



CIRICE



CIRICE 2026

XI Convegno internazionale
in occasione del trentennale del CIRICE
e del decennale di *Eikonocity*
Napoli, 11-13 giugno 2026

CITTÀ IN TRANSIZIONE

LE DIGITAL HUMANITIES PER LA CONOSCENZA,
LA CONSERVAZIONE E LA VALORIZZAZIONE
DEL PATRIMONIO URBANO

CIRICE 2026

11th International Conference
at the occasion of the CIRICE 30th anniversary
and of the *Eikonocity* 10th anniversary
Naples, June 11-13, 2026

CITIES IN TRANSITION

DIGITAL HUMANITIES FOR KNOWLEDGE, CONSERVATION
AND ENHANCEMENT OF URBAN HERITAGE

Federico II University Press



fedOA Press

F

Il complesso di Santa Maria del Popolo degli Incurabili a Napoli: strategie integrate di restauro e valorizzazione tra memoria storica, nuove funzioni urbane e strumenti digitali nei contesti stratificati

The Complex of Santa Maria del Popolo degli Incurabili in Naples: Integrated Strategies for Restoration and Enhancement between Historical Memory, New Urban Functions, and Digital Tools in Stratified Contexts

Enrico Carafa

Studio Associato di Architettura
Carafa e Guadagno

Vincenzo Guadagno

Studio Associato di Architettura
Carafa e Guadagno

Maria Antonia Aldarelli

Studio Associato di Architettura
Carafa e Guadagno

Abstract

Il contributo presenta il progetto di restauro e rifunzionalizzazione del *Complesso Monumentale di S. Maria del Popolo degli Incurabili* come caso emblematico di rigenerazione del patrimonio urbano in un contesto storico stratificato. L'approccio multidisciplinare e l'uso dell'HBIM supportano la conoscenza integrata e le scelte progettuali, promuovendo permeabilità urbana e integrazione di nuove funzioni in continuità con la vocazione socio-sanitaria.

The paper presents the restoration and adaptive reuse project of the Monumental Complex of S. Maria del Popolo degli Incurabili as an emblematic case of urban heritage regeneration within a stratified historical context. A multidisciplinary approach and the use of HBIM support integrated knowledge and design decisions, promoting urban permeability and the integration of new functions in continuity with its historic socio-healthcare vocation.

Keywords

Restauro – HBIM – Rigenerazione Urbana.

Restoration – HBIM – Urban Regeneration.

Introduzione

Il progetto di riqualificazione, restauro e rifunzionalizzazione del *Complesso Monumentale di Santa Maria del Popolo degli Incurabili* a Napoli si inserisce in un ampio programma di tutela e valorizzazione del patrimonio storico-architettonico, avviato a seguito delle criticità sanitarie e strutturali emerse nel 2019. L'iniziativa, promossa dall'ASL Napoli 1 Centro con il supporto della Regione Campania, è finalizzata al ripristino delle condizioni di sicurezza, alla conservazione dei valori storico-artistici e alla restituzione funzionale del complesso alla città.

L'intervento, sostenuto da un significativo investimento pubblico, è stato preceduto da un articolato quadro conoscitivo multidisciplinare, coordinato dalla Stazione Appaltante, che ha condotto alla redazione del Documento di Indirizzo alla Progettazione (con contributi tra l'altro dei proff. V. Russo, R. Picone, A. Prota, A. De Simone, G. Rispoli) [Bruno, Pulli, Verdoliva, 2019], posto a base del Concorso Internazionale di Progettazione bandito dall'ASL Napoli 1 Centro in collaborazione con la Regione Campania tramite Invitalia S.p.A.

Il Concorso Internazionale, vinto dal RTP con capogruppo Studio Associato Carafa e Guadagno insieme a *Studio Costa Architetture* (progettazione museale), *Barretta & Partners* (progettazione sanitaria e impiantistica), *IA2 Studio Associato* (opere meccaniche), *Domi Moss* (progettazione del paesaggio),

General Engineering (progettazione strutturale); oltre alle consulenze specialistiche della dott.ssa G. Galanti di *Fabrica Conservazione e Restauro* (restauro), dott. F. De Simone (archeologia), CG Associati (geologia) e BIMON (BIM), ha rappresentato un passaggio cruciale, favorendo il confronto interdisciplinare tra le diverse competenze coinvolte. All'interno di tale assetto, lo Studio Associato Carafa e Guadagno ha assunto il coordinamento generale del progetto, garantendo integrazione e coerenza tra le discipline e curando in particolare la progettazione architettonica e di restauro, assicurando continuità metodologica dalla fase concorsuale alla progettazione definitiva.

Il progetto rappresenta l'esito di un processo organico finalizzato alla restituzione alla collettività di un complesso di eccezionale valore storico e identitario, attraverso il restauro conservativo, la riqualificazione e la rifunzionalizzazione dell'intero sistema architettonico, urbano e paesaggistico.

1. Processi di formazione e trasformazione del Complesso degli Incurabili dal XVI al XX secolo

Il Complesso di Santa Maria del Popolo degli Incurabili si sviluppa come struttura architettonica e urbana stratificata, condizionata dal tracciato delle fortificazioni greche [Santoro, 1984, 25] dell'antica Acropoli di *Caponapoli* e dalle successive sovrapposizioni romane, medievali e aragonesi. Fondato nei primi decenni del Cinquecento da Maria Longo [Valerio, 2101, pp.33], l'Ospedale si configura fin dalle origini come un organismo capace di incidere in modo determinante sull'assetto del centro antico.

L'espansione settecentesca [Cantone, 2010, 172], legata all'aumento della domanda assistenziale, comporta la progressiva occupazione degli isolati circostanti e una profonda riconfigurazione del tessuto urbano, consolidando il ruolo dell'Ospedale come infrastruttura di mediazione tra centro storico e nuovi insediamenti [Celano, 1856,693]. Nel XIX secolo, riorganizzazioni istituzionali moderne [Buccaro, 1985, 175] e interventi infrastrutturali sanciscono l'integrazione dell'*insula* nel tessuto urbano [Pane, 1936,60]; nel secolo successivo, eventi bellici [Vassallo,2010, 312] [Russo, 2012], e interventi spesso emergenziali [Beguinot, 1968,49] alterano ulteriormente i rapporti tra il complesso e il contesto circostante. Nonostante tali trasformazioni, il complesso conserva un forte valore storico e ambientale, configurandosi come esito di un processo architettonico cumulativo e talvolta conflittuale.

2. Finalità e obiettivi del progetto di restauro e valorizzazione

Il progetto di riqualificazione, restauro e rifunzionalizzazione del complesso degli Incurabili si fonda sull'analisi approfondita delle preesistenze e sul confronto con esse, per definire le principali direttrici di intervento, nel pieno rispetto delle esigenze funzionali e della vocazione dell'area. Le strategie adottate mirano a restituire permeabilità, accessibilità e centralità a un tessuto urbano finora marginalizzato, valorizzando spazi aperti, corti e giardini storici, rigenerando i bordi urbani e le ferite belliche, ripristinando antichi tracciati e inserendo funzioni pubbliche, culturali e sociali in dialogo con quelle socio-sanitarie e residenziali, per restituire il complesso pienamente alla collettività.

L'area di intervento del complesso di *Santa Maria del Popolo degli Incurabili* occupa quasi tutta un'*insula* del centro antico di Napoli ed è costituita dalla fusione di due agglomerati: l'Ospedale degli incurabili (con il cortile monumentale, l'*Arciconfraternita dei Bianchi* e la chiesa di *Santa Maria del*

Popolo) e quello che era il convento di *Santa Maria delle Grazie* (con il chiostro rinascimentale, il chiostro minore e il grande giardino). Attualmente l'area è delimitata da via *Armanni*, via *Capozzi*, vico *Consolazione*, Via *M. Longo*, Rampa *M. Longo* e largo *Madonna delle Grazie*.

L'area si presenta come un testo molto complesso, articolato, che rivela tutti i passaggi temporali, con varie modifiche e aggiunte a partire dal XVI secolo fino agli ultimi anni del XXI, che appaiono ancor più visibili nei punti di discontinuità. I danni bellici e le successive discutibili operazioni di demolizione hanno profondamente alterato assetti urbani e architettonici un tempo occupati dall'Ospedale. In particolare, a sud, lungo via *Armanni*, tali trasformazioni hanno condotto alla realizzazione del padiglione di *Anatomia Patologica*; a nord, invece, la creazione della Rampa Longo ha inciso in modo irreversibile sull'organismo edilizio storico lasciando ancora leggibili i resti del corpo di fabbrica del *diruto*, che in origine collegava il complesso di *Santa Maria del Popolo degli Incurabili* con quello monastico di *Santa Maria delle Grazie*.

In fase di progettazione, in considerazione della complessità del contesto stratificato in cui il complesso si inserisce, caratterizzato da una lunga successione di fasi costruttive, trasformazioni funzionali, si è resa necessaria un'articolazione dell'organismo architettonico in nove sub-unità. Queste sono state definite per rendere leggibili le differenti identità storico-tipologiche e successivamente aggregate in quattro macro-ambiti, così da consentire una gestione coordinata e progressiva degli interventi, capace di integrare le esigenze di conservazione, rifunzionalizzazione e valorizzazione dell'intero sistema.

Dall'analisi del sito e delle sue criticità sono state individuate alcune azioni progettuali a scala urbana, quali la valorizzazione dei *bordi* e la riqualificazione degli accessi, il recupero e la sistemazione delle corti e dei giardini storici esistenti, la creazione di innesti contemporanei e di nuove aree verdi, e la riqualificazione del Cortile Monumentale, il ripristino di un *cardine* (vico *Corniolo*) dell'antico impianto ortogonale di *Neapolis*, quale genesi e persistenza del progetto urbano greco. Queste azioni progettuali, fortemente integrate tra loro, mirano a trasformare un luogo tradizionalmente introverso, sia per vocazione che per morfologia, in un nuovo complesso che riaprirà alla città in una veste diversa, capace di valorizzare e collegare sia l'area storico-culturale sia quella ospedaliera-specialistica.

Uno degli aspetti determinanti del progetto è il rapporto tra l'esistente, la nuova funzione museale e la necessità di restituire ai napoletani una funzione assistenziale dell'Ospedale. Gli interventi proposti si traducono in aggiornamenti funzionali della struttura, talvolta con l'adeguamento della funzione originaria, talvolta con l'inserimento di nuove attività, comportando anche una rivisitazione significativa dell'immobile. In questo contesto, la ricerca di un equilibrio tra nuovo ed esistente è cruciale, così come la previsione di soluzioni flessibili, capaci di adattarsi a future variazioni funzionali o aggiornamenti tecnologici senza eccessivo dispendio di risorse.

La reversibilità degli interventi si confronta inoltre con la complessa stratificazione storica dei linguaggi e degli elementi architettonici che si sono susseguiti nei secoli. Il progetto ha dovuto confrontarsi con le condizioni a volte critiche delle strutture storiche e dalla presenza dei beni artistici presenti, spesso vincolanti nella scelta delle soluzioni, e tenere conto dell'adeguamento impiantistico in funzione della nuova destinazione e di standard qualitativi attuali più elevati per l'apertura al pubblico. Tutti gli interventi, nei settori architettonico, artistico, strutturale e impiantistico, sono stati concepiti secondo una logica del minimo intervento, volto a rispettare e valorizzare la preesistenza storica e architettonica del complesso. La scelta progettuale ha privilegiato la compatibilità materica

tra gli elementi storici e le nuove integrazioni, in modo da garantire un dialogo armonico tra antico e contemporaneo, evitando soluzioni invasive o frammentarie. Al contempo, la distinguibilità degli interventi si è rivelata fondamentale, sia per motivi funzionali – per chiarire le diverse destinazioni d’uso e favorire la leggibilità degli spazi – sia per ragioni strutturali, consentendo di evidenziare i nuovi apporti senza compromettere l’integrità e la stabilità dell’edificio esistente. In questo senso, ogni intervento è stato calibrato per conciliare conservazione e innovazione, assicurando continuità storica e qualità funzionale, con un approccio che riconosce l’importanza del patrimonio preesistente ma ne permette al contempo un uso e una fruizione contemporanei.

3. Dall’analisi alla modellazione in H-BIM: il rilievo digitale e le indagini diagnostiche

L’intervento si configura come un modello innovativo di restauro e rigenerazione urbana, capace di coniugare conservazione, sostenibilità e innovazione digitale. Tale impostazione è stata consolidata nelle fasi progettuali definitiva ed esecutiva mediante l’adozione dell’H-BIM (*Heritage Building Information Modelling*), inteso non solo come strumento di modellazione, ma come **sistema di gestione del processo informativo**, in coerenza con il quadro normativo di riferimento (UNI 11337, ISO 19650), a supporto del coordinamento interdisciplinare e del controllo della qualità dei dati.

In questa prospettiva è stata attivata un’interlocuzione tecnica strutturata con il team di progetta-



Fig. 1. Studio Associato Carafa e Guadagno. Mesh 3d del complesso dell’ex ospedale degli Incurabili dall’unione di nuvole di punti generate delle riprese dal drone e scansioni laser da terra.



Fig. 2. . Studio Associato Carafa e Guadagno. Prospetto Nord e sezione longitudinale estratta dal modello BIM

zione, finalizzata alla condivisione di modalità operative, procedure, strutture dati e strategie di modellazione per le diverse fasi del progetto, con l'obiettivo di rendere esplicito e condiviso il processo BIM di progettazione. Parallelamente, sono state definite le **regole di scambio informativo** tra i diversi soggetti coinvolti, attraverso riunioni di coordinamento BIM, avviando il processo a partire dalle attività di modellazione dello SDF (consulenza LTT srl) e integrando progressivamente i contributi specialistici.

A supporto di tale organizzazione è stato redatto il **Piano di Gestione Informativa (pGI/BEP)**, che ha definito ruoli, responsabilità, flussi informativi e procedure di verifica, e predisposto un **Ambiente di Condivisione dei Dati (ACDat)**, individuato nella piattaforma Autodesk BIM 360, all'interno del quale sono stati caricati e coordinati i modelli ed eseguiti i controlli di coerenza, le verifiche e le revisioni (clash detection, code checking, verifica e validazione).

L'H-BIM ha così consentito di integrare dati geometrici, materici, strutturali e storici in un sistema informativo unitario, a supporto delle scelte progettuali e in dialogo con fonti storiche, iconografia ed elaborati recenti. Le attività conoscitive hanno avuto una chiara finalità operativa, alimentando il modello per la comprensione del comportamento strutturale del complesso e per la caratterizzazione delle diverse fasi costruttive, con informazioni su materiali, tecniche edilizie e condizioni del piano fondale.[Banfi, 2023, 1-316]

Dati sullo stato tensionale delle murature e sul quadro fessurativo sono stati integrati nel modello per calibrare il modello strutturale [Bassier, 2017, 25-30]. La complessità e l'estensione del complesso, caratterizzato da crescita storica non pianificata e irregolarità costruttive, hanno reso l'H-BIM indi-

spensabile per garantire coerenza tra analisi, progetto e intervento, ottimizzare gli interventi strutturali e costruire un livello di conoscenza adeguato al valore storico-architettonico.

I rilievi del Complesso, avviati nel 2021, sono stati propedeutici alla costruzione del modello HBIM. Grazie a questo approccio e alla consulenza specialistica della ditta *Geoldrone*, sono stati acquisiti dati geometrici affidabili (Fig.1), integrati con informazioni storiche, materiche e strutturali, configurando il rilievo come strumento strategico per digitalizzazione, progettazione, intervento e gestione evolutiva del patrimonio. L'integrazione delle diverse fonti informative ha consentito la costruzione di un modello tridimensionale unitario (Fig.2), capace di supportare analisi, verifiche strutturali e progettazione, oltre a costituire documentazione permanente, interrogabile e di alto valore scientifico e gestionale, fondamentale per la conservazione programmata e la valorizzazione sostenibile del complesso.

4. La riqualificazione del Complesso degli Incurabili: integrazione tra patrimonio museale, sanitario, residenziale e urbano

All'interno del complesso, suddiviso in nove sub-unità, sono state identificate due macroaree funzionali: Area Museale e Area Socio- Sanitaria. Successivamente l'intero progetto è stato suddiviso in ulteriori 4 ambiti funzionali: Ambito 1: Area Socio-Sanitaria; Ambito 2: Area Museale; Ambito 3: Farmacia Storica, Sala Governatore, Chiesa di *Santa Maria del Popolo*, Area delle residenze; Ambito 4: Ospedale degli Incurabili e gli spazi aperti ed il rapporto con i 'bordi'(Fig. 3).

La riqualificazione dell'Area Sanitaria mira alla rifunzionalizzazione degli spazi nel rispetto dell'integrità storico-architettonica, con interventi sui collegamenti verticali e orizzontali per migliorare gerarchia funzionale, accessibilità e fruizione. L'accesso principale è riconfigurato mediante la ricostruzione dello spazio *diruto*, l'inserimento del portale di ingresso e la trasformazione del chiostro piccolo in dispositivo di accoglienza (Fig.4). Il *diruto* consente nuovi collegamenti verticali, la separazione dei flussi e il superamento delle barriere architettoniche. Nell'atrio storico, le scale esistenti sono sostituite da due elevatori e un montalettighe e i percorsi ricollocati internamente, con distinzione tra utenti, personale, vitto e morgue. Un mezzanino sottostante al *diruto* separa i percorsi sporco-pulito, garantendo funzionalità, sicurezza e accessibilità.

L'area museale è progettata per garantire continuità dei flussi e accessibilità, attraverso varchi selettivi e nuovi collegamenti verticali (ascensori e corpi scala normativi). L'ex ospedale è riconvertito in spazio espositivo mediante rimozione di partizioni, valorizzazione delle doppie altezze con un mezzanino indipendente e realizzazione di un percorso open-air collegato alla terrazza panoramica della caffetteria.

Il sistema museale si articola attorno al Cortile Monumentale (Fig.5), con accesso principale a nord e percorsi verso servizi di accoglienza e spazi espositivi, fino al Museo delle Arti Sanitarie e della Storia della Medicina, articolato su più livelli con sezioni tematiche, depositi visitabili e percorsi innovativi. Il quarto livello ospita esposizioni temporanee, eventi open-air e area ristoro panoramica; l'ala est accoglie la Cappella dei Bianchi, laboratori, depositi e spazi per associazioni. La *Chiesa di Santa Maria del Popolo*, la *Cappella Montalto* e la sacrestia sono restaurate e riconvertite in sale convegni e spazi museali. La Biblioteca-Digital Innovation Hub, su cinque livelli, integra arte, scienza e tecnologia, trasformando la Corte Monumentale in dispositivo culturale attivo.

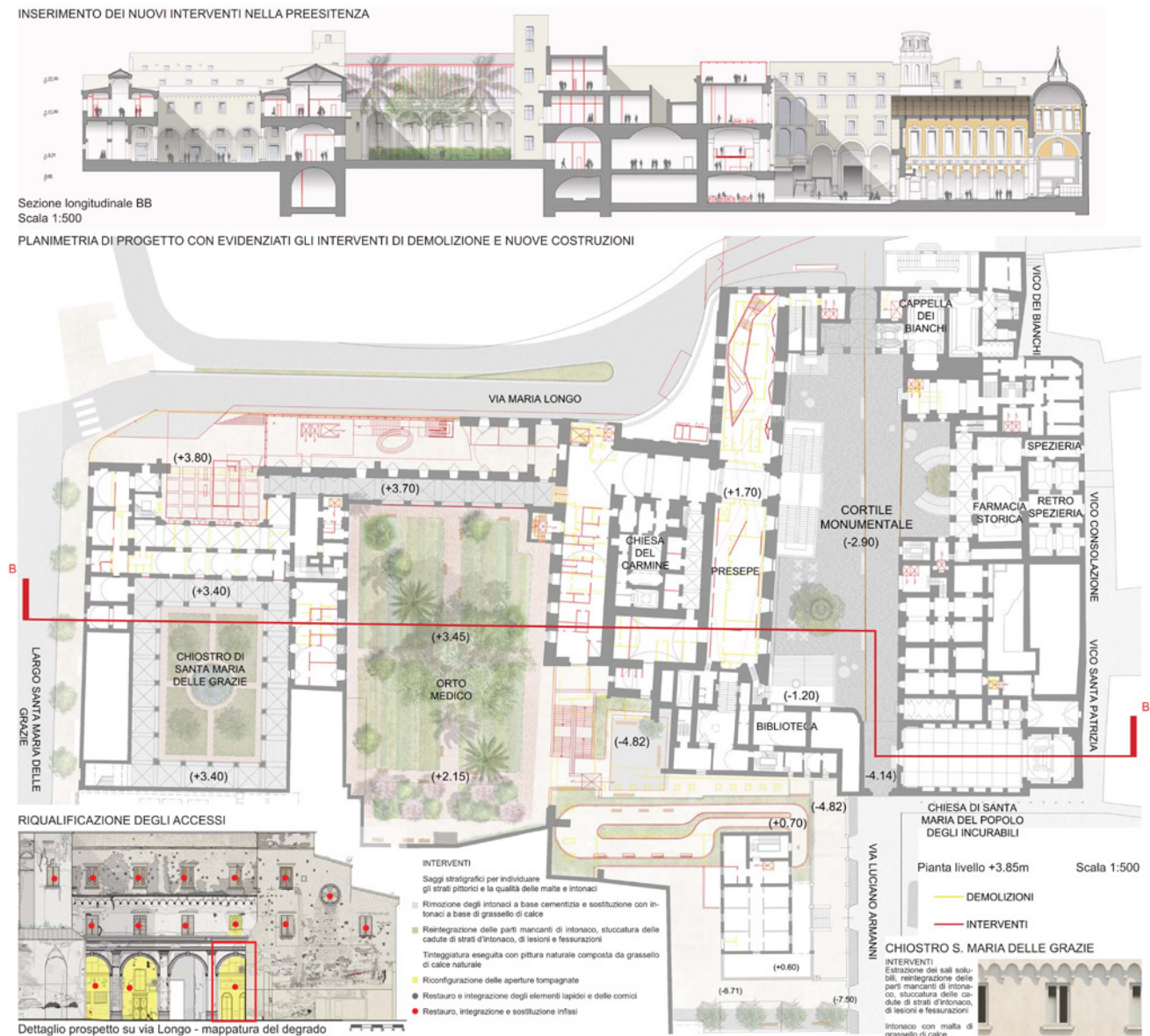


Fig. 3. Studio Associato Carafa e Guadagno con RTP. Planimetria e sezione di progetto dell'isola degli Incurabili, con inserimento dei nuovi interventi nella preesistenza e le demolizioni. Elaborato del concorso di progettazione per il restauro del complesso monumentale di Santa Maria del Popolo degli Incurabili.

Per le residenze, caratterizzate da superfetazioni e manomissioni, l'intervento prevede il restauro conservativo, il consolidamento strutturale, il miglioramento statico e la rifunzionalizzazione impiantistica, con l'inserimento di un ascensore posteriore a doppio accesso dal complesso da vico *Conso-lazione*. L'accesso principale avviene dal portale in piperno e dal cortile liberato dalle superfetazioni, valorizzando elementi storici come l'antica finestra contigua alla sagrestia. Dal cortile si accede all'ascensore, alla scala di collegamento con la *vanella grande* e alla scala storica verso i piani superiori, dove sono stati recuperati dieci appartamenti di diverse dimensioni, con demolizione di tramezzature incongrue e valorizzazione di ambienti voltati e solai lignei decorati.

Il progetto di riqualificazione ospedaliera si articola su tre direttrici: organizzazione delle funzioni sanitarie, definizione degli accessi e riorganizzazione dei collegamenti interni. Sono previsti due nuovi nuclei verticali – uno nel diruto ricostruito e uno nel blocco scala preesistente dell’antico atrio – per



Fig. 4. Studio Associato Carafa e Guadagno con RTP. Render di progetto: il nuovo ingresso dell'area socio sanitaria ed il chiostro secondario di Santa Maria delle Grazie recuperato. Elaborato del concorso di progettazione per il restauro del complesso monumentale di Santa Maria del Popolo degli Incurabili.

connettere il piano d'ingresso all'intero complesso e differenziare i percorsi di utenti, personale, vitto, sporco e morgue. Nel convento di *Santa Maria delle Grazie* (Fig.6) sono restaurati lo scalone principale e la scala prospiciente il chiostro piccolo per il personale; l'elevatore esistente serve il trasporto barellato. I collegamenti orizzontali garantiscono percorsi distinti per utenti, visitatori, personale, logistica, vitto, morgue e centro diurno, con funzioni residenziali, semiresidenziali e ambulatoriali. L'accesso principale avviene dall'atrio del chiostro piccolo connesso al diruto e alla piazza interna; l'accesso secondario recupera l'ingresso storico su *Largo Santa Maria delle Grazie*. L'Ex *Anatomia Patologica* ospita il centro diurno per pazienti *Alzheimer* con spazi per riabilitazione cognitiva, musicoterapia, arteterapia e *healing garden*.

Tenendo conto dell'evoluzione storica degli spazi esterni sono stati valorizzati elementi di pregio me-



Fig. 5. Studio Associato Carafa e Guadagno con RTP. Render di progetto: restauro e valorizzazione del cortile monumentale. Elaborato del concorso di progettazione per il restauro del complesso monumentale di Santa Maria del Popolo degli Incurabili.

diante la rimozione di superfetazioni e la ricostruzione dei percorsi visivi e pedonali, in equilibrio tra città, quartiere e complesso. L'intervento prevede un doppio sistema di risalite a nord tra piazza Cavour e il complesso; la ricostruzione del volume *diruto* a margine e ingresso della struttura socio-sanitaria; riqualificazione della piazza di *Santa Maria delle Grazie* a ovest con marciapiedi, filari alberati e sedute; la riconfigurazione e riqualificazione a sud dei percorsi tra via *Armani* e *Orto Medico*, recuperando l'antico *Vico Corniolo*. Corti, chiostri e giardini sono restaurati con interventi minimali, destinati a sosta, socialità e fruizione culturale. L'*Orto Medico* conserverà la funzione storica con vegetazione officinale, alberi da frutto e percorsi pedonali protetti, mentre l'ex *Anatomia Patologica* disporrà di giardino terapeutico in copertura, sicuro e continuo, con vegetazione diversificata, aree di sosta, aiuole rialzate e percorsi olfattivi e tattili.

Conclusioni

Il progetto di riqualificazione del Complesso di Santa Maria del Popolo degli Incurabili si configura come un caso emblematico di intervento sul patrimonio costruito in un contesto urbano stratificato,

in cui tutela, innovazione e rifunzionalizzazione trovano sintesi in un processo fondato sulla conoscenza e sul confronto interdisciplinare. Il concorso internazionale promosso dall'ASL Napoli 1 Centro ha rappresentato l'avvio di un percorso progettuale che, dal PFTE al progetto esecutivo, si è progressivamente affinato anche attraverso il confronto con le istituzioni competenti. In questo processo, la metodologia H-BIM ha svolto un ruolo determinante come supporto alle scelte progettuali, al coordinamento tra le discipline e al controllo della complessità dell'organismo architettonico, garantendo coerenza tra analisi, conservazione, interventi strutturali e rifunzionalizzazione e accompagnando in modo consapevole il passaggio alla fase realizzativa.

Bibliografia

- BANFI, F. (2023). *Virtual Heritage / from 3D modelling to HBIM and extended reality*. Politecnica, pp. 1-316.
- BASSIER, M., VERGAUWEN, M., & VAN GENECHTEN, B. (2017). Automated classification of heritage buildings for as-built BIM using machine learning techniques. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(2W2), pp. 25-30.
- BEGUINOT, C. (1968). *Rinnovamento e restauro ambientale: una insula del centro antico di Napoli*. Napoli, Collana di Studi di Urbanistica.
- BRUNO, A., PULLI, G., VERDOLIVA, C. (2019). *Incurabili. Il quadro esigenziale e gli indirizzi metodologici per la riqualificazione, il restauro e la rifunzionalizzazione del complesso monumentale*. Napoli, Giannini Editore.
- BUCCARO, A. (1985). *Istituzioni e trasformazioni urbane nella Napoli dell'Ottocento*. Napoli, si, pp. 130-137.
- CANTONE, G. (2010). Incurabili e dintorni, in VALERIO, A. (a cura di), *L'Ospedale del Reame. Gli Incurabili di Napoli. Volume I*. Napoli, Editore Il Torchio della Regina S.r.l., pp. 172-178.
- CELANO, C. (1856). *Notizie del bello, dell'antico e del curioso della città di Napoli con aggiunte di Giovan Battista Chiarini*, II. Napoli, p. 693.
- PANE, R. (1936). *Il centro antico di Napoli*, Volume II. Napoli, ESI, p. 60.
- ROSSI, P. (2010). Il contesto urbano degli Incurabili attraverso la cartografia storica, in VALERIO, A. (a cura di), *L'Ospedale del Reame. Gli Incurabili di Napoli. Volume I*. Napoli, Editore Il Torchio della Regina S.r.l., pp. 281-290.
- RUSO, V. (2012). Archeologie di guerra. Un tema di confronto tra antico e nuovo nel centro storico di Napoli, in AVETA, A., & MARINO, B. G. (a cura di), *Restauro e riqualificazione del centro storico di Napoli Patrimonio dell'UNESCO tra conoscenza e progetto*. Napoli.
- SANTORO, L. (1984). *Le mura di Napoli*. Roma, Istituto Italiano dei Castelli, pp. 25-40.
- VASSALLO, E. (2010). Distruzioni, progetti ed interventi nel secondo Novecento, in VALERIO, A. (a cura di), *L'Ospedale del Reame. Gli Incurabili di Napoli. Volume I*. Napoli, Editore Il Torchio della Regina S.r.l., pp. 312-323.
- VALERIO, A. (2006). *I luoghi della memoria, I. Istituti religiosi femminili a Napoli dal IV al XVI secolo, cap. Incurabili, Le Convertite, Le riformate*. Napoli, Voyage Pittoresque, pp. 75-85.

