzione parziale di differente lunghezza. Anche per questo tipo di anomalia si evidenzia la quasi totale assenza di dati sperimentali.

Le tecniche per la localizzazione e stima delle perdite, introdotte e perfezionate con riferimento a condotte semplici, sono state estese a sistemi più complessi (ad esempio a Y). Il medesimo approccio è risultato efficace anche nella localizzazione di allacciamenti abusivi.

Le potenzialità delle tecniche basate sull'esecuzione di prove in moto vario sono state verificate con successo anche per sistemi reali in esercizio, confermandone l'efficacia nella determinazione della geometria del sistema.

Nell'ambito della modellazione delle resistenze in moto vario, è di notevole interesse la misura, anch'essa assolutamente originale, del gradiente di velocità alla parete e quindi del relativo sforzo tangenziale, in condizioni non stazionarie. Tali misure hanno messo in evidenza le peculiarità delle correnti accelerate e di quelle ritardate rispetto alle correnti stazionarie di ugual portata, portando alla definizione delle caratteristiche dei profili di velocità non stazionari nelle condotte viscoelastiche.

Sul fronte della modellazione delle reti, particolare attenzione è stata rivolta alle tecniche numeriche mediante cui valutare le resistenze in presenza di erogazione lungo il percorso.

L'importanza del legame pressioni-perdite idriche nelle reti è evidente nella gestione dei sistemi di condotte con particolare riferimento alle strategie per il controllo delle perdite stesse. Di assoluto interesse sono i risultati sperimentali relativi a perdite in condotte di polietilene. Questi hanno mostrato un caratteristico comportamento isteretico, mai evidenziato prima in letteratura e che potrebbe avere notevoli risvolti in campo applicativo.

Di rilevante interesse appaiono inoltre gli effetti di alcune manovre all'apparenza innocue ai fini delle sollecitazioni indotte. Si tratta in particolare di manovre brusche di apertura in assenza di alimentazione da monte, per le quali sono state misurate sovrappressioni di notevole entità anche in conseguenza di fenomeni di rottura di vena.

IV. L'attività dell'Unità di Ricerca Napoli Federico II ha avuto come oggetto principale la definizione di una procedura di controllo attivo delle pressioni e quindi delle perdite nei sistemi acquedottistici. In maggior dettaglio l'U.R. si è basata su due diversi approcci da implementare e mettere a confronto, di seguito brevemente delineati.

Controllo del cielo piezometrico in rete mediante valvole di regolazione della pressione (Pressure Reducing Valves - PRV), da implementare mediante un algoritmo di ottimizzazione supportato da un modello di simulazione idraulica, che consenta un'adeguata determinazione del numero, dell'ubicazione ottimale e del grado di apertura delle PRV.

All'uopo è stato implementato un algoritmo genetico, caratterizzato da una funzione obiettivo mirante alla minimizzazione delle pressioni e quindi delle perdite nei nodi del sistema idrico, nel rispetto dei vincoli costituiti dalle equazioni del moto e di continuità, e dal carico minimo ai nodi.

Distrettualizzazione del sistema idrico, consistente nella creazione di DMA (District Metering Areas), ovvero aree di distribuzione fra loro disconnesse (distrettualizzazione fisica), alimentate da un numero limitato di punti di immissione, muniti di misuratore di portata e di PRV. La distrettualizzazione consente di conseguire un più completo ed efficace controllo delle reti, ma comporta modifiche dell'assetto funzionale e del comportamento idraulico, per cui è necessario valutare l'opportunità sulla base di una procedura mirata anche al conseguimento di un livello globale di performance.

Allo scopo è stata messa a punto una procedura standardizzata di distrettualizzazione per l'ottimizzazione della soluzione, minimizzando i costi d'intervento e massimizzandone i benefici (riduzione delle perdite idriche), con opportuni vincoli agli indici prestazionali e di affidabilità (portate distribuite, pressioni di esercizio, qualità dell'acqua distribuita).

La procedura prevede:

- ° delimitazione delle aree della rete a più elevata vulnerabilità, mediante analisi delle perdite e/o degli interventi di manutenzione;
- ° individuazione dei distretti nelle aree caratterizzate da maggiore vulnerabilità, minimizzando il numero dei nodi di alimentazione;
- ° studio di ottimizzazione del cielo piezometrico, sulla scorta di rilievi preliminari in sito, di un modello idraulico di simulazione del sistema e di tecniche di ottimizzazione per la minimizzazione (o massimizzazione) di funzioni obiettivo opportunamente vincolate;
- ° verifica degli standard di esercizio del distretto (pressione di erogazione alle utenze; sicurezza in caso d'incendio; qualità in termini di direzione dei flussi, tempi di permanenza dell'acqua in rete, qualità organolettiche, cloro residuo, propagazione di inquinanti, ecc.);
- ° monitoraggio sperimentale dei distretti ed analisi dei risultati, in termini di quantificazione dei costi sostenuti e dei benefici conseguiti.

