



Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014

I contributi presentati al convegno restituiscono un'articolata panoramica di riflessioni e di casi studio, in cui emerge come filo conduttore la capacità di esprimere una visione di lungo periodo e di proporre una virtuosa integrazione fra strategie, spesso innovative, di conservazione e di valorizzazione.

PPC Conference 2014 è una delle attività di comunicazione e divulgazione previste dell'ambito dei Distretti Culturali "Monza e Brianza" e "Le Regge dei Gonzaga", esperienze che testimoniano come il patrimonio storico architettonico costruito possa ricoprire un ruolo nuovo e determinante nelle dinamiche di sviluppo locale.

I volumi:

- 1 La strategia della Conservazione programmata.  
Dalla progettazione delle attività alla valutazione degli impatti.
- 2 Sguardi ed esperienze sulla conservazione del patrimonio storico architettonico.
- 3 Protezione dal rischio sismico.
- 4 Metodi e strumenti per la prevenzione e manutenzione.
- 5 ICT per il miglioramento del processo conservativo.

A cura di **Stefano Della Torre**  
Curatela editoriale **Maria Paola Borgarino**



ICT per il miglioramento del processo conservativo

NARDINI EDITORE



Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014

5

# ICT per il miglioramento del processo conservativo



A cura di **Stefano Della Torre**  
Curatela editoriale **Maria Paola Borgarino**

NARDINI EDITORE

Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014



**POLITECNICO  
DI MILANO**



## ICT per il miglioramento del processo conservativo

Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014

### **Comitato scientifico**

Carlo Blasi, *Università di Parma, Italy*  
Federico Bucci, *Politecnico di Milano, Italy*  
Fausto Cardoso Martinez, *University of Cuenca, Ecuador*  
Angelo Ciribini, *Università di Brescia, Italy*  
Nigel Dann, *University of the West of England, United Kingdom*  
Stefano Della Torre, *Politecnico di Milano, Italy*  
Sasa Dobričić, *University of Nova Gorica, Slovenia*  
Xavier Greffe, *Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France*  
Massimo Montella, *Università di Macerata, Italy*  
Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano, Italy*  
Christian Ost, *ICHEC Brussels Management School, Belgium*  
Ana Pereira Roders, *University of Eindhoven, Holland*  
Pietro Petrarola, *Eupolis Lombardia, Italy*  
Mario Santana Quintero, *Carleton University, Canada*  
Koenraad Van Balen, *UNESCO Chair for PRECOMOS, KU Leuven, Belgium*  
Minja Yang, *RLICC, KU Leuven, Belgium*  
Rossella Moioli, *Distretto Culturale Monza e Brianza, Italy (coordinamento)*

### *Segreteria scientifica del convegno:*

Maria Paola Borgarino, Stefania Bossi  
*Politecnico di Milano, Dipartimento ABC - Architecture, Built Environment and Construction Engineering*

### *Atti a cura di Stefano Della Torre*

*Curatela editoriale:* Maria Paola Borgarino  
*Impaginazione e collaborazione alla revisione dei testi:* Cristina Boniotti

Politecnico di Milano - Dipartimento ABC - Architecture, Built Environment and Construction Engineering  
Fondazione Cariplo, progetto Distretti Culturali  
Distretto Culturale Evoluto di Monza e Brianza - Provincia di Monza e della Brianza  
Distretto Culturale Le Regge dei Gonzaga

Con il patrocinio della



**Regione Lombardia**

@ 2014 Politecnico di Milano e Nardini Editore  
Tutti i diritti sono riservati

*Copertina* Ennio Bazzoni

Stampato per Nardini Editore

# ICT per il miglioramento del processo conservativo



A cura di **Stefano Della Torre**  
Curatela editoriale **Maria Paola Borgarino**

