

# INDAGINE SUGLI ACQUEDOTTI DI ROMA ANTICA IN AMBIENTE GIS

di Chiara Ragazzoni

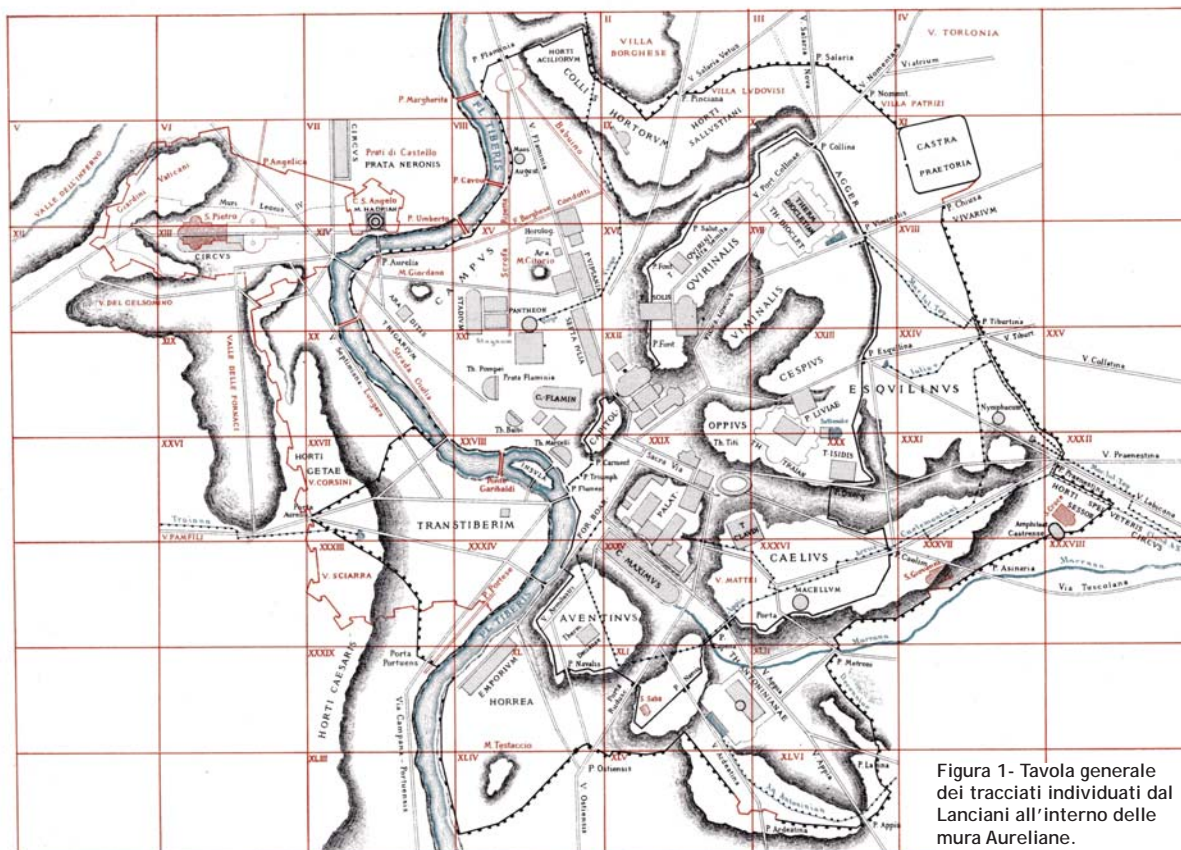


Figura 1 - Tavola generale dei tracciati individuati dal Lanciani all'interno delle mura Aureliane.

Una trattazione approfondita e completa in merito agli antichi acquedotti presenti sul territorio romano nasce dall'esigenza di realizzare un valido ed aggiornato strumento interattivo di consultazione, concepito in stretta relazione con l'utilizzo delle moderne applicazioni GIS e di tutte quelle strumentazioni informatiche di rilievo, documentazione e catalogazione che si sono largamente sviluppate nell'ultimo decennio. Il tutto unito ad una costante idea di fruibilità diretta, così da poter essere apprezzata da un'ampia tipologia di utenza, insieme alla possibilità di fornire un servizio di elevata qualità dal punto di vista didattico, nozionistico, tecnico e scientifico.