In collaborazione con l'ARIN S.p.a. (Azienda Risorse Idriche di Napoli) si è proceduto:

- ° alla caratterizzazione del sistema di distribuzione idrica Napoli Est, mediante la raccolta dei dati disponibili (portate distribuite e pressioni di esercizio, caratteristiche dei terreni di posa, tipologia, dimensioni e vetustà delle condotte, numero e tipologia degli interventi di manutenzione, ecc.);
- ° alla localizzazione degli interventi di manutenzione effettuati nel recente passato ed all'elaborazione di una mappa di vulnerabilità del sistema idrico;
- ° alla caratterizzazione del bilancio idrico ed alla valutazione delle perdite idriche totali, risultate pari al 67%;
- ° alla calibrazione di un modello di simulazione, utilizzando come parametri la curva di domanda e la distribuzione delle perdite, noti i valori di portata in ingresso e di pressione nei punti di alimentazione e nei punti di misura all'interno del sistema;
- ° alla simulazione numerica del funzionamento attuale del sistema al fine di valutarne prestazioni ed affidabilità.

Si è quindi proceduto all'applicazione delle procedure previste:

- ° controllo pressioni e riduzione delle perdite mediante telecontrollo di PRV;
- ° analisi di diversi progetti di distrettualizzazione e valutazione dell'assetto distrettualizzato più efficiente e conveniente.

È stata altresì considerata la possibilità di integrare le succitate procedure di controllo delle pressioni, con impianti di recupero energetico. Allo scopo possono utilizzarsi macchine motrici, quali turbine a reazione o pompe "inverse" (Pumps As Turbines - PAT).

È stato quindi messo a punto il software "EnERGY production from WATER systems - WATERGY" per lo sviluppo di studi di fattibilità di impianti di recupero energetico.

È stata infine avviata un'attività sperimentale di studio delle relazioni perdite-pressioni nei sistemi idrici in pressione. Le esperienze sinora effettuate su condotte in acciaio hanno evidenziato che adottando una relazione del tipo $Q = a^b P^b$, in cui Q è la portata dispersa e P la pressione in metri, l'esponente b risulta assai poco discosto dal valore teorico 0.50.

V. L'Unità di ricerca della Seconda Università di Napoli è stata impegnata nello sviluppo di metodologie per la distrettualizzazione ottimale delle reti di distribuzione, finalizzate alla gestione delle pressioni per la riduzione delle perdite.

Al fine di testare i risultati ottenuti ed ottenere le misure di campo necessarie per calibrare i modelli adottati è stato utilizzato il sito pilota di Monterusciello nel Comune di Pozzuoli, in cui sono state installate, ed integrate in un sistema di telecontrollo, apparecchiature di controllo prototipali per la gestione e la misura delle pressioni e delle portate. La distrettualizzazione delle reti idriche può essere permanente o temporanea ed avere diverse caratteristiche dimensionali in funzione degli obiettivi desiderati.

I risultati migliori si ottengono utilizzando piccoli distretti permanenti, District Meter Area (DMA), che possono essere collegati tra di loro mediante tubazioni di approvvigionamento.

La definizione dei distretti permanenti deve tenere in conto di vincoli tecnici ed economici (topologia, presenza di valvole di sezionamento, costi, zone con livelli omogenei di pressione, rispetto dei livelli di servizio, ecc.).

Le indicazioni di letteratura sulle dimensioni dei distretti (tra 1.000 (small DMA) e 3.000 (medium DMA) fino a 5.000 utenti (large DMA)), sono basate su un ridotto numero di casi studio difficilmente estendibili ai grandi sistemi di distribuzione.

Uno degli obiettivi della ricerca è quindi stato quello di sviluppare una procedura sistematica da seguire, che tenesse conto di considerazioni tecniche ed economiche, organizzata in un Sistema di Supporto alla progettazione dei distretti.

Le metodologie sviluppate sono state testate su alcune reti in esercizio nella provincia di Napoli (Monterusciello e Villaricca) e Caserta (Parete).

L'UR ha messo a punto tecniche di identificazione simultanea della legge perdita-domanda a partire da misure di campo del sito pilota di Monterusciello, con l'obiettivo di sviluppare una procedura di taratura dei parametri della legge di perdita necessari per pianificare la gestione delle pressioni ai fini della riduzione delle perdite.

È stata sviluppata una metodologia per la scelta dei parametri c e γ della relazione $L = c^{\gamma} P^{\gamma}$ che lega le portate di perdita L alle pressioni P , basata su un algoritmo genetico, che consente di identificare simultaneamente sia il pattern orario di domanda che di perdita, e che risolve uno specifico problema di ottimizzazione, minimizzando lo scarto tra le misure disponibili e i risultati delle simulazioni idrauliche.

La metodologia è stata applicata con successo ad un distretto della rete di Monterusciello, dimostrando buona robustezza in quanto dai dati di soli tre misuratori è stato possibile ricostruire con una buona attendibilità sia l'andamento delle pressioni che quello delle portate.

Per comparare l'efficienza di distrettualizzazioni alternative, sono stati utilizzati i seguenti indici di prestazione: a) indici tradizionali, ovvero la media e il minimo della pressione ai nodi del distretto; b) indici idraulici basati sul confronto delle pressioni ai nodi con l'altezza piezometrica di progetto; c) indici energetici basati sul bilancio di potenza ed in particolare l'indice di resilienza (Todini, 2000) e l'indice di resilienza relativo, dato dal rapporto tra la resilienza della rete distrettualizzata e non-distrettualizzata; d) indice di entropia, definito in base alla probabilità che la portata lungo una tubazione provenga da uno dei possibili percorsi che conducono dai serbatoi alla tubazione stessa.

I risultati hanno evidenziato l'assenza di correlazione tra resilienza ed entropia. Gli indici di prestazione tradizionali si sono mostrati ben correlati con l'indice di

resilienza, ma del tutto non correlati con l'indice di entropia.