# Indice

LA METODOLOGIA BIM A SOSTEGNO DI UN APPROCCIO INTEGRATO AL PROCESSO CONSERVATIVO Angelo Ciribini, Silvia Mastrolembo Ventura, Michela Paneroni . . . . .	pag. 1
PLANET BENI ARCHITETTONICI. UNO STRUMENTO PER LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA DEL PATRIMONIO STORICO-ARCHITETTONICO Elvio Benatti, Maria Paola Borgarino, Stefano Della Torre . . . . .	” 13
SICAR E LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA: ESPERIENZE SUL CAMPO E PROSPETTIVE FUTURE Francesca Fabiani, Cristian Prati, Raffaella Grilli . . . . .	” 31
THE INFORMATION SYSTEM GECOB TO SUPPORT THE PROJECT OF PRESERVATION: THE CASE OF THE MONUMENTAL STAIRCASE OF VILLA DELLA PORTA BOZZOLO AT CASALZUIGNO (VA), ITALY Paola Candiani, Pietro Angelo Invernizzi, Francesca Paola Turati . . . . .	” 41
THE “ALBERGO DEI POVERI” IN GENOVA: CONSERVING AND USING IN THE UNCERTAINTY AND IN THE PROVISIONAL Stefano Francesco Musso, Giovanna Franco . . . . .	” 51
A VALUE-BASED MONITORING SYSTEM TO ENHANCE THE PREVENTIVE AND PLANNED CONSERVATION PROCESS Verónica Heras, Aziliz Vandesande, Fausto Cardoso, Koen Van Balen . . . . .	” 63
TECNOLOGIA GIS PER LA MANUTANZIONE PROGRAMMATA DEI BENI CULTURALI Laura Baratin, Sara Bertozzi, Elvio Moretti . . . . .	” 73
IL BIM PER LA CRONOLOGIA DELLE ARCHITETTURE STORICHE Carlo Argiolas, Donatella R. Fiorino, Caterina Giannattasio, Emanuela Quaquero . . . . .	” 85
SURVEY AND HBIM OF THE BASILICA DI COLLEMAGGIO IN L'AQUILA FOR MANAGING AND PLANNING CONSERVATION ACTIVITIES Raffaella Brumana, Daniela Oreni, Luigi Barazzetti, Fabrizio Banfi, Fabio Roncoroni, Mattia Previtali, Riccardo Valente . . . . .	” 97
AREE ARCHEOLOGICHE E BIM: PROVE DI COMPATIBILITÀ. DOCUMENTAZIONE E PROTEZIONE DELLE AREE ARCHEOLOGICHE Cristiana Achille, Nora Lombardini, Massimo Valentini . . . . .	” 113

segue **Indice**

OPEN STANDARDS FOR CULTURAL HERITAGE. THE TREE-DIMENSIONAL MANAGEMENT Zaira Joanna Peinado Checa, Alberto Peinado Checa .....	” 125
BUILDING INFORMATION MODELLING APPLIED TO BUILT HERITAGE: A STRUCTURAL ANALYSIS PERSPECTIVE BASED ON THE INTEROPERABILITY Giuliana Cardani, Grigor Angjeliu .....	” 135
THE YARDS OF THE MILAN CATHEDRAL: TRADITION AND BIM Cristiana Achille, Francesco Fassi, Alessandro Mandelli, Benigno Moerlin .....	” 147
ONTOLOGIES AS AN INTEGRATION TOOL FOR PREVENTIVE HERITAGE CONSERVATION Olga Zalamea, Verónica Heras, Diederik Tirry, Thérèse Steenberghen .....	” 157
PREVENTIVE AND PLANNING CONSERVATION: THE MULTIDIMENSIONAL DATABASE FROM THE RESTORATION TO AUGMENTED REALITY. THE CASE OF THE MOSAIC PERISTYLE IN CIMITILE Pasquale Argenziano, Saverio Carillo, Ilaria Minini .....	” 167
A DIGITAL PROCESS FOR CONSERVATION TO TRADITIONAL STONE HERITAGE Isabella Bianco, Carlo Caldera, Matteo Del Giudice, Andrea Maria Lingua, Anna Osello, Paolo Piumatti, Pablo Angel Ruffino, Marco Zerbinatti .....	” 179
BIM FOR ARCHAEOLOGY. USE OF BIM PROCESS AND PARAMETRIC MODEL IN A TEMPORARY SHELTER ADAPTABLE TO THE DIVERSE NEEDS OF ARCHAEOLOGICAL SITES Giuseppe Parello, Marco Imperadori, Carmelo Bennardo, Salvator-John A. Liotta, Yuta Ito, Andrea Vanossi	” 191
MIGLIORARE LA CONOSCENZA E LA GESTIONE DEL PATRIMONIO COSTRUITO STORICO ATTRAVERSO BIM E ONTOLOGIE Danilo Di Mascio, Pieter Pauwels .....	” 201
A MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO THE CONSERVATION OF AN HISTORICAL BUILDING IN MANTUA Gaia Barbieri, Luigi Biolzi, Massimiliano Bocciarelli, Luigi Fregonese, Laura Taffurelli .....	” 213
ICT IN THE DATA MANAGEMENT. ANALYSIS OF THE WOODEN ROOF OF SANTA MARIA ASSUNTA DELLA PIEVE (NOVI LIGURE) Simonetta Acacia, Marta Casanova, Alessia Dal Bo’ .....	” 223