Uno stage biennale presso l'ISPRA, il cui progetto formativo prevedeva la raccolta, il rilevamento, lo studio e la descrizione delle caratteristiche idrauliche degli acquedotti di epoca romana, è stato il punto di partenza per la realizzazione di un ampio lavoro che ha interessato lo sviluppo e l'approfondimento degli undici acquedotti romani in stretta relazione alle applicazioni GIS. L'indagine è stata compiuta tenendo presente che ogni tracciato è stato elaborato rispetto ai riferimenti più attendibili fin ora in nostro possesso, ovvero le carte e gli studi compiuti in epoca recente dalla Sovrinten-

denza ai beni culturali del Comune di Roma e le innumerevoli indagini sul campo attuate nella prima metà del Novecento dagli archeologi Thomas Ashby ed Esther Van Deman all'interno dei confini della campagna romana interessata dal passaggio degli acquedotti, mentre per le zone dell'area urbana notevoli contributi sono stati forniti dagli studi condotti da Rodolfo Lanciani.

Le monumentali condotte idriche sono state oggetto di un'accurata ricerca storiografica, bibliografica, archeologica, strutturale ed ingegneristica.

La fonte principale a cui si è fatto costantemente riferimento è rappresentata dall'antico testo redatto da Frontino: *De Aequeductu Urbis Romae*, insieme alle indagini di T. Ashby raccolte poi nel testo *The Aqueducts of ancient Rome* del 1935, edito soltanto post mortem.

Le ricerche sviluppate sono state impostate con lo scopo di realizzare uno studio che perseguisse un criterio analitico, ma allo stesso tempo didascalico, al fine di rendere più diretta, veloce ed esaustiva la comprensione e l'acquisizione del concetto stesso.

Il primo passo per affrontare ed analizzare in tutti i suoi aspetti l'argomento è stato quello di raccogliere una folta bibliografia, dove il catalogo OPAC SBN si è rivelato uno strumento indispensabile, insieme alla consultazione dei testi della Biblioteca Nazionale Centrale di Roma, all'interno della quale vi è una specifica sezione dedicata esclusivamente a Roma.

Il materiale cartografico e fotografico è stato fornito dalla Soprintendenza ai Beni Culturali di Roma, poiché l'argomento in questione necessitava dell'inevitabile consulenza dell'ente statale per via dei vincoli e delle zone di interesse a cui le antiche condotte sono continuamente sottoposte.

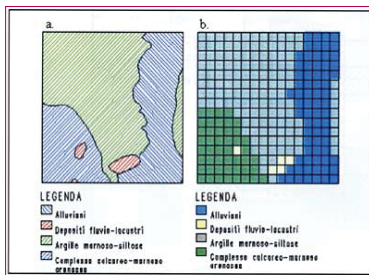


Figura 2 - Confronto tra modello RASTER (destra) e modello VECTOR (a sinistra).

**ORIGINE E SVILUPPO DELL'APPLICAZIONE GIS IN RELAZIONE AGLI ACQUEDOTTI**

Partendo proprio dalla canonica definizione dell'acronimo inglese GIS, ovvero: "insieme di strumenti per raccogliere, archiviare, recuperare a piacimento, trasformare e visualizzare dati spaziali e dati non spaziali" ha avuto origine la giustapposizione con gli acquedotti romani.

Un sistema GIS non è altro che un mezzo informatico in grado di produrre, gestire ed analizzare i dati spaziali in relazione a ciascun elemento geografico o ad una o più descrizioni alfanumeriche inserite all'interno dello stesso.

Per procedere alla rappresentazione dei dati è necessario creare un modello rappresentativo dei dati flessibile, ma al contempo di rapido accesso e quanto più verosimile a fenomeni ed esigenze reali. Al fine di soddisfare tali esigenze, in ambiente GIS, vengono individuate tre fondamentali tipologie di informazioni: geometriche, topologiche ed informative.

