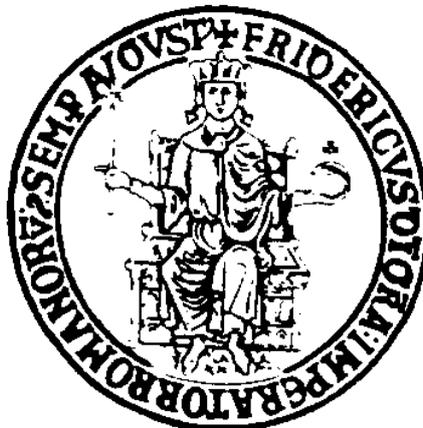


UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI

“FEDERICO II”



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Creazione del modello idraulico di un acquedotto reale misto da cartografia storica finalizzata allo studio della qualità delle acque e simulazioni su base probabilistica

Relatore

Prof. Ing. MASSIMILIANO FABBRICINO

Candidata

GIULIA PARISI

matricola M67/103

Correlatrice

Dott.sa GRAZIA FATTORUSO

ABSTRACT

Il notevole aumento delle modalità e delle tecniche per la gestione dei sistemi acquedottistici ha portato i soggetti gestori di sistemi idrici ad investire gran parte delle proprie risorse nell'accrescimento del livello di conoscenza attuale dei sistemi idrici di propria competenza. Tale fase è stata accompagnata dallo sviluppo e/o dal potenziamento di sistemi software (Sistemi Informativi Territoriali SIT/GIS, Supervisory Control And Data Acquisition System SCADA, Sistemi di Supporto alle Decisioni DSS) in grado di gestire tutte le informazioni raccolte durante le fasi di miglioramento della conoscenza degli impianti e delle reti, consentendo di rendere fruibili tali informazioni alle diverse strutture operative distribuite sul territorio. Questi sistemi risultano indispensabili per la gestione operativa, ma insufficienti ai fini del controllo strategico delle infrastrutture. Si pone quindi la necessità di un'integrazione tra gli strumenti di supervisione e controllo usuali, che utilizzano le informazioni disponibili per la valutazione in tempo reale dei parametri gestionali seguendo un approccio basato su reti di monitoraggio in continuo o campagne in sito, e la modellistica numerica a cui ci si riferisce per lo studio del funzionamento idraulico di tali sistemi.

In quest'ottica svolge un ruolo essenziale la simulazione del funzionamento idraulico di un acquedotto, così come della qualità dell'acque, tramite modellazione numerica, ed è in questo contesto che viene inquadrato il presente lavoro di tesi. Esso si pone come obiettivo la creazione del modello idraulico di un acquedotto reale, quale quello del Serino, finalizzato alla simulazione della qualità delle acque dello stesso. A partire dai dati idraulici, dalle carte di inquadramento territoriale dell'area di interesse, dalle tavole tecniche fornite dall'ente gestore e da documenti storici disponibili presso biblioteche pubbliche nazionali e internazionali, in particolare la bibliomediateca "A.Mellusi" di Benevento e "The New York public library" di New York, è stata ricostruita la storia dell'acquedotto ed elaborato un modello idraulico affidabile, che rispecchi il reale funzionamento idraulico dell'adduttore e le reali caratteristiche morfologiche della rete.

L'obiettivo è stato quello di creare una base di lavoro organica e completa, elaborare un modello idraulico che schematizzi nel modo più simile possibile alla realtà, l'effettiva complessità del funzionamento dell'opera in questione, rispecchiando il più possibile le caratteristiche del caso studio, che è l'acquedotto del Serino, un adduttore esterno costituito da due condotte realizzate in due differenti momenti storici:

- un canale a pelo libero costruito nel 1885, dallo sviluppo di oltre 60 km, che adduce le acque dalle sorgenti Acquaro-Pelosi ed Urciuoli ad una vasca di carico posta sulla collina di Cannello, da cui si invia l'acqua a diversi serbatoi che alimentano la città.

- una condotta in pressione, successivamente costruita come potenziamento del vecchio canale con funzionamento a gravità, realizzata interamente in acciaio DN 2000.

Mentre per la condotta in pressione l'ente gestore ha fornito dei dati, sia tecnici che di inquadramento territoriale, che ne hanno potuto testimoniare lo stato dell'arte, per ottenere informazioni sulla condotta a pelo libero è stato necessario una ricerca approfondita di documentazione tecnica presente in diversi archivi anche storici (Figure 1, 2, 3), essendo stata realizzata più di un secolo fa, sulla base di un esistente canale risalente all'epoca romana.