## AREE ARCHEOLOGICHE E BIM: PROVE DI COMPATIBILITÀ. DOCUMENTAZIONE E PROTEZIONE DELLE AREE AR- CHEOLOGICHE

Cristiana Achille\*, Nora Lombardini\*, Massimo Valentini\*\*

\* *Politecnico di Milano, Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering*

\*\* *Politecnico di Milano, Energy Department*

### **Abstract**

The questions related to the protection of the Archaeological sites are fundamental in the research on the valorisation and conservation of the cultural heritage.

The evaluation of the relations between the ruins and the natural and artificial environment (in this case generated by roofing) represents an important and, in the same time, complicated parameter that it is necessary to assume during the design of the same roofing.

It is impossible to ignore the environment that can influence the conservation of the material of the archaeological element: the environment offers an essential limit to the conservation of the material of ancient structures.

The aim of this research is to test the function of some BIM commercial codes useful to design and to manage the archaeological site roofings.

These software codes are created to support the project to model the “life cycle” of the new constructions and they are not created to implement the data/or parameters useful for the management of the conservation of ruins, where the specific characteristics of the object does not permit the creation of a unified model of the ruin.

The 3D survey models, nowadays easy to use and enriched by the necessary data (material, decay, environmental, ecc.) for the conservation project, are important instruments for the management of the cultural heritage.

In this research, some BIM commercial codes are tested on a simulation of a roofing project in the archaeological ruin in Nemi to verify if it is possible their use for the energetic evaluation.

Le coperture dei resti archeologici sono generalmente progettate e realizzate per:

- proteggere le rovine dagli agenti atmosferici,

- per agevolare la fruibilità del bene da parte degli utenti (turisti e studiosi).

Queste due finalità dovrebbero influenzare il processo di valorizzazione del bene in modo da consentire il rispetto della sua ordinaria “gestione”, che sottintende tutte quelle operazioni di conservazione tali da garantirne la fruibilità ad ogni livello di interesse, da quello turistico a quello più dichiaratamente scientifico.

La copertura/sistema di protezione influenza l’ambiente naturale (umidità, clima, temperatura) e antropico dell’area archeologica e gli effetti che questo possono esercitare sulla conservazione dello stato della rovina.

Per questi particolari beni culturali la valutazione del rapporto con le condizioni che possiamo definire micro-ambientali, cioè quelle naturali ma anche indotte dai sistemi di protezione, come le coperture, diventa particolarmente importante e complicata. La difficoltà maggiore nasce dal fatto che non è possibile operare sull’oggetto estrapolandolo dalle condizioni al contorno nel quale si trova: pertanto ai fini dei principi della conservazione l’ambiente diventa un elemento assolutamente vincolante.

Proprio in vista della costruzione di sistemi di copertura genericamente concepiti per la “protezione” del bene e per garantirne la “fruibilità”, assume una importanza il “controllo” delle condizioni micro-ambientali che si interfacciano con il reperto/rovina. La protezione crea un ambiente confinato solo parzialmente, qualora questa non si presenti come una struttura chiusa, come nel notissimo caso dell’Ara Pacis romana.

Un importante studio (Le coperture, 2006) ha indagato l’influenza delle coperture sullo stato di “salute” del reperto e nello stesso tempo ha tentato di individuare dei criteri utili alla progettazione di questi complessi sistemi.

Utilizzando opportuni software, il progetto scientifico ha indagato il modello multizonale e il modello termico del complesso rovina/copertura cercando di determinare le “migliori” condizioni micro-climatiche adatte alla conservazione del bene (valutazione, come è noto, da effettuarsi “caso per caso”).

Le problematiche connesse con la valutazione del micro-clima di siti o resti archeologici dotati di coperture parte da due assunti:

- 1 - che la copertura già esista
- 2 - che la copertura sia da progettare

Le due situazioni sono molto differenti perché il processo di conoscenza, illustrato al successivo punto (A), deve interessare e coinvolgere, simultaneamente

te, senza tentare di cadere nella tentazione di riconoscere alcuna gerarchia storico/artistica, la copertura/sistema di protezione come il bene/oggetto da proteggere.