Le prime riguardano la rappresentazione cartografica degli oggetti rappresentati, i quali poi vengono nuovamente suddivisi in tre ulteriori tipologie, tipizzate da forme base: il punto, la linea e il poligono, i quali a loro volta vengono definiti e col-

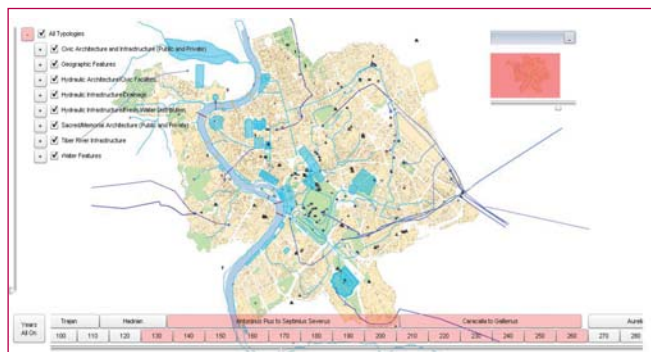


Figura 3 - Utilizzo di WebGIS realizzato sul territorio romano nello studio prodotto dalla dott.ssa Katherine Wentworth Rinne.

Nome oggetto	Acqua Appia	Acqua Aniovetus	Acqua Marcia	Acqua Tepula	Acqua Julia	Acqua Vergine	Acqua Anstina	Acqua Claudia	Acqua Anionova	Acqua Traiana	Acqua Alessandrina
Tipo tracciato											
Epoca costruzione											
Lunghezza											
Portata											
Fonte											
Epoca storica											
Stocchi											
Restanti											
Derivazioni, terme, mostre											
Litteratae antiche											
Note caratteristiche											
Ponti											
Tecnica costruttiva											
Isurizioni											
Fotografie Ashby											
Disegni Piranesi											
Cambiamenti nel tempo											
Bibliografia											

Figura 4 - Tabella strutturata per l'articolazione del progetto GIS.

locati nello spazio con dimensioni proprie. Invece le informazioni relative alle caratteristiche topologiche si riferiscono in maniera più specifica alle relazioni reciproche: la connessione, l'adiacenza e l'inclusione, che sussistono tra i vari elementi inseriti ed analizzati, mentre la tipologia informativa si riferisce esclusivamente ai dati associati a ciascun oggetto, i quali possono avere valenza numerica o testuale, ArcGIS (applicativo GIS prodotto dalla ESRI ed utilizzato per questo studio) inoltre prevede la gestione di queste informazioni attraverso l'utilizzo di un database relazionale. Altro l'aspetto che caratterizza questo programma è quello geometrico, esso infatti memorizza la posizione del dato impiegando un sistema di coordinate che definisce la posizione geografica dell'oggetto.

Un GIS infatti può gestire contemporaneamente i dati provenienti da diversi sistemi di proiezione e riferimento come per esempio l'UTM o Gauss Boaga. Bisogna tener presente inoltre che, a differenza della cartografia su carta, la scala in un GIS è un parametro di qualità del dato e non di visualizzazione. Il valore della scala infatti esprime le cifre significative delle coordinate di georiferimento che devono essere considerate valide.

Inoltre l'informazione territoriale può essere codificata in un sistema informativo geografico attraverso due tipologie principali di dato: quello vettoriale e quello raster.

I dati vettoriali sono costituiti essenzialmente da elementi semplici quali punti, linee e poligoni, che vengono poi codificati e memorizzati sulla base delle loro coordinate.



Figura 5 - Incisione del Piranesi in cui si concretizza il problema di un congruente posizionamento.

Il dato raster invece permette di rappresentare il mondo reale attraverso una matrice di celle, generalmente di forma quadrata o rettangolare, dette pixel, ciascuna delle quali ha poi associato a sé un'informazione relativa a quello che il pixel stesso rappresenta sul territorio.