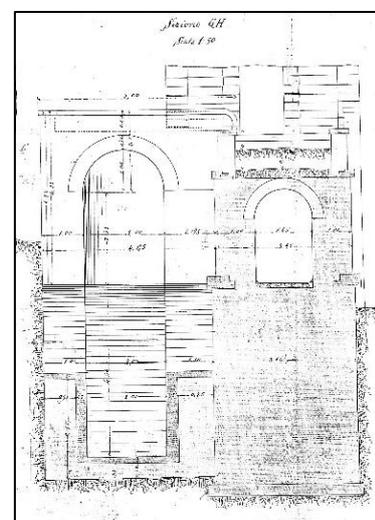
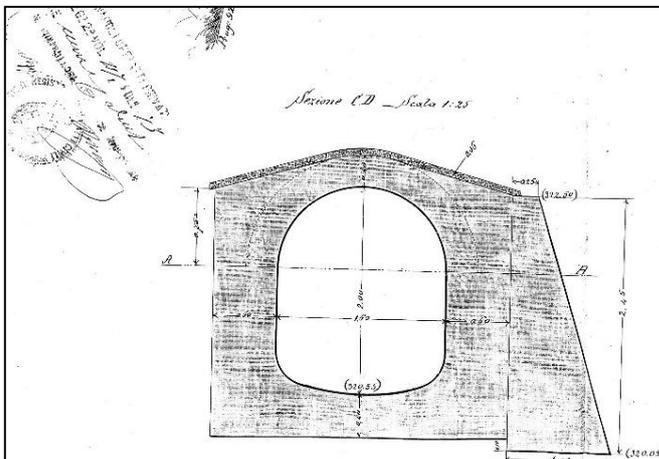
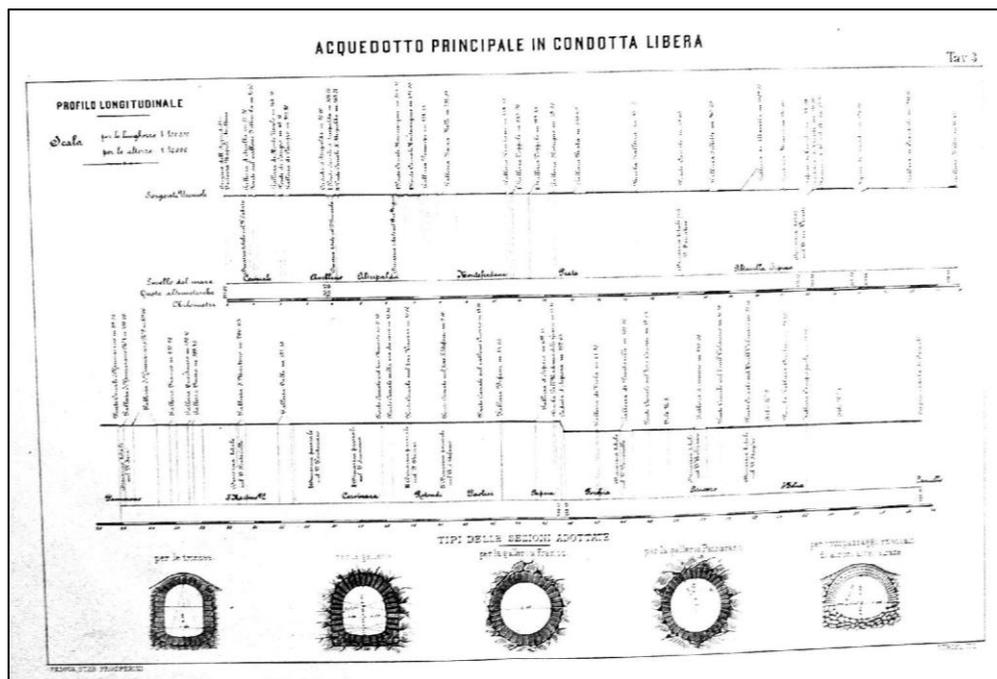


Figura 1 Sezioni adottate e profilo del canale a pelo libero - dal testo Acquedotto del Serino, 1885

All'inizio del lavoro di tesi è risultato difficile ricostruire i diversi tipi di sezioni esistenti, le particolarità, eventuali allargamenti o restringimenti della sezione, pendenze, salti, quote della condotta etc., tutte informazioni essenziali per la creazione di uno schema idraulico compatibile con il software simulativo EPANET, che fosse rappresentativo del reale funzionamento idraulico del canale e dalla cui variabilità dipende poi l'andamento dei risultati stessi delle simulazioni.