Rilievo integrato come strumento di conoscenza e valorizzazione: un progetto di accessibilità per l'Istituto Paolo Colosimo

*Integrated survey as a tool for knowledge and valorization:
an accessibility project for the Paolo Colosimo Institute*

Giovanna Tranfaglia

Università degli Studi di Napoli
Federico II
g.tranfaglia@studenti.unina.it

Arianna Lo Pilato

Università degli Studi di Napoli
Federico II
arianna.lopilato@unina.it

Abstract

XXX.

XXX.

Keywords

storia, rilievo, valorizzazione, fruizione virtuale.

XXX.

Il presente lavoro di ricerca si concentra sullo studio e la conoscenza del complesso di Santa Teresa degli Scalzi a Napoli, ed in particolare sugli spazi dell'ex convento dove ha sede l'Istituto Paolo Colosimo, che nacque come Patronato Regina Margherita per ciechi a Firenze; la prima sede napoletana fu aperta nel 1892 nel convento di San Domenico Maggiore.

Il contributo ha ripercorso la storia dei luoghi, della loro conformazione antecedente alla fondazione del complesso teresiano, analizzando la collina di Fonseca e lo sviluppo urbano che ha interessato quest'area posta al di fuori delle mura della città.

Attraverso un attento studio delle cartografie storiche, delle fonti iconografiche e dalla ricerca di archivio, che ha portato alla scoperta di disegni inediti, sono state analizzate le trasformazioni del complesso di Santa Teresa degli Scalzi, il quale per la sua importanza, è stato catalizzatore della sistemazione urbana dell'attuale strada che porta il suo nome. L'assetto attuale è frutto di ulteriori rimaneggiamenti durante il decennio francese, in particolare con l'apertura del Corso Napoleone è stata modificata la percezione della cortina edilizia preesistente a causa della costruzione dei necessari basamenti di raccordo alla nuova quota stradale.

Nel ripercorrere l'evoluzione del complesso, le trasformazioni subite, le nuove destinazioni d'uso fino a quella attuale, è stato possibile ricucire più parti di questa intricata storia.

All'analisi storica si è affiancato un processo di rilievo digitale che ha consentito non solo di indagare la complessità delle compenetrazioni spaziali e di riconoscerne le geometrie, ma anche di individuare, all'interno del complesso, diversi ambienti meritevoli di maggiore valorizzazione.

A fronte di un'articolazione spaziale particolarmente complessa, caratterizzata da salti di quota e dall'alternanza tra grandi sale e ambienti angusti, le tecniche tradizionali di rilievo reality-based hanno mostrato alcuni limiti, soprattutto in termini di maneggevolezza della strumentazione e rapidità di acquisizione. Per questo motivo, la metodologia adottata ha previsto anche l'impiego di un laser scanner dinamico basato su algoritmo SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) che ha permesso, attraverso il movimento all'interno degli spazi, di acquisire i dati in modo più efficiente e

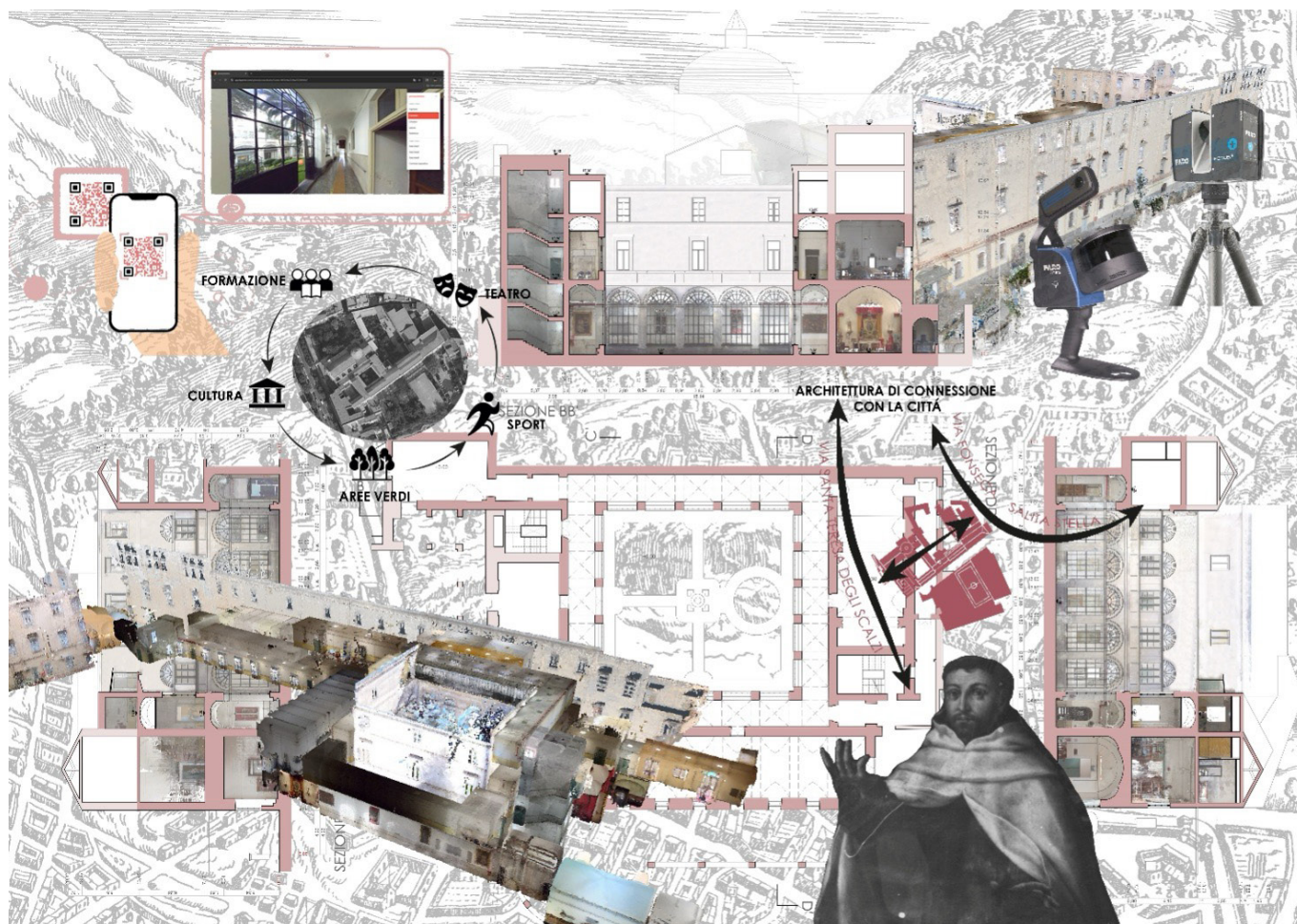


Fig. 1. Composizione grafica di sintesi del lavoro di ricerca.

rapido, dalla configurazione generale del complesso fino agli ambienti più difficilmente accessibili. Poiché questi spazi vengono aperti alla comunità solo in rare occasioni, i modelli ottenuti dall'integrazione dei dati provenienti dalle diverse modalità di acquisizione hanno costituito non soltanto la base per la produzione degli elaborati grafici, ma anche uno strumento fondamentale per la successiva fruizione virtuale.

Attraverso l'integrazione tra conoscenza storica e documentazione digitale del manufatto, il presente studio intende configurarsi come l'avvio di un più ampio progetto di fruizione, valorizzazione e restauro, volto ad aprire il complesso al dialogo con il tessuto urbano circostante. In questa prospettiva, un'architettura, oggi ancora poco conosciuta, può assumere il ruolo di importante cerniera di riconnessione con la città.

Bibliografia

- Giuseppe Ceci, (1895). *L'Educandato Regina Margherita nell'ex-convento di S. Teresa*, in «Napoli nobilissima», IV, pp. 172- 174.
- Giuseppe Ceci, (1896). *La chiesa di S. Teresa agli Studi*, in «Napoli nobilissima», V, pp. 71-73.
- Giuseppe Ceci, (1896). *Il convento di S. Teresa agli Studi*, in «Napoli nobilissima», V, pp. 9-12.

Gennaro Aspremo Galante, (1967). *Guida sacra della città di Napoli*, Napoli, Fausto Fiorentino editore, Napoli (ristampa dell'edizione Stamperia del Fibreno, 1873).

Cesare De Seta, (1973). *Storia della città di Napoli, dalle origini al Settecento*, Bari, Editori Laterza.

Gaetana Cantone, (1984). *Napoli Barocca e Cosimo Fanzago*, Napoli, Edizione Banco di Napoli.

Colletta Teresa, (1985). *Napoli. La cartografia pre-catastale, numero monografico speciale «Storia della città»*, nn. 34, 35.

Dario Nicoletta, (1986). *I cento chiostri di Napoli, guida storico-artistica*, Napoli, Edizioni scientifiche italiane.

Eduardo Nappi, (1988). *Ricerche sul 600 napoletano, Saggi e documenti per la storia dell'arte*, Milano, L&T, pp. 132-135.

Nicola Spinosa, Gemma Cautela, Leonardo Di Mauro, Renato Ruotolo, (1993-1996). *Napoli sacra, guida alle chiese della città, 14° itinerario*, Napoli, Elio De Rosa.

Alfonso Gambardella, Giosi Amirante, (1994). *Napoli fuori le mura: la Costigliola e Fonseca da platee a borgo*, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane.

Italo Ferraro, (2007). *Atlante della città di Napoli: Stella, Vergini, Sanità*, Napoli, Oikos.

Fonti archivistiche

Napoli. Archivio di Stato. Ministero degli affari interni, Inventario I, Serie Antichità e Belle Arti, 1799 – 1842, busta 998.

Napoli. Archivio di Stato. Ministero della pubblica Istruzione, Real museo borbonico e soprintendenza generale degli scavi, 1848 – 1864, busta 331.

Napoli. Archivio Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per l'area Metropolitana di Napoli. Chiesa di Santa Teresa degli Scalzi, Istituto Colosimo, fascicolo 17/354.

Napoli. Biblioteca della Società Napoletana di Storia Patria. Ferdinando Patturelli, Progetto della scala della chiesa di Santa Teresa agli Studi, 1810-1835, SNSP.

Diagnostica integrata e approcci metodologici multidisciplinari di conoscenza. Il caso studio dell'ex complesso conventuale di Santa Anastasia di Verona

Integrated diagnostics and multidisciplinary methodological approaches to knowledge. The case study of the former conventual complex of Santa Anastasia in Verona

Emanuela Sorbo

Università Iuav di Venezia
esorbo@iuav.it

Tommaso Moretto

Università Iuav di Venezia
tmoretto1@iuav.it

Gianluca Spironelli

Sapienza Università di Roma
gianluca.spironelli@uniroma1.it

Abstract

La ricerca ha sviluppato un modello metodologico multiscalar e multidisciplinare per la conoscenza del patrimonio costruito, applicato al caso studio dell'ex complesso conventuale di Santa Anastasia a Verona. L'integrazione critica tra rilievo digitale avanzato, fonti storico-archivistiche e indagini diagnostiche non distruttive, fondata sulla ridondanza di esiti provenienti da prove eterogenee, ha consentito la definizione di un modello conoscitivo unitario e oggettivo, capace di restituire le relazioni tra storia costruttiva, trasformazioni d'uso e stato conservativo, traducendo dati complessi in una diagnosi integrata a supporto delle scelte di conservazione, gestione e valorizzazione.

Keywords

Analisi non distruttiva; Patrimonio culturale religioso; Modelli conoscitivi integrati; Analisi del comportamento dinamico.

The research seeks to develop a multiscalar and multidisciplinary methodological model for the knowledge of the built heritage, applied to the case study of the former conventual complex of Santa Anastasia in Verona. The critical integration of advanced digital surveying, historical and archival sources, and non-destructive diagnostic investigations—grounded in the redundancy of outcomes from heterogeneous tests—enables the definition of a unified, objective knowledge model. This model can reconstruct relationships among construction history, transformations of use, and the state of conservation, translating complex datasets into an integrated diagnostic framework that supports informed decisions on conservation, management, and valorisation.

XXX.

Introduzione

Il complesso di Santa Anastasia costituisce uno degli organismi architettonici più stratificati del centro storico di Verona [Arslan e Fiocco 1939], esito di un lungo processo di trasformazioni che, a partire dall'insediamento conventuale medievale [Cipolla 1882; Cipolla 1914], ha progressivamente definito un sistema centrale nella vita religiosa politica urbana della città [Lorenzini 2017]. All'interno di tale organismo, la Basilica di Santa Anastasia, la chiesa minore di San Pietro Martire (FIG. 1) realizzata per assolvere le funzioni durante la ricostruzione della basilica maggiore [Benini 1988, 127–130], e gli ambienti conventuali rappresentano parti storicamente interconnesse, la cui configurazione attuale è il risultato di successive fasi di adattamento, rifunzionalizzazione, in particolare a seguito della soppressione napoleonica e delle trasformazioni occorse anche in età contemporanea [Butturini 2008, 161–172]. L'attuale Conservatorio di musica "E. F. Dall'Abaco" (divenuto tale nel 1968) si insedia come liceo musicale all'interno di questi spazi nel 1951 [Och 2008].



Fig. 1: Università luav di Venezia, Ambiente interno della chiesa di San Pietro Martire.

In questo contesto, il complesso di Santa Anastasia si configura come un palinsesto emblematico per l'analisi dei rapporti tra trasformazione storica, stato materiale e prospettive di intervento, in cui la coesistenza di esigenze conservative e istanze di valorizzazione richiede una lettura integrata e multilivello [Sorbo 2024]. La presenza di spazi con gradi diversi di integrità materiale e utilizzo rende infatti necessario un approccio capace di mettere in relazione la conoscenza del costruito con le possibili istanze progettuali [Bocasso et al. 2024; Longhi 2019].

A partire dal 2022, tali condizioni hanno costituito il presupposto per l'avvio di un articolato percorso di ricerca¹ sviluppato attraverso una collaborazione istituzionale tra il ClusterLab MATECA dell'Università Iuav di Venezia, la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza e il Conservatorio. La Soprintendenza ha promosso attività orientate alla conoscenza per la conservazione materiale della chiesa di San Pietro Martire, in relazione a criticità strutturali e materiche emerse nel tempo. Parallelamente, un finanziamento da parte del Conservatorio ha permesso di estendere la ricerca a un quadro conoscitivo dell'intero complesso conventuale, indirizzandolo verso obiettivi di valorizzazione e riattivazione funzionale degli spazi, tra cui la chiesa di San Pietro Martire attualmente chiusa al pubblico. La compresenza di questi due filoni di ricerca, sviluppati in modo coordinato e progressivo, ha reso necessario costruire una visione unitaria e di lungo periodo, fondata su un sistema di conoscenza integrato, capace di supportare scelte progettuali attinenti sia alla conservazione che alla valorizzazione del sito secondo un programma dilazionato in più fasi di intervento.

Obiettivi della ricerca e articolazione conoscitiva del processo di conservazione

All'interno di un panorama attinente alla rifunzionalizzazione post-napoleonica degli ex conventi e alla conservazione degli edifici religiosi dismessi, la ricerca pone nella conoscenza il fondamento cardine in grado di supportare in modo coerente e continuativo i processi di conservazione, manutenzione e valorizzazione [Longhi 2021].

Un primo obiettivo riguarda il supporto scientifico alle attività di conservazione in corso promosse

1 Il contributo si basa sugli esiti di una serie di contratti di ricerca finanziata attivati a partire dal 2022 tra l'Università Iuav di Venezia e gli enti coinvolti nella tutela e gestione del complesso di Santa Anastasia a Verona. Un primo contratto, della durata di dodici mesi (2022–2023), stipulato con la *Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza* (SABAP-VR), è stato dedicato a *La valutazione dello stato di conservazione e linee guida operative per la Chiesa di San Pietro Martire*, seguito da un secondo stralcio di approfondimento (2023–2024) incentrato sugli aspetti diagnostici, strutturali e storico-critici del manufatto. Parallelamente, a partire dal 2023, è stato avviato con il Conservatorio di musica “Evaristo Felice Dall'Abaco” di Verona il contratto di ricerca *La valutazione dello stato di conservazione del Conservatorio Evaristo Felice Dall'Abaco*, successivamente esteso con un ulteriore stralcio (2024–2025) finalizzato al monitoraggio microclimatico, acustico e all'implementazione del sistema conoscitivo integrato. Le attività di ricerca, coordinate scientificamente dalla prof.ssa Emanuela Sorbo, hanno coinvolto ricercatori, borsisti e dottorandi dell'Università Iuav di Venezia, tra cui Gianluca Spironelli e Tommaso Moretto, con il supporto dei laboratori di ateneo: il Laboratorio di Geomatica CIRCE (direttori prof. Francesco Guerra e prof.ssa Caterina Balletti), il Laboratorio di Scienza delle Costruzioni LabSCo (direttrice prof.ssa Antonella Cecchi), il Laboratorio di Analisi dei Materiali Antichi LAMA (direttore prof. Fabrizio Antonelli) e il Laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale FisTec (direttore prof. Fabio Peron). Gli autori ringraziano la SABAP-VR, il Conservatorio di musica “Evaristo Felice Dall'Abaco” e il Comune di Verona per aver accolto le iniziative di studio e ricerca con ampia apertura intellettuale e operativa, favorendo l'accesso ai luoghi e alle fonti documentarie.

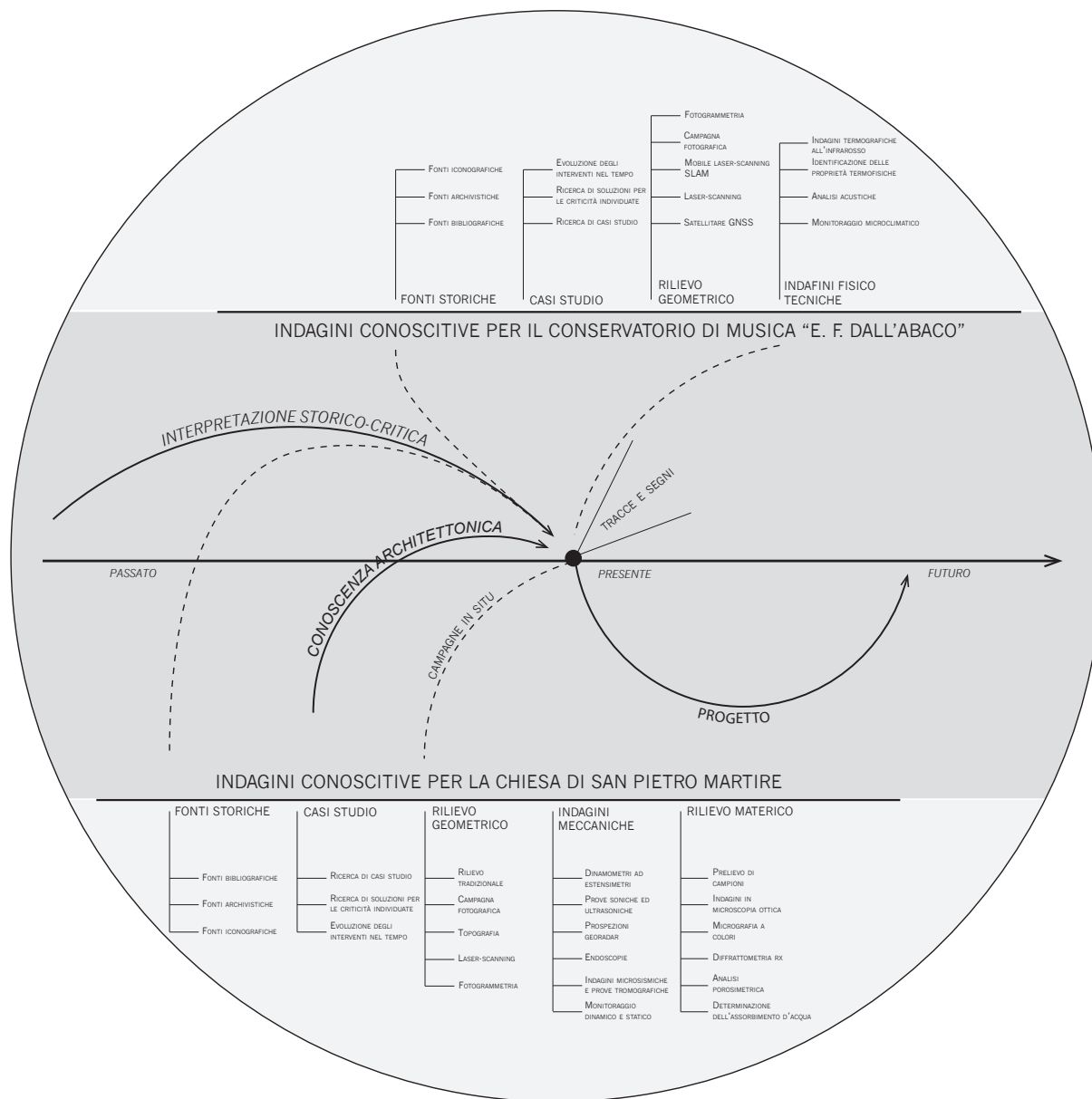


Fig. 2: Università Iuav di Venezia, Processi conoscitivi e modelli valutativi per la conservazione dell'architettura storica. Metodologie integrate per le ricerche: "La valutazione dello stato di conservazione e linee guida operative per la Chiesa di San Pietro Martire." e "Valutazione dello stato di conservazione del Conservatorio Evaristo Felice Dall'Abaco".

dalla Soprintendenza, attraverso la costruzione di un quadro diagnostico finalizzato all'individuazione delle principali criticità strutturali e materiche [Sorbo et al. 2025a]. La sistematizzazione delle informazioni confluisce nella costruzione di un abaco delle criticità organizzato per livelli di priorità e concepito come strumento operativo a supporto delle decisioni. In tale ambito, le indagini strumentali, calibrate sulle condizioni effettive del manufatto e sulle risorse disponibili, e le successive fasi di elaborazione digitale dei dati sono orientate alla definizione di priorità e best practices, utili alla traduzione degli esiti conoscitivi nel progetto esecutivo e nel cantiere di intervento.

Parallelamente, la ricerca persegue obiettivi legati alla riattivazione e alla valorizzazione, intese come processi fondati su una conoscenza approfondita del bene. Le attività di indagine sviluppate in col-

laborazione con il Conservatorio sono orientate alla comprensione delle condizioni geometriche, microclimatiche e acustiche degli spazi, al fine di indirizzare future decisioni di riutilizzo secondo criteri di compatibilità materica, funzionale e culturale [Antonelli et al. 2024]. Inoltre, la diagnostica si configura come strumento conoscitivo orientato alla manutenzione programmata e per una gestione consapevole del bene nel tempo [Della Torre 2025].

A livello metodologico, la ricerca contribuisce allo sviluppo di un sistema di conoscenza integrato e incrementale (FIG. 2), capace di accogliere contributi interdisciplinari e di costituire una base condivisa tra soggetti istituzionali diversi. La strutturazione di *repository* digitali e di archivi informativi interoperabili rappresenta un obiettivo centrale, in quanto consente di trasformare i dati diagnostici e di rilievo in un patrimonio conoscitivo stabile, trasmissibile e funzionale alle politiche di tutela e valorizzazione.

Materiali, indagini e criteri per il progetto di conservazione della chiesa di San Pietro Martire

Nella chiesa di San Pietro Martire, tra la fine del XIX secolo e i primi anni del Novecento, sono attestati interventi di consolidamento delle murature e l'introduzione di dispositivi metallici di contrasto alle spinte². In particolare, si riscontra l'inserimento di catene volte alla stabilizzazione statica dell'edificio ripristinandone il comportamento scatolare. Nello stesso periodo è documentata una prima sostituzione del sistema di copertura³, in capriate lignee analogo al precedente. Un ulteriore completo rifacimento del sistema di copertura è attestato nel 1965⁴, introducendo un sistema in capriate metalliche del tipo Polonceau, posate su dadi in calcestruzzo armato inseriti nella muratura, che ha comportato la modifica delle condizioni di carico e dei rapporti tra struttura muraria e orizzontamenti superiori.

Su questo quadro conoscitivo si innesta la campagna di indagini diagnostiche non distruttive. Il rilievo geometrico, condotto mediante laser-scanning (Faro Focus 3D S120, Faro Focus S150, con appoggio topografico realizzato attraverso l'utilizzo della stazione totale Leica TCR 1103) e fotogrammetria digitale, ha restituito un modello tridimensionale (FIG. 3) ad alta risoluzione [Napolitano e Glisic 2019; Hu, Feng, e Hou 2023], utilizzato per l'analisi delle irregolarità geometriche, delle deformazioni globali e delle discontinuità murarie [Sorbo, Spironelli, e Moretto 2026]. La caratterizzazione meccanica è stata condotta attraverso indagini microsismiche sulle murature, indagini georadar eseguite con sistema GSSI SIR System-3000 con antenna da 2000 MHz, monitoraggio globale per mezzo di identificazione dinamica mediante accelerometri, nonché indagini tromografiche realizzate con strumentazione Tromino per l'analisi delle condizioni di interazione suolo-struttura. Le indagini strutturali e meccaniche, integrate con l'analisi geometrica, hanno permesso di interpretare il comportamento

2 Verona. Archivio di Stato. *Commissione Consultiva provinciale dei monumenti in Verona*. B. 3, f. 2-11 (1878-1882). Verona. Archivio generale del comune di Verona. *Contratti del repertorio municipale – seconda serie*. B. 16, f. 409, 467 (1889). Verona. Archivio generale del comune di Verona. *Contratti del repertorio municipale – seconda serie*. B. 39, f. 2735 (1895). Verona. Archivio generale del comune di Verona. *Contratti del repertorio municipale – seconda serie*. B. 40, f. 2772 (1895).

3 Verona. Archivio generale del comune di Verona. *Contratti del repertorio municipale – seconda serie*. B. 40, f. 2836 (1895).

4 Verona. Archivio generale del comune di Verona. *Carteggi*, B. VII 6.1, f. 21636 (1965).



Fig. 3: Università luav di Venezia, Modello tridimensionale della chiesa di San Pietro Martire.

dell'aula in termini di macro-meccanismi di dissesto [Boscato et al. 2019], con particolare attenzione alle relazioni tra spinta voltata, risposta delle murature e ruolo delle catene metalliche [Gaetani et al. 2016].

Il comportamento meccanico dell'organismo è stato implementato da approfondimenti finalizzati alla caratterizzazione materica degli elementi costruttivi, tra cui indagini termografiche [Rosina 2012] con termocamera a infrarosso (FLIR E8-XT), micro-campionamenti mirati di malte e laterizi, analisi mineralogico-petrografiche mediante sezioni sottili osservate al microscopio ottico polarizzatore (Leitz LABORLUX 12 POL S), analisi della composizione mineralogica mediante diffrattometria a raggi X, determinazione dei sali solubili tramite cromatografia ionica e valutazione della porosità degli elementi litoidi mediante porosimetro a mercurio.

Tali analisi sono state affiancate da indagini diagnostiche materiche e chimico-fisiche, finalizzate alla caratterizzazione dei materiali costitutivi e allo studio dei fenomeni di degrado. Le analisi hanno evidenziato la presenza di umidità di risalita, fenomeni di cristallizzazione salina e alterazioni biologiche, soprattutto nelle porzioni basamentali delle murature, in relazione alle tecniche costruttive e alle condizioni ambientali.

L'integrazione tra dati storici, rilievo digitale e diagnostica ha consentito la costruzione di una diagnosi complessiva, intesa come sintesi interpretativa avanzata delle criticità strutturali e materiche [Vandesande et al. 2018]. Tale diagnosi è stata tradotta operativamente in un abaco delle criticità, organizzato per categorie e livelli di priorità, concepito come strumento di supporto alle decisioni progettuali e al cantiere di conservazione. A partire da questo quadro sono state elaborate linee guida alla conservazione, strutturate secondo un repertorio di interventi coerenti rispetto a una raccolta di *best practices* selezionate rispetto alla loro compatibilità materica, al controllo degli effetti indotti e alla durabilità delle soluzioni adottate [Sorbo, Spironelli, e Tosato 2026].

La conoscenza come fondamento delle strategie di valorizzazione del Conservatorio

Le trasformazioni che hanno interessato il complesso conventuale di Santa Anastasia a partire dalla demanializzazione napoleonica hanno previsto l'introduzione di funzioni che si sono adeguate alla natura spaziale precedente⁵, come caserme temporanee, il liceo convitto e, in epoca più recente, funzioni didattiche [Tommasi, La Terza, e Liceo statale «Scipione Maffei», 2014]. Tali funzioni non hanno mai determinato una profonda riorganizzazione dell'organismo architettonico; tuttavia, hanno comportato una separazione funzionale tra la chiesa di San Pietro Martire e gli ambienti conventuali (FIG. 4). Tale concetto si è tradotto architettonicamente con l'introduzione di tamponamenti, partizioni e nuovi collegamenti verticali e orizzontali, che hanno inciso in modo diretto sulla continuità spaziale e sulle relazioni geometriche tra i diversi corpi edilizi. Nella seconda metà del Novecento, e in particolare con l'insediamento del Conservatorio di musica, ulteriori interventi di adattamento funzionale e ricostruzione hanno interessato il complesso, introducendo nuovi sistemi impiantistici e ridefinendo porzioni significative degli spazi, in risposta alle esigenze didattiche e prestazionali⁶.

5 Verona. Biblioteca civica. *Stampe*. f. 2n72-2n73-2n74 (1807).

6 Verona. Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Verona, Rovigo e Vicenza. *Fondo Monumentale*. f. 91210.



Fig. 4: Università Iuav di Venezia, Complesso di Santa Anastasia, fronte ovest. A sinistra facciata del Conservatorio di musica "E. F. Dall'Abaco", a destra facciata della chiesa di San Pietro Martire.