Tuttavia la cartografia relativa ad informazioni vettoriali è particolarmente adatta alla rappresentazione di dati che variano in modo discreto: strade o acquedotti, mentre la cartografia raster trova maggiore applicazione per dati che subiscono una variazione continua: parametri relativi ad una carta di acclività o erosione provocata dalle acque. È interessante rilevare poi come ArcGIS permetta contemporaneamente la sussistenza e l'utilizzo di formati raster e vettoriali, nonché il rapido passaggio di consultazione dall'uno all'altro. I dati elaborati da un GIS rappresentano un modello del mondo reale, quindi è possibile dire che un GIS rappresenta su un computer il mondo reale, così come una tradizionale carta rappresenta il mondo sul supporto cartaceo. Tuttavia il modo in cui i dati vengono archiviati nel GIS è profondamente diverso da quello che viene utilizzato per il supporto cartaceo. I dati in ArcGIS, siano essi punti, linee o aree, sono descritti da numeri ed archiviati a loro volta come numeri, che rappresentano le coordinate X e Y dei dati stessi, ovvero grandezze numeriche. Grazie al GIS è possibile associare i dati geografici alle informazioni descrittive ad essi relative che prendono il nome di attributi.

Gli attributi riferiti ad un bene culturale possono comprendere un'ampia gamma di dati come il numero della particella, la legge o l'articolo secondo cui è posta sotto vincolo di tutela una determinata area, ecc.

Altro elemento fondamentale di un GIS è quello relativo alla sua funzionalità di analisi spaziale, ovvero la capacità di saper trasformare, ridurre ed elaborare, ovviamente secondo i criteri inseriti dall'utente, tutti gli elementi geografici degli attributi.

Altre funzionalità del GIS mostrano come tali elaborazioni possono interagire con gli acquedotti romani, nell'*overlay* topologico si effettua una sovrapposizione tra gli elementi di due differenti temi per dare origine ad un ulteriore nuovo tematismo, ad esempio per sovrapposizione del tema 'confini parco' con quello relativo ai 'confini comuni' si da origine ad un nuovo livello, utile per determinare magari le superfici di competenza di ogni amministrazione, oppure semplicemente la percentuale di area comunale protetta. Invece le *query* spaziali, ossia le interrogazioni di basi di dati, hanno come riferimento criteri spaziali: vicinanza, sovrapposizione o la totale scomparsa dell'elemento in questione (possono esse-

re interrogate più database incrociando i dati per ottenere un'informazione con un campo d'azione più ristretto in base alla specificità dell'informazione richiesta). Il *buffering* indica un'operazione puntuale, lineare o poligonale, per definire un relativo poligono di rispetto, in relazione ad una distanza fissa o variabile in funzione ovviamente degli attributi dell'elemento posto in analisi (cambiamento del limiti di tutela, oppure deterioramento o crollo di parti di acquedotto).

La segmentazione è un processo che sviluppa degli algoritmi che generalmente vengono applicati su temi lineari per determinare un punto ad una determinata lunghezza dall'inizio del tema stesso (potrebbe essere utilizzata per indicare e contrassegnare i tratti di acquedotto che sono stati oggetto di lavori di restauro o manutenzione). Tutti i settori che si occupano dello studio e della gestione del territorio trovano in ArcGIS la possibilità di integrare dati che appartengono a formati di rappresentazione, scale e sistemi di riferimento diversi e di elaborarli ed analizzarli secondo determinati obiettivi conoscitivi.

Per esempio, per quanto riguarda l'elaborazione del dato GIS, nel campo dei beni culturali e nello specifico degli acquedotti romani, l'informazione geografica è una componente essenziale delle problematiche legate alla gestione degli

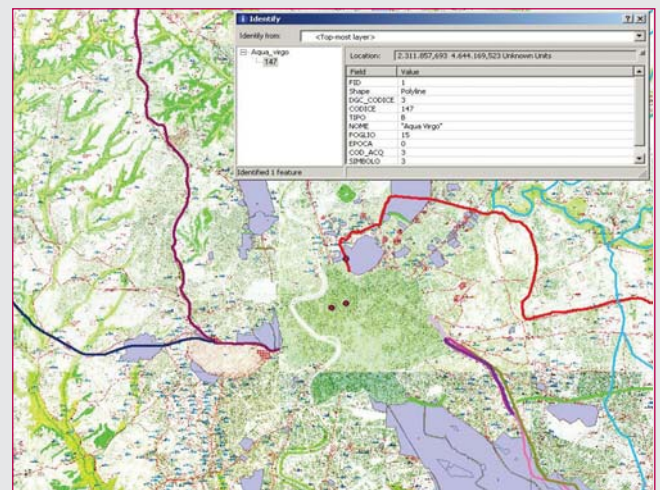


Figura 7 - L'immagine mostra l'identificazione del tracciato dell'acquedotto Vergine (contrassegnato in rosso) nel suo tratto cittadino.