Quindi il caso 1) della copertura già esistente obbliga ad applicare alla copertura stessa (che di solito viene concepita come un sistema di protezione) e resto e/o sito archeologico le stesse procedure di conoscenza per acquisire informazioni sulle strutture, sui materiali, sullo stato di conservazione. Occorre conoscere entrambe per valutare la reale efficienza della copertura al fine di:

- procedere alla loro “simultanea” conservazione del bene e del sistema di protezione;
- procedere con la eliminazione della protezione esistente, qualora non sia considerata idonea alla sua funzione (per esempio, pericolosità per i fruitori, fonte di danneggiamento per le rovine) ed, eventualmente, passare alla sua sostituzione con una considerata idonea (un importante riferimento è il caso della sostituzione dei sistemi di protezione di villa Armerina).

Nel caso 2) della progettazione della nuova struttura di copertura (sempre concepita con la duplice valenza di protezione del bene e di agevolazione della fruizione) si deve, in via preliminare, conoscere il sistema rovina/ambiente sul quale la copertura/protezione va ad insistere, considerando i seguenti parametri (Punto (A) su citato):

- Geometria della rovina
- Struttura della rovina
- Conoscenza dei materiali della rovina
- Conoscenza dei degradi, delle alterazioni e dei dissesti della rovina
- Situazione geomorfologica, territoriale e climatica dell'intorno

(Fino a qui, in estrema sintesi, analisi del rischio delle aree archeologiche)

- a) Conoscenza della condizioni micro-climatiche necessarie alla corretta conservazione dei materiali del bene
- b) Condizioni micro-climatiche che si vogliono ottenere
- c) Geometria della nuova copertura
- d) Strutture della nuova copertura
- e) Materiali della struttura nuova

Si arriva, quindi, alla modellazione del sistema (rovina, micro-clima, condizioni ambientali al contorno e copertura).



La conoscenza della rovina e delle condizioni ambientali richiedono la messa a punto di un impianto diagnostico adeguato alle specifiche esigenze del sito nella sua interezza e nella sua complessità a partire dalla descrizione del suo stato di conservazione nell'ottica dell'ottimizzazione dei costi anche nel rispetto del valore progettuale di alcune soluzioni di protezione, la cui concezione progettuale non le può fare ritenere provvisorie.

I sistemi di protezione a cui si fa riferimento sono nello specifico rappresentati dai sistemi di copertura la cui efficacia dipende dalla estensione superficiale, dai materiali costituenti, dalla stessa "forma" che non confina l'ambiente ma lo lascia "aperto" su più o tutti i lati.

In questo modo risulta più difficile la valutazione dell'impatto che l'ambiente, parzialmente controllabile, esercita sulla conservazione del bene.

Attualmente è possibile determinare le condizioni micro-climatiche ottimali dalle quali partire per il progetto del nuovo? Per micro-clima si intendono quei parametri ambientali che influenzano gli scambi termici tra soggetto ed ambiente negli spazi confinati e che determinano il cosiddetto benessere termico, cioè lo stato di piena soddisfazione del soggetto nei confronti dell'ambiente (Fig. 1).

### **Rilievo e modellazione nei BIM**

Un processo di Building Information Model (BIM) permette la rappresentazione tridimensionale di un oggetto, che contiene non solo la sua geometria e la mutua relazione tra le parti, ma anche le proprietà e le qualità che caratterizzano tutti gli elementi singoli che la compongono (materiali e funzione).

Il BIM, attraverso una rappresentazione di tipo parametrico, dovrebbe migliorare il grado di comprensione dell'oggetto rappresentato e conseguentemente migliorarne anche la gestione del ciclo di vita. Rispetto all'utilizzo di sistemi BIM nel campo delle nuove costruzioni poco si è studiato per l'impiego di questi processi nel campo dei Beni Culturali, campo nel quale –attualmente - il BIM manifesta le più grandi limitazioni.

Il ritardo nel loro impiego nel campo dei Beni Culturali dipende essenzialmente da due fattori:

- generalmente il BIM si impiega "dalla nascita" della costruzione, nel caso dei BC l'oggetto già esiste;
- le forme dei BC sono difficilmente riconducibili a modelli "precompilati", l'unicità del patrimonio culturale è difficile da racchiudere in librerie, per quanto ricche possano essere.

Nel caso dei Beni Culturali il punto di partenza è la conoscenza del bene, oggetto di indagine, che deve riguardare le sue caratteristiche geometriche, strutturali, materiche, di degrado... È necessario disporre di una rappresentazione che descriva la consistenza dell'oggetto e il suo stato di conservazione.