In questo contesto, l'attività di ricerca ha previsto l'estensione del rilievo geometrico all'intero complesso, attraverso la realizzazione di un *as built* capace di restituire la complessità morfologica e stratigrafica dell'organismo conventuale. Il rilievo, strutturato in continuità metrica e referenziale con quello della chiesa di San Pietro Martire, ha consentito la ricostruzione dei rapporti geometrici, dimensionali e materici tra le diverse parti del complesso, rendendo leggibili le discontinuità introdotte dalle trasformazioni storiche e dagli interventi recenti. A integrazione del rilievo geometrico, sono state condotte campagne di monitoraggio microclimatico di medio periodo. Il fine è quello di caratterizzare le condizioni termo-igrometriche degli ambienti della chiesa e di quelli ad essa contermini, comprensivi degli spazi ipogei. I dati acquisiti hanno permesso di analizzare l'andamento delle temperature e dell'umidità relativa in relazione alle condizioni climatiche esterne, alle modalità d'uso degli spazi e alla presenza di sistemi impiantistici attivi.

Parallelamente, la caratterizzazione acustica dell'aula di San Pietro Martire consente di definire i principali parametri di risposta sonora dello spazio, in relazione alle sue geometrie, ai materiali costitutivi e alle superfici di rivestimento con l'obiettivo di orientare eventuali interventi di rifunzionalizzazione, garantendo il controllo degli effetti indotti e la salvaguardia dell'integrità materiale e spaziale.

Conclusioni

Attraverso il caso studio del complesso conventuale di Santa Anastasia è possibile evidenziare il ruolo attivo della conoscenza nei processi di conservazione e valorizzazione del patrimonio costruito [Aselle e De Lucia 2019]. Questa si configura come dispositivo critico attraverso cui interpretare la complessità storica e materiale del sito, restituendo coerenza ai processi decisionali e garantendo la continuità tra analisi, progetto e gestione nel tempo [Sorbo et al. 2025b].

Le attività di ricerca sviluppate per la chiesa di San Pietro Martire mostrano come il progetto di conservazione trovi nella diagnostica, integrata alla lettura storica, il proprio fondamento operativo. Le indagini strumentali, correlate al rilievo digitale e alla lettura storico-critica, permettono di interpretare le criticità strutturali e materiche come espressione di un assetto costruttivo stratificato [De Lucia

2019]. In questo quadro, l'approccio multidisciplinare impiegato assume un ruolo centrale nello studio contribuendo alla costruzione di una diagnosi interpretativa, fondata su rapporti di causa-effetto studiati sulla base dei documenti storici [Oliveira, Fonte, e Silva 2019]. Tale lettura è funzionale alla definizione di linee guida alla conservazione e alla qualificazione del progetto in termini di compatibilità, controllo degli effetti indotti e durabilità degli interventi.

Parallelamente, il percorso di ricerca svolto in collaborazione con il Conservatorio evidenzia come la medesima impostazione conoscitiva possa essere applicata a obiettivi differenti, orientati alla valorizzazione e alla riattivazione funzionale degli spazi storici. Il rilievo geometrico esteso all'intero complesso, i monitoraggi microclimatici e le analisi acustiche costituiscono un patrimonio informativo indispensabile per qualificare le scelte di progetto, consentendo di valutare la compatibilità tra nuovi usi, condizioni ambientali e caratteristiche materiali degli edifici. In questo senso, la conoscenza si configura come strumento di mediazione tra istanze d'uso e tutela, rendendo possibile una valorizzazione fondata sul rispetto dell'autenticità del bene, intesa come esito della relazione tra materia, spazio, funzione e stratificazione storica [van Balen 2008].

Questo doppio registro di conoscenza finalizzata a processi progettuali di differente natura, ma organici a livello metodologico, costituisce l'elemento distintivo dell'attività di ricerca, capace di tenere insieme, istanze apparentemente differenziate – conservazione materiale, manutenzione programmata e valorizzazione – attraverso una struttura di conoscenza condivisa e incrementale.

Ulteriore elemento di innovazione è dato dalla sistematizzazione delle informazioni reso possibile dalla collaborazione tra enti con competenze e finalità diverse (Soprintendenza, Università, Conservatorio di Musica e Amministrazione Comunale), dimostrando come tali ambiti possano convergere in un processo unitario, nel quale il trattamento dei singoli dati e l'impostazione metodologica globale rispondono a una medesima logica interpretativa.

In questa prospettiva, la multidisciplinarietà dell'approccio adottato concorre alla costruzione di una visione olistica del bene culturale, nella quale la conoscenza diventa il principale strumento di qualificazione del progetto.

Bibliografia

- ANTONELLI, F., PIOVESAN, R., TESSER, E., TOSATO, M., e SORBO, E. (2024). *Original or post-war paintings? The fixed wooden scenery of the Teatro Olimpico in Vicenza: a guided multidisciplinary approach based on scientific analyses and HBIM*, in «Heritage Science», vol. 12, nn. 1.
- ARSLAN, E. e FIOCCO, G. (1939). *L'architettura romanica veronese*, Verona, La Tipografia veronese.
- ASELLE, E. e DE LUCIA, G. (2019). *Luoghi di culto, spazi ibridi: la conoscenza del fenomeno per la gestione dei processi di trasformazione*, in «ATTI E RASSEGNA TECNICA», nn. 2-settembre 2019, pp. 117-124.
- BALEN, K. VAN (2008). *The Nara Grid: An Evaluation Scheme Based on the Nara Document on Authenticity*, in «APT Bulletin», vol. 39, nn. 2/3, pp. 39-45.
- BENINI, G. (1988). *Le chiese di Verona: guida storico-artistica*, Firenze, Arte e Natura Libri.
- BOCASSO, F., CARDINALI, M., DE LUCIA, G., FORNARA, L., e LONGHI, A. (2024). *Il patrimonio urbano di interesse religioso: da sistema ridondante a risorsa pianificata/The urban heritage of religious interest: from a redundant system to a planned resource*, in «Il capitale culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage», nn. 29, pp. 17-43.

- BOSCATO, G., FRAGONARA, L.Z., CECCHI, A., RECCIA, E., e BARALDI, D. (2019). *Structural Health Monitoring through Vibration-Based Approaches*, in «Shock and Vibration», vol. 2019, pp. 1–5.
- BUTTURINI, F. (2008). *Immagini una scuola una città una storia il racconto di due secoli*, Verona, Liceo «Scipione Maffei».
- CIPOLLA, C. (1882). *Ricerche storiche intorno alla Chiesa di S. Anastasia in Verona*, Venezia, Tip. del commercio di Marco Visentini.
- CIPOLLA, C. (1914). *Ricerche storiche intorno alla Chiesa di Santa Anastasia in Verona*, in «l'Arte», vol. 19, nn. 3–4.
- DE LUCIA, G. (2019). *La conoscenza storica per la valutazione delle vulnerabilità del patrimonio culturale ecclesiastico: un approccio sistemico per strategie di valorizzazione e rigenerazione*, in «BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini», vol. 19, nn. 1, pp. 75–88.
- DELLA TORRE, S. (2025). *Implementing Coevolution in Design Methodology for the Conservation and Reuse of Architectural Heritage*, in *Sustainable Heritage Management – Design: Notions, Methods and Techniques*, Cham, Springer Nature Switzerland, pp. 185–195.
- GAETANI, A., MONTI, G., LOURENÇO, P.B., e MARCARI, G. (2016). *Design and Analysis of Cross Vaults Along History*, in «International Journal of Architectural Heritage», vol. 10, nn. 7, pp. 841–856.
- HU, Y., FENG, B., e HOU, M. (2023). *A study on the detection of bulging disease in ancient city walls based on fitted initial outer planes from 3D point cloud data*, in «Heritage Science», vol. 11, nn. 1.
- LONGHI, A. (2019). *Religioni e spazi ibridi nella città contemporanea: profili di metodo e di storiografia*, in «ATTI E RASSEGNA TECNICA», nn. 2-settembre 2019, pp. 108–116.
- LONGHI, A. (2021). *Patrimonio ecclesiale, territorio e società: strumenti di conoscenza e dibattito storico-critico*, in «IN_BO. Ricerche e progetti per il territorio», vol. la città e l'architettura, pp. 46–59 Pages.
- LORENZINI, M. (2017). *Patrimonio e finanza di un convento in età moderna: i Domenicani di Santa Anastasia di Verona*, Verona, Franco Angeli.
- NAPOLITANO, R. e GLISIC, B. (2019). *Methodology for diagnosing crack patterns in masonry structures using photogrammetry and distinct element modeling*, in «Engineering Structures», vol. 181, pp. 519–528.
- OLIVEIRA, M.M., FONTE, J.P., e SILVA, J.P. (2019). *In Favour of Collaborative Research Methodologies. The Case of the Architectural Design for the Renewal of São Francisco de Real Convent, in Braga, Portugal, in Structural Analysis of Historical Constructions*, Cham, Springer International Publishing, pp. 2377–2385.
- ROSINA, E. (2012). *Non-destructive investigations: a case study of a convent in Lombardy (Italy)*, in «ANNALLES», vol. 2, nn. 22.
- SORBO, E. (2024). *Rovina, Incompiuta: Chiesa di San Michele Arcangelo a Brendola. Strumenti di conoscenza, valorizzazione e conservazione*, Venezia, Marsilio.
- SORBO, E., BOSCATO, G., SPIRONELLI, G., MORETTO, T., e CECCHI, A. (2025a). *Church of San Pietro Martire in Verona: A Conservation-Oriented Approach between Historical and Structural Interpretation*, .
- SORBO, E., MORETTO, T., GRANDI, S., e MODENA, G. (2025b). *Cultural identity and sustainable development – A methodological model for the Venetian Arsenal*, in «AGATHÓN | International Journal of Architecture, Art and Design», vol. 17, pp. 130–145.
- SORBO, E., SPIRONELLI, G., e MORETTO, T. (2026). *BRIDGING HISTORY AND SCIENCE IN THE PRESERVATION PROCESS OF GOTHIC ARCHITECTURE: THE SAN PIETRO MARTIRE CHURCH CASE STUDY*, Architecture Media Politics Society (AMPS).
- SORBO, E., SPIRONELLI, G., e TOSATO, M. (2026). *BUILDING AWARENESS OF DISUSED INDUSTRIAL HERITAGE THROUGH DATA-DRIVEN: HISTORICAL ANALYSIS, SCIENTIFIC DATA, AND STAKEHOLDER COLLABORATION. SCHIO AS AN EXPERIMENTAL CASE STUDY*, Architecture Media Politics Society (AMPS).
- VANDESANDE, A., BALEN, K.V., DELLA TORRE, S., e CARDOSO, F. (2018). *Preventive and planned conservation*

as a new management approach for built heritage: from a physical health check to empowering communities and activating (lost) traditions for local sustainable development, in «*Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*», vol. 8, nn. 2, pp. 78–81.

OCH, L., a cura di (2008). *Il Conservatorio di musica «Evaristo Felice Dall'Abaco» di Verona. Gli edifici, la storia, il presente* (2008), Verona, Conservatorio Statale di musica «Dall'Abaco» di Verona.

TOMMASI, M., LA TERZA, A., e LICEO STATALE «SCIPIONE MAFFEI», a cura di (2014). *La guerra nello specchio del Liceo: il primo conflitto mondiale nell'archivio del Liceo classico Scipione Maffei di Verona* (2014), Verona, Liceo Statale «Scipione Maffei»; Istituto veronese per la storia della Resistenza e dell'età contemporanea: Scripta edizioni.

Attività diagnostica e cantiere di restauro. Alcuni esempi per una cultura della programmazione

Diagnostic activities and restoration worksite. Some examples for a culture of planning

Giorgia Gentilini

aarch. Libero professionista
giorgia.gentilini@gmail.com

Fabiolsabella Zamboni

Università IUAV di Venezia
izamboni@iuav.it

Abstract

L'attività di ricerca sperimentale per il restauro è fondamentale in tutte le fasi del progetto, ma incontra ancora difficoltà applicative e di budget nella prassi professionale. Tempistiche ristrette e una debole cultura della programmazione ne limitano l'uso. L'esperienza dimostra però che il coordinamento tra competenze, promosso dalla Direzione Lavori, consente una pianificazione mirata delle indagini diagnostiche. Il contributo discute casi studio, metodologie analitiche e il ruolo centrale dell'analisi stratigrafica come base conoscitiva per migliorare la qualità del progetto di restauro.

Experimental research activities for restoration are fundamental in all phases of the project, yet they still face practical and budgetary difficulties in professional practice. Tight schedules and a weak culture of planning limit their application. Experience shows, however, that coordination among skills, promoted by the site supervision, enables a targeted planning of diagnostic investigations. The paper discusses case studies, analytical methodologies, and the central role of stratigraphic analysis as a knowledge base for improving the quality of restoration projects.

Keywords

caratterizzazione, datazione, programmazione.

characterization, dating, planning.

Introduzione

L'attività di ricerca scientifica di natura sperimentale finalizzata al restauro è da ritenersi fondamentale in tutte le fasi del progetto di architettura. Nonostante questo pensiero condiviso [Cfr. da ultimo SIRA 2023] sia radicato nella teoria della Disciplina a partire dalle riflessioni critico-operative di Cesare Brandi e sia supportato da progetti di ricerca interdisciplinari nonché dal progressivo sviluppo di laboratori di diagnostica, si riscontrano ancora difficoltà nella messa a budget di tali approfondimenti nella prassi progettuale ordinaria. Tali ostacoli sono in parte imputabili ad alcuni aspetti della sfera professionale dell'architetto restauratore, il cui operare è condizionato da tempistiche ristrette e da una cultura della programmazione, e della conoscenza, che tuttora fatica ad affermarsi lontano da committenze e/o contesti di riconosciuto prestigio. L'esperienza però insegna come la sinergia e il coordinamento tra ruoli, competenze e persone, che la Direzione Lavori è chiamata a promuovere e alimentare nel proprio ruolo di progettista, stimoli e consenta di strutturare una pianificazione accurata di indagini strumentali e di sondaggi, esclusivamente dove necessario e in rapporto alla consistenza delle risorse economiche disponibili.

Per tali ragioni, si discuteranno di seguito esempi di applicazione di indagini diagnostiche all'interno di cantieri nella città di Trento quali la Torre Civica, le Mura medievali e Palazzo Pretorio come esempio di occasione mancata, con l'auspicio di una futura integrazione delle indagini a fronte degli esiti di un recente progetto di conoscenza.

La programmazione della conoscenza nel cantiere di Restauro: sperimentazione di una prassi virtuosa

A partire dal 2010, attraverso progetti di ricerca e attività professionali, si è maturata un'esperienza significativa nei cantieri di restauro, fondata su un approccio integrato che coniuga studi interdisciplinari, scelte operative e dati derivanti da indagini diagnostiche mirate. Tali analisi hanno incluso la caratterizzazione delle malte storiche, finalizzata allo studio chimico-petrografico e alla definizione di impasti di nuovo apporto compatibili da impegnarsi negli interventi di restauro. Accanto a questi approfondimenti, sono stati adottati diversi metodi di datazione dei materiali, tra cui la dendrocronologia di elementi lignei, la termoluminescenza dei laterizi e il radiocarbonio con spettrometria di massa con acceleratore (AMS) su grumi di calce per affinare la comprensione delle fasi costruttive e trasformative degli edifici storici. La sperimentazione di differenti prove diagnostiche è stata sempre volutamente associata ad un progetto di conoscenza comprensivo dell'esecuzione dell'analisi stratigrafica degli elevati, che si ritiene basilare per il vaglio e la programmazione dei singoli approfondimenti in situ e in laboratorio. Nata in seno all'Archeologia medievale quarant'anni orsono [Parenti 1985; Brogiolo 1988], essa si è nel tempo affiancata ai processi conoscitivi dei materiali dell'architettura storica e del loro stato di conservazione dimostrando la propria efficacia anche in campo strutturale e la sua ricaduta sulla qualità degli esiti progettuali del Restauro [Cfr. Doglioni 1997; Zamboni 2023; Gentilini 2024a]. Nonostante ciò, ancora si deve lavorare per diffondere il suo insegnamento nei corsi di Area 08 degli Atenei italiani e per ufficializzare il suo ruolo tra la documentazione obbligatoriamente richiesta dagli Enti di Tutela per i beni culturali e nel caso di altri manufatti architettonici di valore storico [D.lgs. 31 marzo 2023, n. 36].

L'approccio adottato ha consentito non solo di definire impasti compatibili per composizione, granulometria e comportamento fisico-chimico, ma anche di programmare in modo mirato i sondaggi conoscitivi, calibrandone estensione, profondità e localizzazione sulla base delle evidenze stratigrafiche emerse. Ciò ha permesso di individuare modalità di applicazione coerenti con le tecniche costruttive originarie e con i principi teorici condivisi del Restauro, operando attraverso cromie adeguate al riconoscimento degli interventi nella percezione unitaria dell'opera e mediante la posa di giunti sottosquadro nel rispetto delle micro-stratificazioni esistenti.

IZ

Analisi mineralogico-petrografica e datazione al radiocarbonio dei "grumi di calce" nei processi di datazione

Tra le tecniche diagnostiche sperimentate, le più diffuse nei cantieri oggetto di discussione, caratterizzati da murature lapidee e malte di calce, sono state l'analisi mineralogico-petrografica delle malte e la datazione con metodo al radiocarbonio con spettrometria di massa e acceleratore (AMS) dei grumi di calce.

La prima costituisce un passaggio imprescindibile nel processo di conoscenza dell'architettura storica e nella definizione di interventi di restauro compatibili. Come ormai ampiamente noto [Pecchioni et al. 2008, pp. 155-164; Ricci 2019], attraverso l'analisi della natura del legante, degli aggregati, delle relazioni tessiturali e dei prodotti di alterazione, essa consente non solo di ricostruire le tecniche di produzione e messa in opera delle malte, ma anche di orientare in modo consapevole la scelta di

materiali di nuovo apporto, garantendo comportamenti fisico-chimici coerenti, adeguata durabilità e una corretta integrazione visiva con le superfici storiche. Tali analisi assumono, inoltre, un ruolo preliminare e selettivo nella programmazione delle indagini avanzate, permettendo di valutare l'idoneità dei campioni e di ridurre il rischio di interpretazioni fuorvianti.

In questo quadro conoscitivo, la citata datazione al radiocarbonio (AMS) rappresenta oggi una delle metodologie più promettenti per l'inquadramento cronologico delle fasi costruttive degli edifici storici. La tecnica consente di misurare direttamente il contenuto di ^{14}C su quantità minime di materiale, rendendola particolarmente adatta a campioni selezionati come i grumi di calce, nei quali il carbonato si forma durante il processo di carbonatazione del legante in fase di presa della malta. A differenza della matrice complessiva dell'impasto, spesso contaminata da carbonati geologici privi di radiocarbonio, i grumi costituiscono un bersaglio privilegiato in quanto potenzialmente legati al momento della messa in opera. Studi recenti hanno dimostrato che, se accuratamente selezionati e sottoposti a preliminari analisi mineralogiche e chimiche, essi possono fornire datazioni coerenti e riproducibili, soprattutto se interpretate in stretta relazione con il contesto stratigrafico e con altre evidenze archeologiche e documentarie [Pesce 2019]. Permangono tuttavia criticità metodologiche legate alla variabilità dei processi di formazione dei grumi e all'assenza di protocolli pienamente standardizzati [Lindroos et al. 2019; Pesca 2019; Ricci et al. 2019; Barret 2025], aspetti che rendono indispensabile un approccio integrato e critico nella programmazione e nell'interpretazione delle analisi [Vecchiattini 2019]. Infatti, l'intervallo di precisione con questa tecnica risulta fortemente dipendente da fattori quali la qualità e la selezione del campione, le procedure di preparazione e le curve di calibrazione adottate. In termini di precisione analitica, i risultati AMS mostrano generalmente un'incertezza compresa tra ± 20 e ± 40 anni ^{14}C (1σ) sul dato non calibrato. Più recentemente, la calibrazione tramite le curve IntCal restituisce intervalli cronologici che si collocano di norma tra ± 30 e ± 80 anni, con possibili ampliamenti fino a ± 100 – 150 anni in corrispondenza dei *plateaux* della curva di calibrazione. In condizioni ottimali, caratterizzate dalla presenza di grumi ben selezionati, costituiti da carbonato primario e privi di contaminazioni, la metodologia consente pertanto di raggiungere una risoluzione cronologica sub-secolare, di particolare rilevanza per lo studio delle architetture medievali e di età moderna [Reimer et al. 2020]. Resta tuttavia imprescindibile l'integrazione del dato radiocarbonico con l'analisi stratigrafica e con altre fonti cronologiche, al fine di ridurre l'ampiezza dell'intervallo interpretativo e attribuire correttamente la datazione alla specifica fase costruttiva.

IZ

Torre Civica

La torre venne edificata nella prima metà del XII secolo sui resti della *Porta Veronensis*, accesso alla città di età romano-imperiale (I secolo d.C.). In funzione del progetto di restauro, la lettura stratigrafica ha consentito di individuare 9 fasi costruttive, in relazione con le fonti archivistiche e le indagini diagnostiche¹. Per quanto riguarda la prima fase, il paramento murario è composto da pietre di dimensioni variabili, sbozzate e squadrate, talvolta bugnate, dal bianco al rosa e al rosso. L'apparec-

¹ L'intervento è stato diretto e finanziato dal Comune di Trento – Servizio Edilizia Pubblica (su progetto di arch. Gentilini). Impresa esecutrice delle opere di restauro Effe Restauri srl. Indagini dendrocronologiche CNR Ivalsa; Prelievo e preparazione campioni di malta: Pro Arte s.n.c. di G. Miani; Datazione con radiocarbonio Centro di Datazione e Diagnostica (CEDAD) dell'Università del Salento.

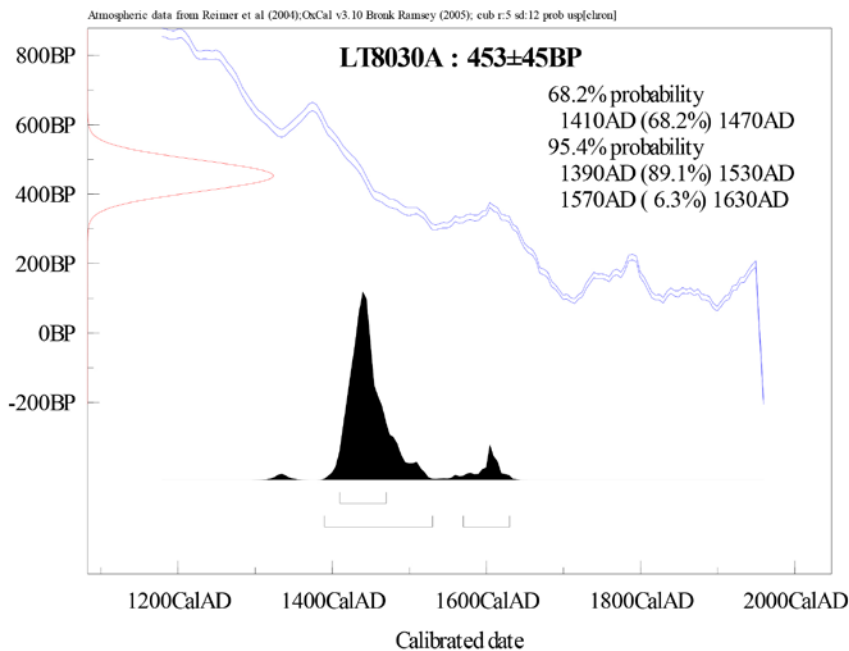


Fig. 1: Trento, Torre Civica, Calibrazione della data convenzionale al radiocarbonio del campione TC-2 (LTL8030A), CEDAD Università del Salento.

chiatura è organizzata in corsi orizzontali con sdoppiamenti di corsi in corrispondenza degli angoli. La malta di connessura è di calce aerea, con inerti fluviali medio-grossolani e presenza di calcinaroli, giunti generalmente a filo. I cantonali sono costituiti da elementi lapidei, anche di reimpiego, accuratamente lavorati e rifiniti a bugnato con nastrino perimetrale a scalpello piano. La prima sopraelevazione (fine XII- inizio XIII secolo) mostra una tecnica analoga, pur con cantonali di dimensioni minori e finiture più semplificate. La muratura del secondo rialzo (XIV secolo) differisce notevolmente dalle due precedenti per una minore cura nella lavorazione degli elementi, legati da malta di calce aerea e sabbia medio-molto grossa, con presenza di calcinaroli e giunti rifluenti. Solo i cantonali, nella consueta catena alternata, sono ben squadri e mostrano una finitura a punta e nastrino perimetrale a scalpello piano [Gentilini 2014].

Le malte di Torre Civica sono state tra le prime (assieme al castello di Ossana) ad essere testate nel 2011 con la tecnica del radiocarbonio AMS. Le datazioni hanno permesso di verificare le cronologie proposte dall'analisi conoscitiva interdisciplinare, soprattutto nel caso della terza fase costruttiva per la quale i dati da laboratorio hanno indicato come probabile data di inizio del processo di carbonatazione 1380 (Figura 1). Un calcinarolo presente sulle Unità Stratigrafiche Murarie di seconda fase ha permesso di appurare come, al momento dell'ultima sopraelevazione della torre, essa sia stata parimenti restaurata.

All'interno, si sono effettuate anche indagini dendrocronologiche che hanno consentito di datare al 1486 una trave in abete bianco di un solaio con "ciavarol" per un possibile vano scale all'VIII livello, che ha ulteriormente chiarito la sequenza costruttiva delle successive volte, contestuali al cambio di destinazione d'uso in prigione. Questo importante dato resta però l'unica testimonianza del nesso stratigrafico in quanto il solaio è purtroppo andato perduto nell'incendio del 2015.

Mura di Piazza Fiera

Il tratto della cinta muraria medievale in piazza Fiera presenta una muratura con doppio paramento in pietre sbazzate e spaccate di calcare ammonitico a corsi orizzontali con nucleo in ciottoli di fiume e malta. Nonostante le difficoltà di lettura dovute a interventi successivi, soprattutto ottocenteschi contestuali alla parziale demolizione in questa parte della città, e a fenomeni di degrado, l'analisi stratigrafica ha consentito di individuare le fasi di cantiere. Un primo studio (2001-2003) ha posto le basi per la redazione del progetto di restauro nel 2008 [Bruschetti, Doglioni 2007], che è stato poi realizzato tra 2024 e 2025² [Bruschetti et al. 2025; Bruschetti et al. 2026]. Durante le fasi iniziali del cantiere è stata eseguita una campagna diagnostica incentrata sullo studio dei materiali col fine di porre in relazione i nuovi dati con quelli già acquisiti, scegliendo zone di prelievo diverse. Sono stati effettuati 26 campioni per analisi mineralogiche-petrografiche delle malte e loro stato di conservazione, unito al riconoscimento delle patine nobili presenti; 4 analisi microbiologiche per verificare l'efficacia del trattamento biocida, e 11 campioni per la datazione con spettrometria di massa ad alta risoluzione AMS dei calcinaroli. Sono state programmate anche delle prove soniche sulla scala posta a nord al fine di accertare la continuità strutturale degli scalini al loro interno (Figura 2) e delle nuove indagini endoscopiche per valutare l'ammorsamento degli elementi all'interno della muratura.

Le tre categorie di malte individuate sono: malta originaria (interna al nucleo, in profondità nei giunti e in superficie) a base di calce aerea; malte intermedie di diverse composizioni sia a base di cemento che calce aerea; malte di rifugatura sia a base di cemento che calce aerea.

In fase progettuale, l'estensione delle malte e il loro stato di conservazione non erano del tutto chiare a causa dei depositi superficiali e della vegetazione infestante. Dopo la pulitura si è resa pertanto necessaria un'ulteriore mappatura atta ad individuare il limite di estensione di queste e il loro degra-



Fig. 2: Trento, Mura di Piazza Fiera, indagini soniche in corrispondenza degli scalini in pietra, ALTRAINGEGNERIA s.r.l.

² Progetto esecutivo: arch. A. Bruschetti e arch. F. Doglioni con la collaborazione di arch. A. Lazzeri e di arch. S. Franceschi. Studio chimico-stratigrafico, biologico e mineralogico-petrografico: Pro Arte di G. Miani. Prove di pulitura e i saggi stratigrafici delle malte Cesa srl di E. Falcini. Impresa esecutrice del restauro Effe Restauri srl. D.L. arch. G. Gentilini con la collaborazione della restauratrice M. Endrizzi. Indagini diagnostiche eseguite da R&C Art S.r.l. della dott.ssa M. Baldan. Indagine endoscopica Effe Restauri srl. Indagini soniche ALTRAINGEGNERIA S.r.l. Datazione con radiocarbonio Centro di Datazione e Diagnostica (CEDAD) dell'Università del Salento.



Fig. 3: Trento, Mura di Piazza Fiera, campione di malta 19D (muro nord, settore A, campata D1-D2) sottoposto a caratterizzazione, EffeEffe Restauri s.r.l.

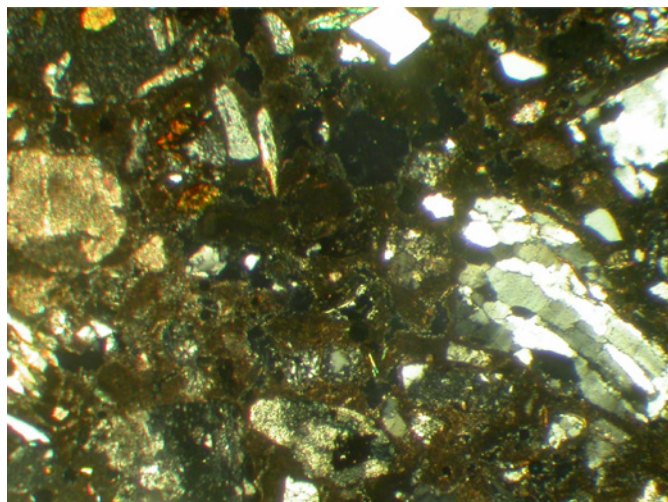


Fig. 4: Trento, Mura di Piazza Fiera, campione di malta 19D (muro nord, settore A, campata D1-D2) sezione sottile, Nicols incrociati, dettaglio, R&C Art s.r.l.

do. Si è evidenziato un andamento graduale della distribuzione degli impasti sul fronte sud, da ovest verso est, con una concentrazione maggiore di malte di seconda e terza categoria verso ovest, e una maggior concentrazione di malta originaria nella porzione verso est; mentre il lato nord ha mostrato la quasi totalità della superficie interessata da malte di rifugatura di seconda e terza categoria, probabilmente da rapportarsi alla maggiore estensione del degrado in quest'area. La rimozione delle malte incongrue è stata poi eseguita in tre stadi (rimozione totale, abbassamento/rimozione parziale e minima rimozione).