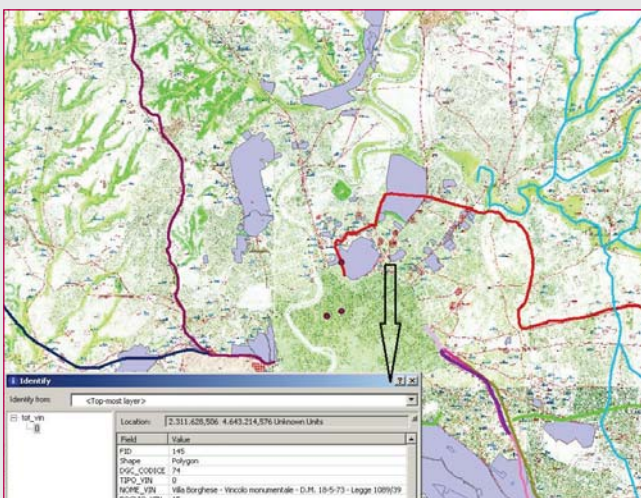


Figura 6 - Immagine realizzata con le carte georiferite dell'agro romano sulle quali sono stati applicati i layer degli acquedotti e quello dei vincoli, l'area indicata dalla freccia mostra la zona per cui si è richiesta l'informazione: vincolo paesaggistico Villa Borghese.

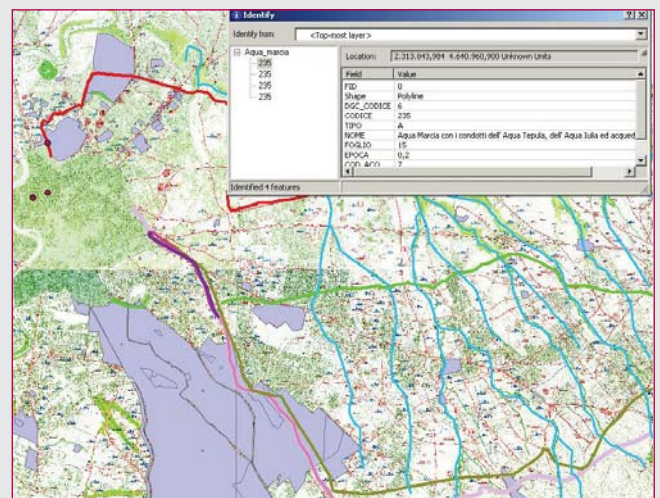


Figura 8 - Informazione sull'identificazione dell'acquedotto, in questo caso uno strasso tracciato interessa ben tre acquedotti differenti: l'Acqua Marcia (rosa), l'Acqua Giulia (fucsia) e l'Acqua Tepula (lilla), i cui percorsi nell'ultimo tratto si sovrappongono a quello principale della Marcia.

stessi, nonché al patrimonio storico artistico ad essi associato. Un utilizzo mirato e consapevole di un GIS, in sinergia con tutte le attività di tutela valorizzazione di un bene, permetterebbero di indirizzare in maniera efficace ed innovativa le strategie di gestione dei Beni Culturali nell'ambito della pianificazione territoriale.

**DAL SISTEMA GIS AL WEBGIS**

Il WebGIS è un sistema informativo geografico le cui funzionalità si basano su tecnologie di rete (Web/internet), alcune soluzioni software che consentono la pubblicazione sul Web dei servizi GIS forniscono accesso ai servizi GIS residenti su un server attraverso la rete internet o intranet, permettendo così all'utente con un comune browser di accedere ai dati territoriali richiesti attraverso le funzioni tipiche di un GIS. Un concreto esempio di quest'applicazione è riportato nella figura 3 che mostra il lavoro promosso dalla dott.ssa Katherine Wentworth Rinne presso l'Università della Virginia in merito agli acquedotti romani.