La descrizione del Bene non è in generale semplice. L'articolazione di spazi e forme richiede uno sforzo di rilievo, elaborazione e modellazione superiore. Per questo sono necessari un rilievo metrico accurato e una modellazione di tipo "real-based", entrambe operazioni che sono molto più complesse che nel campo - ad esempio - della progettazione ingegneristica o architettonica. Sono operazioni più complesse perché è necessario partire da misure e - durante la restituzione dei dati - operare delle semplificazioni che siano coerenti con la forma reale dell'oggetto e con la scala di restituzione fissata (Gaiani, 2009).

Si può dire che le mancanze riscontrate durante la ricostruzione della forma di un edificio o un complesso preesistente, mediante software BIM, riguardano principalmente alcuni aspetti:

- difficile gestione dei file di rilievo, scarsa interoperabilità tra i BIM e le tecnologie per i rilevamenti topografici (in particolare laser scanner);
- necessaria semplificazione della geometria del manufatto;
- difficoltà di modellazione di particolari e dettagli architettonici e oggetti dalle forme irregolari e uniche;
- mancanza di attributi qualitativi differenti da quelli standard, impossibilità di associare puntualmente dati specifici.

Le criticità citate sopra si riescono ad attenuare in parte usando degli add-ons (Garagnani, 2013) che aiutano nella generazione di un modello più vicino alle esigenze dell'edificio storico. Di fatto attualmente sul mercato non sono presenti né librerie parametriche condivise che trattino oggetti dell'architettura storica, né tantomeno standard o specifiche che si prefiggano la risoluzione di questi problemi. Per queste ragioni, quando si rappresentano le forme dei BC, è necessario confrontarsi con un tipo di modellazione prettamente manuale, complessa dal punto di vista pratico e dispendiosa in termini di tempo e non sempre soddisfacente negli esiti.

Sicuramente il processo di creazione di librerie storiche non è semplice e richiede grande attenzione da parte di chi le realizza. In una libreria per i BC le famiglie di oggetti devono necessariamente essere editabili - da parte di chi le utilizza - per garantire il rispetto della forma e dell'unicità degli elementi rappresentati. La costruzione e l'arricchimento di librerie di oggetti, evitando la semplificazione delle forme, si può in parte superare usando - ad esempio - il linguaggio di programmazione parametrica Geometric Descriptive Language

(GDL), sw Archicad, che permette la creazione di qualsiasi tipologia di oggetto parametrico 2D o 3D.

È importante sottolineare un aspetto che ha caratterizzato tutto il processo di modellazione dell'area archeologica, cioè la creazione di uno specifico database materico, contenente le informazioni di dettaglio delle parti del Santuario (Fig. 2). I software utilizzati per questi test, Revit 2014 e Archicad 17, contengono un database di gestione dei materiali all'interno del quale si trova un set di materiali (quelli maggiormente utilizzati nella pratica edilizia attuale) completi delle relative proprietà.

Al fine di ottenere una soluzione ottimale in relazione alle specifiche della zona rilevata, è possibile creare un nuovo materiale, scegliendo le caratteristiche all'interno del catalogo dei materiali del software o aggiungendole manualmente. Per quanto riguarda i nuovi materiali creati durante la sperimentazione in corso, sono stati utilizzati gli stessi criteri nominali in entrambi i software per facilitare il processo di comprensione-scambio dei due modelli tridimensionali, ottenendo un confronto diretto tra i differenti oggetti parametrici e per creare condizioni operative il più simili possibile per l'esecuzione delle analisi energetiche, in modo da conseguire risultati effettivamente paragonabili. Per quanto riguarda la modellazione tridimensionale dell'area del Santuario sono state percorse diverse strade, per testare facilità di impiego dei sw e qualità del dato modellato finale. Le diverse prove hanno generato risultati diversi ognuno dei quali ha contribuito alla costruzione del modello parametrico finale. La fase più impegnativa è stata quella relativa alla modellazione delle parti proprie del Santuario mentre la creazione delle parti della copertura è stata più semplice visto che questi elementi (pilastri e travi reticolati) corrispondono a istanze presenti all'interno delle librerie di default. La realizzazione di questo gruppo di oggetti è risultata notevolmente più semplice, in quanto si tratta di scegliere opportunamente le soluzioni presenti all'interno delle famiglie di sistema o caricabili, fornite di default dal programma. Il modello finale è stato quindi completato dopo aver inserito anche le parti relative alla copertura (Fig. 3).