Per la composizione delle nuove malte ci si è avvalsi di tutte le precedenti analisi al fine di avvicinarsi a quella storica per caratteristiche fisico meccaniche e compositive. Quest'ultima risulta, dalle prove eseguite, costituita da un legante a base di calce aerea con calcinaroli da 1.2-10 mm e con un aggregato a base di ghiaia e sabbia naturali dell'adiacente fiume Fersina, a granulometria tendenzialmente inferiore a 8 mm, derivante dal disfacimento di litotipi composti per l'80% circa di aggregati di natura silicatica, e dal restante 20% di natura carbonatica. Il rapporto legante/ aggregato è stato stimato pari a 1/1 (Figure 3-4). Si è proceduto con la preparazione di più di 30 campionature per la calibrazione dei vari inerti in modo da ottenere una malta coerente ma riconoscibile, essendo composta da sabbie di frantoio con spigoli squadrati e non tipicamente arrotondati come quelle storiche e prelevate dal Fersina (Figura 5). Molta attenzione è stata dedicata anche ai calcinaroli, confezionati manualmente in cantiere. L'impasto scelto è composto dalle seguenti parti: 5 sabbia



Fig. 5: Trento, Mura di Piazza Fiera, dettaglio del paramento restaurato con malta antica e di restauro, M. Mazzocchi.

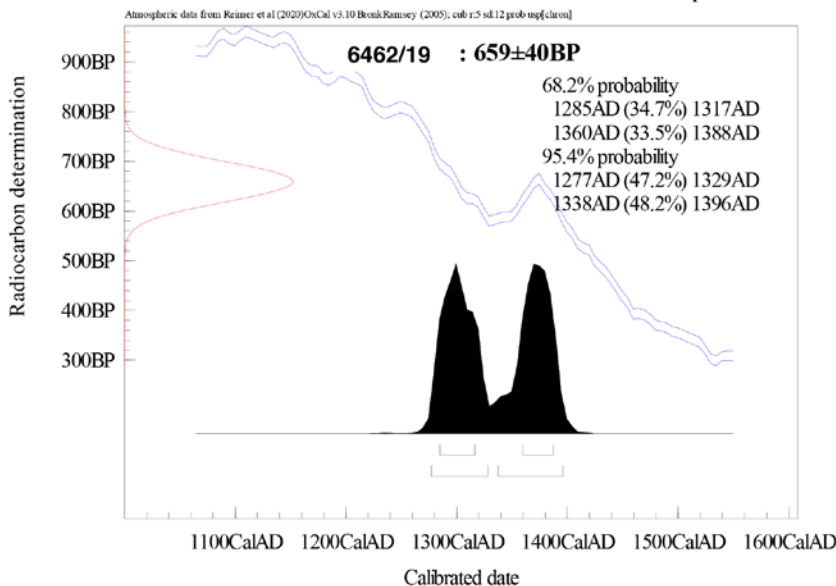


Fig. 6: Trento, Mura di Piazza Fiera, Calibrazione della data convenzionale al radiocarbonio del campione 6191/3, CEDAD Università del Salento.

da caldana 0/7 mm; 2 sabbia 0/4 mm; 1/2 polvere di marmo di Botticino 00; 1 ghiaietto alluvionale 6/15 mm; 1/2 Porfido 8/15 mm; 1/2 Porfido 4/8 mm; 1/2 calcinaroli. Per lo strato di fondo nei paramenti, per le parti sommitali e per la sigillatura dei quadri fessurativi, tale miscela è stata conseguentemente calibrata in virtù delle caratteristiche meccaniche e di durabilità, con l'uso di calce idraulica naturale NHL 5 o 3.5 e cemento bianco dove strettamente necessario.

Infine, è stata compiuta un'indagine di datazione mediante spettrometria di massa ad alta risoluzione (AMS) su 11 campioni di malta. La datazione calibrata del fronte sud, con livello di confidenza 2σ , risulta coerente dal punto di vista cronologico, in quanto ha portato ad un'alta percentuale di affidabilità in tre range di epoche ben definite, dal 1040AD (93,4%) al 1229AD, dal 1156AD (93,8%) al 1276AD e dal 1395AD (90,9%) al 1460AD (Figura 6). Le indagini sul fronte nord hanno rilevato una situazione differente, con un range di datazione eterogeneo, che prende un lasso di tempo più ampio, che parte dal 1277 fino ad arrivare al 1950, coerente con le valutazioni macro e microscopiche degli impasti.

GG

Palazzo Pretorio: future potenzialità

La ricerca su Palazzo Pretorio propone una ricostruzione articolata delle fasi costruttive dell'edificio, fondata prevalentemente sull'analisi stratigrafica degli elevati e integrata con le fonti storiche, archivistiche e iconografiche disponibili [Anderle et al. 2024]. L'indagine ha consentito di riconoscere la presenza di strutture di età romana e altomedievale riutilizzate come basi fondative, sulle quali si imposta un primo nucleo architettonico tra XI e XII secolo. A questa fase segue una significativa trasformazione nel corso del XII secolo, caratterizzata da ampliamenti e sopraelevazioni coerenti, da aperture polifore e da un linguaggio costruttivo affine a quello di altri cantieri monumentali cittadini. Le fasi successive documentano interventi più frammentari tra XIII e XV secolo, seguiti dalle trasformazioni rinascimentali e da una profonda riorganizzazione seicentesca e settecentesca degli spazi e delle strutture. Gli interventi di epoca contemporanea, in particolare quelli novecenteschi, hanno inciso in modo significativo sull'aspetto dell'edificio, attraverso restauri stilistici e rifacimenti

dei paramenti murari che hanno parzialmente compromesso la leggibilità stratigrafica delle superfici [Gentilini 2024b].

Per questa ragione, nel quadro più ampio della riflessione sulla programmazione della conoscenza, il caso di Palazzo Pretorio mette in evidenza come una ricostruzione storica solida, pur fondata su un'accurata lettura stratigrafica, risulti inevitabilmente incompleta in assenza di un coordinamento sistematico con analisi diagnostiche mirate. La mancanza di dati archeometrici e di datazioni indipendenti limita infatti la possibilità di verificare e affinare le ipotesi cronologiche e tecniche, evidenziando la necessità di una pianificazione consapevole delle indagini, che si auspica possa avvenire in futuro.

GG

Conclusioni

I casi analizzati confermano come la programmazione della conoscenza, fondata sull'integrazione tra analisi stratigrafica, diagnostica dei materiali e sperimentazione di cantiere, costituisca un fattore determinante per la qualità e la coerenza degli interventi di restauro. L'esperienza maturata nei cantieri trentini dimostra che indagini mirate, se pianificate in modo critico e proporzionato alle risorse disponibili, producono ricadute dirette sia sulla corretta interpretazione delle fasi costruttive, sia sulla definizione di scelte operative consapevoli e compatibili. In particolare, lo studio delle malte storiche e l'impiego integrato di analisi mineralogico-petrografiche e datazioni AMS sui grumi di calce hanno evidenziato il potenziale di tali strumenti nel rafforzare il dialogo tra progetto e cantiere, migliorando l'efficacia degli interventi conservativi e la loro leggibilità nel tempo. Al contempo, il caso di Palazzo Pretorio mette in luce i limiti di un approccio conoscitivo non supportato da adeguati approfondimenti diagnostici, ribadendo la necessità di superare le resistenze culturali e operative che ancora ostacolano la piena integrazione della ricerca scientifica nella prassi progettuale ordinaria. Ne emerge l'urgenza di promuovere una cultura del restauro in cui la diagnostica non sia considerata un costo accessorio, ma una componente strutturale del progetto, capace di orientare le decisioni, ottimizzare le risorse e garantire la qualità degli interventi.

GG, IZ

Bibliografia

- Anderle, M., Cagol, F., Possenti, E., Quendolo, A. (a cura di) (2024). *Palazzo pretorio. Da residenza vescovile a sede del Museo diocesano tridentino: una storia plurisecolare*, Pergine Valsugana (TN), Publistampa Edizioni.
- Barrett, G. (2025). *Ramped pyrolysis radiocarbon dating of lime mortars: Method, application, advantages, issues and future* (ID-048), in Proceedings of the HMC 2025 – International Conference on Historical Mortars (Padova, 2-4 September 2025), Book of Extended Abstracts, edited by Jacopo Bonetto, Simone Dilaria, Caterina Previato, Roma, Quasar, pp. 181-182.
- Brogiolo, G.P. (1988). *Archeologia dell'edilizia storica. Documenti e metodi*, Como, New Press.
- Bruschetti, A., Doglioni, F. (2007). *Il tratto di mura medioevali in piazza di Fiera a Trento. Studio, precantiere, progetto di restauro* in *Conoscere per restaurare. Il restauro dei castelli: analisi delle architetture fortificate, Atti dei Seminari di archeologia per l'architettura 2002-2004*, a cura di E. Cavada, G. Gentilini, Trento, Centro Duplicazioni Provincia Autonoma di Trento, pp. 97-112.
- Bruschetti, A., Endrizzi, M., Gentilini, G., Milesi E. (2025). *Mura civiche in Piazza Fiera a Trento. Il progetto di re-*

stauro e i primi dati di cantiere, in *Defensive Architecture of the Mediterranean*, a cura di O. Zerlenga, V. Cirillo, Proceedings of FORTMED – International Conference on Fortifications of the Mediterranean Coast (Caserta, 10-12 April 2025), Vol. XIX, Caserta, DADI_PRESS, pp. 455-462.

Bruschetti, A., Endrizzi, M., Gentilini, G., Milesi, E. (2026). *Comparative data at the conclusion of the conservation restoration works of the civic walls in Piazza Fiera (Trento)* in *Defensive Architecture of the Mediterranean*, a cura di Russo, M., Acierio, M., Proceedings of FORTMED – Fortification of the Mediterranean Coast (Rome, 19-21 February), Rome-Valencia, vol. XXII, Sapienza Università Editrice / edUPV, pp. 333-340.

D.lgs. 31 marzo 2023, n. 36, *Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78*, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici, G.U. n. 77 del 31 marzo 2023, S.O. n. 12.

Doglion, F. (1997). *Stratigrafia e restauro: tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Trieste, Lint.

Gentilini, G. (2014). *La torre di piazza a Trento. Conoscenza materiale e cantiere di restauro*, in *La torre di piazza nella storia di Trento: funzioni, simboli, immagini*, a cura di F. Cagol, S. Groff, S. Luzzi, Atti della giornata di studio (Trento 27 febbraio 2012), Trento, Società di Studi Trentini di Scienze Storiche, pp. 41-59.

Gentilini, G. (2024a). *L'analisi materico-stratigrafica delle architetture: una pratica davvero "discrezionale" nel campo del restauro?*, in «Archeologia dell'architettura», XXIX, pp. 89-102.

Gentilini, G. (2024b). *Le vicende costruttive di Palazzo pretorio attraverso le tracce materiali delle murature perimetrali esterne*, in *Palazzo pretorio. Da residenza vescovile a sede del Museo diocesano tridentino: una storia plurisecolare*, a cura di M. Anderle, F. Cagol, E. Possenti, A. Quendolo, Pergine Valsugana, Publistampa Edizioni, pp. 347-387.

Lindroos, A., Heineimeier, J., Ringbom, Å. (2019). *Radiocarbon dating of lime mortars. The sequential dissolution method*, in *La datazione delle malte in architettura tra archeologia e archeometria*, in «Archeologia dell'Architettura», XXIV, pp. 11-18.

Parenti, R. (1985). *La lettura stratigrafica delle murature in contesti archeologici e di restauro architettonico*, in «Restauro & Città», I, 2, pp. 55-68.

Pecchioni, E., Fratini, F., Cantisani, E. (2008). *Le malte antiche e moderne tra tradizione e innovazione*, Bologna, Pàtron editore.

Pesce, G.L. (2019). *Radiocarbon dating of lime lumps: current and future challenges*, in *La datazione delle malte in architettura tra archeologia e archeometria*, in «Archeologia dell'Architettura», XXIV, pp. 19-26.

Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., (...), Talamo, S. (2020). *The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP)* in «Radiocarbon», 62(4), 725–757.

Ricci, R. (2019). *L'uso dell'analisi mineralogico-petrografica dell'aggregato per lo studio e la datazione delle malte storiche*, in *La datazione delle malte in architettura tra archeologia e archeometria*, in «Archeologia dell'Architettura», XXIV, pp. 115-119.

Ricci, P., Germinario, C., Lubritto, C. (2019). *Mortar Radiocarbon Dating. Cryo2Sonic sample preparation procedure. Method and applications*, in *La datazione delle malte in architettura tra archeologia e archeometria*, in «Archeologia dell'Architettura», XXIV, pp. 67-72.

Sira (2023). *Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, in *Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, coordinamento di Della Torre S., Russo V., *Apparati e Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, Roma, Edizioni Quasar, pp. 1-75. Vecchiattini, R. (2019), *Precisione ed esattezza della tecnica di datazione del radiocarbonio applicata ai "grumi di calce" contenuti nelle malte storiche. Una ricerca in corso*, in *La datazione delle malte in architettura tra archeologia e archeometria*, in «Archeologia dell'Architettura», XXIV, pp. 27-42.

Zamboni I., 2023, *Conoscenza per la sicurezza strutturale e sismica: il contributo dell'Archeologia dell'architettura*, in *Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, coordinamento di Della Torre S., Russo V., 3. *Conoscenza per il progetto*, a cura di Matracchi P., Pugliano A., Roma, pp. 743-749.

Le applicazioni diagnostiche per la conservazione dei monumenti: indagine termografica e prospezioni ultrasoniche per lo studio e il restauro del chiostro di Santa Maria La Nuova a Monreale

Diagnostic applications for monument conservation: thermographic survey and ultrasonic testing for the study and restoration of the cloister of Santa Maria La Nuova in Monreale

Laura Rappa

Università degli Studi di Palermo
laura.rappa@unipa.it

Abstract

Il contributo propone la disamina degli esiti di alcune applicazioni diagnostiche strumentali dal carattere non distruttivo, intese quali strumento strategico per la conoscenza e la conservazione del patrimonio architettonico. Il caso studio del chiostro del complesso monumentale di Santa Maria La Nuova a Monreale (Palermo), sito UNESCO, evidenzia il contributo sinergico della termografia a infrarossi e delle prospezioni ultrasoniche nella definizione di un modello conoscitivo-interpretativo, orientato all'individuazione delle vulnerabilità materiche e strutturali, e al supporto di strategie di intervento consapevoli e sostenibili.

This paper examines the results of several non-destructive diagnostic applications, intended as a strategic tool for understanding and preserving architectural heritage. The case study of the cloister of the monumental complex of Santa Maria La Nuova in Monreale (Palermo), a UNESCO site, highlights the synergistic contribution of infrared thermography and ultrasonic surveys in defining a cognitive-interpretative model aimed at identifying material and structural vulnerabilities and supporting informed and sustainable intervention strategies.

Keywords

Restauro, termografia, ultrasuoni, chiostro di Monreale.

Restoration, thermography, ultrasonic testing, cloister of Monreale.

Introduzione

La conservazione del patrimonio architettonico presuppone un processo conoscitivo strutturato, fondato sull'integrazione di dati storico-documentari, materici e costruttivi in un quadro interpretativo unitario. In questo contesto, l'indagine diagnostica non può essere intesa come mera acquisizione di parametri quantitativi, ma come strumento metodologico capace di trasformare la misura in atto critico, orientando il progetto di restauro verso scelte verificabili e metodologicamente fondate [Tomaselli & Ventimiglia 2008].

Il riconoscimento del complesso monumentale di Santa Maria La Nuova quale componente del sito UNESCO "Palermo arabo-normanna e le Cattedrali di Cefalù e Monreale" (iscritto nella Lista del Patrimonio Mondiale nel 2015) ha ulteriormente rafforzato la responsabilità conservativa connessa alla gestione del "cantierato della conoscenza". La necessità di preservare l'integrità materiale di un

organismo architettonico caratterizzato da una complessa stratificazione costruttiva richiede l'adozione di metodologie diagnostiche non distruttive, capaci di analizzare la fabbrica senza alterarne le caratteristiche storiche e materiche.

La diagnostica diviene parte integrante del processo progettuale. L'impiego sinergico della termografia a infrarossi e delle prospezioni ultrasoniche ha consentito di esplorare rispettivamente la dimensione superficiale e quella volumetrica del manufatto, configurando un protocollo operativo coerente con gli obiettivi della transizione tecnologica e della gestione integrata del dato. La modellazione in ambiente digitale, la sistematizzazione e l'integrazione delle informazioni con i metodi evoluti di rilievo architettonico hanno permesso la restituzione dello stato di fatto del fronte indagato, attraverso una mappatura coerente e georeferenziata delle evidenze diagnostiche, costruendo un modello conoscitivo-interpretativo finalizzato alla riduzione dell'incertezza decisionale e alla definizione di strategie conservative di minimo intervento.

1. Cenni storici sull'edificazione e sui restauri ottocenteschi del chiostro

L'edificazione del complesso monumentale di Santa Maria La Nuova a Monreale si colloca tra il 1172 e il 1174 [Schirò 1984, 11; Del Giudice 1702, 3], per volontà del sovrano normanno Guglielmo II. Il monastero, affidato ai monaci benedettini di Cava dei Tirreni, fu concepito come un complesso unitario, espressione avanzata della cultura costruttiva del tempo, fungendo al contempo da strumento di penetrazione religiosa e civile nel territorio [Schirò 1984, 11]. Papa Alessandro III ne sancì l'importanza con le bolle *Attendentes quomodo* e *Ex debito suscepti regiminis* (1174), concedendo all'abbazia numerosi privilegi [Schirò 1984, 12].

Studi ottocenteschi, come quelli dell'abate Domenico Benedetto Gravina, ipotizzarono che il sito preesistesse alla fondazione guglielmina, riferendo la parte superiore del colonnato a un'epoca siculo-bizantina (VI-IX secolo) [Gravina 1859, 25]. Tuttavia, la storiografia moderna concorda nel riconoscere l'unitarietà del progetto del XII secolo, realizzato in tempi brevi grazie a un consistente impiego di maestranze altamente specializzate [Kronig 1965, 17; Rappa 2024, 23].

Dopo secoli caratterizzati da limitate trasformazioni e adattamenti funzionali [Lello 1596, 37; Del Giudice 1702, 35; Millunzi 1899, 14], l'Ottocento segna una stagione di trasformazioni radicali, innescata dal devastante incendio del 1811 che colpì il coro del duomo [Tarallo 1848, 15-16; Gravina 1859, 18]. Nel 1817 fu istituita la *Diputazione dei Ristori del Real Tempio* per amministrare i fondi statali destinati alla ricostruzione [Rappa 2024, 39]. Tuttavia, è nella seconda metà del secolo che prende avvio un articolato programma di interventi sotto la direzione dell'architetto Giuseppe Patricolo [Rappa 2024, 47].

L'azione di Patricolo fu orientata al recupero dell'unità stilistica ritenuta originaria del monumento, perseguita attraverso un esteso processo di ripristino in stile volto alla rimozione delle stratificazioni successive [Rappa 2024, 40, 84]. Nel 1870 furono demolite le volte quattrocentesche in stuoia che mascheravano le aperture originarie¹ [Rappa 2024, 49]. In sostituzione Patricolo progettò una copertura lignea a una sola pendenza, ispirandosi ai modelli coevi della Chiesa della Magione di Palermo²

1 Palermo. Archivio Storico, Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali. *Monastero e Chiostro di S. Maria Nuova – Lavori e altro tabulario dell'opere d'arte ivi esistenti dal 1875 al 1881*. B. 301, 10 settembre 1878, nota di Salvatore Giaconia, ispettore alla custodia e conservazione della badia di Monreale indirizzata al Principe di Scalea, presidente della Commissione di Antichità e Belle Arti di Sicilia.

2 Palermo. Archivio Storico, Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali. *Monastero e Chiostro di S. Maria*

[Rappa 2024, 50-51]. L'operazione di «scrostamento» sulle superfici murarie permise il ritrovamento di preziose vestigia del XII secolo, come le finestre con colonnine nella parete settentrionale addossata alla chiesa³ [Rappa 2024, 76].

Parallelamente, i restauri interessarono l'apparato lapideo e musivo. Lo scultore Salvatore Valenti e il mosaicista Giuseppe Bonanno Zuccaro operarono sulle colonne e sui capitelli [Rappa 2024, 48]. Per le lacune dei mosaici furono impiegati smalti provenienti dalle fabbriche di Lorenzo Radi a Murano, scelti per la capacità di imitare le tessere antiche⁴ [Rappa 2024, 67]. Questi interventi furono al centro di aspre polemiche tra l'approccio ripristinatorio di Patricolo e le posizioni conservative di funzionari ministeriali come Giuseppe Bongioannini [Rappa 2024, 83-84]. Il dibattito sulla necessità di conservare l'autenticità del monumento contribuì alla maturazione della coscienza del restauro filologico in Italia, influenzando la redazione del Decreto Ministeriale *Sui Restauri degli edifici monumentali* del 1882 [Tomaselli 2013; Rappa 2024, 84-85].

2. La termografia a infrarossi per l'analisi delle superfici architettoniche

La termografia è una tecnica non distruttiva finalizzata alla mappatura delle anomalie mediante la registrazione con termocamera della radiazione elettromagnetica emessa dai corpi nel campo dell'infrarosso termico. Il metodo si fonda sulla legge di Stefan-Boltzmann, secondo cui la potenza emissiva di un corpo è proporzionale alla quarta potenza della temperatura assoluta ed è modulata dall'emissività superficiale [Maldague 2001]. L'analisi consiste nell'interpretazione delle variazioni termiche in risposta a una sollecitazione energetica: differenze di conducibilità, capacità termica ed emissività determinano comportamenti differenziati, rendendo riconoscibili disomogeneità materiche, umidità, distacchi e discontinuità costruttive. L'efficacia dell'acquisizione è subordinata alla presenza di uno squilibrio termico tra manufatto e ambiente, tale da generare un gradiente sufficiente alla lettura delle anomalie [Avdelidis & Moropoulou 2004].

Nel quadro della diagnosi applicata al patrimonio costruito, la termografia costituisce uno strumento orientato alla costruzione di un quadro conoscitivo affidabile, estendendo l'osservazione a superfici ampie o ad ambiti puntuali senza ricorso a indagini invasive.

Nel caso del chiostro di Santa Maria La Nuova a Monreale, l'indagine è stata condotta con termocamera FLIR Thermacam B10, in regime di termografia passiva, sfruttando il gradiente naturale indotto dall'irraggiamento solare pomeridiano sui fronti nord ed est. Le acquisizioni, eseguite con ottica standard e grandangolare, sono state registrate durante la fase di riscaldamento differenziale dei materiali; i termogrammi sono stati successivamente elaborati e mosaicati su ortofoto digitali (Figura 1), applicando scale cromatiche differenziate (*Iron*, *Rain*, *Grey*) per migliorarne la leggibilità senza alterare il dato radiometrico.

L'analisi ha evidenziato la diversa risposta termo-fisica dei litotipi impiegati. Gli inserti in pietra la-

Nuova – *Lavori e altro tabulario dell'opere d'arte ivi esistenti dal 1875 al 1881*. B. 301, 10 novembre 1878, relazione di Giuseppe Patricolo, indirizzata al Principe di Scalea.

3 Palermo. Archivio Storico, Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali. *Monastero e Chiostro di S. Maria Nuova – Lavori e altro tabulario dell'opere d'arte ivi esistenti dal 1875 al 1881*. B. 301, comunicazione di Giuseppe Patricolo al Commissario, *Scoperta dentro il Chiostro di Monreale*.

4 Palermo. Archivio Storico, Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali. *Monastero e Chiostro di S. Maria Nuova – Lavori e altro tabulario dell'opere d'arte ivi esistenti dal 1875 al 1881*. B. 301, 12 maggio 1880, relazione di Giuseppe Patricolo indirizzata al Principe di Scalea.

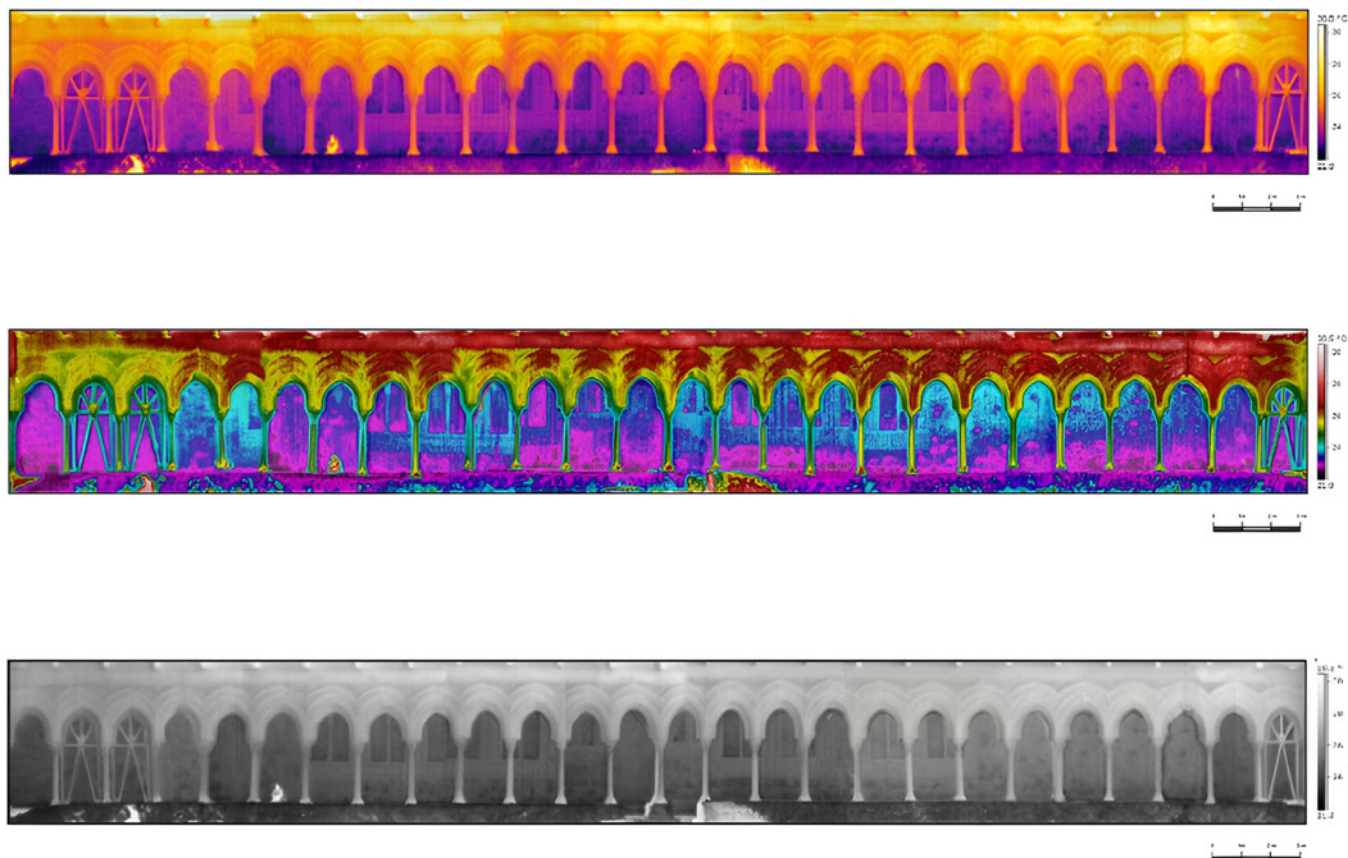


FIG. 1 – Laura Rappa, Mosaico di termogrammi riportato sull'ortofoto del fronte nord verso il giardino nelle tre tavolozze Iron e Rain ad alta risoluzione e Grey.

vica, caratterizzati da maggiore assorbimento radiativo per la cromia scura e da differente inerzia termica, hanno raggiunto temperature prossime ai 40°C sotto irraggiamento diretto (Figura2), distinguendosi nettamente dal supporto calcarenitico. Il comportamento registrato risulta coerente con i rispettivi valori di conducibilità, capacità termica volumica ed emissività, determinando un riscaldamento più rapido e un raffreddamento più lento degli elementi lavici rispetto a quelli calcarenitici.

Le termografie condotte sulle colonnine binate del “capitello della dedica” (raffigurante la fondazione della chiesa ed il momento in cui Guglielmo II offre in dono alla Santa Vergine Maria il modello del duomo) hanno mostrato un campo termico superficiale eterogeneo, evidenziando il diverso comportamento delle fasce musive rispetto ai fusti in marmo chiaro, in relazione alla presenza di malte di allettamento e alla discontinuità materica tra tessere e supporto. Per le superfici a mosaico è stato registrato un riscaldamento più accentuato, imputabile alla compresenza di materiali con proprietà termofisiche differenti e alla micro-articolazione superficiale (Figura3). È stata inoltre rilevata una significativa differenza termica tra le colonnine esposte all'irraggiamento solare, prospicienti il giardino, e quelle prospicienti le corsie interne, che hanno mantenuto valori inferiori, confermando l'incidenza dell'esposizione rispetto al sole nella lettura dei dati.