È stata infine sviluppata una procedura di ottimizzazione euristica per la definizione dei distretti, basata su di tecniche di ricerca operativa mutuata dalla teoria dei grafi.

Gli strumenti messi a punto sono stati integrati in un Sistema di Supporto alle Decisioni, testato su tre diverse reti idriche (Monterusciello, Vilklaricca e Parete), che consente di definire e confrontare diverse distrettualizzazioni, individuando le tubazioni candidate all'inserimento delle saracinesche tra quelle che presentano le frequenze di percorso più basse tra tutti i percorsi di minima potenza dissipata calcolati con l'algoritmo di Dijkstra.

I prodotti ottenuti sono elencati nel paragrafo 14. Nel sottoparagrafo "Comunicazioni a convegni/congressi nazionali" sono stati inseriti anche i capitoli di libri pertinenti gli argomenti della ricerca e pubblicati dai componenti delle diverse unità operative in questi anni. Il numero complessivo di pubblicazioni da riportare in questo sottoparagrafo in realtà è pari a 40, ma per ragioni di spazio sono state inserite solamente 26 pubblicazioni.

La presentazione dei risultati della ricerca alle aziende italiane del settore ed in primo luogo a quelle che hanno collaborato con le varie unità operative avverrà nel mese di Giugno 2011 in un seminario a Roma, il cui obiettivo principale è verificare l'applicabilità dei modelli proposti nelle reale gestione dell'impresa.

12. Problemi riscontrati nel corso della ricerca

Nessun problema riscontrato.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate (da consuntivo)

	(mesi uomo)
TOTALE	142
da personale universitario	171
altro personale	42
Personale a contratto a carico del PRIN 2007	42

14. Modalità di svolgimento (dati complessivi)

Partecipazioni a convegni:

	Già svolti (numero)	Da svolgere (numero)	Descrizione
in Italia	9	0	<ol style="list-style-type: none"> 8° Congresso Nazionale CIRIAF, Perugia. XXXI Convegno Nazionale di Idraulica e Costr. Idrauliche, 2008 Perugia. Convegno sulla "Tutela dell'Acqua" - Salerno 02/2008. VI Giornata sul Drenaggio Urbano sostenibile 11/2008. Quarto Seminario "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", Aversa (CE) 17 e 18 settembre 2009. "Aspetti economici e tecnici nella gestione delle reti di distribuzione idrica", Ferrara. Convegno CSSI - Centro Studio Sistemi Idrici "La gestione delle reti acquedottistiche: dagli aspetti tecnico-progettuali a quelli economico-normativi", nell'ambito di Accadueo, 10a mostra internazionale, Ferrara, 19-21 maggio 2010. XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Palermo, 14-17 settembre 2010. 31° Corso di Aggiornamento in "Tecniche per la difesa dall'inquinamento", Guardia Piemontese (CS).
all'estero	14	0	<ol style="list-style-type: none"> iEMSs Fourth Biennial Meeting (iEMSs 2008), Barcellona. International Conference on "The Role of Hydrology in Water Resources" 10/2008. 13° IWRA World Water Congress 2008. European Geosciences Union General Assembly aprile 2009 Vienna. World Environmental and Water Resources Congress, May 17 - 21 2009, Kansas City, MO, USA. 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation., Cairns, Australia, 13-17 July 2009. EWRA Conf. "Water Res. Cons. and Risk Reduct.", 2009 Limassol (Cyprus). 33rd IAHR Congress -WATER ENG. FOR A SUST. ENV. 2009 Vancouver. Conf. Meth for Strategic Decisions of Sust. Dev. (KORS-D-2009) Vilnius. Integrating Water Systems (CCWI 2009), Sheffield (UK). WDSA 2010 12th annual Water Distribution Systems Analysis conference, September 12-15, 2010, Tucson, Arizona. 9th International Conference on Hydroinformatics, 7-11 September 2010. Tianjin (Cina). Int. Congress on Environm. Modelling and Software (iEMSs 2010), Ottawa. Int. Conference of Operations Research Soc. 2010 Munich.
TOTALE	23	0	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Articoli pertinenti pubblicati:

	Numero	Descrizione
su riviste italiane con referee	10	1. Arena C., Fortunato A. e Mazzola M.R., "Pianificazione degli investimenti nelle reti idriche per il miglioramento dei livelli di servizio", Atti del Quarto Seminario "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", Aversa

