

## TECNOLOGIE INFORMATICHE PER LA GESTIONE DELLE CONOSCENZE NELLA CONSERVAZIONE DEL COSTRUITO STORICO

### 1. INTRODUZIONE

L'esperienza di ricerca presentata si basa fundamentalmente su una caratteristica che deriva dall'incontro tra il settore delle discipline della conservazione e quello delle discipline informatiche.

L'attività, sviluppata da numerosi anni, è sostanzialmente afferente ai temi disciplinari del **recupero**, non soltanto dei beni monumentali, ma anche di quelli rappresentati dalla cosiddetta edilizia storica minore, l'edilizia di base, intesa per consistenza materica e caratteri precipui come tessuto connettivo di vaste aree storicamente antropizzate.

L'obiettivo fondamentale dell'intero *corpus* di questa articolata attività di ricerca risulta focalizzato sulla individuazione e sulla configurazione di metodologie integrate che siano in grado di formulare risposte organizzative ad un aspetto prioritario e trasversale rispetto alle diverse fasi dell'intero processo del recupero: quello della **conoscenza**.

Ci si colloca, dunque, nel segmento iniziale di tale processo, affrontando la sistematica organizzazione della conoscenza e della catalogazione del patrimonio costruito da tutelare, al fine di rendere organiche ed integrate le fasi di raccolta e di analisi dei dati e quelle successive di controllo dei risultati. La conservazione costituisce attività in continuo rapporto dialettico con il processo conoscitivo, laddove la conoscenza del manufatto rappresenta la prima istanza dell'azione di recupero.

Al fine di permettere la gestione delle fasi della conoscenza per la valutazione dello stato di conservazione, propedeutiche a quelle del progetto, dell'intervento e, nuovamente, del controllo dei risultati, è necessario correlare costantemente le specificità del manufatto architettonico, restituito nella sua esatta geometria, con gli elementi che descrivono il suo stato materico attraverso le tecniche interattive proprie dell'informatica e della grafica computerizzata.

Diversi settori di speculazione scientifica, poi, anche se non afferenti al campo della tutela, esprimono potenzialità di indagine che si integrano con le discipline proprie della salvaguardia, in una prospettiva progettuale la quale, forte della interdisciplinarietà e di nuove sinergie tra cultura umanistica e cultura scientifica, configura metodologie opportune per la conoscenza e la susseguente predisposizione degli interventi di conservazione (ACCARDO, APPOLONIA, SALONIA 1996).

A questo scopo, negli anni passati, sono state sviluppate alcune sperimentazioni volte alla verifica di utilizzazioni originali alla scala architettonica dei software GIS maggiormente diffusi, esportando quindi tecnologie che, viceversa, nascono in un loro ambito tipicamente territoriale. L'idea di base è stata quella di realizzare una personalizzazione di questi prodotti, tale da strutturare risposte adeguate alle problematiche affrontate.

Sulla scorta dei risultati più che soddisfacenti di queste prime sperimentazioni, è stato configurato, ed è attualmente in fase di implementazione, un sistema informativo – **ARKIS** (**A**rchitecture **R**ecovery **K**nowledge **I**nformation **S**ystem) – che rappresenta uno strumento modulare, articolato in sottosistemi che garantiscano ciascuno diversi “livelli” di conoscenza attraverso successivi gradi di approfondimento.

## 2. ASPETTI METODOLOGICI E CARATTERISTICHE

L'impianto teorico-metodologico dell'intera ricerca è finalizzato alla realizzazione di un sistema avanzato, dove all'informazione geometrica, intrinsecamente esaustiva, vengono associate, all'interno di un apposito ambiente informatico, tutte le informazioni di tipo alfanumerico, derivanti da diversi percorsi di conoscenza e, quindi, necessarie per la completa valutazione dello stato di conservazione del manufatto sul quale intervenire. Tale sistema rappresenta un modello modulare e flessibile da implementare con dati ulteriori, relativi ad eventi propri dell'intervento stesso e ad esso successivi, in una prassi operativa di monitoraggio, fondamentale in un'ottica di manutenzione programmata (SALONIA, NEGRI 1996).

L'esperienza di ricerca sviluppata si integra con quanto, negli ultimi anni, si è andato positivamente consolidando all'interno del dibattito culturale relativamente al progetto di conservazione dell'esistente. Questo, proprio per l'intrinseco valore processuale, attraversa tutti i momenti tipici dell'approccio scientifico e filologico al manufatto, dall'analisi delle caratteristiche storico-architettoniche e geometrico-formali alla individuazione delle patologie, dalla interpretazione e dal riconoscimento dei valori lessicali alla valutazione dello stato di conservazione, fino a configurare il progetto stesso e programmarne la gestione successiva.

La complessità e il connotato fortemente sistemico dei fenomeni sottesi dal manufatto edilizio storico (geometria, materiali, patologie, storia, successive stratificazioni) necessitano di ampie possibilità di esplorazione di informazioni attinenti ai diversi domini disciplinari e, quindi, richiedono l'integrazione di più archivi di dati in un unico sistema, per consentire consultazioni simultanee, navigazioni attraverso basi di conoscenza e configurazioni di sintesi.

Si tratta, in sostanza, di definire i diversi itinerari di conoscenza e le relative basi di dati, individuare le reciproche interazioni per promuovere

un'azione interpretativa complessa sullo stato di conservazione dell'oggetto edilizio storico, mediante diversificate procedure di acquisizione e registrazione dei dati, congruenti con la natura degli stessi e relativi alla configurazione geometrica, strutturale e materica, allo studio dei caratteri storico-architettonici, così come alla comprensione dei processi formativi e all'analisi delle patologie di degrado in rapporto alle tipologie dei materiali costitutivi.

Con questi obiettivi è stato sviluppato un progetto finalizzato alla configurazione di una metodologia integrata per la gestione del processo conoscitivo, catalogativo e, infine, di recupero del patrimonio edilizio storico, la quale, mediante l'utilizzazione di strumenti informatici, ha permesso di strutturare ambienti di "sintesi delle conoscenze".

Il prodotto, fino ad ora conseguito, è rappresentato da un prototipo di Sistema Informativo il quale, progettato in moduli autonomi ma tra loro interconnessi, governa le fasi di acquisizione dei dati e garantisce diversi livelli di conoscenza (Figg. 1-2), dalla scala territoriale di complessi di beni alla scala architettonica del singolo manufatto.

Il requisito fondamentale del sistema è rappresentato dalla capacità di interconnettere dati alfanumerici e dati geometrici, mediante funzioni di posizionamento spaziale relazionale per la "caratterizzazione geometrica delle informazioni".

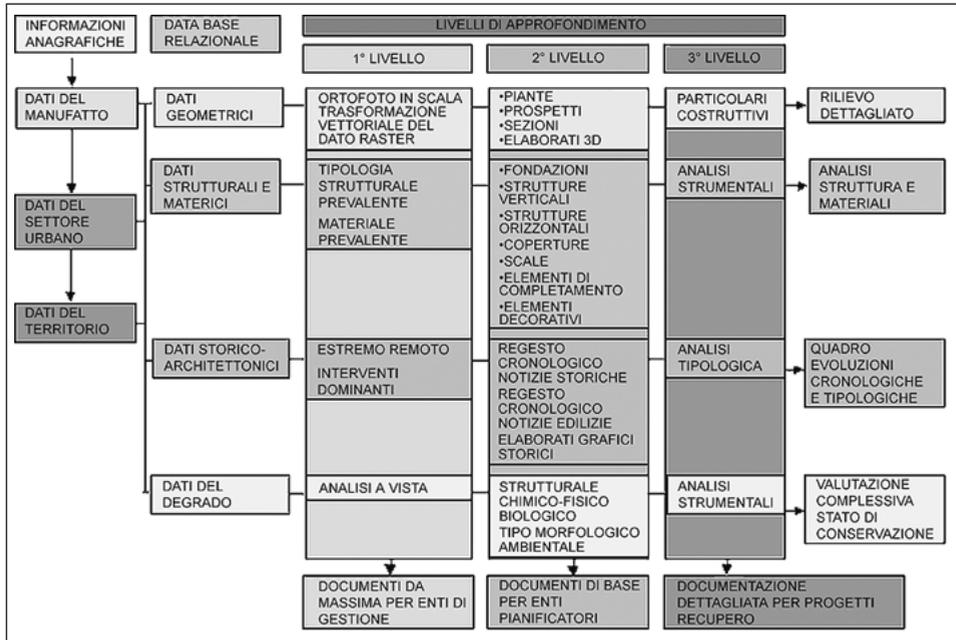
Queste ultime, relative a ciascun dominio di conoscenza, vengono graficizzate sulla geometria dell'edificio e rappresentate su layer separati, ciascuno dei quali contiene elementi e informazioni omogenei perché appartenenti alla stessa classe.