Particolarmente significativa è risultata l'individuazione di anomalie associate a discontinuità materiche. Le fratture nei fusti e nei capitelli si sono manifestate come alterazioni termiche, interpretabili come effetti di piccole discontinuità o vuoti interni che influenzano il flusso di calore. Nella colonnina

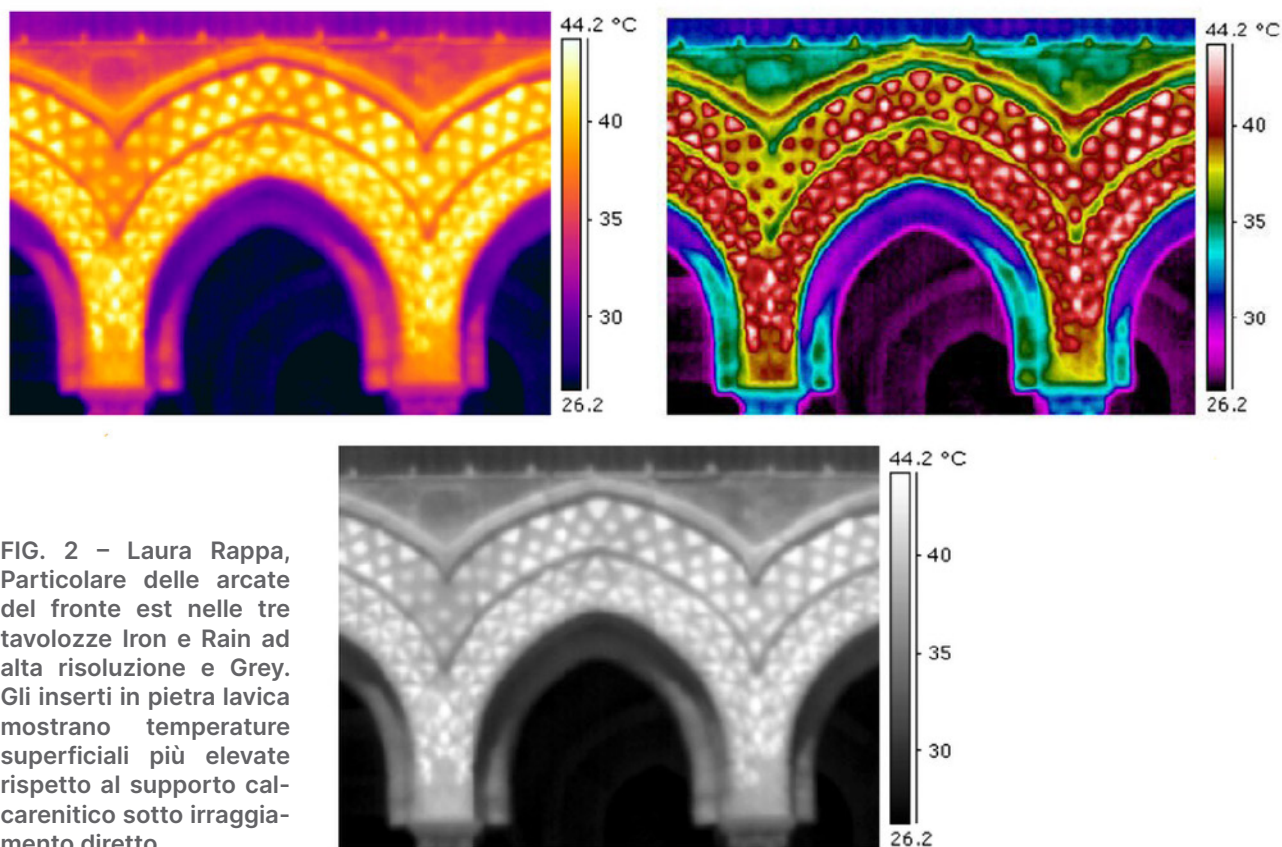


FIG. 2 – Laura Rappa, Particolare delle arcate del fronte est nelle tre tavolozze Iron e Rain ad alta risoluzione e Grey. Gli inserti in pietra lavica mostrano temperature superficiali più elevate rispetto al supporto calcarenitico sotto irraggiamento diretto.

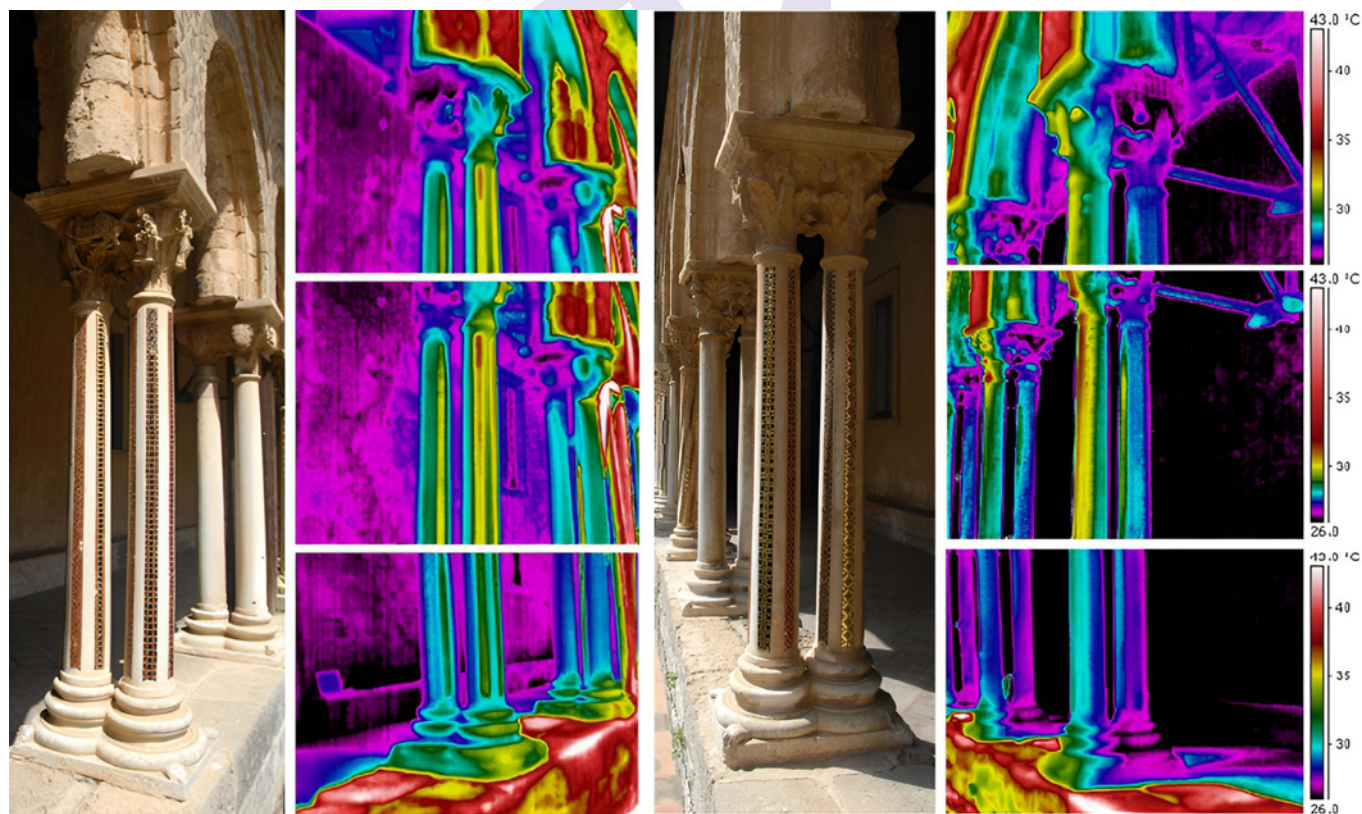


FIG. 3 – Laura Rappa, Colonnine binate sorreggenti il “Capitello della Dedicà” viste da sud e da nord con termogrammi associati in visualizzazione Rain ad alta risoluzione. Le immagini evidenziano l'eterogeneità del campo termico e il maggiore riscaldamento delle fasce musive rispetto ai fusti marmorei.

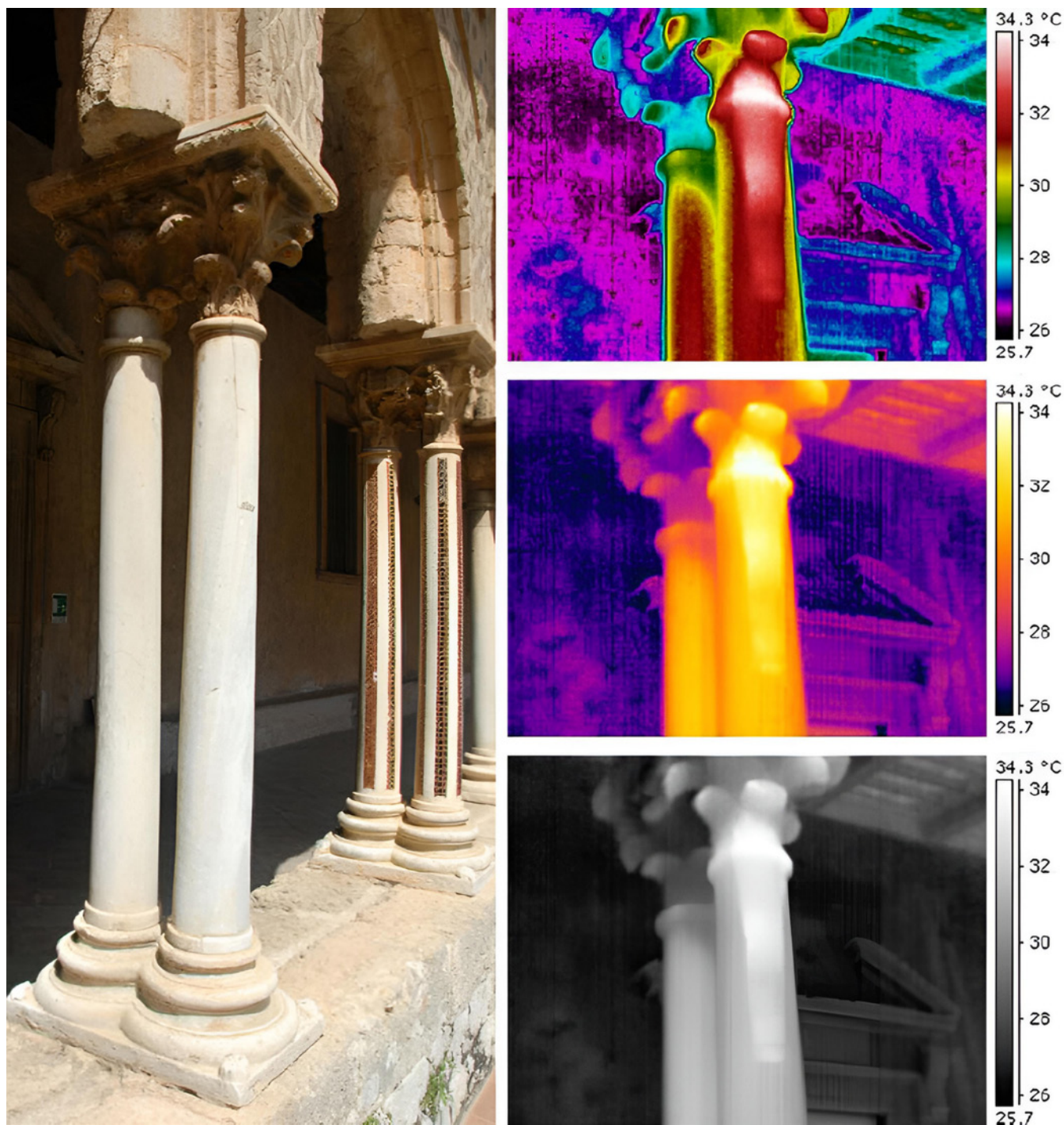


FIG. 4 – Laura Rappa, Colonnine binate situate a sud del “Capitello della Dedicà” con termogrammi associati nelle tre tavolozze Iron e Rain ad alta risoluzione e Grey. L’anomalia termica evidenzia una discontinuità materica non limitata allo strato superficiale, ma estesa in profondità.

della coppia immediatamente a sud (Figura 4), la frattura, pur apparentemente limitata a occhio nudo, ha mostrato un’estensione maggiore grazie alla termografia, suggerendo un interessamento interno più profondo. Analoghe evidenze sono state riscontrate nella corsia est, talora estese ai capitelli, configurandosi come zone a differente risposta inerziale indicativa di possibile perdita di continuità materica tra elementi assemblati.

L'innovazione metodologica risiede nell'integrazione dei termogrammi, raddrizzati e georiferiti tramite rilievo fotogrammetrico, in ambiente CAD, con sovrapposizione delle mappe termiche agli elaborati architettonici [Ventimiglia 2011; Ventimiglia et al. 2007]. Il processo di ortorettifica e scalatura metrica ha reso il dato radiometrico spazialmente referenziato e misurabile, trasformando la registrazione fenomenica in informazione localizzabile con precisione.

3. Le prospezioni ultrasoniche per la valutazione delle condizioni materiche e strutturali

Le prospezioni ultrasoniche hanno integrato l'indagine termografica, consentendo una valutazione dello stato interno del materiale. I metodi acustici si basano sulla variazione dei parametri di propagazione delle onde meccaniche (velocità, attenuazione, riflessione e rifrazione) in funzione delle caratteristiche fisico-meccaniche del mezzo attraversato.

La prova ultrasonica consiste nella misura del tempo impiegato da un'onda elastica, generata da un impulso meccanico ad alta frequenza, per propagarsi tra il punto di emissione e quello di ricezione attraverso la porzione di materia indagata. Ponendo in relazione lo spessore attraversato (L) con il tempo di volo (t), si determina la velocità di propagazione dell'onda ($V_p = L/t$) [Vasanelli et al. 2015; Spatafora et al. 2006]. Cavità, microfessurazioni o degrado riducono la velocità rispetto ai valori registrati in materiale compatto, consentendo una valutazione indiretta del grado di continuità materica e della qualità strutturale dell'elemento.

Le indagini sono state effettuate mediante Solgeo CMS Ultrasonic System, costituito da sonda trasmittitrice, sonda ricevente a larga banda, centralina di acquisizione ed elaborazione e unità palmare per la visualizzazione del segnale. Sulle superfici di contatto è stato applicato un materiale accoppiante inerte e reversibile, a protezione del marmo.

Sono stati adottati i principali schemi di misura comunemente impiegati, distinguendo tra metodo diretto o per trasparenza (trasduttori su facce opposte), privilegiato nel caso delle colonnine binate, metodo indiretto o superficiale (trasduttori sulla stessa faccia) e, ove consentito dalla geometria dell'elemento indagato, il metodo semidiretto. Nel caso in esame è stata adottata una frequenza di 55 kHz, scelta come compromesso tra profondità di penetrazione e risoluzione del segnale, in linea con la prassi consolidata nelle indagini ultrasoniche su materiali lapidei, che privilegia frequenze nell'ordine delle decine di kHz per limitare fenomeni di attenuazione e scattering nei mezzi eterogenei [Forte et al. 2013; Schuller 2006].

Le auscultazioni sono state eseguite a intervalli regolari di 10 cm lungo l'altezza del fusto (fino a 130 cm), previa misurazione del diametro medio (16,5 cm), per definire con precisione il percorso dell'onda. La scansione sistematica ha consentito di costruire un profilo verticale delle velocità ultrasoniche, evidenziando eventuali variazioni puntuali o gradienti lungo l'asse della colonna.

Una prima serie di misurazioni è stata condotta sulla colonna prospiciente il giardino che sorregge il "capitello della dedica"; una seconda campagna è stata condotta su una delle due colonnine della coppia immediatamente a sud rispetto alla precedente, già oggetto di indagine termografica, per confrontare anomalie superficiali e discontinuità interne. In quest'ultimo caso sono stati eseguiti due saggi: uno in modalità diretta in corrispondenza della lesione verticale visibile, e uno con trasduttori disposti a cavallo di una linea di frattura orizzontale, variandone progressivamente la posizione (Figura 5).



FIG. 5 – Laura Rappa, Prove ultrasoniche sulle colonnine situate a sud del “Capitello della Dedicata”: posizionamento delle sonde in modalità diretta in corrispondenza della lesione verticale e configurazione dei trasduttori a cavallo della frattura orizzontale in modalità indiretta.

In corrispondenza delle fratture, i valori di V_p hanno mostrato una riduzione significativa rispetto alla media della sezione, indicando un'interruzione della continuità interna dell'elemento, confermando, in alcuni casi, l'estensione della lesione già individuata mediante termografia e distinguendo le fessurazioni superficiali da quelle strutturalmente più rilevanti.

Per la rappresentazione grafica dei dati è stato utilizzato il software Surfer 8, che ha consentito l'interpolazione delle velocità registrate e la costruzione di modelli bidimensionali della loro distribuzione all'interno del fusto (Figura 6). L'elaborazione ha restituito mappe di iso-velocità atte a visualizzare le zone a differente risposta meccanica, rendendo immediatamente leggibili le aree a minore compattezza o potenziale discontinuità.

Poiché la tecnica ultrasonica risulta particolarmente sensibile alla presenza di umidità, fattore che può alterare i valori di velocità, le misurazioni sono state eseguite in condizioni termo-igrometriche controllate.

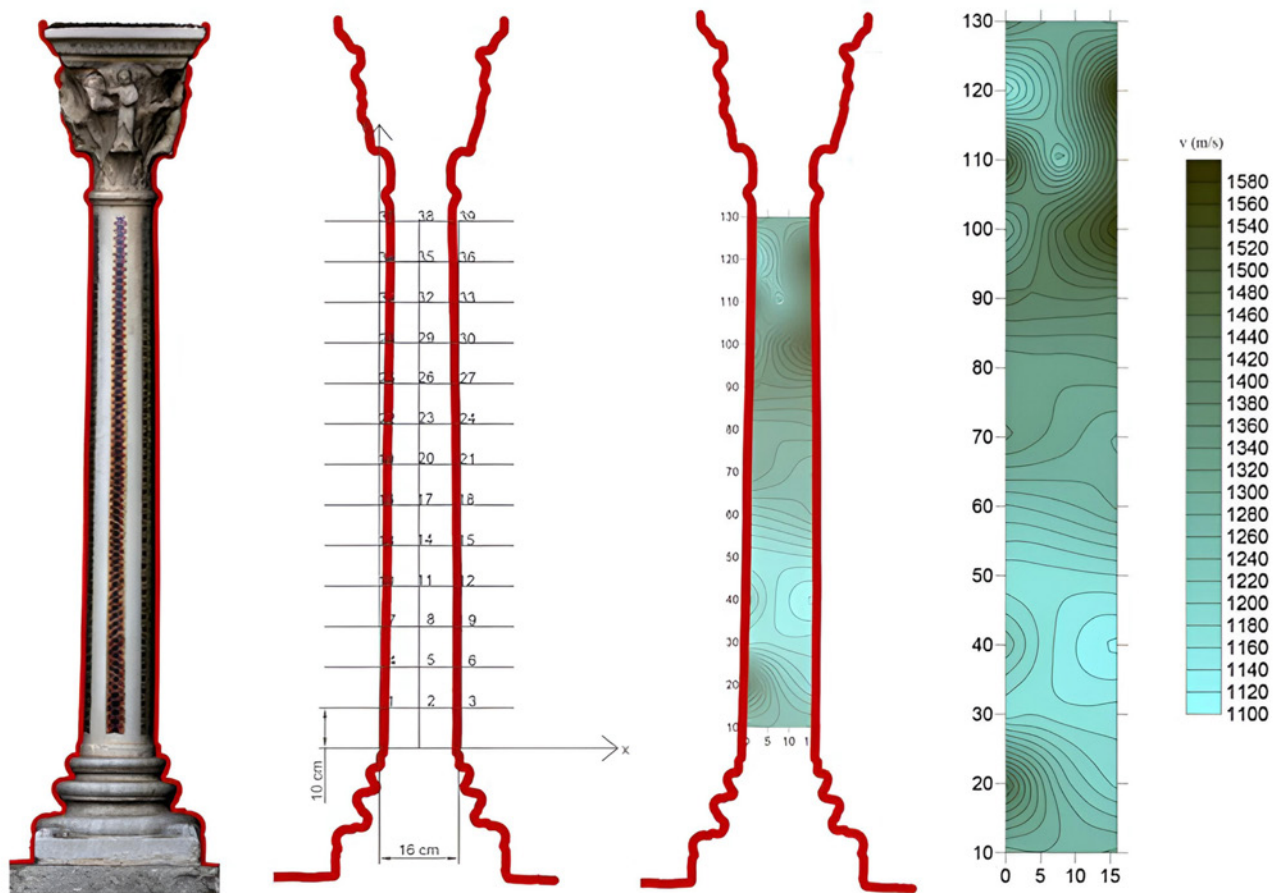


FIG. 6 - Laura Rappa, Modello bidimensionale della distribuzione delle velocità ultrasoniche nella sezione della colonna, elaborato con Surfer 8; la mappa evidenzia le aree a differente risposta meccanica e le possibili zone di discontinuità.

4. Approccio diagnostico integrato e costruzione del quadro conoscitivo

Il rilievo tridimensionale del fronte nord del chiostro ha costituito la base geometrica di riferimento per la restituzione e l'interpretazione dei dati diagnostici. L'acquisizione integrata mediante laser scanner e fotogrammetria digitale ha consentito di ottenere un modello 3D ad alta densità informativa, metricamente controllato, sul quale sono state georeferenziate le anomalie termiche e le misurazioni ultrasoniche, trasformando la misura in mappatura interpretativa e consentendo una lettura integrata delle relazioni tra morfologia, stato di conservazione e comportamento fisico dei materiali. La combinazione tra tecniche *range-based* e *image-based modelling* ha permesso di coniugare accuratezza geometrica e corretta localizzazione delle criticità emerse dalle indagini diagnostiche.

La correlazione tra comportamento termico non uniforme e riduzione delle velocità ultrasoniche ha permesso di superare l'ambiguità insita nell'impiego isolato delle singole tecniche. Le anomalie rilevate mediante indagine termografica, potenzialmente riconducibili a differenti cause (eterogeneità materica, fenomeni di umidità, discontinuità superficiali), sono state poste in relazione con i risultati delle misurazioni ultrasoniche, consentendo un confronto interpretativo tra alterazioni limitate allo strato superficiale e criticità più profonde, rafforzando l'affidabilità del quadro diagnostico e riducendo il margine interpretativo.

Pur richiamando l'impianto metodologico della Metodologia T.R.U.E. (acronimo di Termografia, Radar, Ultrasuoni, Endoscopia) [La Rosa & Ventimiglia 2009], la presente ricerca si focalizza sulla specifica sinergia tra termografia a infrarossi e prospezioni ultrasoniche. Tale approccio ha permesso di indagare il manufatto su due livelli complementari, superficiale (termico-radiativo) e volumetrico (meccanico-elastico), consentendo di correlare fenomeni di risposta energetica con parametri di continuità materica e di costruire un quadro conoscitivo più solido e gerarchizzato a supporto delle decisioni conservative.

Conclusioni

L'esperienza maturata nel chiostro di Monreale conferma in modo sistematico il ruolo centrale delle indagini diagnostiche quale fondamento conoscitivo per un restauro consapevole. L'integrazione tra rilievo digitale, termografia infrarossa e prospezioni ultrasoniche ha consentito di costruire un quadro interpretativo multilivello, nel quale le informazioni geometriche, superficiali e volumetriche sono state ricondotte a un sistema coerente di lettura del manufatto. Pertanto, la diagnosi non si configura come mera fase preliminare, ma come dispositivo metodologico permanente, capace di orientare le scelte progettuali e di accompagnarne la verifica in corso d'opera.

In un contesto di eccezionale valore culturale quale il complesso del duomo di Monreale, riconosciuto come parte del patrimonio mondiale dall'UNESCO, la minimizzazione dell'impatto costituisce un imperativo etico oltre che tecnico. L'impiego sinergico di metodologie non distruttive ha consentito di limitare le indagini invasive allo stretto necessario, preservando l'integrità materiale del documento architettonico e contenendo i margini di incertezza in vista di possibili interventi futuri. Si ottiene così un modello operativo in cui la conoscenza preventiva consente una gestione consapevole.

L'esperienza condotta presso il chiostro di Santa Maria La Nuova evidenzia, infine, come la maturazione della disciplina del restauro dipenda dalla capacità di strutturare un effettivo dialogo interdisciplinare tra storia dell'architettura, scienza dei materiali, diagnostica fisica e rappresentazione digitale. La diagnosi, lungi dall'essere un fine autonomo, si configura come strumento critico di interpretazione e di progetto, capace di connettere la dimensione analitica alla responsabilità conservativa. Solo attraverso una rigorosa integrazione tra rilievo, analisi storica e indagini non distruttive è possibile garantire interventi mirati e controllati, assicurando la conservazione della materia e dei valori culturali di cui il manufatto è portatore.

Bibliografia

Avdelidis, N. P., Moropoulou, A. (2004). *Applications of infrared thermography for the investigation of historic structures*, in «Journal of Cultural Heritage», n. 5, pp. 119-127.

Del Giudice, M. (1702). *Descrizione del Real Tempio e monastero di S. Maria la Nuova in Monreale di G. L. Lello, con le osservazioni sopra le fabbriche e mosaici della chiesa, la continuazione delle Vite degli Arcivescovi, una tavola Cronologica della medesima historia, e la Notizia dello Stato presente dell'Arcivescovado*, Palermo, regia stamperia d'Agostino Epiro.

Fort, R., Alvarez De Buergo, M., Perez-montserrat, E. M. (2013). *Non-destructive testing for the assessment of granite decay in heritage structures compared to quarry stone*, in «International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences», n.61, pp. 296-305.

- Gravina, D. B. (1859). *Il Duomo di Monreale illustrato e riportato in tavole cromolitografiche*, Palermo, stabilimento tipografico di Francesco Lao.
- Kronig, W. (1965). *Il Duomo di Monreale e l'architettura normanna in Sicilia*, Palermo, Flaccovio.
- La Rosa, N., Ventimiglia, G. M. (2009). *I soffitti lignei dipinti e le strutture di copertura nella architettura religiosa della Sicilia barocca. Conoscenza e diagnosi per il progetto di restauro*, in «Conservare e restaurare il legno. Conoscenze, esperienze, prospettive», Atti del Convegno Internazionale "Scienza e Beni Culturali", Bressanone 23-26 giugno 2009, vol. XXV, p. 317-334, Venezia, Edizioni Arcadia Ricerche.
- Lello, G. L. (1596). *Historia della Chiesa di Monreale*, Roma, Luigi Zanetti.
- Maldague, X. P. V. (2001). *Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing*, New York, Wiley.
- Millunzi, G. (1891). *Il mosaicista mastro Pietro Oddo ossia restauri e restauratori del Duomo di Monreale nel sec. XVI*, Palermo, Tipografia dello Statuto.
- Rappa, L. (2024). *Il chiostro di Santa Maria la Nuova a Monreale. I restauri ottocenteschi*, Palermo, Palermo University Press.
- Schirò, G. (1984). *Monreale: territorio popolo e prelati dai normanni ad oggi*, Palermo, Augustinus.
- Schuller, M. P. (2006). *Nondestructive testing and damage assessment of masonry structures*. NSF/RILEM Workshop «In-Situ Evaluation of Historic Wood and Masonry Structures», July 10-14, 2006, Prague, Czech Republic. RILEM.
- Spatafora, G., Tomaselli, F., Ventimiglia, G. M. (2006). *Conoscenza e diagnostica per il progetto di conservazione delle pavimentazioni maiolicate. Applicazione di un sistema d'indagini non distruttive sulle "riggole" di Attanasio nel palazzo Comitini a Palermo*, in «Pavimentazioni storiche. Uso e conservazione», Atti del Convegno Internazionale "Scienza e Beni Culturali", 11-14 luglio 2006, vol. XXII, pp. 403-414, Venezia, Edizioni Arcadia Ricerche.
- Tarallo, G. B. (1848). *Cenno storico sulla chiesa metropolitana di Monreale*, Napoli, tipografia Ranucci.
- Tomaselli, F., Ventimiglia, G. M., Nucatolo, A., Randazzo, M. I. (2007). *La Chiesa di Santa Maria della Catena a Palermo e il restauro degli affreschi nella Cappella Maggiore. Conoscenza, diagnosi e consolidamento dei dipinti murali*, in «Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi. Conoscenze, orientamenti, esperienze», Atti del Convegno Internazionale "Scienza e Beni Culturali", 10-13 luglio 2007, vol. XXIII, pp. 129-140, Venezia, Edizioni Arcadia Ricerche.
- Tomaselli, F., Ventimiglia G. M. (2008). *Teaching restoration methodology: role of scientific contributions in the conservation of architectural heritage*, in «Teaching Conservation/Restoration of Architectural Heritage. Goals, Contents and Methods», Atti del Convegno Internazionale di Studi, Genova, 18-20 Ottobre 2008.
- Tomaselli, F. (2013). *Restauro Anno Zero*, Palermo, Aracne.
- Vasanelli, E., Colangiuli, D., Calia, A., Sileo, M., Aiello, M. A. (2015), *Ultrasonic pulse velocity for the evaluation of physical and mechanical properties of a highly porous building limestone*, in «Ultrasonics», n.6, pp. 33-40.
- Ventimiglia G. M. (2011). *IR technology and conservation of monuments: experimental application on architectural surfaces*, in Atti della "Fondazione Giorgio Ronchi", n.6, Firenze.

Integrazione di metodiche diagnostiche non distruttive per la conservazione del patrimonio archeologico: casi studio dalla Sardegna

Integrating non-destructive diagnostics for the preservation of archaeological heritage: Case studies from Sardinia

Elisabetta Rosina

Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Polytechnic University of Milan, 20133 Milan, Italy
elisabetta.rosina@polimi.it

Elena Romoli

Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e le province di Oristano e Sud Sardegna
elena.romoli@cultura.gov.it

Giovanna Pietra

Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e le province di Oristano e Sud Sardegna
giovanna.pietra@cultura.gov.it

Hoda Esmaeilian Toussi Rui Liu

Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Polytechnic University of Milan, 20133 Milan, Italy
hoda.esmaeilian@polimi.it

School of Human Settlements and Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University
3123322079@stu.xjtu.edu.cn

Abstract

Questa ricerca applica metodi integrati di prova non distruttivi per diagnosticare i rischi ambientali e microclimatici in siti archeologici della Sardegna. La metodologia prevede termografia a infrarossi e monitoraggio microclimatico, guidando il posizionamento strategico di sensori per la modellazione dinamica. L'efficacia è dimostrata con casi studio: a Su Monte si quantificano gradienti termici; negli ipogei si identificano livelli critici di UR; a San Saturnino si rivelano cicli di condensa, guidando il progetto di controllo climatico con CFD. I risultati stabiliscono che le strutture protettive devono essere sistemi attivi. Questo quadro scientifico è fondamentale per interventi mirati e sostenibili, garantendo la conservazione dei materiali e regolando la fruizione pubblica.