		<p>(CE) 17 e 18 settembre 2009, Supplemento al numero 2/2010 de L'Acqua, Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana. ISSN: 1125-1255.</p> <p>2. Arena C., Mazzola M.R., "La valutazione dei costi dell'acqua nella redazione dei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici", Atti del Quarto Seminario "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", Aversa (CE) 17 e 18 settembre 2009, Supplemento al numero 2/2010 de L'Acqua, Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana. ISSN: 1125-1255.</p> <p>3. SECHI G.M., LIBERATORE S (2010). Inserimento delle valvole nelle reti di distribuzione: abbinamento di tecniche di ottimizzazione meta-euristiche e di strategie di riduzione del grafo della rete, L'ACQUA, 2010, vol. 2/2010; p. 159-163, ISSN: 1125-1255.</p> <p>4. B. Brunone, M. Ferrante e S. Meniconi (2009). Ricognizione dei sistemi di condotte. <i>Acqua&Aria</i>, 3, 20-22.</p> <p>5. Ferrante, M., Massari, C., Cluni, F., Brunone, B., e Meniconi, S. (2010). Analisi sperimentale della legge di efflusso da una perdita in una condotta in polietilene. Quarto Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", L'Acqua, AII, Suppl. al n. 2, pp. 131-133.</p> <p>6. Giustolisi, O., Brunone, B., Berardi, L., Ferrante, M., Laucelli, D., Massari, C., Mastrorilli, M., Meniconi, S., e Todini, E. (2010). Recenti sviluppi nella simulazione idraulica delle reti in pressione. Quarto Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", L'Acqua, AII, Suppl. al n. 2, pp. 144-150.</p> <p>7. Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M., e Massari, C. (2010). Sulla caratterizzazione di ostruzioni in condotte in pressione mediante prove in moto vario: primi risultati. Quarto Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", L'Acqua, AII, Suppl. al n. 2, pp. 167-170.</p> <p>8. GIUGNI M., N. FONTANA (2009). Il controllo delle perdite ed il recupero energetico. Criteri innovativi di gestione dei sistemi acquedottistici. L'ACQUA; p. 80-92, ISSN: 1125-1255.</p> <p>9. DI NARDO A, DI NATALE M., IERVOLINO M, GISONNI C (2010). Caratterizzazione della legge di perdita e di domanda in una rete di distribuzione idrica. Quarto Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", L'Acqua, AII, Suppl. al n. 2, pp.115-118.</p> <p>10. DI NARDO A, DI NATALE M. (2010). Un sistema di supporto alle decisioni per la distrettualizzazione di una rete idrica di distribuzione. Quarto Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", L'Acqua, AII, Suppl. al n. 2, pp. 111-114.</p>
su riviste straniere con referee	20	<p>1. Arena C., Genco, M., and Mazzola, M.R. 2009. Models of regional or municipal Public-Private Partnership (PPP) in order to favour the industrialization of the integrated water service in the ATOs of southern Italy, <i>Water Asset Management International</i> 5.1 (2009) 10-16</p> <p>2. Arena C., Mazzola M.R., e Scordo G. 2010, "A simulation/optimization model for selecting infrastructure alternatives in complex water resource systems", <i>Water Science & Technology — WST</i> 61(12), 3050-3060 © IWA Publishing 2010 doi:10.2166/wst.2010.220.</p> <p>3. SECHI G.M., SULIS A (2009). Water System Management through a Mixed Optimization-Simulation Approach. <i>J. WATER RES. PL. AND MAN.-ASCE</i>, 2009 vol. 135 n.3, ISSN: 0733-9496</p> <p>4. SECHI G.M., SULIS A (2009). Dynamic Attribution of water quality indexes in a multi-reservoir optimization model, <i>DESALINATION</i>, 2009, vol. 237; p. 99-107, ISSN: 0011-9164,</p> <p>5. SECHI G.M., LIBERATORE S (2009). Location and Calibration of Valves in Water Distribution Networks Using a Scatter-Search Meta-heuristic Approach, <i>WATER RESOUR. MANAG.</i> 2009, vol. 23; p. 1479-1495, ISSN: 0920-4741</p> <p>6. SECHI G.M., SULIS A (2010). Drought mitigation using operative indicators in complex water systems, <i>PHYSICS AND CHEM. OF THE EARTH</i>, 2010 vol. 2010, ISSN: 1474-7065</p> <p>7. ANTONIO MANCA, SECHI G.M., PAOLA ZUDDAS (2010). Water Supply Network Optimisation Using Equal Flow Algorithms, <i>WATER RESOUR. MANAG.</i>, 2010, vol. 24; p. 3665-3678, ISSN: 0920-4741</p> <p>8. Brunone, B., e Golia, U.M. (2008). Discussion of "Systematic evaluation of one-dimensional unsteady friction models in simple pipelines" by J.P. Vitkovsky; A. Bergant; A.R. Simpson; and M. F. Lambert. <i>J. of Hydraulic Engineering</i>, ASCE, vol. 134 (2), 282-284.</p> <p>9. Brunone, B., Ferrante, M., e Meniconi, S. (2008). Portable pressure wave-maker for leak detection and pipe system characterization. <i>J. of American Water Works Association</i>, AWWA, vol. 100 (4), 108-116.</p> <p>10. Brunone, B., Ferrante, M. e Meniconi, S. (2008). Discussion of "Detection of partial blockage in single pipelines" by P.K. Mohapatra, M.H. Chaudhry, A.A. Kassem, and J. Moloo. <i>J. of Hydraulic Engineering</i>, ASCE, vol. 134 (6), 872-874.</p> <p>11. Brunone, B., Ferrante, M., and Meniconi, S. (2008). A portable device for leak detection in pipes (in ebraico). <i>Water Engineering</i>, Tel Aviv (Israele), 34-36.</p> <p>12. M. Ferrante, B. Brunone e S. Meniconi (2009). Leak detection in branched pipe systems coupling wavelet analysis and a Lagrangian model. <i>Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA</i>, 58(2), 95-106.</p> <p>13. Ferrante, M., Brunone, B., and Meniconi, S. (2009). Leak-edge detection, <i>J. of Hydraulic Research</i>, IAHR, 47(2), 233-241.</p> <p>14. Brunone, B., Meniconi, S., and Ferrante, M. (2009). Discussion of "A turbulent approach to unsteady friction" by I. Pothof, <i>J. of Hydraulic Research</i>, IAHR, 47(6), 825-827.</p> <p>15. Brunone, B., and Berni, A. (2010). Wall shear stress in transient turbulent pipe flow by local velocity measurement. <i>J. of Hydraulic Engineering</i>, ASCE, 136(10), 716-726 (online 31/03/2010, DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000234).</p> <p>16. Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M. and Massari, C. (2010). Potentiality of transient tests to diagnose real supply pipe systems: what can be done with just a single extemporary test. <i>J. of Water Resources Planning and Management</i>, ASCE (online 24/06/2010, DOI:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000098).</p> <p>17. Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M., and Massari, C. (2010). Small amplitude sharp pressure waves to diagnose pipe systems. <i>Water Resources Management</i> (online 02/07/2010, DOI: 10.1007/s11269-010-9688-7).</p> <p>18. Meniconi, S., Brunone, B., and Ferrante, M. (2010). In-line pipe device checking by short period analysis of transient tests. <i>J. of Hydraulic Engineering</i>, ASCE (online 20/08/2010, DOI:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000309).</p> <p>19. Ferrante, M., Massari, C., Brunone, B., and Meniconi, S. (2010). Experimental evidence of hysteresis in the head-discharge relationship for a leak in a polyethylene pipe. <i>J. of Hydraulic Engineering</i>, ASCE (online 10/11/2010, DOI: doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000360).</p> <p>20. DI NARDO A, DI NATALE M. (2010). A heuristic Design Support Methodology based on graph theory for district metering of water supply networks. <i>ENGINEERING OPTIMIZATION</i>, ISSN: 0305-215X, (on-line doi: 10.1080/03052151003789858).</p>
su altre riviste italiane	1	<p>1. GIUGNI M., N. FONTANA, D. PORTOLANO (2009). Il controllo attivo delle perdite ed il recupero energetico: criteri innovativi di gestione dei sistemi acquedottistici. <i>TRASFERIMENTO TECNOLOGICO</i>; p. 23-24.</p>
su altre riviste	0	