Ad ogni layer sono associate tabelle, database, pagine di testo, nelle quali vengono organizzati e sistematizzati i dati descrittivi che fanno riferimento all'immagine in esso contenuta, consultabili cliccando semplicemente sulla parte che interessa.

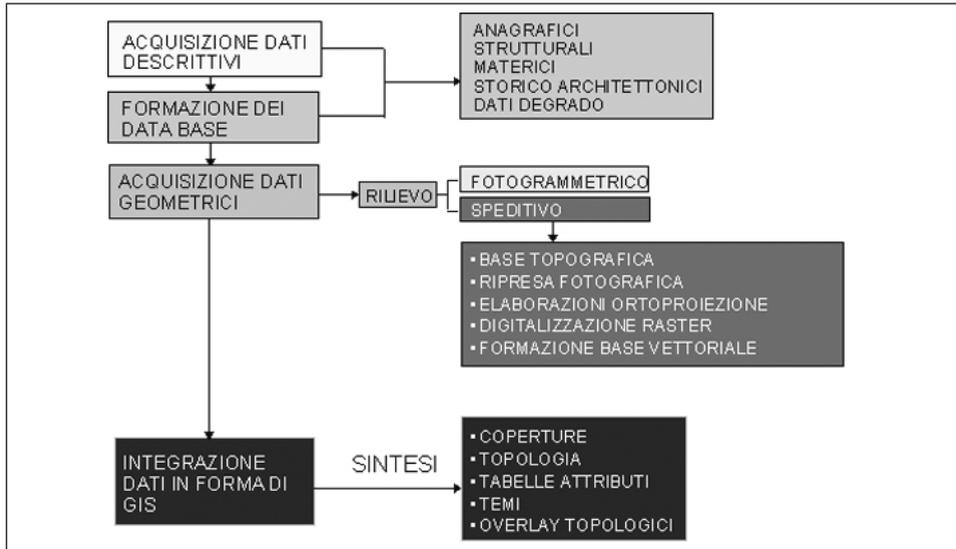
Operazioni di overlay (incrocio topologico) – la possibilità cioè di sovrapporre più layer (lucidi elettronici, ciascuno, quindi, con il proprio bagaglio informativo associato) – permettono di configurare diverse "sintesi delle conoscenze" e la interpretazione di diverse fenomenologie (Fig. 3).

L'aspetto innovativo della ricerca, come detto nell'introduzione, consiste nel trasferimento delle funzionalità specifiche dei Geographical Information Systems – GIS – (HICKIN, MAGUIRE, STRACHAN 1991; MAGUIRE, GOODCHILD, RHIND 1991) alla scala architettonica del singolo manufatto, interpretato, nelle forme canoniche della sua rappresentazione grafica (piante, prospetti e sezioni) alla stregua di una qualsivoglia porzione di territorio.

Questa scelta ha introdotto la possibilità di interrelare il dato descrittivo a quello grafico, localizzando l'informazione nel punto (o nell'area) geometricamente esatto nel rispetto del reciproco rapporto topologico delle diverse parti dell'edificio.



1



2

Fig. 1-2 – Schemi illustrativi del Sistema Informativo. Al fine di realizzare uno strumento che possa essere utilizzato da parte di Organismi diversi e deputati a funzioni che vanno dalla catalogazione, alla predisposizione di strategie e progetti per il recupero, sono stati previsti tre diversi livelli di approfondimento, dotati di una precisa omogeneità di scala all'interno di ciascun livello, in modo da rendere congruente la tipologia dei risultati orientati a specifiche categorie di utilizzazione, dalla semplice annotazione di informazioni di carattere generale, alla progressiva definizione e integrazione delle stesse.

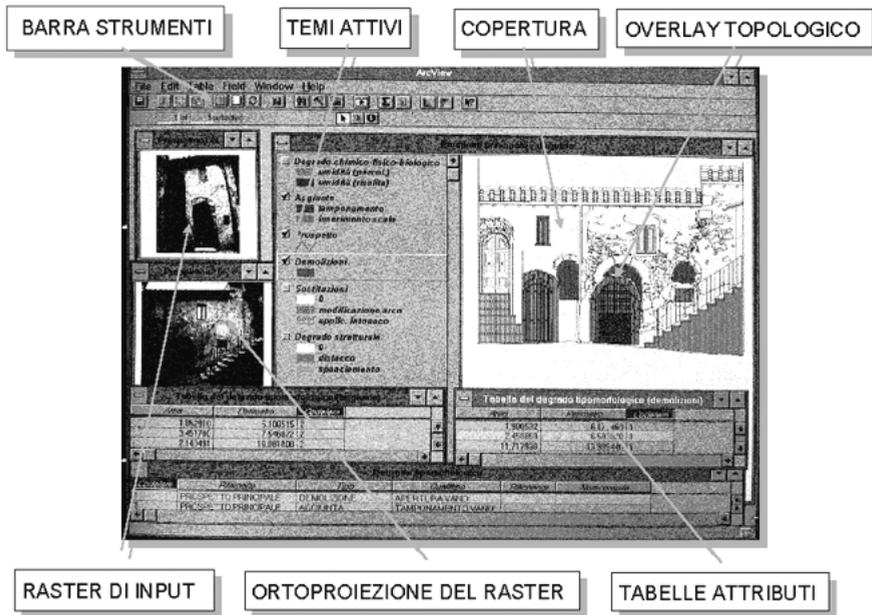


Fig. 3 – Esempificazione dell’ambiente di visualizzazione, nella sperimentazione con ArcView. Operazioni di overlay (incrocio topologico) permettono l’intersezione tra le diverse basi di dati, sovrapponendo i diversi tematismi graficizzati e le relative tabelle di attributi associate, garantendo, inoltre, le funzionalità di analisi tra coperture diverse (strati informativi) combinando elementi aventi attributi comuni.

La struttura fondamentale sulla quale poggia l’intero impianto metodologico è rappresentata dalla estensione del modello georelazionale applicato alle normali procedure tipiche dei CAD e dei più correnti database relazionali. Da ciò deriva che ogni base dati di oggetti ed entità grafiche tipici dei CAD acquisiscono le modalità topologiche/vettoriali dei GIS.

Il sistema informativo si configura, dunque, come strumento di ausilio all’**organizzazione**, alla **rappresentazione** e all’**utilizzo** della conoscenza per la gestione e il recupero del patrimonio edilizio storico.

La sua caratterizzazione lo rende interattivo, nel senso che gli archivi dei dati non vengono informatizzati al solo scopo della consultazione, ma, mediante opportune forme di manipolazione, possono essere utilizzati con scopi interpretativi, valutativi e previsionali.