This research applies integrated non-destructive testing methods to diagnose environmental and microclimatic risks in Sardinian archaeological sites. The methodology employs infrared thermography and microclimatic monitoring to strategically guide sensor placement for dynamic modelling. Efficacy is demonstrated through case studies: thermal gradients are quantified at Su Monte; critical RH levels are identified in hypogea; condensation cycles are revealed at San Saturnino, guiding its passive climate-control design via CFD. Results establish protective shelters as active climate-regulation systems. This scientific framework is essential for targeted, sustainable interventions, ensuring material conservation and regulating public heritage use.

Keywords

Patrimonio archeologico in Sardegna, Prove Non Distruttive (PND), Monitoraggio microclimatico.

Archaeological Heritage in Sardinia, Non-Destructive Testing (NDT), Microclimatic Monitoring.

Introduction

The multidisciplinary protection of archaeological sites aims to balance sustainable access with mitigating environmental effects on exposed surfaces (Cassar *et al.*, 2001; Romoli *et al.*, 2013; Rosina and Pili, 2020). This process creates a complex microclimate impacting material decay. Consequently, on-site display is typically reserved for artefacts deemed capable of withstanding renewed atmospheric assaults. Numerous diagnostic tools now analyze the vulnerabilities of materials newly exposed after burial (Curteis, 2013; Daly, 2014; Quattrone, 2016).

An increasingly reliable tool for assessing conservation risks is the application of Computational Fluid Dynamics (CFD) (Grau-Bové *et al.*, 2019; Lerma *et al.*, 2021; Ardakani *et al.*, 2023). CFD is particularly effective for modelling boundary conditions within an archaeological area. The effects of air temperature and humidity variations can be primarily evaluated prior to excavation or concurrently, using recent in-situ environmental monitoring data collected over a minimum of 12-18 months (D' Agostino, Congedo and Cataldo, 2013; Pagliaro *et al.*, 2016). By modelling the microclimatic performance of shelters and testing passive ventilation strategies in silico, CFD allows for the optimization of protective designs before physical implementation, mitigating risks like condensation and thermal stress (Rosina and Rotta, 2013; Zureikat *et al.*, 2025).

The applied methodology operates across micro (few centimeters), meso (artefact), and macro (building/urban) scales, enabling proactive risk assessments to implement mitigation strategies involving a broader range of stakeholders. Its efficacy is demonstrated through application to significant vulnerable sites in Sardinia, representing diverse Mediterranean contexts (coastal, rural, urban) and material assemblages (nuragic stonework, hypogea, mosaics). The results establish a replicable framework for data-driven conservation planning, aiming to ensure material integrity and enduring accessibility.

1. Materials and methods

This study examines the effectiveness of the NDT in eight archaeological sites in Sardinia, ranging from Late Imperial settlements to Punic necropolises and Nuragic temples. It employs an integrated, non-destructive methodology combining infrared thermography (IRT), psychrometric analysis, microclimate monitoring, and Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation (Rosina, *et.al.*, 2019; Rosina, 2024; Glavaš *et al.*, 2019). The selected case studies, detailed in Table 1, include coastal sites like the Roman city of Nora, isolated sites like the Nuragic complex of Su Monte, and urban-embedded contexts as the tombs within Cagliari's necropolis. These sites present diverse challenges, from coastal exposure and rural humidity to dense urban heat island effects, and feature shelters of varying design, age, and material, providing a comprehensive testbed for assessing microclimatic monitoring and mitigation strategies.

Table 1. Overview of case studies; site context (urban density of the site) and the applied diagnosis tools. Integrated Environmental Monitoring Toolkit (IEMT): M – Microclimate Monitoring, P – Psychrometric Analysis, IRT – Infrared Thermography, G-Gravimetric test, CFD – Computational Fluid Dynamics Modeling, BR – Broadband Radiometric Measurements.

Category	San Saturnino	Su Monte	Nora	Tomb of Fish & Spikes	Tomb of the Warrior	Tomb of the Ureo	S. Cromazio	Necropoli Sa Pala Larga
place	Cagliari	Sorradile	Pula CA	Cagliari	Cagliari	Cagliari	Villaspeciosa, South Sardinia	Bonorva, Sassari
Site Type	sheltered open	sheltered open	sheltered open	rock-cut tomb	rock-cut tomb	rock-cut tomb	sheltered open	rock-cut tomb
Context	Dense urban	Open field	Open field	Dense urban	Dense urban	Dense urban	rural	hillside
IEMT	M-P-IRT-CFD-BR	M-P-IRT-G	M	M-P-IRT-G	M	M	M-IRT	M-P-IRT

2. Results

2.1. Surface thermal imbalances

Infrared thermography (IRT) was employed to identify and analyze surface temperature differentials and thermal anomalies across five of the cases, revealing critical patterns of material stress and environmental interaction. IRT was not implemented on 3 sites due to access difficulties.

• San Saturnino (Cagliari)- end of July 2008

The IRT survey quantified the protective effect of the shelter and the thermal response of different materials. At dawn, covered surfaces retained heat, showing a vertical thermal gradient on walls. By afternoon, solar exposure caused extreme heating ($>25^{\circ}\text{C}$ ΔT), with maximum temperatures (up to 58°C) recorded on exposed horizontal surfaces at the shelter's periphery, highlighting severe edge effects. Shaded wall corners remained cool (29°C), demonstrating significant thermal stratification.

• Su Monte (Sorradile)- end of July 2008, and mid-March 2009

IRT documented an extreme diurnal thermal cycle. Pre-dawn thermograms revealed a bottom-to-top cooling gradient from residual ground heat. During peak insolation, this gradient inverted, with exposed south- and west-facing masonry reaching extreme temperatures (up to 58°C), while shaded niches remained near ambient ($10\text{--}12^{\circ}\text{C}$). The partial shelter failed to prevent severe differential heating, with daily temperature swings exceeding 33°C on exposed surfaces, indicating high thermal stress.

• Tomb of the Fish and Spikes (Cagliari)- July and November 2017, March 2018, May-June 2018 and September 2018

Seasonal IRT monitoring revealed the southwest-oriented entrance wall as a persistent thermal anomaly. Uninsulated and in direct contact with the exterior, this wall exhibited temperature imbal-

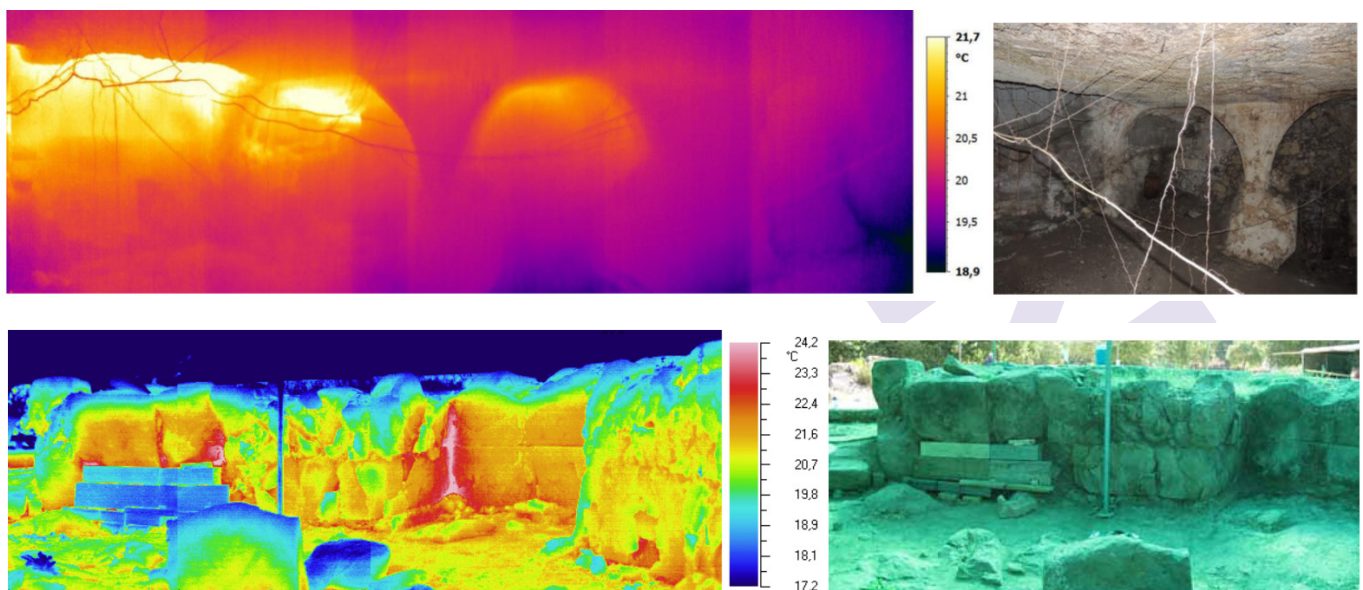


Figure 1. Examples of thermographic analysis in two of the case studies(a) Tomb of Fish -Thermographic mosaic in the morning, Left Niches, (July 2017)- (b) Su Monte- Morning thermal anomaly: mosaic of thermograms from Sector 4, niche 3 (July 2008, 6:00 AM)

ances of up to 3°C compared to internal surfaces, identifying it as the primary thermal bridge and point of environmental exchange. The floor showed a smaller annual thermal swing (~6°C) than the ceiling (~8-9°C).

• **San Cromazio (Villaspeciosa)- mid-July and early November 2008**

The thermographic analysis at San Cromazio in 2008 revealed that the protective shelter significantly reduced surface temperature differentials ($\Delta T \sim 3^\circ\text{C}$ inside vs. up to 7°C outside). Solar exposure created distinct thermal zones, with maximum temperatures (e.g., 34°C) on sunlit southeast surfaces and minimum in shaded northern areas. The color of mosaic tesserae directly influenced surface heating, with darker tiles absorbing more heat than lighter ones. Different restoration materials, such as concrete and lime mortar, exhibited clearly different thermal behaviors in the thermograms.

• **Sa Pala Larga (Villanovaforru)- mid-March, mid-May, and early September 2018**

Seasonal IRT monitoring revealed a generally stable microclimate with homogeneous surface temperature distributions within the tomb. The primary thermal anomalies were seasonal: warmer floor-wall junctions in winter and warmer ceilings in summer, with temperature differentials typically within $1\text{-}2^\circ\text{C}$. Greater thermal variations were consistently recorded near the entrance and at structural corners. Surface temperature changes in the rock were minimal, except at locations with existing scaling or fractures.

2.2. Multi-variate microclimate analysis

The applied indicators apart from the diurnal gradient, maximum and minimum of T and $RH\%$, include dew point repression ($T_{\text{air}} - T_p \leq 2.5^\circ\text{C}$ indicates high condensation risk (Pender, 2004; Rosina and Esmaeilian Toussi, 2025)), $RH\%$ Fluctuation Index ($RH_d - CMA_d$), Damp Effect Index ($1 - (\sigma_{\text{in}}/\sigma_{\text{ou}})$), and Mixing Ratio Stability ($1 - (\sigma_{\text{in}}/\sigma_{\text{ou}})$). The indicated result is based on longterm monitoring as well as the psychrometric analysis in various intervals.

• **San Saturnino (continuous monitoring 2008-2009) – Semi-open sheltered**

The annual monitoring shows a clear transition from safe summer conditions ($25\text{-}30^\circ\text{C}$, RH 40–60%) to a winter period of persistent condensation risk. The maximum dew-point-depression risky days were detected in March and April. The temperature varied between 4°C to 42°C while $RH\%$ ranged 40–90%. From November onward, temperatures dropped to $6\text{-}10^\circ\text{C}$ with RH consistently above 70–80%, creating frequent condensation conditions when RH exceeded 80% at $10\text{-}12^\circ\text{C}$. The site is stable in summer but critically at risk in spring and winter.

• **Su Monte (continuous monitoring 2009) – Semi-open sheltered**

Monitoring revealed a highly stressful environment with extreme daily thermal swings of $10\text{-}15^\circ\text{C}$, often reaching $15\text{-}23^\circ\text{C}$ in 12-hour periods. RH followed a sharp diurnal cycle, dropping 30–40% after sunrise. Condensation risk was frequent when $RH > 80\%$ coincided with air temperatures $< 10^\circ\text{C}$ and surface temperatures $< 6.7^\circ\text{C}$, primarily during nighttime and early morning. Solar irradiation was identified as the main driver of heating. Figura2(b) illustrates the psychrometric analysis conducted on 17 March 2009.

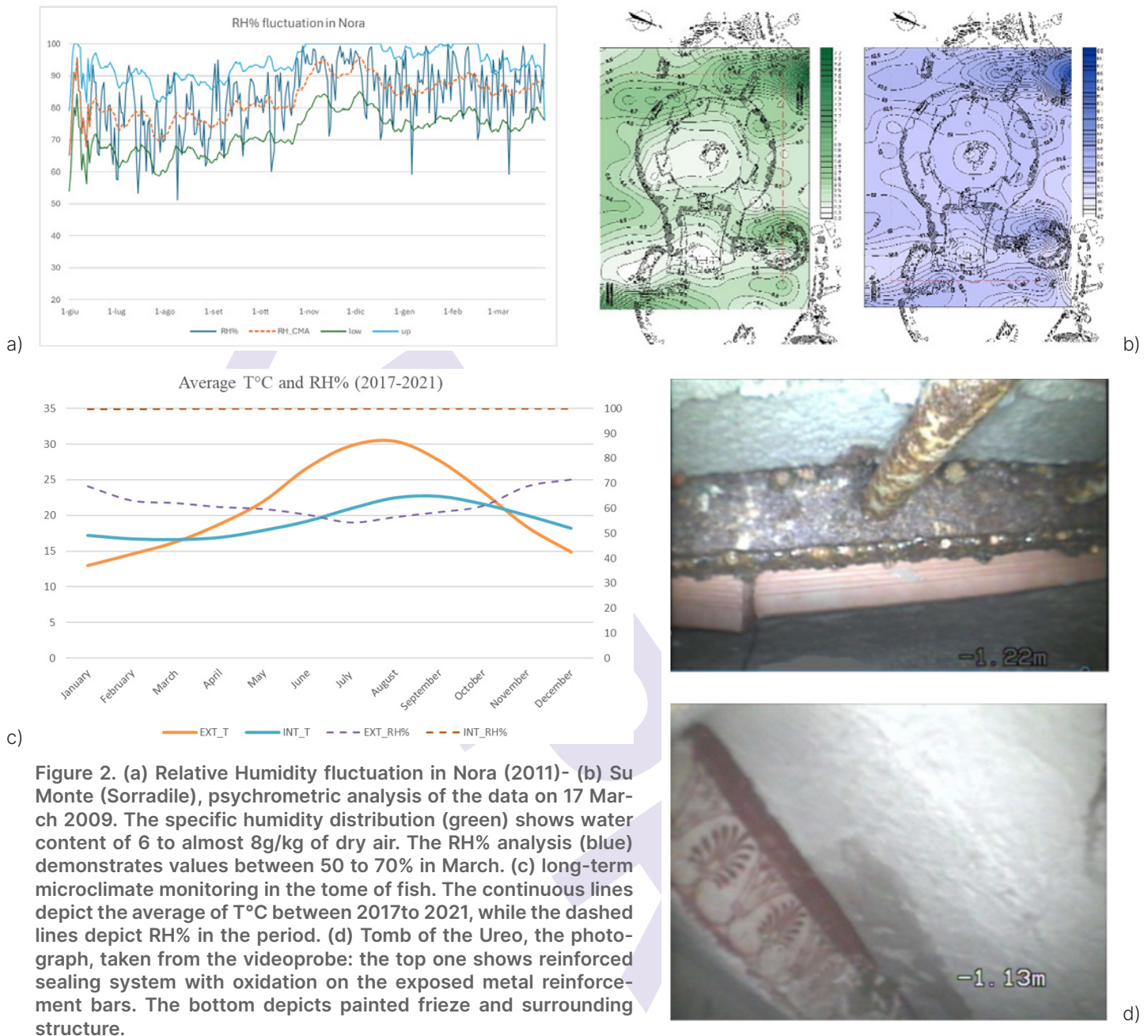


Figure 2. (a) Relative Humidity fluctuation in Nora (2011)- (b) Su Monte (Sorradile), psychrometric analysis of the data on 17 March 2009. The specific humidity distribution (green) shows water content of 6 to almost 8g/kg of dry air. The RH% analysis (blue) demonstrates values between 50 to 70% in March. (c) long-term microclimate monitoring in the tome of fish. The continuous lines depict the average of T°C between 2017 to 2021, while the dashed lines depict RH% in the period. (d) Tomb of the Ureo, the photograph, taken from the videoprobe: the top one shows reinforced sealing system with oxidation on the exposed metal reinforcement bars. The bottom depicts painted frieze and surrounding structure.

• Nora (continuous monitoring 2011–2012) – Semi-open sheltered

Continuous monitoring showed a dynamic coastal climate with high thermal excursions (12–14°C in summer) and persistently high nocturnal humidity (85–100%). Condensation risk occurred from October to March with the maximum risk in December. The cycle of nocturnal condensation and daytime evaporation drives salt migration and hygro-thermal stress, particularly affecting mosaics. The RH% fluctuation risk was detected in 57 days in 2011 as depicted in Figura2 (a).

• Tomb of Fish and Spikes, Cagliari (continuous monitoring 2017–2021) – Closed rock-cut tomb

Long-term monitoring confirmed an almost-hermetic environment with constant 100% RH and highly buffered temperatures (16–23°C) independent of external swings (Figura2(c)). A two-month lag was observed

between external and internal seasonal peaks. Human interventions, such as excavation or changes to the entrance, caused measurable microclimate disturbances. The main preservation challenge is biological growth due to permanent saturation, with the entrance seal being the critical control point.

• **Tomb of the Warrior, Tuvixeddu (continuous monitoring 2018–2019) – Closed rock-cut tomb**

Monitoring and a video probe inspection showed a stable sealed environment with constant ~100% RH and minimal thermal variation (e.g., +0.5°C per 10–15 days). This stability has preserved painted decorations but promotes efflorescence and biological growth. The non-invasive video probe validated the datalogger data, confirming that the main risk is long-term moisture-related decay with 44% of the time risk of condensation.

• **Tomb of the Ureo, Tuvixeddu (continuous monitoring 2018–2019) – Closed rock-cut tomb**

The tomb exhibited extreme climatic stasis: constant 100% RH and heavily dampened, linearly changing temperatures (e.g., 0.5°C per 10–15 days), completely decoupled from external weather. External thermal shocks (e.g., 7.5°C drops) had no internal impact. The video probe documented good preservation of paintings but also efflorescence and darker lower walls from rising damp. The entrance seal is vital to maintaining this stable yet saturated environment. Figura2(d) demonstrates the material degradation (oxidation) of the closure system (top image) and provides visual confirmation of the tomb's stable internal environment (bottom image), showing the intact decorative frieze and the absence of liquid water or major surface alterations.

• **San Cromazio (continuous monitoring July–November 2008) – Semi-open sheltered**

The shelter effectively halves the external daily temperature range, reducing internal fluctuation to $\Delta T \sim 3^\circ\text{C}$ versus an external ΔT up to 7°C . However, significant internal thermal gradients persist. Before dawn, internal surface temperatures on shaded upper walls can drop close to the air temperature, creating a high condensation risk ($T_{\text{air}} - T_{\text{surface}} \leq 2.5^\circ\text{C}$). Relative Humidity and Mixing Ratio data confirm the shelter's stabilizing effect, showing dampened internal daily cycles. While the structure provides overall climate moderation, localized condensation and thermal stress, driven by solar exposure and the varied thermal properties of mosaic tesserae, remain key conservation concerns.

• **Necropoli Sa Pala Larga (continuous monitoring 2017–2019)– Closed rock-cut tomb**

The analysis reveals a remarkably stable and damp internal environment, sharply buffered from external fluctuations. Temperature variations penetrate gradually from the exterior, while Relative Humidity remains constantly high, typically at or near saturation (100%). External swings have minimal influence inside, with RH fluctuation risky days calculated as 16, and maximum internal day-night temperature variation at 7°C . Effective seals between chambers preserve the consistently saturated atmosphere crucial for the site's preservation.

2.3. CFD modeling and simulation

This study investigates the natural ventilation at the San Saturnino archaeological site under an extreme heat scenario using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation, supported by on-site anemometric and psychrometric analyses (Figura3). The CFD model is grounded in empirical measurements to ensure reliability. Key boundary conditions—including a south wind at 1 m/s and vertical



Figure 3. (a) plan of shelters in San Saturnino, (b) anemometric analysis conducted on June 9th, 2010, mapped wind speeds across the archaeological site (c) air speed distribution on site and under shelters showing maximum speed of 2m/s simulated based on real conditions on July 28th, 2010.

solar radiation—were defined to simulate the specific hot period of noon on July 28, 2010. Material properties for the site's protective shelters were assigned based on design specifications and climatological data from the study period.

Complementary on-site measurements provide critical validation and context. An anemometric survey conducted on June 9th, 2010, mapped wind speeds at 77 points, 80 cm above ground level. This analysis revealed significant spatial variation: wind speeds in the northern area (under shelters number 1 and 2-Figura3-b) were less than half of those recorded along the southern side of the basilica. This disparity is attributed to topographical differences and the sheltering effect of perimeter walls. The CFD simulation results are consistent with these measurements, confirming a zone of persistent air stagnation under the northern shelters, where modeled wind speeds remain below 0.4 m/s. This deficient air exchange critically limits convective cooling, leading to the accumulation of thermal load on artifact surfaces and hindering overall microclimate improvement. When integrated with psychrometric data from the same campaign, the analysis reveals a compounded risk. The high RH levels (72-74%) recorded at dawn, combined with the cool surfaces resulting from nocturnal radiation, indicate a high risk of surface condensation on the artifacts in the morning. This condensation risk, exacerbated by the stagnant air conditions identified, poses a significant threat to the preservation of archaeological materials.

Discussion and conclusion

This study demonstrates the efficacy of an integrated, non-destructive diagnostic methodology for revealing the complex microclimatic dynamics that govern material decay within diverse archaeological contexts. In sealed hypogeal environments (Tombs of Fish & Spikes, Warrior, Ureo, Sa Pala Larga), the diagnostic sequence primarily confirms environmental stasis. Here, constant ~100% RH and buffered temperatures indicate a system dominated by thermal inertia, where the primary risk is biological growth due to saturated conditions. For these contexts, the IRT-monitoring sequence is itself largely sufficient for diagnosis; the conservation priority is maintaining the integrity of the entrance seal, not manipulating internal airflow. CFD's role here is more limited, perhaps to model

the impact of a proposed new entrance system. For open or sheltered sites like San Cromazio, San Saturnino, Su Monte, and Nora, the framework unlocks its full predictive potential. These are dynamic environments where solar irradiation drives pronounced diurnal cycles, and where shelters actively participate in the microclimate. At San Saturnino, the integration proved transformative. Microclimate monitoring revealed the condensation risk (high dawn RH), while anemometric mapping quantified poor air exchange. CFD simulation then provided the causative link, visualizing how the shelter's geometry, combined with topographic features, created zones of air stagnation. Therefore, the major implication of this research is the establishment of a context-sensitive diagnostic protocol. The comparative analysis presented in Table 2 reveals fundamental environmental behavior, characterized by opposing primary drivers and response times, that directly dictates site-specific decay mechanisms, key vulnerabilities, and conservation priorities for Sardinian archaeological sites.

The study shows that CFD simulation is paramount for the effective design and optimization of protective shelters. A limitation of this study, which also points to future research, is the temporal scale of the CFD simulations, which were based on specific snapshots. The logical progression is towards transient CFD models driven by full annual monitoring data, enabling the simulation of seasonal performance and extreme events. Furthermore, correlating the quantified microclimatic outputs (e.g., hours of stagnation, condensation frequency) with direct measures of material decay rate would strengthen the prescriptive power of the models.

The ultimate significance of integrated non-destructive testing methodology is its capacity for preventative, evidence-based design. It allows conservators and engineers to foresee the unintended consequences of protection and to optimize shelters as active climate-regulation systems.

Table 2. Comparative diagnostic parameters and conservation priorities for case studies.

Category	San Saturnino	Su Monte	Nora	Tomb of Fish & Spikes	Tomb of the Warrior	Tomb of the Ureo	San Cromazio	Necropoli Sa Pala Larga
Primary Driver	Solar/seasonal	Solar irradiation	Solar irradiation	Thermal inertia	Thermal inertia	Thermal inertia	Solar Irradiation	Thermal Gradient (Seasonal)
Decay Mechanisms	Thermal stress, salt crystallization	Thermal stress, evaporation/condensation	Salt migration, thermal stress	Biological growth, constant wetting	Efflorescence, biological	biological	Differential thermal stress	Possible salt crystallization, Thermal
Key Vulnerability	Winter condensation	Solar heating edges	Coastal humidity cycles	Entrance seal integrity	Entrance seal integrity	Entrance seal integrity	Thermal gradients	Constant High Humidity
Monitoring Focus	T/RH gradients, dew point	Surface vs. air T, solar gain	Condensation frequency, salt deposition	Humidity stability, biological growth	Humidity stability, visual decay	Humidity stability, visual decay	Surface temperature differentials	T/RH stability, hygrothermal gradients, Dew point proximity
Conservation Priority	Reduce condensation	Buffer thermal swings	Manage wet/dry cycles	Maintain hermetic seal	Maintain hermetic seal	Maintain hermetic seal	managing solar gain	Maintain stable, sealed environment
Human Impact Sensitivity	Moderate	Moderate	Moderate	High (entrance changes)	High (entrance changes)	High (entrance changes)	Moderate	High (entrance changes)

Acknowledgement

The authors thank Prof. Alessandra Rogora (Department of ABC, Politecnico di Milano) and Dr. Elisabetta Rotta for their contributions to the study conducted at the archaeological areas of San Saturnino between 2007 and 2010.

Bibliography:

- CANUTI, P., CASAGLI, N., CATANI, F., FANTI, R. (2000). Hydrogeological hazard and risk in archaeological sites: some case studies in Italy, in «Journal of Cultural Heritage», 1(2), pp. 117-125.
- CASSAR, M., BRIMBLECOMBE, P., NIXON, T., PRICE, C., SABBIONI, C., SAIZ JIMENEZ, C., & VAN BALEN, K. (2001). Technological requirements for solutions in the conservation and protection of historic monuments and archaeological remains, European Parliament: Kirchberg, Luxembourg.
- CURTEIS, T. (2013). The use of environmental survey and monitoring in the design and evaluation of archaeological shelters, in ZAKI ASLAN, a cura di, *Protective Shelters for Archaeological Sites: proceedings of a symposium*, London, The British School at Rome, pp. 40-50.
- D'AGOSTINO, D., CONGEDO, P.M., CATALDO, R. (2013). Ventilation Control using Computational Fluid-dynamics (CFD) Modelling for Cultural Buildings Conservation, in «Procedia Chemistry», 8, pp. 83-91.
- DALY, C. (2014). A framework for assessing the vulnerability of archaeological sites to climate change: Theory, development, and application, in «Conservation and Management of Archaeological Sites», 16(3), pp. 268-282.
- GLAVAŠ, H., HADZIMA-NYARKO, M., HANIČAR BULJAN, I., & BARIĆ, T. (2019). Locating Hidden Elements in Walls of Cultural Heritage Buildings by Using Infrared Thermography, in «Buildings», 9(2).
- GRAU-BOVÉ, J., MAZZEI, L., STRLIC, M., & CASSAR, M. (2019). Fluid simulations in heritage science, in «Heritage Science», 7(1), p. 16.
- KHALIL, M. M., KHODARY, S. M., YOUSSEF, Y. M., ALSUBAIE, M. S., & SALLAM, A. (2022). Geo-Environmental Hazard Assessment of Archaeological Sites and Archaeological Domes—Fatimid Tombs—Aswan, Egypt, in «Buildings», 12(12).
- LERMA, C., BORRÀS, J. G., MAS, Á., TORNER, M. E., VERCHER, J., & GIL, E. (2021). Evaluation of Hygrothermal Behaviour in Heritage Buildings through Sensors, CFD Modelling and IRT, in «Sensors», 21(2), pp. 1-19.
- PAGLIARO, F., NARDECCHIA, F., GUGLIERMETTI, F., & BISEGNA, F. (2016). CFD analysis for the validation of archaeological hypotheses – The indoor microclimate of ancient storage-rooms, in «Journal of Archaeological Science», 73, pp. 107-119.
- PENDER, R.J. (2004). The behaviour of water in porous building materials and structures, in «Studies in Conservation», 49(sup1), pp. 49-62.
- QUATTRONE, G. (2016). Risk analysis and vulnerability assessment of archeological areas for the preventive conservation, in *Lecture Notes in Computer Science*, 10058 LNCS, pp. 157-168.
- ROMOLI, E., ZANELLI, A., ROSINA, E., & ROTTA, E. (2013). Il monitoraggio delle aree archeologiche per l'ottimizzazione del progetto delle coperture, in *Conservazione e Valorizzazione dei Siti Archeologici: approcci scientifici e problemi di metodo*.
- ROSINA, E., ESMAELIAN TOUSSI, H. (2025). Microclimate Monitoring Using Multivariate Analysis to Identify Surface Moisture in Historic Masonry in Northern Italy, in «Applied Sciences», 15(15).
- ROSINA, E., PILI, A. (2020). Prolonging the Durability and Conservation of Historic Materials by Microclimatic Monitoring in the Archaeological Areas, in *XV International Conference on Durability of Building Materials and Components DBMC 2020*, Barcelona.
- ROSINA, E., ROTTA, E. (2013). Environmental protection and control systems for architectural and archaeologi-

cal heritage, in M. BORIANI, a cura di, *Built Heritage 2013: Monitoring Conservation Management*, Milano, pp. 1156-1163.