<p>straniere</p> <p>comunicazioni a convegni/congressi internazionali</p>	<p>29</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arena C., Criminisi A., Fortunato A. and Mazzola M.R. 2009. "Sampling of residential water use for leak control via water budgets", <i>Proceedings World Env. and Water Resources Congress, May 17 - 21 2009, Kansas City, MO, USA</i>. Pp. 346 - 355. ISBN: 978-0-7844-1036-3. 2. Arena C., Fortunato A. and Mazzola M.R., "Simulation versus Optimization in the assessment of the resource opportunity cost in complex water resources systems - ...", in Anderssen R.S., R.D. Braddock and L.T.H. Newham (eds) <i>18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation</i>, July 2009, pp. 3237- 3244. ISBN: 978-0-9758400-7-8. 3. Arena C., Fortunato A. and Mazzola M.R., "Planning rehabilitation actions on water distribution networks in condition of data scarcity", <i>Proceedings WDSA 2010 12th annual Water Distribution Systems Analysis conference, September 12-15, 2010, Tucson, Arizona</i>. 4. A. GAIVORONSKI, SECHI G.M., ZUDDAS P (2010). <i>Management of Scarce Water Resources by a Scenario Analysis Approach</i>. In: <i>Proceedings Int. Conf. Operations Research Soc. Munich, 1-3 Sept. 2010, MUNICH: University of Munich</i>. 5. SECHI G.M., ANDREA SULIS (2010). <i>Intercomparison of Generic Simulation Models for Water Resource Systems</i>. In: <i>Proceedings 2010 International Congress on Environmental Modelling and Software (iEMSs)</i>, Ottawa, July 2010. 6. SECHI G.M., R. ZUCCA, P. ZUDDAS (2010). <i>The Water Pricing Problem in a Complex Water Resources System: A Cooperative Game Theory Approach</i>. In: <i>Proceedings Int. Conf. Operations Research. Munich, 1-3 Sept. 2010, MUNICH: University of Munich</i>. 7. A. GAIVORONSKI, SECHI G.M., P. ZUDDAS (2009). <i>Optimization of Dynamic Networks for Resource Management Under Uncertainty</i>. In: <i>Knowledge-Based Technologies and OR Methodologies for Strategic Decisions of Sustainable Development (KORS-D-2009)</i>, Vilnius, Sept.30 - Oct.3 , 2009, VILNIUS: VGTU Press Technika, p. 284-289, ISBN/ISSN: ISBN: 978-9955-28-482-6. 8. A.SULIS, V. ARDIZZONE, E. GIORGIO, SECHI G.M. (2009). <i>The Porting of WARGI-DSS to GRID Environment for Planning and Management in Complex Water Systems</i>. In: <i>Proceedings 33rd IAHR Congress - WATER ENGINEERING FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT</i>. Vancouver - Canada, 9-14 August 2009, p. 4206-4214, ISBN/ISSN: ISBN: 978-90-78046-08-0. 9. DEIDDA D, J. ANDREU, M.A. , SECHI G.M., R. ZUCCA, P. ZUDDAS (2009). <i>A cooperative game theory approach to water pricing in a complex water resource system</i>. In: <i>Proceedings 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation</i>. Cairns, Australia, 13-17 July 2009, CAIRNS, AUSTRALIA: p. 3252-3258, ISBN/ISSN: ISBN: 978-0-9758400-7-8. 10. SECHI G.M., A. SULIS (2009). <i>Developing drought triggers in complex water systems: The WARGI approach</i>. In: <i>Proceedings 18th World IMACS Congress and MODSIM09 Inter. Congress on Modelling and Simulation</i>. Cairns, AUSTRALIA, 13-17 July 2009, p. 3280-3286, ISBN/ISSN: ISBN: 978-0-9758400-7-8. 11. SECHI G.M., SULIS A, ZUDDAS P (2009). <i>Optimization of Water Resources Systems under Climatic Uncertainty using Scenario Analysis</i>. In: <i>Water Resources Conservancy and Risk Reduction under Climatic Instability</i>. Limassol - Cyprus, 25-29 June, 2009, p. 16-26, ISBN/ISSN: ISBN: 978-9963-671-94-6. 12. SECHI G.M., SULIS A (2008). <i>WARGI: a Tool for Water System Drought Mitigation within EU and National Projects</i>. In: <i>Proceedings of the iEMSs Fourth Biennial Meeting: (iEMSs 2008)</i>. Barcellona, July 2008, BARCELLONA: IEMSS, vol. 3, p. 2031-2035, ISBN/ISSN: ISBN: 978-84-7653-074-0. 13. SECHI G.M., SULIS A (2008). <i>Operative indicators for drought mitigation tools in multireservoir systems</i>. In: <i>Drought management: Scientific and technological innovations</i>. Zaragoza (Spain), Giugno 2008, ZARAGOZA: CIHEAM, vol. 1, p. 386-391, ISBN/ISSN: ISSN: 1016-121-X ISBN: 2-85352. 14. SECHI G.M., SULIS A (2008). <i>Drought Mitigation using Operative Indicators in Complex Water Systems</i>. In: <i>Proceedings of the iEMSs Fourth Biennial Meeting: International Congress on Environmental Modelling and Software (iEMSs 2008)</i>. Barcellona, July 2008, BARCELLONA: IEMSS, vol. 3-&#8734;, p. 1532-1539, ISBN/ISSN: ISBN: 978-84-7653-074-0. 