Il Sistema, come già detto, permette di sovrapporre diversi tematismi, visualizzati sui singoli layer e correlati a tabelle di attributi che contengono i dati descrittivi relativi ai singoli livelli informativi, garantendo in tal modo una serie di navigazioni conoscitive che rispondono alle diverse necessità di varie tipologie di utenti.

Risulta evidente come un Sistema così strutturato sia principalmente uno strumento di **analisi delle informazioni**, per mezzo del quale ottenere informazioni aggiuntive che derivano dalle elaborazioni che esso stesso è in grado di compiere sui dati di input (calcolo di superfici interessate dallo stesso tipo di degrado, numero di elementi caratterizzati dallo stesso materiale costitutivo, quantificazione di oggetti architettonici, presenti su di un determinato settore urbano e riferiti alla stessa famiglia tipologica in ordine a parametri selezionabili, quali il periodo storico, la tipologia costruttiva, la presenza di determinate patologie, statistiche, ecc.).

Contemporaneamente, possiede anche la peculiarità di gestire la **representazione delle informazioni** (sia di input sia di output), mediante la continua visualizzazione dei dati grafici e iconografici, opportunamente tematizzati sulla base dei dati descrittivi esplicitati nella stessa schermata sotto forma di tabelle di database.

Il sistema garantisce l'omogeneità della classificazione attivando procedure di confronto dato nuovo/repertorio casi possibili, laddove l'obiettivo perseguito è l'uniformazione dei dati raccolti (e quindi la loro confrontabilità) e l'utilizzazione di lessici unificati e normati per individuare le diverse tipologie (architettoniche, strutturali, costruttive, materiche, di degrado).

A tal fine, sono stati predisposti repertori tipologici organizzati in vocabolari ("aperti" o "chiusi", secondo che si tratti, o meno, di situazioni con ampie possibilità di varianti del tipo di base) per ognuno dei campi che strutturano le schede dei dati descrittivi: l'esatta individuazione dei singoli casi censiti e la loro corretta attribuzione avviene facendo ricorso ai vocabolari stessi (CORTI 1992; MBAC 1977; MBAC 1984). Questi, suscettibili di continue integrazioni nel tempo e di armonizzazioni con lessici "locali", costituiscono valido supporto sia nella fase di immissione delle informazioni (aiutano a "definire"), sia in quella della consultazione e dell'analisi (aiutano a "interpretare").

Interfacce amichevoli rendono accessibili, tramite "bottoni", una serie di ambienti software complementari al sistema e necessari per l'acquisizione e l'elaborazione di diversi dati, prima della loro immissione nel sistema stesso. Esse facilitano, infine, le diverse operazioni di consultazione ed analisi, in funzione delle molteplici tipologie di utenti, i quali, con modalità e finalità diversificate, hanno ampie possibilità di navigazione all'interno del sistema nella sua complessità.

Nel suo insieme, il prototipo, sinteticamente illustrato, rappresenta uno strumento operativo altamente esportabile, di supporto e guida per diversi Organismi preposti alla gestione e al recupero del patrimonio edilizio storico, con diversificati compiti che vanno dalle operazioni di catalogazione alla predisposizione di strategie di intervento e alla progettazione di interventi puntuali.

## 2.1 *La struttura dei dati architettonici e territoriali*

La raccolta dei dati si articola su tre distinti piani di indagine tra loro strettamente interconnessi:

- scala del singolo edificio
- scala del settore urbano
- scala territoriale

### 2.1.1 *La scala del singolo edificio*

Le informazioni da assumere sono di tipo: **descrittivo, geometrico, iconografico**. È stato necessario definire una “griglia di descrittori” da utilizzare sistematicamente per ogni manufatto preso in esame.

Sinteticamente, il complesso dei dati da raccogliere si riferisce a:

- anagrafica
- iconografia
- geometria
- struttura, tecnica costruttiva e materiali
- analisi storico-architettonica
- degrado (causa/effetti)

**Anagrafica.** La prima identificazione dell’edificio è di carattere anagrafico e tipologico. I dati “attuali” devono essere integrati con quelli “storici” (quando questi sono reperibili): questo permette di cogliere le variazioni d’uso succedutesi nel tempo e le modifiche spaziali da queste derivate. L’individuazione anagrafica si completa con una collocazione all’interno di predefinite “classi tipologiche”, organizzate con opportuni descrittori dell’organismo edilizio, mediante i quali, con operazioni di confronto, operare le diverse attribuzioni. Queste ultime avvengono attraverso l’identificazione delle caratteristiche strutturali, dimensionali, formali e distributive degli edifici e delle relazioni esistenti tra la tipologia edilizia e la morfologia urbana.

**Iconografia.** I dati iconografici, che vengono acquisiti nel sistema come immagini raster, derivano sostanzialmente da corredi fotografici e grafici “attuali” e “storici”.

**Geometria.** La geometria dell’edificio, così come deriva dal rilievo e rappresentata attraverso piante, prospetti, sezioni, viste prospettiche, dettagli costruttivi, è essenziale sia per il portato informativo intrinseco sia come base alla quale riferire i successivi livelli di analisi (localizzazione spaziale del dato).

Per recuperare vantaggiosamente le potenzialità specifiche delle procedure CAD in questo tipo di restituzione e rappresentazione geometrica, solitamente caratterizzata da irregolarità e complessità dovute alle procedure di posa in opera tipiche del cantiere storico, agli interventi di consolidamento e

restauro pregressi, alle successive modifiche del corpo di fabbrica originario, risulta conveniente impiegare tecniche informatiche compatibili anche nella fase del rilievo.

Oggi sono disponibili ambienti di elaborazione fotogrammetrica speditiva, all'interno dei quali diviene possibile integrare i dati vettoriali con quelli raster, garantendo la permanenza di informazioni qualitative associate alla esatta geometria, mediante processi di ortoproiezione ed ortomosaicatura delle immagini, acquisite da scanner, e con successive operazioni di digitalizzazione delle stesse, precedentemente rese metriche.

**Struttura, tecnica costruttiva e materiali.** Per quanto attiene ai dati relativi alla struttura, questi sono costantemente associati alla suddivisione in cui viene scomposto l'edificio, disaggregato in elementi canonici:

- fondazioni
- strutture verticali
- strutture orizzontali
- scale
- coperture
- elementi di completamento e decorativi

Per ognuna di queste "parti", il disegno geometrico relativo deve essere integrato con tabelle strutturate di dati descrittivi che organizzano le informazioni relativamente al *tipo*, alla *qualificazione* dello stesso, alla *tecnica costruttiva* e ai *materiali* impiegati.

**Analisi storico-architettonica.** Si avvale sostanzialmente di dati descrittivi relativi alle vicende che hanno interessato l'edificio (organizzati in tabelle associate agli *elementi cronologici* contenuti nel disegno). Questa base di conoscenza strutturata in "registri" (relativi alle vicende storiche e a quelle edilizie), possibilmente ampliata attraverso analisi puntuali di dettaglio, costituisce valido materiale per tematismi da redigere sulla geometria dell'edificio.

**Degrado.** In prima istanza, i dati del degrado possono discendere da "analisi a vista" in grado di definire una prima valutazione sullo stato generale di conservazione. Successivamente, i diversi livelli di approfondimento richiederanno apposite indagini strumentali.

Per dare un'adeguata sistematicità all'approccio conoscitivo e diagnostico si è ritenuto utile strutturare e classificare le diverse fenomenologie di degrado mediante l'individuazione di quattro famiglie fondamentali:

- degrado ambientale;
- degrado strutturale;
- degrado chimico, fisico, biologico;
- degrado tipo-morfologico.

Per ciò che riguarda il degrado ambientale si registrano le informazioni relative al contesto ed in particolare tutto quanto attiene alle alterazioni antropiche e alle condizioni del sistema aria (inquinamento, venti, clima ecc.), acqua (falde, piovosità, ecc.), suolo (caratteristiche del terreno).