ROSINA, E., ROMOLI, E., PILI, A., SUMA, M. (2019). Lesson learned on monitoring cultural heritage at risk under climate changes: Strategy, techniques and results, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-2-W11, pp. 1017-1024.

ROSINA, E. (2024). Application of thermal and infrared testing for conservation of historical buildings, in *NDT Handbook: Thermal and Infrared Testing*, 4th ed., vol. 1, ASNT, pp. 833-878.

ARDAKANI, V. G., GAMBARUTO, A. M., GRAHAMSLAW, N., GARSED-BRAND, G., AULT, R., VAQUERO, E., & PREGNOLATO, M. (2023). Heritage conservation with a surface air curtain: Use of CFD and sensor data with a near-wall region flow analysis, in «Building and Environment», 243(1), p. 110640.

ZUREIKAT, R., HUSSIN, A., ASLAN, Z., & AQEEL, A. A. (2023, September). Environmental Design Approach of Protective Shelters for the Preservation of Archaeological Sites: Performance-Based Assessment and Digital Simulations for Sir Bani Yas Island Church and Monastery Site in Abu Dhabi, UAE, in *Advances in Science, Technology and Innovation*, pp. 327-340.

Indagini diagnostiche in un'architettura neo-rinascimentale: costruzione e riforme dei so-lai lignei in Casa Bagatti Valsecchi a Milano

Diagnostic investigations in a Neorenaissance architecture: construction and reforms of wooden ceilings in Casa Bagatti Valsecchi in Milan

Isacco Francesco Boffi **Giulia D'Angeli**

Martina Adami

Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani – DASTU

Andrea Garzulino

Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani – DASTU

Angelo Giuseppe Landi

Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani – DASTU

Luca Valis

Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani – DASTU

Abstract

Frutto del progetto collezionistico dei fratelli Fausto e Giuseppe, la Casa Museo Bagatti Valsecchi rappresenta un unicum nel panorama lombardo di dimora neorinascimentale, dove manufatti in stile convivono con altri antichi, di reimpiego. Tra questi è emblematico il caso dei soffitti lignei cremonesi rimontati nella Camera Rossa, nella Loggia e nella Sala della Stufa Valtellinese. Indagini d'archivio, rilievi e diagnostica ne hanno chiarito provenienza, complessità e criticità conservative, evidenziando il ruolo della transizione digitale nella tutela del patrimonio.

Casa Museo Bagatti Valsecchi, the result of the collecting project developed by brothers Fausto and Giuseppe, represents a unique example within the lombard context of a Neorenaissance residence, where stylistic and antique artefacts coexist. Among these, the Cremonese wooden ceilings reassembled in the Camera Rossa, the Loggia and the Sala della Stufa Valtellinese are emblematic. Archival research, surveys and diagnostic investigations have clarified their provenance, complexity and conservation issues, highlighting the role of digital transition in heritage preservation.

Keywords

Neorinascimento, soffitti lignei, reimpiego.

Neorenaissance, wooden ceilings, reemploy.

Introduzione

Casa Bagatti Valsecchi a Milano rappresenta uno dei più significativi esempi di dimora storicista ottocentesca in ambito lombardo, nonché un caso paradigmatico di casa-museo concepita come sintesi tra spazio abitativo e progetto collezionistico¹. Realizzata a partire dagli anni Ottanta del XIX secolo per volontà dei fratelli Fausto e Giuseppe Bagatti Valsecchi, la residenza fu concepita come una rievocazione colta dell'architettura e degli interni del Rinascimento lombardo, grazie al dialogo tra la collezione di manufatti antichi d'epoca e nuovi elementi realizzati "in stile", in un contesto fisico che non ricerca alcuna distinzione tra costruzione, restauro e reimpiego di manufatti antichi. Tale progetto collezionistico ha interessato tanto la dimensione dell'arredamento, quanto quella dell'architettura, suscitando l'attenzione e l'apprezzamento dei contemporanei che, anche in virtù dei rapporti

¹ Lo studio qui presentato è stato svolto nell'ambito di una collaborazione di ricerca siglata nel maggio 2024 tra Politecnico di Milano (responsabile scientifico prof. A. G. Landi) e la Fondazione Bagatti Valsecchi. Si coglie l'occasione per ringraziare in particolare il direttore dott. Antonio D'Amico, per la sua competenza e la proficua collaborazione.



FIG. 1. Casa Bagatti Valsecchi, via Gesù 5, Milano. Vista del solaio ligneo a cassettoni della Camera Rossa, acquistato a Cremona e riadattato nel palazzo milanese negli anni Ottanta del XIX secolo. Fotografia scattata dagli autori.

di amicizia e della posizione dei due fratelli nel contesto sociale e culturale lombardo, gli dedicarono ricchi contributi [Paravicini 1885, Toesca 1918].

A riprova di questo progetto concepito come un'opera d'arte totale, tra i manufatti ricercati dai fratelli si possono annoverare anche solai e soffitti decorati, o loro parti, il cui smontaggio, vendita, trasporto ed esportazione era pratica corrente nel commercio antiquario nazionale ed internazionale nella seconda metà del XIX secolo, agevolata dal moderno sistema di trasporto ferroviario. Diversi sono i soffitti ricollocati nella dimora dei fratelli Bagatti Valsecchi, in particolare negli appartamenti di Giuseppe e Carolina Borromeo d'Adda, sua consorte. I contributi più significativi [Della Torre 1994, Jean 2000], recentemente aggiornati [Landi, Garzulino, Adami, Boffi, D'Angeli 2025], hanno permesso di riconoscere la provenienza cremonese dei soffitti lignei a lacunari che impreziosiscono tre stanze dell'appartamento di Giuseppe: la cosiddetta Camera Rossa, ossia la camera nuziale dei due coniugi; la Loggia cui si accede dalla successiva Camera Verde; infine, la Sala della Stufa Valtellinese (Figure 1-2). Altri soffitti lignei caratterizzano invece la suddetta Camera Verde, ossia la stanza privata di Giuseppe (con un solaio proveniente, secondo Paravicini, da palazzo Carbonera di Sondrio), il salone principale e lo scalone all'estremità della casa, con accesso da via Santo Spirito, il cui soffitto "antico" a grandi lacunari è di provenienza ignota.

Dagli anni della riforma edilizia che ne ha conferito l'iconica configurazione, il palazzo è stato oggetto di plurimi riadattamenti e riusi, soprattutto nel corso del Novecento, richiesti sia dalle esigenze abi-



FIG. 2. Casa Bagatti Valsecchi, via Gesù 5, Milano. Vista del solaio ligneo a cassettoni della sala della Stufa valtellinese. Fotografia scattata dagli autori.

tative dei proprietari, sia dalle successive riforme risalenti al momento in cui l'edificio è stato adibito a luogo espositivo.

Sebbene numerosi e validi studi siano stati dedicati alla storia dell'edificio e ai principi, teorici e formali, che ne hanno ispirato la progettazione, o alla ricchezza della collezione ivi contenuta [Mozzarelli, Pavoni 1991, Pavoni 1997, D'Amico, Ghezzi 2025], il reiterato manifestarsi di alcuni fenomeni di degrado che hanno interessato principalmente il soffitto ligneo della Camera Rossa – ma anche i soffitti di altri ambienti limitrofi, come la Sala della Stufa Valtellinese e la Loggia, tutti a lacunari – ha reso necessario un approfondimento sul loro stato di conservazione, entro un percorso di ricerca storico-costruttivo mirato alla comprensione delle tecniche di reimpiego dei soffitti lignei, e una valutazione della genesi delle problematiche conservative, e le loro reciproche interazioni.

Stato di conservazione dei soffitti lignei

In occasione della loro messa in opera, i soffitti antichi furono adeguati alle proporzioni di stanze diverse da quelle d'origine ed alle strutture di orizzontamento a cui essere sospesi, almeno in parte frutto di un riadattamento di quelle preesistenti nel palazzo, già di Pietro Bagatti Valsecchi, padre di Fausto e Giuseppe. Complici le vulnerabilità innescate dalle operazioni di adattamento di fine Ottocento e dalle successive riforme occorse per aggiornare la dimora, oggi le strutture lignee scontano

alcune criticità conservative. Lo studio si è concentrato sulla Camera Rossa – la cui condizione si è manifestata da subito severa – per poi estendersi anche alla Loggia e alla Sala della Stufa valtellinese, in ragione delle analogie costruttive e degli stati di conservazione.

Come è stato appurato fin dalle prime analisi a vista, i soffitti sono soggetti al progressivo degrado dei loro elementi lignei e delle relative finiture, ma anche delle loro pertinenze, come le murature d'ambito e le superfici pittoriche interne in corrispondenza dei fregi sottotrave, soggette a esfoliazione e disgregazione. I tre soffitti lignei hanno dunque presentato fin da subito, oltre al fisiologico deposito pulverulento superficiale e sporadici segni di colonizzazione da parte di insetti xilofagi, probabilmente anche passate, fenomeni di marcescenza e il progressivo distacco degli elementi di rivestimento determinati da infiltrazioni di acqua. Una condizione altrettanto critica è stata riscontrata sul soffitto ligneo della Loggia, dove due lacunari sono risultati completamente distaccati ed espongono oggi una struttura a volterranee con orditura metallica parzialmente ossidata; in corrispondenza della Camera Rossa, il soffitto presenta ancora una fase embrionale di deterioramento, con evidenti segni di imbibizione e marcescenza in corrispondenza del lacunare centrale e – più in generale – del lato esterno, prospiciente il cortile verso via Santo Spirito.

Ai lacunari soggetti ad infiltrazioni corrisponde un'incidenza maggiore di fratture dei singoli elementi lignei, mancanze, lesioni e segni di precedenti percolazioni che espongono le membrature lignee a potenziali attacchi fungini, notevolmente dannosi per le strutture.

Diagnostica applicata per la conoscenza dei soffitti lignei

Al fine di limitare una progressiva estensione dei fenomeni di degrado e, di conseguenza, ridurre i gravi rischi per la collezione artistica conservata nelle relative sale, è stato definito un progetto di ricerca orientato alla comprensione della genesi dei degradi, correlandoli alla conformazione strutturale dei soffitti, per individuare i rischi sul lungo periodo e, al contempo, validare le notizie storiche desunte dai documenti, prevalentemente risalenti ai lavori di restauro eseguiti dalla seconda metà del Novecento fino ai principi del Duemila: è tra le pieghe delle storie manutentive e delle riforme che è stato possibile comprendere la tettonica delle strutture e le tecniche di reimpiego ottocentesche. Una articolata ricerca presso i principali archivi di riferimento (l'Archivio della Fondazione Bagatti Valsecchi², l'Archivio di Stato di Cremona³ e l'Archivio di Soprintendenza di Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città Metropolitana di Milano⁴), ha integrato i dati desunti da una bibliografia ricca ma carente nella descrizione delle tecniche costruttive: le maestranze, i materiali e le lavorazioni descritte sono stati rilevati in situ, anche sulla base degli esiti di una ricca campagna diagnostica, all'interno di un processo di reciproca verifica. Gli ambiti di indagine e le attività di rilievo hanno permesso di prendere confidenza con l'edificio e di collazionare dati geometrici ad alta precisione, ottenuti tramite un rilievo laserscanner e strumenti di acquisizione dinamica dei punti, tipo SLAM. Il rilievo diretto di alcuni dei profili principali tramite profilometro e l'osservazione diretta degli elementi lignei che compongono le strutture hanno permesso di integrare, con l'ausilio del trabattello, l'analisi delle geometrie e dei sistemi costruttivi frammisti, tra tecniche tardo cinquecentesche e le integrazioni o modifiche di fine XIX secolo.

2 In particolare: Milano. Archivio della Fondazione Bagatti Valsecchi. BB. 105A, 105B.

3 In particolare: Cremona. Archivio di Stato di Cremona. *Comune di Cremona (1868-1946)*. B. 1194.

4 In particolare: Milano. Archivio Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Milano. *Fondo Monumenti*. Casa Museo Bagatti Valsecchi. BB. DD13038 (I-VI).

La campagna diagnostica è stata generalmente orientata al massimo contenimento dell'invasività delle operazioni, motivo per cui si è optato per una ricognizione complessiva delle aree di interesse tramite l'esecuzione di riprese termografiche delle stanze oggetto di ricerca e di alcuni altri punti del palazzo, ritenuti significativi per l'interpretazione dei fenomeni di degrado e delle tipologie di strutture di orizzontamento presenti, posizionando contestualmente sonde di rilevamento delle condizioni termo-igrometriche per il monitoraggio ambientale nel locale della Sala della Stufa Valtellinese.

La comprensione tettonica e strutturale dei soffitti e delle relative strutture a cui sono sospesi è stata invece ricostruita e interpretata grazie all'integrazione dei rilievi geometrici con ispezioni videoscopiche all'interno della struttura lignea dei soffitti cassettonati, sfruttando alcune sconnessioni presenti tra gli elementi lignei, dovute a precedenti interventi e ad assestamenti del cassettonato. Al fine di garantire la conservazione del manufatto, la scelta dei punti di accesso disponibili ha indubbiamente influenzato l'esecuzione e limitato le possibilità di ispezione, tuttavia è stato possibile ricostruire in generale le soluzioni tecniche impiegate per l'adattamento del solaio ligneo.

Il punto di accesso nella Camera Rossa è stato individuato in alcune delle aree maggiormente compromesse, conciliando così l'opportunità di ispezione alla possibilità di limitare ulteriori danni agli elementi, osservando le aree critiche – pertanto, di maggiore interesse. Il punto di accesso nella Sala della Stufa Valtellinese è stato invece individuato in corrispondenza di uno dei ribassamenti tra un lacunare e il successivo in prossimità dell'angolo tra il muro finestrato a confine con l'esterno e la parete divisoria con la Camera Rossa. L'accesso da una posizione notevolmente ribassata ha condizionato anche in questo caso l'ispezionabilità del solaio, non consentendo di raggiungere il livello corrispondente all'assito del lacunare soprastante; tuttavia ha garantito la possibilità di individuare e riconoscere alcuni sistemi di ancoraggio e fissaggio degli elementi lignei, demandando le restanti interpretazioni costruttive a ricerche archivistico-documentali e all'osservazione ravvicinata degli elementi lignei all'intradosso. Non è stato invece possibile indagare tramite endoscopie il soffitto della Loggia, vista la presenza di una rete di protezione messa in opera per evitare danni accidentali causati dalla caduta di ulteriori frammenti lignei.

Sulla base dei dati acquisiti è stata realizzata una sintesi schematica tridimensionale dei due principali soffitti lignei e delle relative orditure, estesa anche alla lettura dei rapporti interpiano tra i diversi ambienti. Il modello è inoltre servito a individuare il posizionamento degli elementi ritenuti potenziali fattori di rischio, presenti e futuri, per la conservazione degli elementi lignei in esame e dei locali in cui sono collocati.

Considerazioni sulle tecniche costruttive, tra storia e indagini

I dati emersi dalle indagini diagnostiche hanno permesso di comprendere non solo i fenomeni di decadimento riscontrati, ma anche ampliare il quadro conoscitivo relativo alle tecniche costruttive di reimpiego ottocentesche, un ambito ad oggi ancora scarsamente indagato, non solo nella Casa Bagatti Valsecchi: in particolare è stato ricostruito il rapporto tra le diverse componenti del sistema architettonico tra la struttura portante ed i soffitti lignei a essa sospesi. L'analisi ha permesso di individuare specifiche vulnerabilità e interferenze tra elementi architettonici, sistemi di scolo delle acque piovane e le superfici decorate, potenzialmente responsabili di meccanismi di decadimento che, oltretutto, sono ciclicamente segnalati almeno dalla fine del secolo scorso.

In particolare, l'integrazione dei risultati derivanti dal rilievo di alta precisione con quelli dell'analisi

si visiva e diagnostica ha reso possibile la ricostruzione della sezione complessiva dell'edificio, la definizione degli spessori degli orizzontamenti, l'individuazione di eventuali murature in falso e una ricognizione generale delle principali caratteristiche architettoniche del complesso. Non emergevano infatti dai documenti ottocenteschi informazioni specifiche sulle tecniche di ricollocamento dei soffitti cremonesi nella Camera Rossa e nella Sala della Stufa Valtellinese, dati desunti per differenza da disegni e pratiche di riforma successive. Al di sopra delle due stanze, un tetto a due falde copriva un vano alto meno di due metri: un fascicolo della riforma attuata nel 1949⁵ conferma una prima trasformazione in terrazza, verso il cortile maggiore e in ambienti abitabili alti tre metri, costruendo una nuova parete di facciata in falso sulle strutture sottostanti e sopralzando quella verso il cortiletto. I lavori del 2008 [Jurina, Petrucci, Rastelli 2008] hanno cercato essenzialmente di consolidare e ridurre la vulnerabilità di questa precaria e tarda addizione e le fotografie⁶ consentono qualche ipotesi sul sistema di ancoraggio ottocentesco che, pur con tratti comuni, rifletteva la notevole diversità fra i due soffitti. Le indagini videoscopiche confermano che entrambi sono sostenuti da poutrelles in ferro in corrispondenza delle due finte travi mediane parallele alla facciata sul cortile, in accordo con la letteratura tecnica del secondo Ottocento [Curioni 1867, Curioni 1870, Formenti 1893]. I conti del cantiere, qua e là lacunosi, non attestano però specificatamente l'acquisto di tali materiali sebbene i solai misti, con travi metalliche e orditura minore lignea, erano ad ogni modo da tempo diffusi.

Sopra la Camera Rossa si aggiunge un semplice doppio T, lungo la facciata e il muro di spina. Rispetto al soffitto, i profilati metallici si collocano sopra la finta trave lignea, l'ala inferiore è collocata al di sopra della tavola sorretta dalle mensole; l'orditura secondaria composta di travetti lignei posa sulla faccia superiore dei profilati metallici, non è connessa alle tavole centrali del lacunare, mentre il tavolato in assi segate è stato sostituito nel 2008 da altro analogo. In mezzeria fra i travetti, nella prima campata, fra facciata sul cortile e prima coppia di doppie T, sono stati recentemente inseriti profilati metallici HEA120, in modo da ridistribuire almeno in parte il carico del soprastante muro (sopralzo), costruito in falso sul tavolato della prima campata. Inoltre sono stati inseriti sia sotto i travetti lignei, sia sotto quelli metallici, dei listelli lignei di sezione pari a 4 cm x 3 cm, ai quali si connettono perpendicolarmente, analoghi listelli lignei chiodati alle tavole centrali a intagli del sottostante lacunare. Nei più recenti restauri i chiodi sono stati sostituiti da viti autofilettanti per legno che sono risultate spesso inefficaci a garantire l'ancoraggio degli elementi, poiché non penetrano completamente negli elementi lignei. Forse questo apparato leggero surroga un rinforzo ottocentesco collegato alla struttura del tetto demolita. Viceversa, i travetti lignei chiodati sulle tavole soprastanti alle mensole ne reggono il peso e, per questo, sono connessi fra loro o con le estremità poggiate sulle ali inferiori delle doppie T e potrebbero essere ottocenteschi (Figura 3).

Sopra la Sala della Stufa Valtellinese i profilati metallici accoppiati (doppia T) sono collocati entro le finte travi, in modo da reggere con l'ala superiore il telaio ligneo di travetti che forma l'ossatura del profondo lacunare quadripartito. Ne consegue che il tavolato soprastante poggia direttamente sulla tavola che chiude lo sfondato del lacunare e, sopra di essa, oltre una sottile barriera al vapore, c'è una soletta di cemento armato, supportata anche da profilati metallici HEA (aggiunti nel 2008,

5 Milano. Archivio Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Milano. *Fondo Monumenti*. B. DD13038, prot. 2930 del 10/05/1949.

6 Milano. Archivio Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Milano. *Fondo Monumenti*. B. DD13038V, prot. 21264 del 23/12/2008.

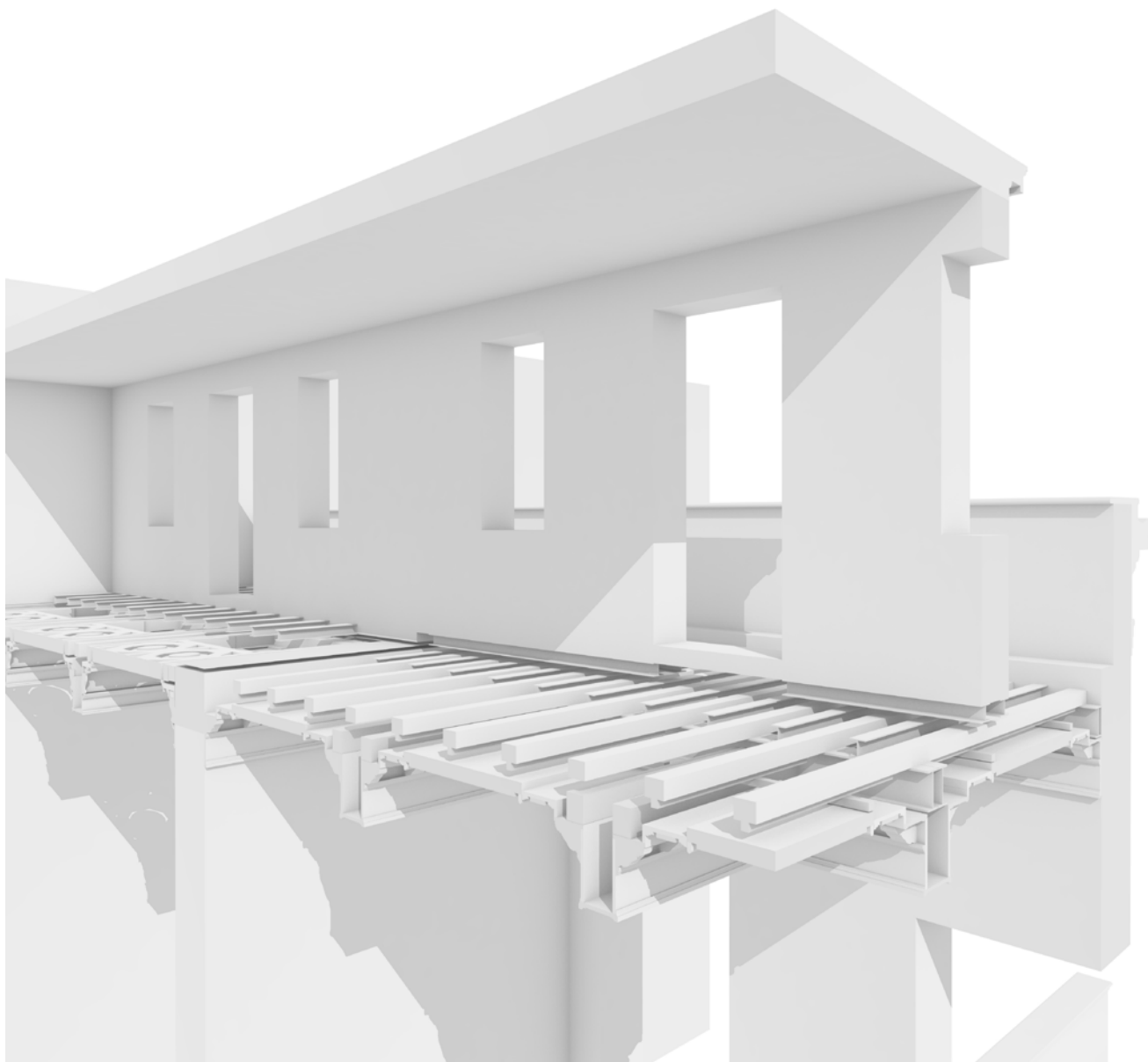


FIG. 3. Ricostruzione schematica tridimensionale che restituisce la complessità dei rapporti tra orditura portante e soffitti lignei della Camera Rossa (in primo piano) e della sala della Stufa valtellinese. Il sopralzo (realizzato nel 1949) ha comportato la costruzione di una nuova parete in falso sulle strutture di orizzontamento sottostanti, modificando altresì il sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Elaborazione degli autori.

nell'ambito dei restauri estesi a buona parte dell'edificio [Ronza 2008]) analoghe a quelle soprastanti la Camera Rossa ma a una quota superiore. Fotografie e disegni in questo caso non mostrano quale struttura dagli anni Cinquanta fino ad allora avesse retto sia il carico permanente della parete, sia i carichi accidentali delle superfici di calpestio. È poco credibile che le pur solide tavole e i travetti del soffitto svolgessero tale gravosa funzione. Unica aggiunta riconoscibile, che più probabilmente risale a questo o al secolo passato, sono i travetti quadrati, di sezione 12 cm x 12 cm, perpendicolari alla facciata sul cortile, in corrispondenza delle false travi lignee e lungo i muri di spina fra le stanze, che poggiano agli estremi sull'ossatura metallica e collaborano a sostenere il tavolato.



FIG. 4. Le indagini endoscopiche hanno consentito di approfondire il sistema di appensione del soffitto ligneo della Sala della Stufa Valtellinese. In particolare hanno consentito di individuare le cavità all'interno delle travi e controtravi del cassettonato, nonché le regge metalliche messe in opera per ancorare tra loro le tavole lignee che definiscono le nervature tra i lacunari, e le connessioni strutturali tra le teste delle medesime tavole lignee, a coda di rondine. Immagini degli autori.

Quanto è in apparenza portante è dunque in realtà prevalentemente portato (Figura 4), e mette in risalto, almeno in parte, le soluzioni specifiche che sono state ideate nell'Ottocento per minimizzare sia le perdite di parti dei manufatti, sia i costi di restauro.

Gli elementi decorativi del soffitto ligneo e, più in generale, le sue superfici sono invece caratterizzate da numerose finiture e trattamenti, peraltro alterati da diffusi depositi superficiali, che celano le differenze tra le singole componenti, rendendo complesso distinguere gli elementi di reimpiego da quelli di integrazione. Per altri soffitti, Pietro Toesca suggeriva quantomeno il rifacimento degli stemmi centrali dei lacunari [Toesca 1918, 19-20], come anche la presunta data (1560) del solaio proveniente da palazzo Manfredi a Cremona, ossia il soffitto dell'odierna Sala della Stufa Valtellinese – lo scrivente lo attribuisce però anche alla Camera Rossa, in contraddizione con quanto riportato da fonti coeve, come il Paravicini, e dalle più recenti indagini, a cui si rimanda [Grimoldi, Landi, Zamperini, Adami 2025; Landi, Garzulino, Adami, Boffi, D'Angeli 2025].

Lo studio ha messo dunque in luce come l'articolato sistema di appensione dei solai risenta di alcune vulnerabilità intrinseche che agevolano l'infiltrazione e il percolamento delle acque meteoriche, anche a causa delle varie riforme edilizie, tra cui la realizzazione della sovrastante terrazza e del sistema di scolo delle acque. Proprio mediante indagini visive e termografiche, i cui esiti sono inoltre confermati dalla presenza di efflorescenze saline sulle superfici esterne, è stato possibile ricondurre le principali criticità conservative all'infiltrazione di acque meteoriche dal punto di innesto dei pluviali di scolo, incassati nella muratura in corrispondenza della terrazza (Figura 5): le efflorescenze saline e i distacchi degli intonaci costituiscono un epifenomeno di degradi che interessano la muratura e le strutture di orizzontamento metalliche o lignee, in particolare sulle testate delle travi.

Conclusioni

L'attività di diagnostica svolta presso la Casa Bagatti Valsecchi è stata promossa dalla omonima Fondazione in seguito alla manifestazione di fenomeni di degrado severo ai soffitti lignei, in parti-

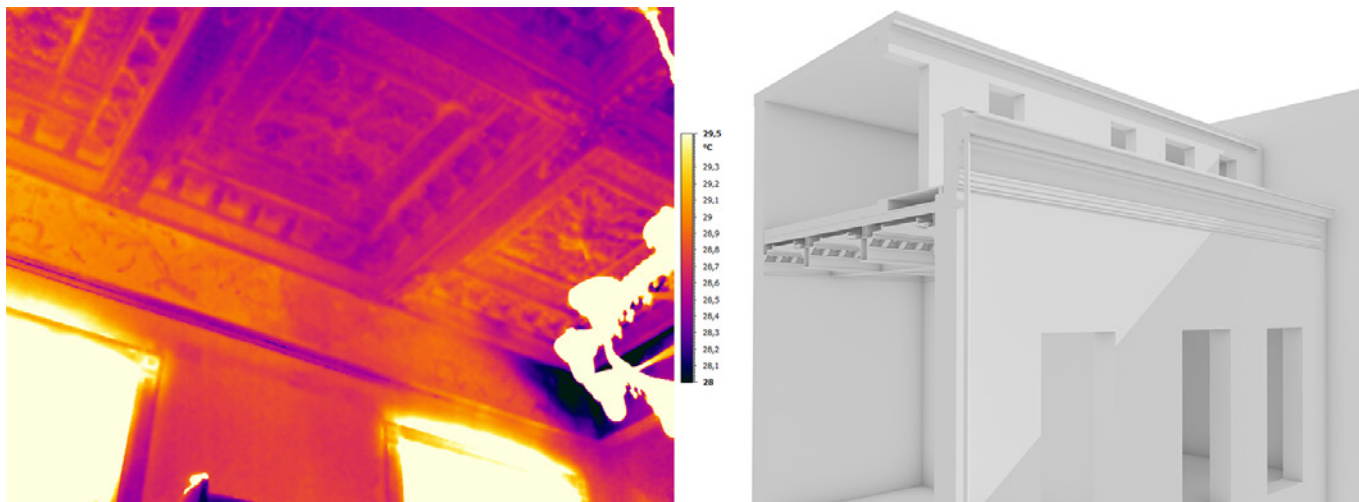


FIG. 5. I principali punti critici di infiltrazione rilevati in corrispondenza della Camera Rossa sono riconducibili a vulnerabilità proprie del sistema costruttivo, in particolare alla posizione degli elementi di scolo delle acque meteoriche (pluviali verticali), come segnalato anche dalle immagini termografiche. Immagini degli autori.

colare della Loggia e della Camera Rossa. L'indagine storica ed archivistica ha permesso di precisare l'origine dei soffitti, le tecniche di adattamento, gli interventi di manutenzione (fino agli ultimi interventi condotti nel 2008) ed ha infine indirizzato le indagini strumentali. Il processo di verifica e confronto tra documenti storici e dati derivati dalle analisi strumentali ha permesso di ricostruire la genesi, le cause e il progresso dei fenomeni di degrado e quindi indirizzare le auspicabili strategie di intervento, secondo criteri conservativi. La ricerca, condotta ad ampio raggio, sulla committenza e sull'intera fabbrica, ha anche permesso di aggiornare gli studi sui soffitti lignei della Casa con particolare attenzione alle tecniche costruttive ottocentesche, alle capacità delle maestranze di adattare e ricomporre strutture lignee complesse, alle integrazioni necessarie ad aggiornare gli apparati decorativi ad un gusto eclettico: ne emerge un contesto culturale articolato in cui l'operazione "tecnica" di ricomposizione dei soffitti cela la capacità dei fratelli Bagatti Valsecchi di far convergere il "saper fare" degli artigiani locali e la colta declinazione della cultura neorinascimentale milanese.