15. SECHI G.M., SULIS A (2008). <i>Some Thoughts on Success in Applying Models to Water Resource Systems</i>. In: <i>Proceedings of the iEMSs Fourth Biennial Meeting: International Congress on Environmental Modelling and Software (iEMSs 2008)</i>. Barcellona, July 2008, BARCELLONA: IEMSS, vol. 3, p. 106-108, ISBN/ISSN: ISBN: 978-84-7653-074-0. 16. S. Meniconi, B. Brunone e M. Ferrante (2009). <i>In-line partially closed valves: how to detect by fast transient</i>, <i>Proc., World Environmental and Water Resources Congress 2009 (EWRI 2009)</i>, S. Starrett (ed), 135-144. 17. B. Brunone, B.W. Kamey, M. Ferrante, e S. Meniconi, (2009). <i>Experimental investigation of transients caused by rapid valve opening</i>, <i>Proc., 33rd IAHR Congress 'Water Engineering for a Sustainable Environment'</i>, 6545-6552 (ISBN: 978-90-78046-08-0). 18. S. Meniconi, B. Brunone, M. Ferrante, e C. Massari (2009). <i>Detection of illegal branches in pipe systems: A fast and reliable method</i>, <i>Proc., Integrating Water Systems (CCWI 2009)</i>, J. Boxall & C. Maksimovic (eds), 79-82. 19. M. Ferrante, C. Massari, E. Todini, B. Brunone, e S. Meniconi (2009). <i>Equivalence of pipes with distributed flow in pressurised pipe networks</i>, <i>Proc., Integrating Water Systems (CCWI 2009)</i>, J. Boxall & C. Maksimovic (eds), 203-208. 20. M. Ferrante, C. Massari, F. Cluni, B. Brunone, e S. Meniconi (2009). <i>Leak discharge and strains in a polyethylene pipe</i>, <i>Proc., Integrating Water Systems (CCWI 2009)</i>, J. Boxall & C. Maksimovic (eds), 521-525. 21. Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M., and Massari, C. (2010). <i>Fast transients as a tool for partial blockage detection in pipes</i>. <i>Proc., 12th Annual Water Distribution Systems Analysis Conference (WDSA 2010)</i>, C. Choi, A. Ostfeld and I. Pepper (eds), Tucson (AZ), (CD ROM). 22. Ferrante, M., Massari, C., Brunone, B., and Meniconi, S. (2010). <i>Hydraulic behavior of a leak in a polyethylene pipe</i>. <i>Proc., 12th Annual Water Distribution Systems Analysis Conference (WDSA 2010)</i>, K. Lansley, C. Choi, A. Ostfeld and I. Pepper (eds), Tucson (AZ), (CD ROM). 23. GIUGNI M., N. FONTANA, D. PORTOLANO, D. ROMANELLI (2008). <i>A DMA design for "Napoli Est" water distribution system</i>. In: <i>Proceedings of XIIIth World Water Congress</i>. Montpellier, 1-4 September 2008, p. 1-14. 24. GIUGNI M., N. FONTANA, D. PORTOLANO (2009). <i>Energy Saving policy in water distribution networks</i>. In: <i>INTERNAT..CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGIES AND POWER QUALITY</i>. Valencia (Spain), 15-17/04/2009, p. 1-6. 25. GIUGNI M. (2010). <i>Il controllo attivo delle perdite ed il recupero energetico nei sistemi acquedottistici</i>. Titolo libro: <i>Fonti di energia alternative. Salvaguardando l'ambiente miglioriamo la qualità della vita</i>. THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF LIONS CLUBS-DISTR, p. 1-471, ISBN: 9788860770912. 26. DI NARDO A, DI NATALE M., IERVOLINO, M (2009). <i>Demand Pattern And Leakage Identification In Water Distribution Networks</i>. In: <i>Proceedings of 33rd IAHR 2009 Congress - Water Eng. for a Sustainable Environment</i>. Vancouver, 9-14 august 2009IAHR, p. 1545-1552, ISBN/ISSN: 978-94-90365-01-1. 27. DI NARDO A, DI NATALE M., CIARMIELLO M (2009). <i>A decision support system based on graph theory for the design of water supply network district metering</i>. In: <i>Proceedings of the 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment</i>. Vancouver, 9-14 august 2009IAHR, p. 1357-1544, ISBN/ISSN: 978-94-90365-01-1. 28. DI NARDO A, DI NATALE M. (2010). <i>A design support methodology for district metering of water supply networks</i>. In: <i>Proceedings of WDSA (Water Distribution Systems Analysis)</i>. Tucson, 12-15 September 2010. 29. DI NARDO A, DI NATALE M., GRECO R, SANTONASTASO G (2010). <i>Resilience and Entropy Indices for Water Supply Network Sectorization in District Meter Areas</i>. In: <i>Proceedings of 9th International Conference on Hydroinformatics, 7-11 September 2010</i>. Tianjin, 7-11 September 2010
--	-----------	--