Sia il degrado strutturale che quello chimico-fisico-biologico vanno interrelati con la conoscenza delle tecniche costruttive del passato, delle procedure di produzione, lavorazione e posa in opera dei materiali e con la conoscenza delle vicende edilizie che hanno interessato il manufatto.

Le alterazioni tipo-morfologiche, infine, sono individuabili in tutti quegli interventi che, succedutisi durante il ciclo di vita del manufatto, anche in seguito a variazioni d'uso, hanno determinato una mutazione della conformazione originaria (aggiunte, demolizioni, rifusioni, interventi di qualsiasi altra natura). Queste alterazioni possono essere desunte dalla lettura del manufatto e dalla integrazione delle eventuali ipotesi sulla sua evoluzione cronologica con indagini strumentali.

I dati, raccolti nelle diverse forme descrittive nelle quali sono disponibili e sempre attraverso un costante riferimento alle singole "parti" in cui è stato scomposto l'edificio, dovranno essere opportunamente graficizzati per costituire tematismi sulla geometria del manufatto. A questo proposito si è ritenuto fondamentale il riferimento a quanto stabilito, a livello nazionale, con la Raccomandazione NORMAL, DOC 1/88 (CNR-ICR 1988).

### 2.1.2 La scala territoriale

Il quadro complessivo del settore urbano e dell'intorno territoriale si costruisce attraverso processi di sommatoria di più moduli della scala del singolo edificio, integrata da altri specifici per la raccolta dei dati integrativi e precipui della diversa scala. Questo complesso di dati viene integrato con altri che possono essere definiti come relativi al "contesto ambientale".

Sulla base della impostazione teorico-metodologica esposta, è stato attuato un primo modello sperimentale sviluppato in ambiente ArcCAD (GIS) che, utilizzando la struttura topologica dei dati ARC/INFO, prevede un'architettura di sistema basata su moduli, tra loro interconnessi, per l'acquisizione e la gestione di dati alla scala territoriale, alla scala architettonica e per la navigazione attraverso gli output dei dati così relazionati, da analizzare, interrogare e consultare in un ambiente specifico creato in ArcView.

Come già anticipato, successivamente a queste prime sperimentazioni, si è proceduto alla realizzazione di un software specifico il quale, assumendo le principali e precipue funzionalità proprie di ArcView stesso, implementasse queste con una serie originale di funzioni che lo caratterizzassero in modo particolare per la scala dell'analisi architettonica.

### 3. IL SISTEMA INFORMATIVO ARKIS

In questo paragrafo vengono presentate alcune funzioni del prototipo attuale. È chiaro che le limitazioni dello spazio a disposizione rendono impossibile un approfondimento maggiore sulle diverse funzionalità che il sistema garantisce.

Le fasi di acquisizione e modifica dati e quella di consultazione, in un primo tempo separate, sono adesso presenti contemporaneamente all'interno di ARKIS. All'avvio dell'applicazione, in base alle autorizzazioni conferite dall'Amministratore del sistema, l'utente può soltanto consultare le informazioni oppure avviare processi di inserimento e modifica dei dati.

Il Sistema permette all'utente di procedere in maniera estremamente *user friendly*. La schermata iniziale di ARKIS propone una vista con la cartografia a livello del territorio nazionale. Attraverso un tool (strumento *Zoom In Livelli Territoriali*), è possibile navigare interattivamente sulla mappa, scendendo di livello territoriale a cominciare dalle Regioni fino ad arrivare alla località prescelta per l'inserimento, la modifica o la consultazione delle informazioni. Con la stessa semplicità d'uso è possibile ritornare indietro per livello territoriale: con il bottone *Zoom Out Livelli Territoriali* si passa automaticamente dai Comuni alle Province ed alle Regioni.

#### 3.1 Procedure di inserimento dati

All'avvio dell'applicazione, come detto, il sistema mostra la vista *Territorio1* con le Regioni d'Italia (Fig. 4). Con lo strumento *Zoom in Livelli* si può arrivare fino al Comune su cui si andrà ad inserire una nuova entità (edificio): sulla selezione si attiva una finestra di dialogo che mostra quali sono le mappe catastali presenti nel Comune scelto (Fig. 5). Se nella lista è presente la mappa su cui si intende lavorare, basta selezionarla e confermare con il pulsante. Se non è presente, è possibile inserirne una nuova, selezionando il tasto *Aggiungi*. Dalla finestra di dialogo che appare (contiene l'indicazione automatica del Comune e della Provincia all'interno della quale si sta operando), l'utente deve digitare una descrizione per classificare la nuova mappa: in una finestra successiva è possibile operare una ricerca sulle diverse directory di qualsiasi drive del computer al fine di individuare il file (vettoriale o raster) che la contiene.

Al termine dell'operazione, la mappa verrà inserita nella lista di quelle presenti nel Comune scelto. Selezionandola, verrà creata una vista contenente, oltre alla mappa stessa, il tema *Edifici*, che sarà quello utilizzato per creare le nuove entità sulla planimetria. Una volta individuato l'edificio, utilizzando lo strumento *Crea Entità* è possibile disegnare un poligono coincidente con il perimetro della particella catastale. Terminata questa operazione di vettorializzazione con la chiusura del poligono, appare automaticamente la scheda



Fig. 4 – ARKIS. Procedure di inserimento dati. All'avvio dell'applicazione il sistema mostra la vista Territorio1 con le Regioni d'Italia.

per la registrazione dei dati alfanumerici relativi all'*Anagrafica dell'Edificio*. Il sistema inserisce in automatico Regione, Provincia e Comune. Viene inoltre attribuito un codice univoco al nuovo edificio inserito, mediante un contatore numerico residente (Fig. 6).

Sono proprio questi codici, i quali continueranno ad apparire nelle schede successive relative alle informazioni di natura architettonica e via via di maggiore dettaglio (elementi strutturali, tecniche costruttive, materiali, degrado), a garantire i collegamenti tra le diverse scale e l'aggiornamento automatico del RDBMS.

L'utente dovrà compilare la scheda: alcuni campi sono costituiti da menù a discesa con voci pre-compilate (vocabolari, dei quali si è detto nei paragrafi precedenti), mentre altri campi sono a compilazione libera. Completata l'immissione delle informazioni, si conferma e si chiude la finestra di dialogo.

Dall'individuazione dell'edificio sulla planimetria catastale è possibile poi passare, con lo strumento *Viste dell'edificio*, alla consultazione di piante, prospetti, sezioni e particolari architettonici. L'utente, selezionando l'unità