**IMPOSTAZIONE DI UN PROGETTO GIS RELATIVO AGLI ACQUEDOTTI ROMANI**

Un progetto GIS si articola secondo un comune modello logico di riferimento diviso in quattro fasi:

- definizione degli obiettivi;
- creazione del database;
- analisi dei dati;
- presentazione dei risultati.

La prima fase è fondamentale per lo sviluppo funzionale e dinamico del sistema stesso. L'idea è stata quella di fornire all'utente diversi livelli d'informazione ed approfondimento, tutti caratterizzati da un rapido ed esauritivo accesso di consultazione.

Questo lavoro, rispetto alle analisi sopracitate, vuole porre maggiore attenzione su una informazione di carattere prettamente scientifico, con dati cartografici forniti direttamente dalla Soprintendenza ai Beni Culturali di Roma, l'utilizzo di una cartografia georiferita corredata da ortofoto a cui attersi e dove collocare i percorsi degli acquedotti e tutte le altre strutture presenti sul territorio poste sotto vincolo di tutela.

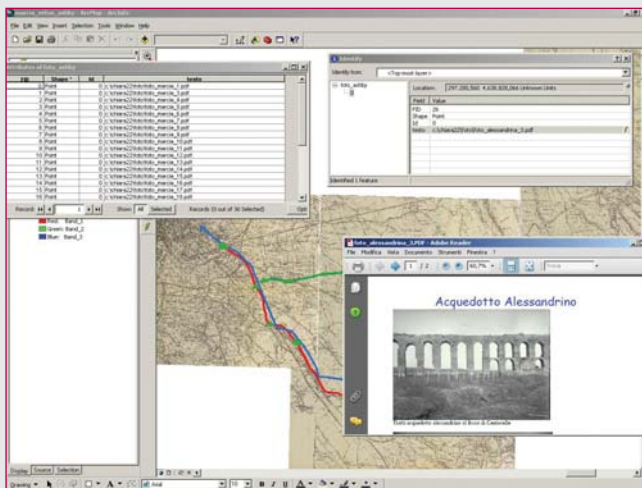


Figura 9 - L'immagine mostra le carte IGM utilizzate da Ashby per tracciare il percorso degli acquedotti all'interno della campagna romana, insieme al layer degli acquedotti è presente anche quello dei punti relativo alle foto, che con un ulteriore click sulla stringa che definisce l'acquedotto è possibile visualizzare anche l'immagine desiderata.

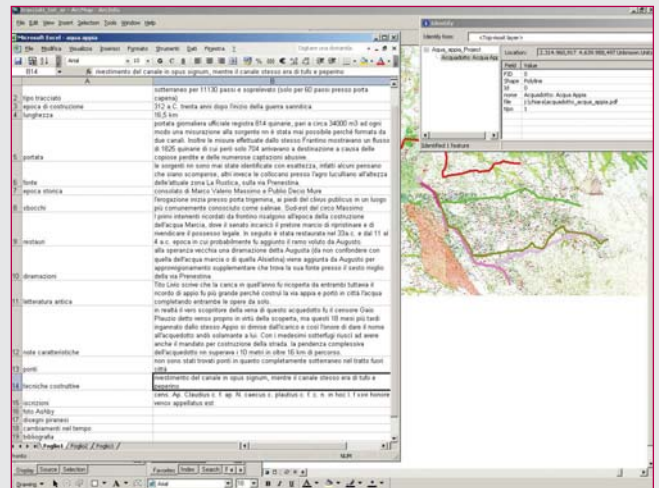


Figura 10 - L'immagine mostra come ArcGIS collega l'informazione richiesta al database corrispondente, che individua tutte le notizie relative all'Acquedotto Appio