<p>comunicazioni a convegni/congressi nazionali</p>	<p>26</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mazzola M.R. e Bazzurro N., "Aspetti economici nelle strategie di gestione delle perdite idriche", in "Ricerca e controllo delle perdite nelle reti di condotte, Manuale per una moderna gestione degli acquedotti", a cura di Brunone B., Ferrante M., Meniconi S., CittàStudi Edizioni, ISBN: 978-88-251-7332-1, Pp. 3 - 43. 2. Arena C., Fortunato A. e Mazzola M.R., "Pianificazione degli investimenti nelle reti idriche per il miglioramento dei livelli di servizio", Atti del Quarto Seminario "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", Aversa (CE) 17 e 18 settembre 2009, Supplemento al numero 2/2010 de L'Acqua, Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana. ISSN: 1125-1255. 3. Arena C., Mazzola M.R., "La valutazione dei costi dell'acqua nella redazione dei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici", Atti del Quarto Seminario "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", Aversa (CE) 17 e 18 settembre 2009, Supplemento al numero 2/2010 de L'Acqua, Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana. ISSN: 1125-1255. 4. Arena C., Fortunato A. e Mazzola M.R., "Campionamento dei consumi per la valutazione delle perdite mediante l'esecuzione di bilanci idrici", atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Palermo, 14-17 settembre 2010. 5. Arena C., Fortunato A. e Mazzola M.R., "L'uso dei modelli matematici per la valutazione del costo delle risorse in un sistema idrico complesso", atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Palermo, 14-17 settembre 2010. 6. LIBERATORE S., SECHI G.M. (2010). DISTRETTUALIZZAZIONE OTTIMALE DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE. ANALISI DI STRATEGIE DI RIDUZIONE DEL GRAFO DELLA RETE. In: Atti del Convegno: GIORNATA DI STUDIO, "La gestione delle reti acquedottistiche" - CSSI - CENTRO STUDIO SISTEMI IDRICI. Ferrara, 20 Maggio 2010, FERRARA: Università di Ferrara. 7. SECHI G.M., A. SULIS (2010). ANALISI DI SISTEMI IDRICI ELEMENTARI CON MODELLI DI SIMULAZIONE. In: Atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Palermo, 14-17 Settembre 2010, PALERMO: Università di Palermo, ISBN/ISSN: 978-88-903895-2-8. 8. ALEXEI A. GAIVORONSKI, SECHI G.M., PAOLA ZUDDAS (2010). BALANCING COST-RISK IN MANAGEMENT OPTIMIZATION OF WATER RESOURCE SYSTEMS UNDER UNCERTAINTY. In: Atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Palermo, 14-17 Settembre 2010, PALERMO: Università di Palermo, ISBN/ISSN: 978-88-903895-2-8. 9. SECHI G.M., R. ZUCCA, P. ZUDDAS (2010). METODOLOGIA DI ALLOCAZIONE DEI COSTI TRA GLI UTENTI DI UN SISTEMA DI RISORSE IDRICHE BASATA SULLA TEORIA DEI GIOCHI COOPERATIVI. In: Atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Palermo, 14-17 Settembre 2010, PALERMO: Università di Palermo, ISBN/ISSN: 978-88-903895-2-8. 10. SECHI G.M., LIBERATORE S (2009). Inserimento delle valvole nelle reti di distribuzione: abbinamento di tecniche di ottimizzazione meta-euristiche e di strategie di riduzione del grafo della rete. In: La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto. Aversa (CE), 17-18 Settembre, 2009, AVERSA (CE). 11. SECHI G.M., SULIS A (2008). UNA TECNICA MISTA DI OTTIMIZZAZIONE E SIMULAZIONE PER LA PIANIFICAZIONE DELLE AZIONI DI MITIGAZIONE DELLA SICCT&#8730;À: APPLICAZIONE AL SISTEMA AGRISINNI. In: 31&#61616; Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Perugia, 9-12 Settembre 2008, PERUGIA: Morlacchi, ISBN/ISSN: 978-88-6074-220-9. 12. Brunone, B., Ferrante, M., e Meniconi, S. (2008). Sull'Impiego di transitori per la diagnosi di sistemi di condotte con valvole di linea. Atti, Terzo Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", B. Brunone, M. Ferrante e S. Meniconi (eds), Perugia, 151-158. 13. Brunone, B., Ferrante, M., Meniconi, S., Carravetta, A., e Cirimbilli, A. (2008). Un "innocente" transitorio. Atti, Terzo Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", B. Brunone, M. Ferrante e S. Meniconi (eds), Perugia, 341-351. 