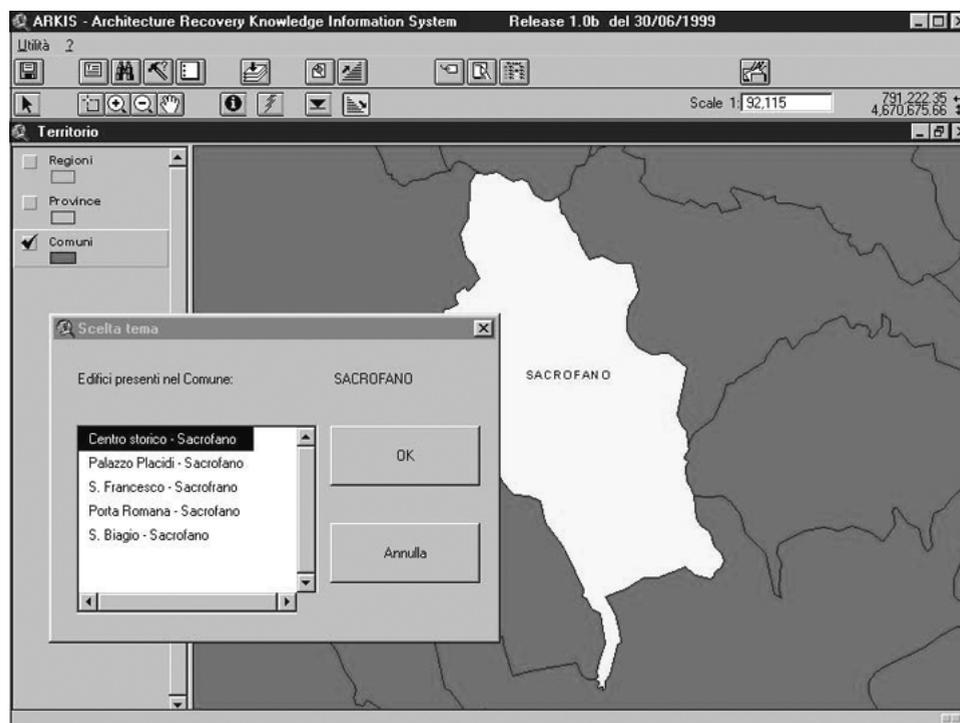


Fig. 5 – ARKIS. Procedure di inserimento dati. Con lo strumento *Zoom in Livelli* si può arrivare fino al Comune su cui si andrà ad inserire una nuova entità (edificio): sulla selezione si attiva una finestra di dialogo che mostra quali sono le mappe catastali presenti nel Comune scelto (Sacrofano).

edilizia sulla particella catastale, attiva l'apertura di una finestra con la lista delle viste dell'edificio stesso: poiché quest'ultimo è stato appena inserito, la lista sarà vuota. Anche in questo caso si procederà secondo le modalità sopra descritte relativamente all'inserimento della mappa catastale; si tratterà di selezionare i file (vettoriali o raster) che rappresentano il rilievo delle piante, dei prospetti, delle sezioni e così via.

Per ogni file sarà creata una vista con alcuni temi di default per poter poi procedere alla creazione di aree con lo strumento *Nuova Entità* e vettorializzare poligoni sul disegno per evidenziare le strutture e le manifestazioni di degrado dell'edificio. Ad ogni tema corrisponde una tabella per l'inserimento dei dati alfanumerici (si tratta delle schede per i dati relativi alle strutture, agli elementi di completamento, ai materiali, alle patologie di degrado, ecc.).

Come per la scheda anagrafica dell'edificio, nella finestra che appare al termine del disegno del poligono sull'elemento viene inserito in automatico il codice edificio e un codice univoco per l'elemento stesso.

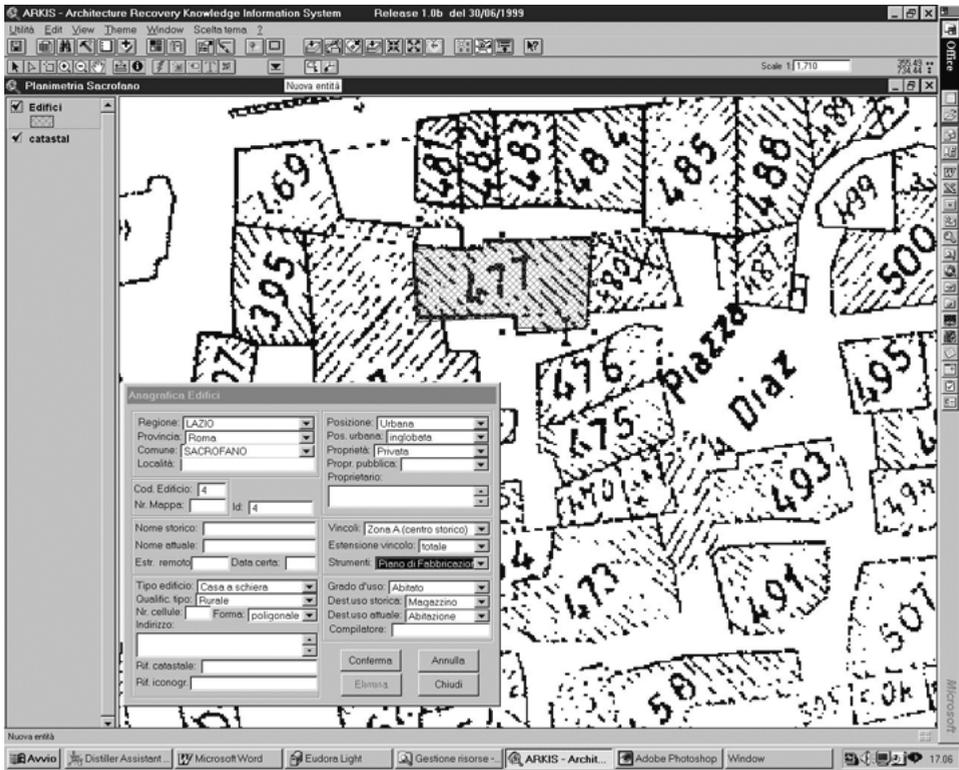


Fig. 6 – ARKIS. Procedure di inserimento dati di una nuova entità (edificio) sulla mappa catastale. Terminata l'operazione di vettorializzazione, appare automaticamente la scheda per la registrazione dei dati alfanumerici relativi all'*Anagrafica dell'Edificio* (Sacrofano).

L'inserimento delle informazioni avviene in alcuni casi da caselle a scelta, in altri con digitazione libera. Anche qui è necessario confermare ogni inserimento, con un ulteriore e definitivo OK su tutte le operazioni effettuate mediante il tasto *Chiudi*. Il nuovo elemento appare sulla vista, con un retino di default, comunque modificabile interattivamente da parte dell'utente.

La fase di acquisizione dei dati risulta, dunque, caratterizzata da procedure fondamentalmente interattive che permettono di registrare le diverse tipologie di dati eterogenei (geometrici, in forma raster e vettoriale, descrittivi, in forma alfanumerica organizzata in RDBMS e in testi, immagini, in vari formati) all'interno di ambienti integrati e secondo modalità che garantiscono la contemporaneità delle diverse acquisizioni che, quindi, saranno generate già tra loro interrelate.

In sintesi ARKIS risulta strutturato in maniera tale da garantire quelle necessarie integrazioni tra dati eterogenei che, configurando archivi particola-

ri ed interrelati per ognuna delle tipologie di informazioni, permettano, poi, di gestire il Sistema stesso navigando per diversi itinerari di consultazione.

### 3.2 Procedure di consultazione dati

Per la consultazione dei dati l'utente sceglie interattivamente dalla mappa su quale Regione, Provincia e Comune posizionarsi, con lo strumento *Zoom in Livelli*. Il pulsante *Zoom out Livelli* può essere utile per tornare indietro durante la scelta del livello territoriale, dal livello più di dettaglio (Comuni o Provincie) a quello più grande (Provincie o Regioni). Scelto il Comune per la consultazione, appare la lista delle mappe presenti: si sceglie una mappa e nella vista che appare saranno visibili gli edifici indagati, tematizzati con un retino di default.

Con il tema *Edifici* attivo, è possibile selezionare interattivamente sulla stessa mappa il monumento/edificio storico che si vuole consultare, utilizzando lo strumento *Modifica o Consulta Entità* e cliccando sull'edificio di interesse. Appare la *scheda anagrafica* con i dati relativi all'edificio scelto e, mediante il tool *Hot link*, anche l'immagine dello stesso (Tav. X, a).

Per la consultazione dei dati strutturali e di degrado relativi all'edificio, con lo strumento *Seleziona Viste Edificio*, sarà sufficiente cliccare sull'edificio che si vuole interrogare. Dalla lista che appare, si seleziona una vista (prospetto, pianta, sezione o particolare architettonico). Una volta aperta questa, attivando il tema che si vuole consultare, con lo strumento *Modifica Entità* basterà selezionare un elemento, che sarà evidenziato, e apparirà la scheda con i dati alfanumerici (Tav. X, b).