### **Valutazioni delle “prestazioni energetiche”: prove di compatibilità con software commerciali**

Uno degli aspetti da indagare è la possibilità offerta dai programmi BIM, di effettuare differenti analisi a partire dalle caratteristiche degli elementi del modello parametrico tridimensionale; in particolare è possibile redigere una simu-

lazione energetica generale, senza avere l'obbligo di spostare il modello in altri programmi specifici.

Per quanto concerne il caso studio analizzato è stato chiaro fin da subito che uno strumento costruito per la realizzazione di progetti sul nuovo non risulta essere adatto per l'analisi delle condizioni dei BC.

Da un lato va sottolineato che i Beni del patrimonio esistente richiedono una maggiore accortezza nella definizione delle principali caratteristiche termigrometriche dei componenti materici e dei parametri microclimatici; si dovrebbe infatti essere in grado di poter valutare gli effetti che il clima e l'ambiente circostante hanno avuto ed hanno sul manufatto, in particolare sull'avanzamento dello stato di degrado, e, proprio in presenza di degrado, poter tenere conto che le caratteristiche termigrometriche necessarie per una valutazione energetica si sono modificate rispetto a quelle dei materiali nuovi.

A ciò va aggiunto il fatto che, trattandosi di una valutazione energetica, i programmi analizzati prevedono necessariamente la presenza di un impianto di riscaldamento/raffreddamento che, al contrario, nella maggior parte dei casi reali non è né presente né tantomeno ipotizzabile in un progetto di intervento. Questa "filosofia" di base dei software BIM analizzati porta con sé, oltre alle problematiche che possono scaturire dalla differenza di settaggi di impianto e di parametri da impostare qualora si voglia comunque procedere nell'analisi energetica, la condizione che la costruzione su cui si opera la simulazione sia costituita da un ambiente confinato.

Questa caratteristica ha creato non pochi problemi per quanto concerne il caso studio analizzato in quanto, trattandosi di un'area archeologica, la maggior parte degli spazi sono aperti e si è così dovuto confinarli in maniera forzata attraverso la creazione di chiusure verticali fittizie.

Uno degli obiettivi della ricerca è stato quello – *volutamente* - di impiegare software di tipo "commerciale" (Revit e Archicad) per verificare fino a che punto questi programmi possono essere impiegati anche nel settore dei beni culturali, in particolare aree archeologiche.

Nel caso specifico di Nemi si è cercato di "ingannare" i software (creando artatamente uno spazio confinato) per valutare le differenze globali, in termini di temperatura e umidità, in caso di modifica della copertura del sito (cambiamento di forma e materiali). Temperatura e umidità sono i parametri adottati per qualificare il microclima che si crea sotto la copertura e che quindi può influire, positivamente o negativamente, sullo stato di conservazione del resto archeologico.

La Fig. 4 esemplifica quanto sopra esposto. I *diagrammi di carico di riscaldamento* e le *relative intensità* di utilizzo energetico, in questo studio, diventano a loro volta i parametri, attraverso i quali è possibile prevedere/apprezzare le variazioni termo-igrometriche che è necessario conoscere in fase di progettazione e scelta dei componenti della copertura.

### **Conclusioni**

La ricerca in corso sull'area archeologica di Nemi vuole analizzare e verificare le possibilità offerte dai principali software BIM applicati ai Beni Culturali. Le prove e i confronti sono stati fatti utilizzando due dei principali software presenti sul mercato quali Revit 2014 e ArchiCAD 17 utilizzando tutti i dati disponibili, raccolti in questi anni (Achille, 2011).

La prima parte delle prove ha riguardato proprio l'utilizzo dei dati ricavati dal rilievo, dati in formato testo, raster, vettoriale e numerico. È stato possibile verificare che attualmente, non risulta né facile né possibile gestire correttamente tutti i tipi di dati, in particolare risulta difficoltosa la gestione di alcuni dati di rilievo, come le nuvole di punti.

Al fine di ottenere un risultato più completo e soddisfacente possibile sono stati realizzati differenti tentativi di modellazione per realizzare un modello parametrico all'altezza delle aspettative. I risultati ottenuti hanno messo in luce lacune e criticità dei programmi, principalmente riconducibili alla difficoltà di modellare forme "uniche" seguendone il reale andamento.

Sono stati condotti anche dei test di valutazione energetica del modello. Questi test sarebbero molto utili in sede di valutazione delle prestazioni dei sistemi di protezione già presenti all'interno di un'area Archeologica e dei sistemi di protezione di nuova costruzione. Il risultato che è stato possibile ottenere non è stato però soddisfacente in quanto l'area di studio, trattandosi di reperti situati all'esterno, non si presta in nessun modo alla realizzazione di una simulazione energetica veritiera, ma è stato necessario adattarla significativamente alla modalità di analisi creata per il calcolo di ambienti confinati.