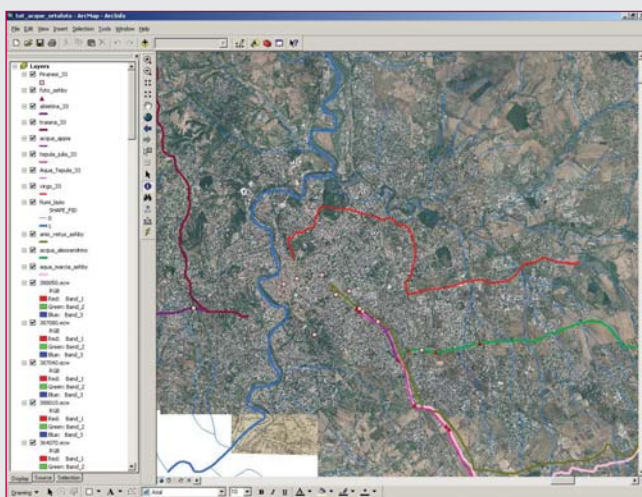


Figura 11 - Immagine costruita sulla base di ortofoto, mostra tutti i layer realizzati per dar luogo a questo progetto. La barra a sinistra evidenzia tutti i livelli messi in evidenza: le immagini raster georiferite, le ortofoto, i tracciati e i punti delle relative foto.

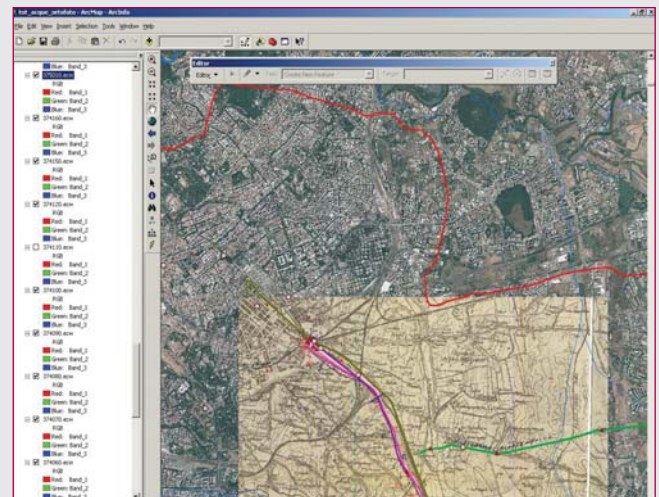


Figura 12 - L'immagine mostra come tutti i vari layer inseriti si sovrappongano piuttosto uniformemente l'uno all'altro, nonostante le ricorrenti incongruenze derivate dalle differenti coordinate relative ai diversi sistemi di riferimento posseduti dalle carte utilizzate.

L'altro passo importante è stato quello relativo alla definizione di un database sulle informazioni inerenti gli acquedotti riportate nella tabella sottostante.

In tabella sono delineate le differenti tipologie di analisi, quella verticale, con notizie relative al singolo acquedotto, quella orizzontale, in cui si evidenziano nettamente le peculiarità comuni a uno o a più acquedotti secondo le rispettive voci e infine quella trasversale, per mezzo della quale si può accedere con link esterni ad approfondimenti su temi specifici. Successivamente sono state individuate e descritte in dettaglio le caratteristiche proprie di ciascun acquedotto, poi è stato necessario individuare degli attributi alfanumerici da associare ai dati spaziali e organizzare le tabelle per impostare i dati su più piani tematici, per attuare ciò è stata realizzata un'ulteriore tabella dedicata alle immagini relative alla voce di dettaglio 'foto Ashby' e 'disegni Piranesi' in cui ciascuna immagine è collocata nel punto esatto in cui si trova sul tracciato dell'acquedotto.

Per giungere a questo risultato è necessario definire l'esatta ubicazione, tuttavia per alcuni disegni del Piranesi non è stato possibile seguire questo criterio, poiché nell'ambito delle medesima rappresentazione sono presenti visioni d'insieme surreale, all'interno delle quali vengono rappresentati monumenti o parti di acquedotto distanti fra di loro, ma nell'insieme danno luogo a quella visione suggestiva che l'artista aveva voluto conferire alla sua opera, elemento difficile da inserire come dato cartografico.