Soffermandoci brevemente, ad esempio, sulle analisi del prospetto di un monumento è possibile:

- attivare uno o più temi, con conseguenti operazioni di overlay;
- aprire tabelle attributi/dati, tante quanti sono i temi attivi e gli overlay definiti (questo consente di unire ed incrociare le informazioni descrittive di ogni singolo tema in un'unica lettura);
- compiere interrogazioni interattive sia sulla rappresentazione grafica che sullo specifico record della tabella, con la reciproca accensione sia dell'elemento geometrico sulla rappresentazione grafica che dello stesso record sulla tabella;
- compiere operazioni di query (Fig. 7);
- calcolare aree, perimetri e percentuali di zone interessate, ad esempio, da diverse patologie riscontrate;
- richiamare l'immagine fotografica del particolare investigato e/o le restituzioni dei rilievi geometrici con i relativi listati di coordinate di punti;
- qualsiasi altra operazione di analisi interattiva.

Per quanto riguarda l'attuale interfaccia, le scelte fondamentali, finalizzate alla creazione di un ambiente di lavoro comunque amichevole, sono state le seguenti:

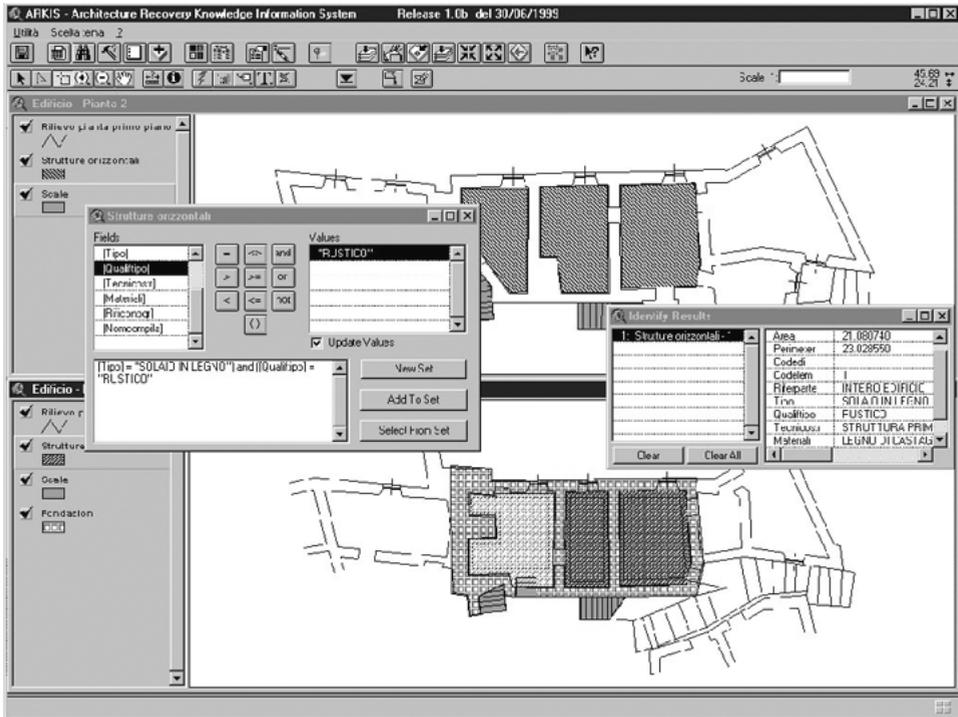


Fig. 7 – ARKIS. Procedure di consultazione dati di due livelli orizzontali di un edificio. Selezionata una vista (prospetto, pianta, sezione o particolare architettonico), sarà possibile consultare, con lo strumento *Modifica Entità*, un elemento, che sarà evidenziato, e ad esempio compiere operazioni di query (Sacrofano).

- è stato assunto, in questa fase, come valido lo standard di ArcView, che si rifà a quello di Windows, apportandovi alcune sostanziali modifiche, necessarie per la diversa scala;
- è questo l'ambiente che, nella molteplicità dei casi, viene proposto oggi nei diversi software di CAD, di ortoproiezione, di fotogrammetria digitale e di tutti gli altri programmi comunque preposti alla gestione di dati cartografici e simili (quindi i potenziali utenti del sistema dovrebbero essere già abituati a questo "panorama");
- l'interfaccia risulta, ovviamente, interattiva, nel senso che è possibile aprire diverse finestre o box "fluttuanti" nello schermo, in modo tale da visualizzare più informazioni (schede per l'immissione/consultazione dati alfanumerici, box di query, predisposizione di report, ecc.) e organizzarle come si vuole sullo schermo stesso;
- la parte più impegnativa e più propriamente disciplinare, nel personalizzare le interfacce, è stata quella della scelta delle famiglie tipologiche e del

lessico da utilizzare per le etichette dei campi del database e di tutto ciò che doveva esplicitare, in forma scritta, un insieme di contenuti descrittivi.

#### 4. CASI DI STUDIO

Le sperimentazioni condotte hanno registrato alcune fasi applicative, imprescindibili momenti di validazione dell'impianto teorico-metodologico su casi concreti di studio. I dati, elaborati in ambiente Arcad e ArcView durante le prime esperienze, sono stati, poi, rielaborati, riversati e processati all'interno del Sistema ARKIS.

##### 4.1 *Il primo caso applicativo*

In collaborazione con l'Arch. Antonella Negri, sono state condotte una campagna di acquisizione dati ed una completa indagine conoscitiva su una serie di manufatti all'interno di un settore del centro storico di Sacrofano, piccolo comune medievale situato a Nord di Roma. Le operazioni di rilievo geometrico sono state condotte affiancando le metodologie tradizionali (per i particolari costruttivi e gli interni) con l'applicazione di metodi di fotogrammetria speditiva, mediante l'impiego del sistema di ortoproiezione e di raddrizzamento fotografico MSR della ROLLEI (per i prospetti).

Le operazioni di campagna, eseguite con il fondamentale supporto del Geom. Mario Mascellani e del Sig. Gaetano Pappalardo, hanno sostanzialmente riguardato l'acquisizione, con gli strumenti topografici, delle coordinate x, y, z di un numero significativo di punti caratterizzanti piani sui prospetti delle unità edilizie selezionate, agganciandoli alla rete topografica complessiva predisposta per inquadrare l'intero centro storico, in modo tale da costruire il riferimento per successivi approfondimenti del rilievo stesso.

Contestualmente si è proceduto alla costruzione di opportuni database, all'interno dei quali organizzare i dati descrittivi relativi alle unità edilizie indagate. L'insieme di questo materiale ha rappresentato l'input di data entry per la creazione di "coperture" nel sistema informativo.

Le operazioni finali hanno riguardato la completa integrazione delle diverse basi di dati, allo scopo di pervenire alla interpretazione e alla valutazione di diverse fenomenologie e alla consultazione dei dati grafici e alfanumerici precedentemente organizzati nel Sistema stesso (SALONIA, NEGRI 1997).

##### 4.2 *Il caso del teatro romano di Aosta*

Come detto nell'introduzione, le attività di studio e analisi dello stato di conservazione e la formulazione di proposte di eventuali interventi richiedono la collaborazione di competenze disciplinari diversificate. In tal modo ha operato il Progetto Strategico CNR "Conoscenza per Immagini: un'applicazione ai Beni Culturali" che ha preso l'avvio, nel 1994, coordi-

nato dalla Dott.ssa L. Moltedo dello IAC-CNR, su proposta del Comitato Nazionale per le Scienze e le Tecnologie dell'Informazione del CNR (SALONIA *et al.* 1997).

Obiettivo fondamentale del Progetto Strategico è stato lo sviluppo di metodologie e tecniche che trovino il loro fondamento teorico e sperimentale nella integrazione di conoscenze peculiari dei settori dell'analisi e della sintesi delle immagini. Per poter verificare e validare gli strumenti metodologici realizzati nel Progetto Strategico, è stata scelta un'area applicativa nel campo della tutela, del recupero e della fruizione dei Beni Culturali, localizzando l'interesse ad aspetti di studio e rappresentazione di processi di degrado di materiali lapidei.