L'impiego di questi processi BIM non ha consentito di raggiungere pienamente gli obiettivi prefissati, ma ha evidenziato possibili sviluppi di questi programmi che permetterebbero di interfacciarsi con successo anche con il complesso settore dei Beni Culturali.

### **Ringraziamenti**

Un particolare ringraziamento alle studentesse Martina Gozzo, Claudia Di Benedetto e Cinzia Tommasi.

### Riferimenti bibliografici

Achille C., Fassi F., Lombardini N., Gaudio F., Galbusera L. (2011), Survey of the archaeological site of Nemi. A training experience. In *Proceeding of XXIIIrd International CIPA Symposium*, Prague, Czech Republic, September 12-16.

Achille C., Lombardini N., Valentini M. (2012), Aree archeologiche e sistemi di protezione: modelli di valutazione di compatibilità. In Biscontin G., Driussi G., *La conservazione del patrimonio architettonico all'aperto. Superfici, strutture, finiture e contesti*. Bressanone, 10-13 luglio 2012, 269-279. Venezia: Arcadia Ricerche.

Gaiani M., Benedetti B., Apollonio F. I. (2009), Standard di acquisizione e strutturazione di modelli digitali per sistemi informativi di aree archeologiche: il caso di Pompei, *Disegnare idee immagini*, 39, 60-73.

Garagnani S., Manfredini A. M. (2013), Parametric accuracy: building information Modeling process applied to the Cultural Heritage preservation. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W1, 2013 3D-ARCH 2013 - 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-26 February 2013, Trento, Italy.

Laurenti M. C. (ed.), Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Istituto Centrale per il Restauro, *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto* (2006). Roma: Gangemi editore.

### Sitografia

- [www.graphisoft.com/archicad/](http://www.graphisoft.com/archicad/), ultimo accesso aprile 2014.
- [www.autodesk.it/products/revit-family/overview](http://www.autodesk.it/products/revit-family/overview), ultimo accesso aprile 2014.



Fig. 1 - Nemi, localizzazione dell'area archeologica con evidenziata l'area del Santuario, a destra uno scorcio del complesso.

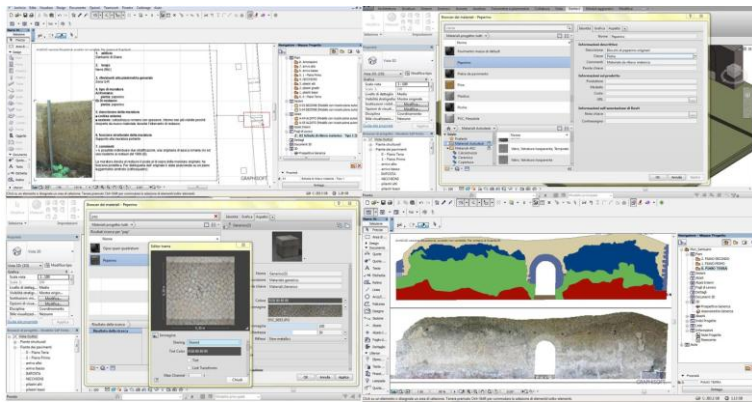


Fig. 2 - Gestione dei dati in formato testo, restituzione delle informazioni derivate da una scheda del rilievo materico, gestione dal browser dei nuovi materiali e modellazione della struttura muraria.

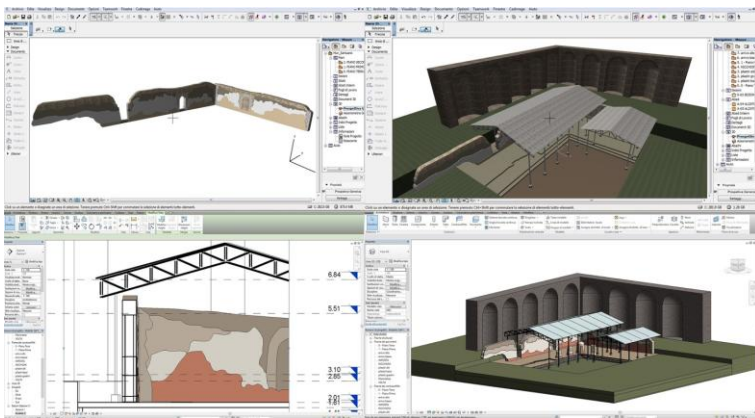


Fig. 3 - I modelli dello stato di fatto realizzati in Revit e Archicad.