Il punto di forza dell'approccio utilizzato consiste nel fatto che, trattandosi di un acquedotto reale e soprattutto in funzione, e potendosi considerare questa una fase di verifica di vari aspetti già citati, non è stata possibile fare alcuna scelta arbitraria per facilitare la fase di creazione del reticolo soprattutto laddove si presentavano punti interrogativi relativi al tracciato, alle caratteristiche tecniche dell'acquedotto, o all'idraulica del sistema. Al fine di creare un modello idraulico che fosse conforme alla reale complessità del caso in esame, si è ricorso a molteplici fonti, tra cui indispensabile è risultata la cartografia tecnica-storica ritrovata in diversi studi e documenti di natura ingegneristica conservati in diverse biblioteche e consultati per rimettere assieme i diversi tasselli mancanti e procedere all'elaborazione del reticolo.

Dopo aver superato le criticità relative al tracciato dell'acquedotto e agli elementi particolari del canale come sifoni, salti e cadute si è ricostruita la storia del canale a pelo libero e, integrando sia i dati raccolti che quelli disponibili sulla condotta in pressione, si è proceduto alla creazione del modello dati EPANET attraverso il software GIS ArcGis, con cui si è schematizzato il caso studio in componenti fisiche della rete, quali nodi, collegamenti, valvole e serbatoi.

Simulazione del funzionamento ideale dell'acquedotto su base probabilistica

Una volta elaborati i dati in ArcGis e georeferenziati nel sistema di riferimento ED50/UTM33, si è proceduto all'estrazione delle quote altimetriche della rete attraverso un tool del software che ha consentito di associare a ciascun nodo della rete univocamente la sua quota, avendo a disposizione il DEM (20m) dell'area studio. Importato il modello in EPANET si è proceduto con la fase di simulazione del funzionamento idraulico dell'acquedotto applicando il metodo Montecarlo.

Sono stati generati in maniera casuale, attraverso l'algoritmo, i dati di portata richiesti dai 15 nodi in cui è concentrata l'utenza della rete. Seguendo l'approccio probabilistico si è voluto portare in conto la componente stocastica della richiesta idrica. Sono state stimate le portate per tutti i comuni serviti dall'acquedotto, sulla base del numero degli abitanti dei comuni e della dotazione idrica di

ciascuno di essi, e ciascun valore di portata è stato considerato come la media μ di una distribuzione di probabilità normale avente uno scarto σ del 20% rispetto alla media. Da tali distribuzioni (una per ogni nodo della rete) sono stati estratti 100 valori casuali, che sono diventati 100 condizioni di input per l'analisi del funzionamento idraulico dell'acquedotto.

Fatte le simulazioni nelle 100 condizioni ideali sopra citate, si è proceduto all'analisi degli scenari di pressione in output ed al confronto di tali pressioni nel caso appena citato, considerato come caso 1, ed in un secondo caso in cui la distribuzione considerata aveva uno scarto σ pari al 50% di μ ; Ciò è stato fatto nell'ottica di capire come l'acquedotto rispondesse se sollecitato da una maggiore richiesta idrica da parte dell'utenza.

Si riportano i risultati ottenuti:

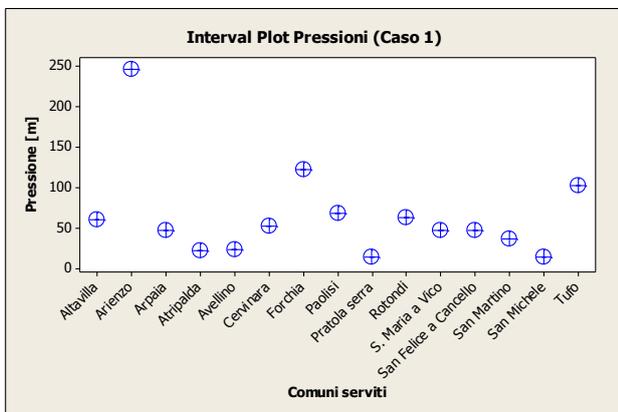


Figura 4 Valori medi delle pressioni CASO 1 ($\sigma=20\% \mu$)