In particolare, l'Unità Operativa dell'ITABC, coordinata dall'Autore, ha svolto un ruolo specifico, avendo come obiettivi quelli relativi al collegamento tra i diversi gruppi di lavoro per la definizione di un quadro ragionato di dati di ingresso, alla fase di acquisizione, elaborazione e gestione di diversificate tipologie di dati, con lo scopo di coniugare aspetti precipi della teoria del restauro di beni culturali con strumenti e metodi di analisi e rappresentazione, propri delle scienze informatiche e, specificatamente, di quei settori che si occupano di gestione di basi di dati, geometrici e alfanumerici, e trattamento delle immagini (MOLTEDO *et al.* 1998).

Al fine di testare e validare le metodologie sviluppate, è stato selezionato un caso di studio in collaborazione con il Dott. G. Accardo, Direttore del Laboratorio di Fisica dell'Istituto Centrale del Restauro e del Dott. L. Appolonia della Soprintendenza per i Beni Culturali e Ambientali di Aosta. La scelta si è orientata sul teatro romano di Aosta, monumento di età augustea raro esempio nell'architettura romana di teatro coperto. Esso conserva in elevato i resti della facciata, alta circa 22 metri, la cui architettura è composta da una serie di arcate e da tre ordini sovrapposti di finestre scanditi da contrafforti; è in opera quadrata rustica caratterizzata da conci di puddinga e travertino. Tale scelta è stata dettata, anche, dalla varietà delle diverse tipologie di dati già esistenti e dalla disponibilità, manifestata dalla competente Soprintendenza per i Beni Culturali ed Ambientali della Regione Valle d'Aosta, ad agevolare la raccolta di altre informazioni integrative, più mirate agli obiettivi della ricerca.

Le esperienze maturate hanno, poi, permesso di meglio specializzare e indirizzare gli interessi speculativi verso un uso sempre più mirato di tecniche avanzate, da impiegare nelle diverse fasi del processo di conoscenza del manufatto da salvaguardare (ACCARDO *et al.* 1997).

#### 4.2.1 La struttura dei dati

È stato ulteriormente sperimentato il sistema, precedentemente illustrato, per associare, in forme integrate, le informazioni di tipo alfanumerico

alla restituzione derivante dai diversi rilievi condotti sul monumento. Le operazioni preliminari hanno riguardato la sistematizzazione di tutti i dati, già esistenti o successivamente acquisiti, secondo tipologie e formati, in modo tale da pianificare le attività di rilievo fotogrammetrico e di organizzazione delle informazioni aggiuntive.

Le principali famiglie tipologiche, nelle quali sono stati strutturati i diversi complessi di dati, possono essere così sintetizzate:

- **dati geometrici generali** del teatro, derivanti da un rilievo topografico e dalla relativa restituzione in ambiente CAD dell'intera facciata (sud e nord) come modello geometrico in 2D e 3D, eseguiti dallo Studio Professionale Di Grazia di Roma;
- **dati geometrico-architettonici particolari e corredo fotografico (b/n)** di un settore del teatro di 6m×6m e di 11 conci, relativi al rilievo fotogrammetrico eseguito, su progetto dei ricercatori dell'ITABC, dalla Ditta FO.A.R.T. di Parma;
- **modelli geometrici di ricostruzione 2D e 3D** delle superfici di conci, derivanti da riprese multitelecamere effettuate dal Dipartimento di Elettronica e Informazione (DEI) del Politecnico di Milano;
- **immagini a colori cromaticamente corrette** di conci in puddinga e in travertino, acquisite e corrette dal Dipartimento di Ingegneria Elettronica (DIE) di Firenze;
- **dati sulle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali**, derivanti da analisi spettrometriche e colorimetriche sui conci in puddinga e travertino e relativi alla composizione chimica e alle curve di riflettanza, condotte dal Dipartimento di Chimica Organica, Metallorganica e Analitica (DCOMA) dell'Università di Milano;
- **dati da indagine macroscopica sullo stato di conservazione, sulla disposizione spaziale dei diversi litotipi e sulle caratteristiche superficiali**, provenienti da "analisi a vista", condotta su ciascun concio dagli esperti della Soprintendenza per i Beni Culturali e Ambientali di Aosta.

#### 4.2.2 Archiviazione dei dati e loro rappresentazione e gestione nel Sistema ARKIS

Una prima operazione è consistita nell'archiviazione dei dati di classificazione dei singoli conci, derivanti dall'analisi a vista e relativi alla tipologia dei materiali costitutivi, alla grana degli stessi, alle diverse patologie di degrado (chimico, fisico, biologico e strutturale) e alla valutazione sullo stato di conservazione, in un database alfanumerico. Successivamente è stato creato un archivio integrato grafico-alfanumerico mediante il quale le informazioni descrittive, graficizzate sul vettoriale del rilievo utilizzando codici standard di rappresentazione armonizzati con le raccomandazioni NORMAL, hanno prodotto diversi layer per ogni tematismo strutturato.

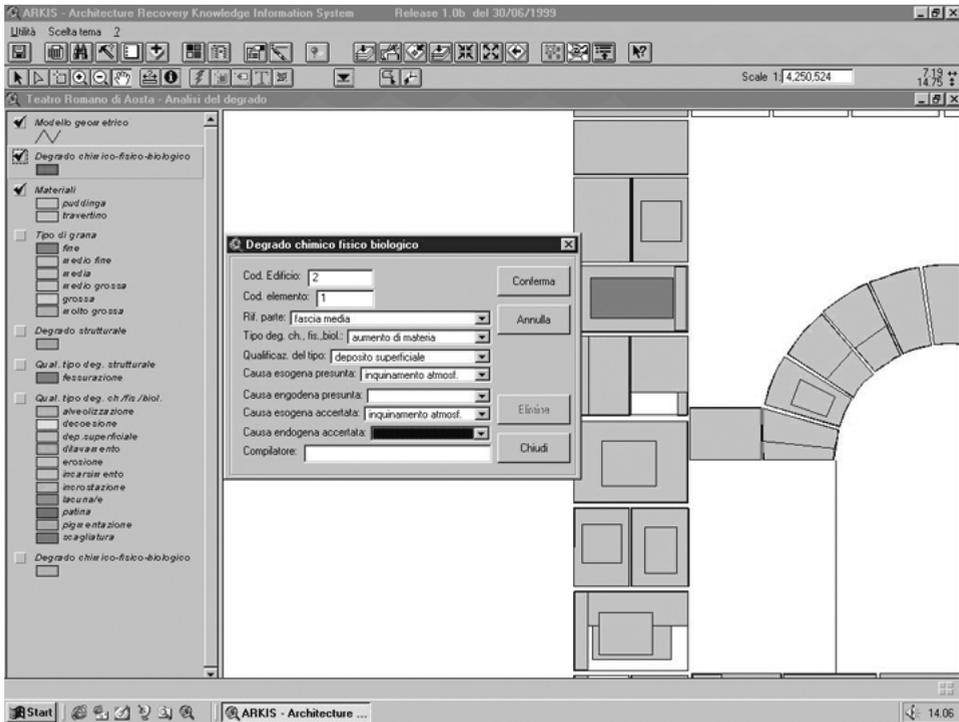


Fig. 8 – ARKIS. Procedure di consultazione dati di un concio sul particolare della facciata sud del teatro romano di Aosta. Apertura di una finestra contenente la scheda di consultazione dei dati alfanumerici relativi al degrado chimico-fisico-biologico di una entità geometrica selezionata.