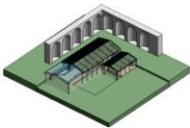
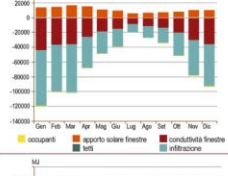



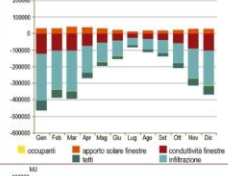
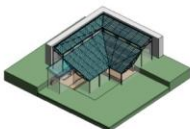
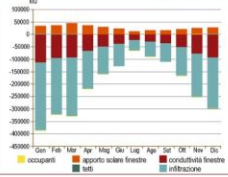

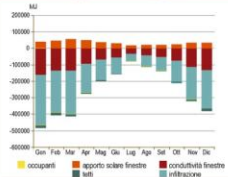
IMMAGINE MODELLO	CARATTERISTICHE MODELLO	INTENSITA' UTILIZZO ENERGETICO	CARICO DI RISCALDAMENTO MENSILE
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pareti realizzate tramite l'utilizzo di facciata continua divisione verticale generica</li> <li>- copertura realizzata con lastra in pvc flessibile</li> <li>- zero ricambi d'aria</li> <li>- impianto vav monoblocco 11,3 EER 84,4% riscaldamento tramite caldaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI elettricit�: 79 KWh/mq</li> <li>- EUI carburante: 0 MJ/mq</li> <li>- EUI totale: 285 MJ/mq</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pareti realizzate tramite l'utilizzo di facciata continua divisione verticale generica</li> <li>- copertura realizzata con doppia lastra in vetro e membrana pvb. copertura interna in brise soleil in legno</li> <li>- zero ricambi d'aria</li> <li>- impianto vav monoblocco 11,3 EER 84,4% riscaldamento tramite caldaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI elettricit�: 70 KWh/mq</li> <li>- EUI carburante: 0 MJ/mq</li> <li>- EUI totale: 251 MJ/mq</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pareti realizzate tramite l'utilizzo di facciata continua divisione verticale generica</li> <li>- copertura realizzata con strato in tessuto di colore chiaro</li> <li>- zero ricambi d'aria</li> <li>- impianto vav monoblocco 11,3 EER 84,4% riscaldamento tramite caldaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI elettricit�: 74 KWh/mq</li> <li>- EUI carburante: 0 MJ/mq</li> <li>- EUI totale: 266 MJ/mq</li> </ul>	
IMMAGINE MODELLO	CARATTERISTICHE MODELLO	INTENSITA' UTILIZZO ENERGETICO	CARICO DI RISCALDAMENTO MENSILE
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pareti realizzate tramite l'utilizzo di facciata continua divisione verticale generica</li> <li>- copertura realizzata con lastra in pvc flessibile</li> <li>- zero ricambi d'aria</li> <li>- impianto vav monoblocco 11,3 EER 84,4% riscaldamento tramite caldaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI elettricit�: 107 KWh/mq</li> <li>- EUI carburante: 0 MJ/mq</li> <li>- EUI totale: 386 MJ/mq</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pareti realizzate tramite l'utilizzo di facciata continua divisione verticale generica</li> <li>- copertura realizzata con doppia lastra in vetro e membrana pvb. copertura interna in brise soleil in legno</li> <li>- zero ricambi d'aria</li> <li>- impianto vav monoblocco 11,3 EER 84,4% riscaldamento tramite caldaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI elettricit�: 97 KWh/mq</li> <li>- EUI carburante: 0 MJ/mq</li> <li>- EUI totale: 348 MJ/mq</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pareti realizzate tramite l'utilizzo di facciata continua divisione verticale generica</li> <li>- copertura realizzata con strato in tessuto di colore chiaro</li> <li>- zero ricambi d'aria</li> <li>- impianto vav monoblocco 11,3 EER 84,4% riscaldamento tramite caldaia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI elettricit�: 102 KWh/mq</li> <li>- EUI carburante: 0 MJ/mq</li> <li>- EUI totale: 367 MJ/mq</li> </ul>	

Fig. 4 - Esempi dei risultati della valutazione energetica effettuata con Revit simulando la copertura cos  come   presente nel sito reale (in alto) e in una possibile sua variazione (in basso). L'analisi permette di valutare le differenze globali nel caso di utilizzo di materiali diversi per la copertura.