Una volta impostato il sistema si può passare all'effettiva analisi ed elaborazione dei dati, fase in cui ArcGIS dimostra tutta la sua potenzialità nell'effettuare i vari collegamenti spaziali. Tale fase infatti consta anche di operazioni di interrogazione e di analisi che possono essere eseguite su dati geografici e non, sugli attributi o in modo integrato sugli uni e sugli altri, su un singolo livello tematico o sulla combinazione di più livelli, in modo da ottenere piani dal contenuto informativo diverso da quelli originari. Per la presentazione dei risultati il sistema GIS offre numerose opzioni in quanto i dati possono essere visualizzati in mappe o schemi per comunicare informazioni geografiche attraverso simbologie e colori selezionabili a secondo delle esigenze di rappresentazione. Nel caso specifico ciascun acquedotto è stato contraddistinto da una propria colorazione, determinata in base alle caratteristiche proprie che ogni acquedotto presenta.

## CONCLUSIONI

L'idea, secondo cui questo progetto si è sviluppato, è nata dal fatto che una tematica come gli acquedotti romani, legata all'utilizzo della tecnologia GIS, avrebbe dato origine ad interessanti ed utili strumenti di studio in materia di gestione dei beni culturali. In particolar modo questa giustapposizione si è rivelata particolarmente efficace per lo studio delle condotte romane, poiché la loro grandezza, struttura architettonica e incertezza dei tracciati (poiché sotterranei), non ne facilitavano affatto lo studio. Proprio per questo il GIS potrebbe rappresentare uno strumento chiave, se costantemente incrementato ed aggiornato con tutti i nuovi ritrovamenti archeologici, vincoli paesaggistici e qualunque altro tipo di informazione pertinente ad una ottimale tutela degli acquedotti, ma generalizzando lo stesso sistema potrebbe essere applicato per la salvaguardia, controllo e gestione di tutti i beni culturali presenti sul territorio italiano.

## BIBLIOGRAFIA

- Ashby T., *The Aqueducts of ancient Rome*, Oxford 1935;  
Lanciani R., *Topografia di Roma Antica I commentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti*, Roma 1881;  
Lanciani R., *Forma Urbis Romae*, Roma 1910;  
Van Deman E., *The Building of Roman Aqueduct*, Washington DC 1934;  
Panimolle G., *Gli acquedotti di Roma antica nelle incisioni di Giovanni Battista Piranesi, Il tomo*, edizioni Abete, Roma 1984;  
Rinne K.W., 2008-2012, <http://www3.iath.virginia.edu/waters/>;  
Sexi Julii Frontini, *De aquaeductu Urbis Romae: editio phototypica* cod. Casin. 361, saec. 12. Adiciuntur Varronis de lingua latina fragmentum Petri Diaconi operum catalogus ex eodem codice, 1633;  
Tesi di stage ISPRA 2009, C. Ragazzoni, Progetto di indagine sugli acquedotti di Roma antica;  
Tesi di stage ISPRA 2010, C. Ragazzoni, Indagine sugli acquedotti di Roma antica in ambiente GIS.

## ABSTRACT

*The Ancient Aqueducts on Roman Territory - A thorough and comprehensive treatise on the ancient aqueducts on Roman territory has been developed by the need to create a valid and updated interactive consultation tool, designed in close connection with the use of modern GIS applications and all the major computer equipment, documentation and data elements that have been largely developed in the last decade. Set up with a constant aim at usability, so it can be appreciated by a wide range of users, the treatise retains the ability to provide a high quality service from the teaching, notional, technical and scientific point of view.*

## PAROLE CHIAVE

APPLICAZIONE GIS, ACQUEDOTTI ROMANI, THOMAS ASHBY, CARTOGRAFIA DI ROMA.

## AUTORE

CHIARA RAGAZZONI  
CHIARA.RAGAZZONI@LIBERO.IT

LAUREATA IN CONSERVAZIONE DEI BENI CULTURALI PRESSO L'UNIVERSITÀ LA TUSCIA DI VITERBO, SI INTERESSA DI RESTAURO E TECNOLOGIE APPLICATE AI BENI CULTURALI



**WHAT  
YOU SEE IS WHAT  
YOU GET**  
IMAGING  
STATION



**IS**  
IMAGING  
STATION

  
**CAPTURE  
REALITY**

La prima e unica imaging station  
con tecnologia "Through The Lens" e zoom ottico 30x.

[www.geotop.it](http://www.geotop.it)