La base geometrica del monumento rilevato è stata utilizzata come riferimento topografico per mettere in relazione spaziale e topologica le informazioni descrittive (Tav. X, c). Operazioni di digitalizzazione della stessa base geometrica hanno permesso di ottenere singole “coperture” per ogni livello informativo. Su queste sono state create le diverse “topologie”, definendo linee, punti e porzioni chiuse di superficie, caratterizzate da un valore univoco, comune a ciascun parametro inserito nel database relazionale (RDBMS), che rappresenta un insieme di “tabelle di attributi”, tra loro interrelate, e contenenti, per ciascun record, lo stesso indice numerico identificativo degli oggetti spaziali presenti nella relativa copertura (Fig. 8).

Analogamente a quanto operato nel caso di studio precedentemente descritto, anche questi dati sono stati processati all'interno del Sistema ARKIS, al fine di valutare l'efficacia dello stesso nel gestire dati eterogenei relativi ad un'unica emergenza monumentale, quindi con un grado di maggiore approfondimento di scala (Tav. XI, a).

## 5. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Sulla base delle impostazioni teorico-metodologiche esposte, è stato attuato il Sistema ARKIS, il quale, utilizzando la struttura topologica dei dati e le tecnologie GIS, prevede un'architettura di sistema basata su moduli, tra loro interconnessi, per l'acquisizione e la gestione di dati alla scala territoriale, alla scala architettonica e per la navigazione attraverso gli output dei dati così relazionati, da analizzare, interrogare e consultare in ambienti specifici.

Nel suo insieme, il Sistema strutturato è di uso facilitato e rappresenta uno strumento operativo di supporto e guida per diversi Organismi, tipicamente le Soprintendenze. È stato formalizzato, ed è attualmente in corso la relativa attività, un Contratto Attivo tra l'ITABC e la Soprintendenza BB.CC.AA. di Aosta che, fondandosi su di un ampio spettro delle azioni di conoscenza del monumento, rappresenta uno dei momenti operativi della Convenzione esistente tra CNR - Regione Valle d'Aosta. Quanto prodotto costituisce, inoltre, anche la base delle attività che vengono svolte nel programma inserito nel Progetto Finalizzato Beni Culturali del CNR.

Sulla base delle esperienze maturate, è possibile indicare sinteticamente le prospettive di sviluppo a breve e a medio termine. Sostanzialmente queste riguardano:

- specializzazione dei moduli del Sistema Informativo relativi a: indagine tipologica e storico cronologica, analisi patologie di degrado, definizione parametri per la valutazione dello stato di conservazione, dati relativi alla fase di progetto e di attuazione dell'intervento;
- utilizzazione del requisito della topologia sul dato raster;
- impostazione teorico-metodologica per l'estensione del Sistema nel 3D, integrazione di tecniche di acquisizione dati geometrici (fotogrammetria classica, speditiva e riprese multitelecamera) per l'ottenimento di informazioni utilizzabili con diversi sistemi di ricostruzione (2D e 3D);
- protocolli di misura;
- costruzione di basi dati multimediali ad accesso remoto per recuperare ed aggiornare informazioni di tipo eterogeneo (dati alfanumerici, dati geometrici, immagini) in funzione del quadro esigenziale dei potenziali utenti (studiosi, progettisti, restauratori, decisori);
- regole di decisioni finalizzate all'intervento.

Infine, di primaria importanza appare la necessità di creare ambienti per la disseminazione in rete (INTERNET) di informazioni eterogenee così organizzate all'interno del Sistema.

PAOLO SALONIA

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali  
CNR - Area della Ricerca di Roma, Montelibretti

## RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento viene rivolto all'Arch. Antonella Negri per l'insostituibile contributo dato sia nello sviluppo del Sistema ARKIS, con competente utilizzo del linguaggio di programmazione AVENUE (ESRI), sia nel continuo e proficuo confronto di idee.

## BIBLIOGRAFIA

- ACCARDO G., APPOLONIA L., NEGRI A., SALONIA P., SCARDIGLI S. 1997, *An experimental correlation between factors for evaluation of damage and the monument's geometry: The case of the Roman Theatre at Aosta*, in *Atti del IV International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin (Rodi 1997)*, Athens, Typoekdotiki S.A., 217-226.
- ACCARDO G., APPOLONIA L., SALONIA P. 1996, *Some questions from the sector of the conservation of cultural assets*, in *III Congresso Nazionale della SIMAI - Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale (Salice Terme 1996)*, Roma, Ed. SIMAI-Lito Panel, 104-108.
- CNR-ICR, *Raccomandazioni NORMAL*, Doc. 1/88.
- CORTI L. 1992, *Beni culturali: standards di rappresentazione, descrizione e vocabolario*, Informatica e beni culturali, 1, Pisa, Scuola Normale Superiore.
- HICKIN B.W., MAGUIRE D.J., STRACHAN A. 1991, *Introduction to Gis: the Arc/INFO Method*, Midlands Regional Research Laboratory, Leicester, University of Leicester.
- MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., RHIND D.W. 1991, *Geographical Information System. Principles and Applications*, 2 vol., New York, Longman-John Wiley & Sons.
- MBAC (Ministero per i Beni e le Attività Culturali) 1997, *Norme per la redazione delle schede di catalogo dei beni culturali, 1- Beni artistici e storici*, Roma, ICCD.
- MBAC (Ministero per i Beni e le Attività Culturali) 1984, *Repertorio delle schede di catalogo dei beni culturali*, Roma, ICCD.
- MOLTEDO L., NEGRI A., PROSPERI M., SALONIA P., SALVETTI O., VITULANO D. 1998, *Un ambiente per l'integrazione di tecniche di analisi e sintesi di immagini finalizzato alla conservazione dei beni culturali*, in *Atti del I M.A.U.G. Meeting A.V.S. User Group (Roma, Area della Ricerca CNR-Montelibretti 1997)*, Roma, Grafica Salaria, 66-74.
- SALONIA P., NEGRI A. 1996, *Strumenti e metodologie per la conoscenza del patrimonio edilizio storico: un sistema informativo*, in *Atti del I International Congress on Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin (Catania, Siracusa 1995)*, Palermo, Luxugraph, 921-927.
- SALONIA P., NEGRI A. 1997, *Knowledge for the recovery of the architectural heritage and information technology: practical applications*, in *Atti del IV International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin (Rodi 1997)*, Athens, Typoekdotiki S.A., 663-674.
- SALONIA P., NEGRI A., ACCARDO G., SCARDIGLI S., APPOLONIA L. 1997, *Definizione di archivi di dati e immagini relativi ad analisi architettoniche dell'edilizia storica*, in L. MOLTEDO (ed.), *Conoscenza per Immagini*, Milano (Segrate), Il Rostro, 57-64.

## ABSTRACT

The study outlined here was conducted in order to show how the combined representation of a monument's geometry, together with the morphology and distribution of the damage, the component materials and their physical characteristics, the historical-architectural analysis and environmental factors can be used to facilitate our understanding of the degradation processes.

A correct management of the various aspects of our knowledge of our architectural heritage and the evaluation of its state of conservation, which are required for making a plan, implementing it and verifying the results, can only be achieved by constantly matching the specificity of the monument, after its exact geometry has been restored using elements obtained by means of historical and architectural analysis, the survey of the structure, building techniques and materials used, including those which describe its material status, considering individual buildings as a whole and systems of buildings as a group in its context.

Information Technology (IT) was selected as the best means of creating environments that were the most suitable for the aims pursued and for use as an operating instrument. It was decided to translate the theoretical disciplinary model into a computer-based procedure in which the functions specific to the GIS – Geographic Information Systems – were transposed to an architectural scale.

To this end, an Information System – ARKIS – is currently being configured. It is designed for the organisation, representation and utilisation of knowledge obtained from data regarding the architectural subject in question, its immediate context and its territorial location. Some actual applications are presented.