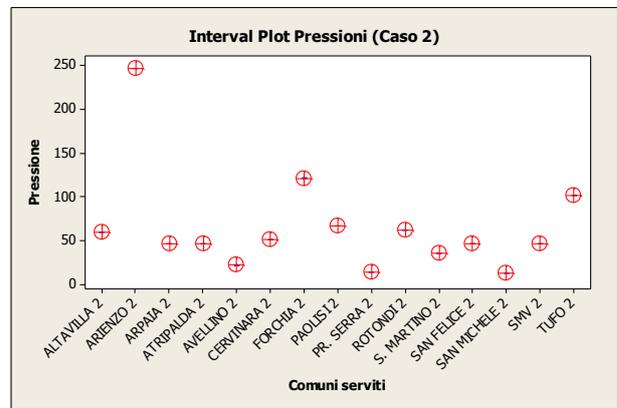


Figura 5 Valori medi delle pressioni CASO 2 ($\sigma=50\% \mu$)

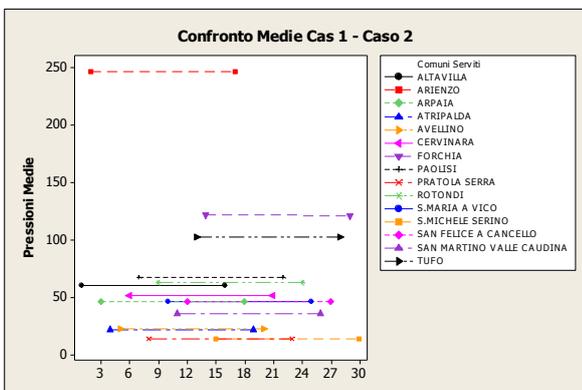


Figura 6 Confronto CASO 1 e CASO 2

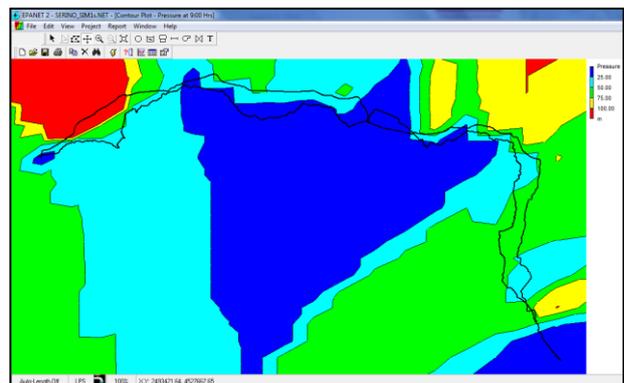


Figura 7 Distribuzione delle pressioni orario minimo carico

Dalle figure 4 e 5 si nota che c'è una bassa variabilità delle pressioni in output rispetto a ciascun valore medio sia nel caso 1 che nel caso 2. La rete risulta essere in equilibrio con i valori di pressioni ottenuti ai nodi d'utenza e, pur modificando le richieste di portata in ingresso, le pressioni si mantengono pressoché costanti e con uno scarto molto basso rispetto al valore medio.

Inoltre dalla figura 6 si osserva che, nelle zone che circondano i serbatoi, i carichi sono sempre inferiori ai 20 metri, per ovvie ragioni topografiche, ma grossomodo nelle restanti parti sono sempre maggiori, anche in condizione di carico minimo. La figura fa infatti riferimento alle 9:00 del mattino, in cui si ha il massimo prelievo giornaliero secondo i pattern utilizzati. Inoltre si nota che, soprattutto nel caso della condotta a gravità, le pressioni non scendono mai al di sotto dei 5-10 m di colonna d'acqua, anche in condizione di minimo carico. Ciò in accordo con il fatto che, sia per limiti normativi, sia anche per motivi di natura igienica, negli acquedotti sono da evitare sia il funzionamento a canaletta (cioè con sezione non piena e pressione pari a quella atmosferica) sia le depressioni. Analizzando l'andamento altimetrico delle condotte di adduzione, si nota come i problemi di sovrappressioni nascano principalmente nella zona finale del tracciato (Figura 7, in rosso) che corrisponde alla zona più depressa attraversata dalla condotta in pressione. Ciò causa un aumento notevole del carico sopra le condotte.