14. Brunone, B., Ferrante, M., e Pagnoni, V. (2008). Pumping tests and monitoring data towards well-field management. The Vallememoria (I) case-study. Atti, Terzo Seminario su "La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto", B. Brunone, M. Ferrante e S. Meniconi (eds), Perugia, 397-404. 22. B. Brunone, M. Ferrante, S. Meniconi e E. Todini (2008). Nozioni di Idraulica dei sistemi di condotte in pressione. In Ricerca e controllo delle perdite nelle reti di condotte. Manuale per una moderna gestione degli acquedotti, Novara, CittàStudi Edizioni, 189-244. 15. B. Brunone, M. Ferrante e S. Meniconi (2008). Prelocalizzazione delle perdite mediante prove in moto vario. In Ricerca e controllo delle perdite nelle reti di condotte. Manuale per una moderna gestione degli acquedotti, Novara, CittàStudi Edizioni, 335-368. 16. S. Meniconi, B. Brunone, e M. Ferrante (2009). Ricognizione speditiva di un sistema di condotte in esercizio mediante transitori. Atti, Convegno su "Aspetti economici e tecnici nella gestione delle reti di distribuzione idrica", P. Bertola e M. Franchini (eds), 33-47. 17. Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M., e Massari, C. (2010). Diagnostica di ostruzioni in condotte in pressione mediante transitori. Atti, XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, M. Santoro (ed), Palermo (CD ROM). 18. Ferrante, M., Massari, C., Brunone, B., e Meniconi, S. (2010). Analisi sperimentale della legge di perdita in condotte in acciaio e polietilene. Atti, XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, M. Santoro (ed), Palermo (CD ROM). 19. Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M., e Massari, C. (2010). Verifica dei sistemi di condotte: alcuni spunti di riflessione. Atti, 31° Corso di Aggiornamento in "Tecniche per la difesa dall'inquinamento", G. Frega (ed), Guardia Piemontese (CS), 497-511. 20. Brunone, B., Meniconi, S., Ferrante, M., e Massari, C. (2010). Diagnosi dei sistemi di adduzione in pressione mediante transitori controllati. Atti, 31° Corso di Aggiornamento in "Tecniche per la difesa dall'inquinamento", G. Frega (ed), Guardia Piemontese (CS), 513-528. 21. GIUGNI M., N. FONTANA, C. CASALE (2009). Prelocalizzazione delle perdite mediante distrettualizzazione. In: B. BRUNONE, M. FERRANTE, S. MENICONI. Ricerca e controllo delle perdite nelle reti di condotte. p. 247-275, CITTÀ STUDI EDIZIONI, ISBN/ISSN: 978-88-251-7332-1. 22. F. DE PAOLA, GIUGNI M. (2010). ANALISI SPERIMENTALE DELLE RELAZIONI TRA PERDITE E PRESSIONI. In: ATTI DEL XXXII CONVEGNO NAZIONALE DI IDRAULICA E COSTRUZIONI IDRAULICHE. PALERMO, 14-17 SETTEMBRE 2010 WALTER FARINA EDITORE, vol. UNICO, p. 1-12, ISBN/ISSN: 9788890389528. 23. F. DE PAOLA, GIUGNI M., A. RANUCCI (2010). Analisi sperimentale della relazione tra perdite idriche e pressioni. In: La Ricerca delle Perdite e la gestione delle reti di acquedotto. Aversa (CE), 18-19 settembre 2009 Tip. Ugo Quintily SpA, vol. U, p. 99-102, ISBN/ISSN: 1125-1255. 24. GIUGNI M., N. FONTANA, D. PORTOLANO (2010). Criteri innovativi di gestione per il controllo attivo delle perdite ed il recupero energetico nei sistemi acquedottistici. Un caso di studio. In: La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto. Aversa, settembre 2009, p. 1125-1255. 25. DI NARDO A, DI NATALE M., GRECO R, SANTONASTASO G.F (2010). Sull'utilizzo dell'entropia e della resilienza come indici delle prestazioni di una rete idrica. In: Atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Palermo, 14-17 settembre 2010. 26. DI NARDO A, DI NATALE M., SANTONASTASO G. F (2010). Una metodologia euristica per la distrettualizzazione di una rete di distribuzione idrica. In: Atti del XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Palermo, 14-17 settembre 2010.
<p>rapporti interni</p>	<p>0</p>	

brevetti depositati	0	
TOTALE	86	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Data 20/12/2010 09:21

Firma

Si autorizza alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali". La copia debitamente firmata deve essere depositata presso l'Ufficio competente dell'Ateneo.