Bibliografia

CURIONI, G. (1867). *L'arte di fabbricare, ossia Corso completo di istituzioni teorico-pratiche per gli ingegneri, per gli architetti, per i periti in costruzione e per i periti misuratori. Lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica e analisi dei loro prezzi: lavoro ad uso degli ingegneri, degli architetti, dei misuratori, degli imprenditori e di quanti si trovano applicati alla sorveglianza ed all'esecuzione di costruzioni civili, stradali ed idrauliche*, Torino, Augusto Federico Negro, pp. 430 e 566; tav. 35, figg. 392-395.

CURIONI, G. (1870). *L'arte di fabbricare, ossia Corso completo di istituzioni teorico-pratiche per gli ingegneri, per gli architetti, per i periti in costruzione e per i periti misuratori. Costruzioni civili, stradali ed idrauliche: lavoro ad uso degli ingegneri, degli architetti, dei periti in costruzione e di quanti si trovano applicati alla direzione ed alla sorveglianza di costruzioni civili, stradali ed idrauliche...*, Torino, Augusto Federico Negro, p. 180.

D'AMICO, A., GHEZZI, A. (2025). *Aspetti di metodologia neorinascimentale in Casa Bagatti Valsecchi*, in *Nello specchio del passato. Riscoprire l'identità e la forma nell'antichità tra Rinascimento e neorinascimenti*, a cura di R. Martinis, E. Rossetti, Milano, Scalpendi Editore, pp. 171-182.

- DELLA TORRE, S. (1994). La costruzione della casa Bagatti Valsecchi, in *La Casa Bagatti Valsecchi. L'Ottocento, il Rinascimento, il Gusto dell'Abitare*, a cura di R. Pavoni, Cinisello Balsamo, Silvana Editoriale, pp. 62-89.
- FORMENTI, C. (1893). *La pratica del fabbricare. Il rustico delle fabbriche*, Milano, Ulrico Hoepli.
- GRIMOLDI, A., LANDI, A. G., ZAMPERINI, E., ADAMI, M. (2025). *Costruire a Cremona. Le strutture lignee dal tardo Medioevo al Settecento*, Roma, Gangemi Editore.
- JEAN, G. (2000). *La "casa da nobile" a Cremona. Caratteri delle dimore aristocratiche in età moderna*, Milano, Electa.
- JURINA, L., PETRUCCI, S., RASTELLI, A. (2011). Un progetto in progress. Palazzo Bagatti-Valsecchi a Milano, in «*Recupero e Conservazione*», n. 100.
- LANDI, A. G., GARZULINO, A., ADAMI, M., BOFFI, I. F., D'ANGELI, G. (2025). I soffitti lignei cremonesi di Casa Bagatti Valsecchi, in *Ripensare il Rinascimento. Il metodo Bagatti Valsecchi nella Milano di fine Ottocento*, a cura di A. D'Amico, A. Ghezzi, Milano, Moebius edizioni, pp. 101-125.
- MOZZARELLI, C., PAVONI, R., a cura di (1991). *Milano fin de siècle e il caso Bagatti Valsecchi. Memoria e progetto per la metropoli italiana*, Atti del Convegno Fondazione Bagatti Valsecchi (Milano 24-26 maggio 1990), Milano, Guerini e Associati, pp. 191-199.
- PARAVICINI, T. V. (1885). *Palazzi e abitazioni civili, in Milano tecnica dal 1859 al 1884*, a cura del Collegio degli Ingegneri ed Architetti, Milano, Hoepli, pp. 331-369.
- PAVONI, R. (1997). *Reviving the Renaissance. The Use and Abuse of the Past in Nineteenth-Century Italian Art and Decoration*, Cambridge, Cambridge University Press.
- RONZA, C. (2008). *Il restauro di Palazzo Bagatti Valsecchi. Storia di un cantiere*, Azzano San Paolo, Bolis Edizioni.
- TOESCA, P. (1918). *La Casa Artistica Italiana. La Casa Bagatti Valsecchi in Milano*, Milano, Hoepli.

Non multa sed multum. Caratterizzazione del degrado e modelli informativi per la qualità del progetto di restauro dell'architettura

Non multa sed multum. Decay characterisation and information models for the quality of architectural conservation project

Rita Fabbri

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara

Manlio Montuori

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara

Luca Rocchi

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara

Marco Zuppiroli

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara

Serena Ciliani

Ministero della Cultura, Musei Nazionali di Bologna – Direzione Regionale Musei Nazionali Emilia-Romagna

Caterina Cocchi

Ministero della Cultura, Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini

Abstract

Il contributo propone un processo integrato che trasforma rilievo e diagnostica multi-sorgente in uno strumento di supporto decisionale, riducendo l'incertezza tra diagnosi e progetto attraverso co-registrazione, semantizzazione e matrici causa-effetto. Sul sito pilota di Villa Mensa il metodo dimostra come segnali termografici e georadar, ancorati a una base metrica robusta, diventino regole operative tracciabili e verificabili nel tempo.

The paper presents an integrated workflow that turns survey data and multi-source diagnostics into a decision-support framework, narrowing the gap between diagnosis and design through co-registration, semantic structuring, and cause-effect matrices. Tested on the Villa Mensa pilot site, the approach shows how thermographic and GPR signals, anchored to a robust metric baseline, can be translated into operational rules that remain traceable and verifiable over time.

Keywords

Co-registrazione metrologica, georadar, termografia infrarossa.

Ground-penetrating radar, infrared thermography, metrological co-registration.

Introduzione

Nel progetto di conservazione la diagnostica strumentale genera un patrimonio informativo privo di gerarchie, nel quale al collazionare di dati, misure e immagini non corrisponde automaticamente una maggiore consapevolezza decisionale, perché mancano criteri che colleghino i dati ai meccanismi di degrado e alle differenti alternative di intervento. Il presente contributo assume come requisito di qualità non l'estensione del dataset, ma la sua pertinenza secondo il principio *non multa sed multum*, che orienta la campagna verso acquisizioni mirate, definite da quesiti conservativi e valutate per la loro pertinenza e confrontabilità metrologica. Il rilievo tridimensionale, invece di restare atto documentale, è trattato come piattaforma ipotetico-interpretativa che ospita segnali eterogenei entro un riferimento metrico comune, rendendo replicabili le inferenze che trasformano osservazione e misura in conoscenza. In questa prospettiva l'integrazione non coincide con la compresenza di livelli differenti, ma con la costruzione di relazioni controllate tra geometria, fenomeni e materiali mediante registrazione e semantizzazione, attribuendo alle evidenze attributi secondo livelli di confidenza [Sutherland 2023, 3]. L'allineamento tra nuvole di punti ed elaborati fotogrammetrici con le

registrazioni termografiche e georadar consente di collocare anomalie e discontinuità nel contesto costruttivo, distinguendo effetti superficiali da indizi di vulnerabilità intrinseca [Gomes-Tomé 2023, 1]. Si presenta un approccio che rende tracciabile nel tempo la sequenza che dall'acquisizione, attraverso l'interpretazione, guida alla formulazione degli interventi, la cui operatività è motivata da indicatori di congruenza tra segni e fenomeni, oltre a essere verificabile con controlli durante il cantiere e nelle successive fasi di monitoraggio. L'obiettivo è mostrare che un'architettura informativa orientata alla decisione migliora la qualità del progetto, riducendo iterazioni improduttive tra diagnosi e programmazione dell'intervento, oltre a garantire comunicabilità e responsabilità nelle procedure di conservazione.

1. Quadro metodologico

Il nucleo dell'impianto metodologico consiste nello spostare il rilievo dal piano documentale a quello ipotetico-interpretativo; in questo contesto le nuvole di punti e gli ortofotomosaici diventano il supporto informativo su cui attivare le letture diagnostiche mirate: il risultato è una cartografia semantica tridimensionale del degrado, interrogabile attraverso classi, soglie e correlazioni specifiche.

L'applicazione del *Digital Heritage* ad un caso studio concreto, analizzato all'interno di una duplice esperienza didattica e scientifica, consente di definire un processo circolare di operazioni interoperabili tra loro: acquisizione, conoscenza, analisi e integrazione dei dati, progettazione, definizione di aspetti decisionali, test virtuali delle scelte conservative, verifica dei risultati, gestione delle azioni manutentive e monitoraggio, anche predittivo.

Si genera pertanto un processo di *Data Enrichment* (arricchimento dei dati) che consente di passare dal semplice modello geometrico ad un database semantico complesso [Quattrini 2017], attraverso l'integrazione di dati con il modello morfometrico del *digital twin* [Parente 2025]. L'integrazione di dati multi-sorgente – spesso estremamente eterogenei, ma georeferenziati e temporizzati – alimenta mappe di vulnerabilità e matrici causa-effetto. Incrociando analisi tridimensionali del degrado, quadri fessurativi, anomalie termiche, rilievi georadar e indagini chimico-fisiche o petrografiche, il sistema orienta la diagnosi verso l'identificazione dei meccanismi di alterazione e dei fattori che predispongono al degrado.

La base documentale permette quindi di trasformare i dati diagnostici in informazioni operative; questo approccio incide direttamente sulla qualità del progetto di restauro, riducendo incertezze e varianti in fase di cantiere, e garantendo la tracciabilità delle scelte nel tempo. L'effetto è un innalzamento del profilo metodologico dell'intervento e della sua replicabilità su scenari di crescente complessità. Il processo esemplificato e la complessità di dati interoperanti implica necessariamente l'uso di tecnologie, ormai mature, di HBIM (*Heritage Building Information Modeling*) e realtà aumentata [Mazzetto 2024], e potenzialmente il ricorso a strumenti di intelligenza artificiale per l'analisi e la gestione delle informazioni, al progressivo aumentare delle stesse.

2. Caso studio Villa Mensa

Al fine di testare la metodologia proposta e verificarne la capacità di trasformare acquisizioni multi-sorgente in informazioni utilizzabili nel progetto di restauro, la sperimentazione è stata condotta



Fig. 1. Vista dall'alto di Villa Mensa a Sabbioncello San Vittore, Copparo, Ferrara.

assumendo Villa Mensa¹, a Sabbioncello San Vittore, Copparo (Figura 1), come *test-case* di un organismo architettonico che, indagato nella sua consistenza fisica e materica, si rivela come un palinsesto di interventi stratificati dove le tracce impresse nelle strutture offrono informazioni spesso più feconde rispetto alle fonti indirette interrogate [Fabbri 2025, 211-231]. Le vicende costruttive del complesso riflettono i saperi edilizi tipici del territorio ferrarese che, attraverso l'uso sapiente del laterizio e di soluzioni tecniche volte a mitigare la vulnerabilità di un suolo argilloso e comprimibile, restituiscono un processo trasformativo per addizioni successive tali da rendere l'edificio un terreno adatto alla verifica di procedure di co-registrazione e interpretazione integrata. In tale sequenza si riconosce una fase quattrocentesca legata al vescovo Bartolomeo della Rovere (1474–1494), cui è ricondotto l'ampliamento del corpo orientale e la loggia, e una fase tardo-cinquecentesca primo-seicentesca connessa a Giovanni Fontana (1590–1611), attestata da interventi decorativi e finiture pittoriche esterne, oggi in gran parte frammentarie. Le trasformazioni più recenti, incluse la parcellizzazione in abitazioni e interventi tra Otto e Novecento, fino all'inserimento di uno scalone primo novecentesco, completano un profilo evolutivo in cui uso, assetto distributivo e configurazione costruttiva risultano strettamente intrecciati.

¹ Villa Mensa costituisce il sito didattico impiegato con continuità dalle tre partizioni del Laboratorio di Restauro dei Monumenti, insegnamento del quarto anno del Corso di Laurea Magistrale a ciclo unico in Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara, per lo svolgimento dell'esercitazione finalizzata all'acquisizione delle competenze necessarie allo sviluppo del progetto di restauro per le preesistenze. In quest'occasione, si coglie l'occasione per ringraziare i tutor Sole Alfonsi, Marco Bussoli, Luca Cei, Federico Polani, Daniele Romagnoli e Stefano Romagnoli per la preziosa collaborazione prestata durante le attività didattiche *in situ*, contribuendo all'organizzazione operativa e al supporto tecnico.

3. Dal dato all'evidenza per un sistema informativo tra ipotesi e scelte operative consapevoli

L'impianto operativo e il sistema integrato dei dati sono concepiti come un percorso conoscitivo progressivo, nel quale l'aumento delle evidenze non coincide con l'espansione indistinta del dataset, ma con un incremento misurabile della solidità interpretativa e con la conseguente esplicitazione e controllo del livello di incertezza che grava sulle decisioni progettuali. In questa prospettiva il processo integrato è stato organizzato per governare, in modo esplicito ma non ridondante, il passaggio da un quadro di conoscenza preliminare a livelli via via più affidabili, nei quali la qualità dell'informazione estratta dai dati viene valutata anche in funzione della confidenza attribuibile alle inferenze e della loro verificabilità attraverso controlli incrociati. Il principio *non multa sed multum* assume quindi un valore strutturante che va oltre la formula, poiché esprime la necessità di costruire un'economia dell'indagine capace di privilegiare ciò che produce reale approfondimento e consapevolezza, distinguendo tra dati che aggiungono solo dettaglio descrittivo e dati che, perché pertinenti e comparabili, modificano il quadro delle ipotesi e rendono più robusta la traduzione delle evidenze in scelte operative. In tal senso la selezione delle tecniche e delle aree campione non è un atto di semplificazione, ma un esercizio di accuratezza metodologica, perché limita l'eterogeneità non governata e concentra l'attenzione su un insieme di segnali in grado di discriminare tra interpretazioni concorrenti, riducendo la necessità di iterazioni improduttive tra diagnostica e progetto.

La base morfometrica comune, costituita integrando campagna laser scanner con processo fotogrammetrico ad alta risoluzione, è assunta come il supporto dell'intero sistema, entro cui ogni osservazione acquisisce posizione, scala e relazione con il contesto costruttivo e materico, rendendo possibile non solo la rappresentazione ma la confrontabilità delle evidenze [Alshawabkeh-Baik, 2023, 2]. Su tale infrastruttura la strutturazione dei dataset è guidata dalla dichiarazione di accuratezza, risoluzione e incertezza, intese come condizioni operative che delimitano ciò che può essere soste-

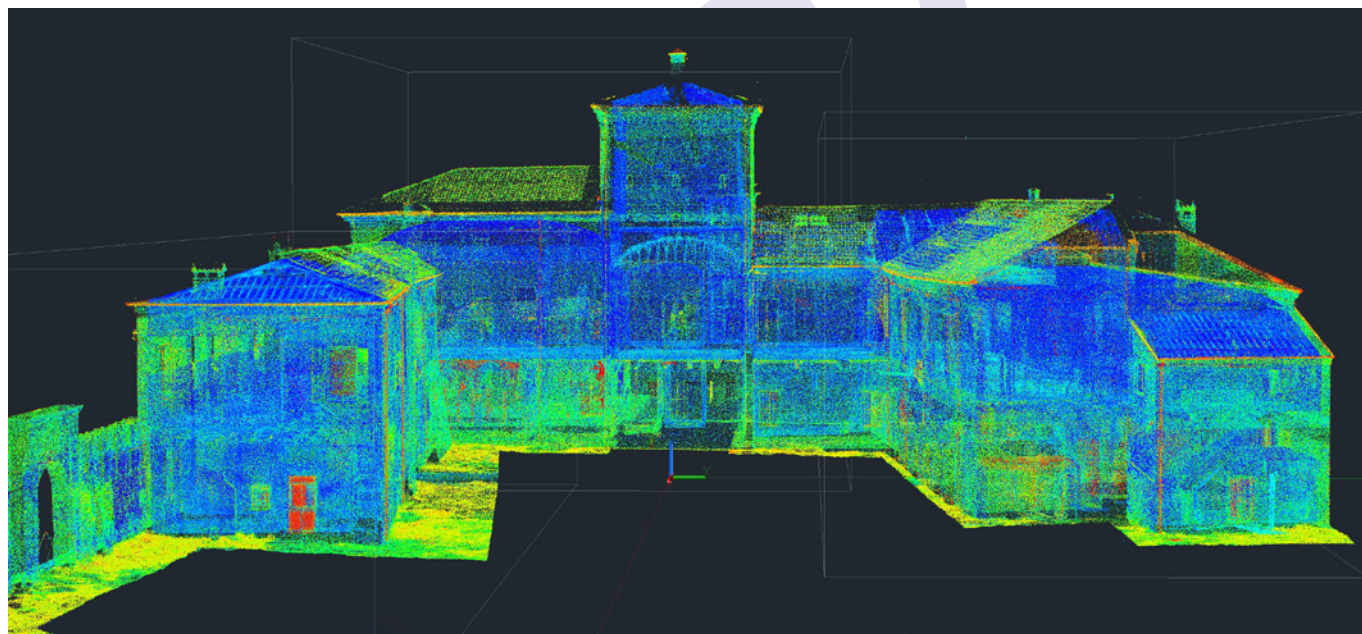


Fig. 2. Registrazione della nuvola di punti da campagna laser scanner (Leica P40) finalizzata a definire la base metrica ad alta risoluzione su cui co-registrare le indagini e rendere interrogabili, confrontabili e tracciabili gli indicatori decision-ready.

nuto con adeguata confidenza e ciò che deve restare ipotesi, evitando che la forza persuasiva di una visualizzazione sostituisca la consistenza della prova.

Il passaggio dall'immagine all'estrazione dell'informazione dal dataset integrato rappresenta uno snodo critico, poiché l'immagine rimane supporto qualitativo finché non è sottoposta a estrazione e validazione che la rendano misurabile e comparabile, mentre il dato diventa informazione allorquando è inserito in un lessico capace di guidare decisioni, priorità e verifiche ulteriori, trasformando l'evidenza in contenuto operativo [Moyano et al., 2023, 5].

In questo quadro l'integrazione non coincide con la somma di più livelli sovrapposti, ma con la costruzione di un sistema di relazioni, nel quale la convergenza tra segnali rafforza le ipotesi, mentre la divergenza attiva approfondimenti mirati, così che la crescita della conoscenza non sia una mera dilatazione del materiale raccolto ma un progressivo consolidamento delle interpretazioni.

4. Dati decision-ready per il progetto di restauro: la co-registrazione come infrastruttura dell'integrazione multi-sorgente

La produzione di dati orientati alla decisione assume valore in particolare quando l'integrazione multi-sorgente, spaziale e temporale, è finalizzata a rendere esplicito e verificabile il passaggio dalla diagnosi al progetto trasformando segnali eterogenei in indicatori confrontabili e in elaborati per rendere esplicite le urgenze di messa in sicurezza e la sequenza causale degli interventi. Su questa base, la semantica del degrado ancorata alla base morfometrica viene ricondotta a unità omogenee di analisi e tradotta in classi di vulnerabilità che combinano suscettibilità materico-costruttiva e stato di conservazione, così che la crescita del quadro conoscitivo dipenda dalla pertinenza delle evidenze selezionate secondo criteri espliciti di significatività, confidenza e trasferibilità operativa e non dall'accumulo di misurazioni e indagini. In termini operativi, tali categorie vengono impiegate per attivare misure preliminari quando la combinazione tra vulnerabilità ed esposizione configura un rischio immediato, e per ordinare le azioni secondo una sequenza logica di causalità. Le matrici causa-effetto raccordano diagnosi e progetto poiché formalizzano la compati-



Fig. 3. Acquisizione ad alta risoluzione del dato morfometrico tridimensionale mediante laser scanner a luce strutturata (Shining3D Einscan ProHD).



Fig. 4. Esempificazione del processo di classificazione delle aree di intervento su sistema informativo 3D, costruito a partire da acquisizioni ad alta risoluzione mediante laser scanner integrate con processo fotogrammetrico. La modellazione costituisce l'infrastruttura su cui si innestano livelli semantici e diagnostici co-registrati, consentendo di tradurre evidenze e indicatori in scelte operative tracciabili secondo una logica data decision-ready.

bilità tra quadri fessurativi, anomalie termiche, risposte georadar e indicatori materici, assegnando a ciascuna combinazione un livello di confidenza e un percorso di verifica che renda controllabile il passaggio dal segnale all'ipotesi causale. Quando la convergenza tra evidenze di superficie e materia supportante risulta coerente con la tecnica costruttiva, la matrice rafforza l'ipotesi causale e consente di distinguere effetti superficiali da discontinuità o vuoti interni; viceversa, in presenza di riscontri divergenti si impongono approfondimenti mirati, evitando decisioni basate su un solo metodo. Il passaggio dall'interpretazione alla decisione progettuale si esplicita in una sequenza logica di causalità, poiché le azioni vengono ordinate in modo che la neutralizzazione delle cause dominanti o abilitanti preceda interventi dipendenti, al fine di prevenire recidive e di impedire che puliture, consolidamenti o reintegrazioni siano vanificati dalla persistenza dei meccanismi che hanno innescato il degrado. In questo quadro, gli output decision-ready assumono la forma di regole dichiarate che collegano a ciascuna classe di rischio e livello di confidenza una catena di azioni, distinguendo tra messa in sicurezza, verifiche in situ e interventi risolutivi sulle cause, e definendo metriche pre e post intervento per verificare l'efficacia e aggiornare il modello.



Fig. 5. Fase di acquisizione dei radargrammi finalizzata alla localizzazione dell'area di sedime di un corpo di fabbrica posto a chiusura della corte precedentemente demolito e alla verifica delle ipotesi causali per la definizione degli interventi mirati mediante evidenze co-registrate sulla base metrica del rilievo.

4.1. Co-registrazione termografica su geometrie metriche e strategie di integrazione

La gestione tridimensionale dell'informazione termografica nel patrimonio costruito risponde a un problema strutturale: il dato TIR nasce bidimensionale e radiometrico, mentre le decisioni in ambito diagnostico e di restauro richiedono un'informazione termica "ancorata" a geometrie metriche, confrontabile nel tempo e interrogabile per aree omogenee su superfici complesse. La produzione di mesh "thermal textured" persegue quindi la co-registrazione tra un modello 3D e un campo radiometrico, ma incontra criticità note: le immagini TIR presentano in genere risoluzione più bassa e minore densità di dettagli discriminanti, con bordi meno netti, fattori che degradano l'estrazione di *feature* e la stabilità dei *bundle adjustment* se si tenta una ricostruzione SfM/MVS basata solo su termogrammi [Khodaei et al. 2015, 402].

Lo stato dell'arte converge su una logica di disaccoppiamento tra geometria e radiometria. Da un lato si privilegia una geometria "forte", TLS o SfM RGB, su cui il dato termico viene successivamente proiettato; dall'altro, quando si tenta di far "reggere" al TIR anche l'orientamento, la letteratura mostra la necessità di acquisizioni molto dense, con sovrapposizioni tipicamente fotogrammetriche, ad esem-

pio *side overlap* ~90% e *overlap* tra strisciate ~70% [Adamopoulos 2020, 2], con impatti diretti su tempi di campagna e carico computazionale. In questo quadro, le strategie più ricorrenti sono: la proiezione/texture mapping di termogrammi su geometrie TLS o mesh esistenti; la ricostruzione 3D da TIR “puro”, più fragile e spesso meno dettagliata dell’RGB; la ricostruzione RGB seguita dalla sostituzione controllata delle immagini in fase di texturing (“image replacement”), resa possibile quando esiste una relazione geometrica stimabile tra canale visibile e canale termico; infine, soluzioni ibride che allineano nuvole RGB e TIR, ad esempio con ICP, e trasferiscono la texture termica su una mesh generata dalla nuvola RGB [Maset et al. 2017, 27]. Nei contesti UAV dual-sensor emergono anche pipeline automatizzate che sfruttano pose priors e la calibrazione del rig, ma evidenziano un *trade-off* operativo: pianificando il volo sul sensore RGB si può ridurre l’*overlap* effettivo del TIR per differenze di FoV, con ricadute sulla qualità della mappatura [Ferrari 2024, 157].

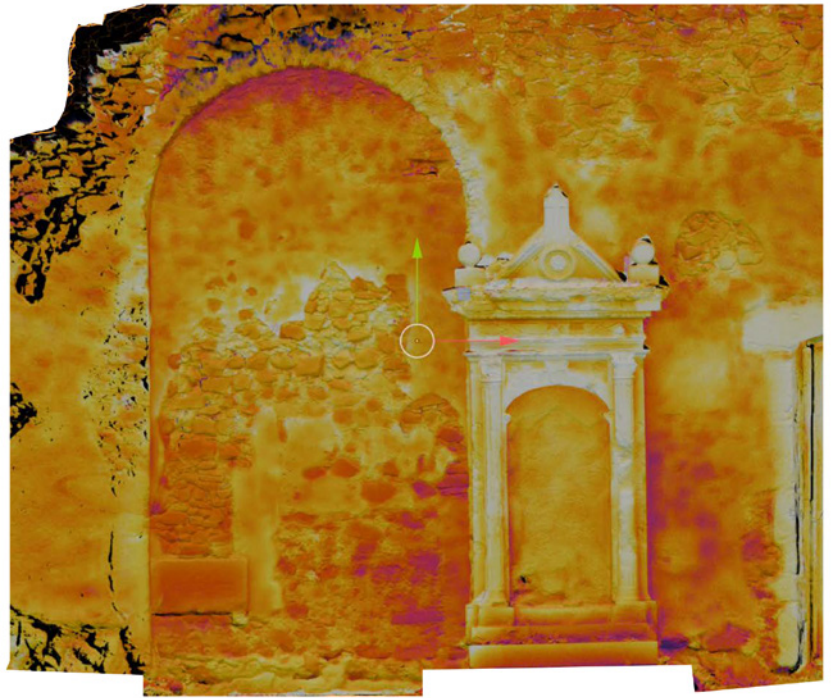


Fig. 6. Termogramma acquisito in situ e trasferito su una morfologia metricamente consolidata mediante co-registrazione, così che l’informazione radiometrica, nata bidimensionale, diventi interrogabile per aree omogenee e confrontabile nel tempo.

4.2. Il test-case e la procedura RGB-centrica con replacement e ottimizzazione dell’acquisizione TIR

Il caso studio di Villa Mensa si colloca in modo molto netto nella linea “RGB-centrica” con *replacement*, ma con un obiettivo dichiarato di massima efficienza: la geometria e l’orientamento non vengono richiesti al TIR, che viene usato come misura radiometrica da trasferire su un impianto metrico già consolidato. Le premesse, tipiche nei progetti di restauro, sono decisive: (i) nuvola/geometria TLS ad alta definizione (Leica P40); (ii) mesh “RGB textured” da UAV (DJI Mini 4) già elaborata in SfM con alta risoluzione e georiferimento tramite GCP su base TLS; (iii) termocamera con acquisizione contestuale di termogramma e immagine visibile dallo stesso punto (NEC/AVIO InfReC R550). Questa coassialità consente di orientare le immagini visibili della termocamera “agganciandole” al blocco RGB da drone: senza tale vincolo, la scarsa sovrapposizione e la qualità limitata del set visibile termocamera non sarebbero sufficienti per un allineamento autonomo. Una volta trasferite le pose, si effettua la sostituzione: le immagini RGB della termocamera vengono rimpiazzate dai termogrammi, opportunamente normalizzati su una scala comune, mantenendo invariata la geometria e la cinematica del blocco. Il passaggio è coerente con i workflow di *replacement* descritti in letteratura (trasformazione RGB-TIR per rendere i termogrammi “intercambiabili” nella fase di *texturing*). La texture termica viene

quindi calcolata in Agisoft Metashape 2.3.0 attivando solo le immagini termiche. L'algoritmo proietta le facce della mesh nello spazio immagine con le pose note; le viste vengono selezionate in base a criteri geometrici (incidenza, distanza, occlusioni) e, dove esiste sovrapposizione, il contributo radiometrico viene fuso per ridurre discontinuità e rumore. In questo modo si attenuano i salti tra immagini adiacenti, si riduce il rumore e si ottiene una texture più continua; il principio è analogo ai criteri "ortho-photo adaptive" e alla media dei valori associati al triangolo quando più viste concorrono alla sua texturizzazione.

La scelta distintiva nel caso studio di Villa Mensa è la riduzione drastica dell'acquisizione termica: la copertura è completa, ma l'overlap è volutamente minimo (~20%), molto inferiore a quello spesso adottato quando si intende orientare/ricostruire anche dal TIR. Ne deriva un prodotto finale con accuratezza morfologica elevata (ereditata da TLS+SfM RGB) e texture termica coerente e interrogabile, ottenuto con un rapporto costi/benefici favorevole perché il "peso" operativo è spostato sul dataset RGB già disponibile, mentre il TIR viene ottimizzato come campionamento radiometrico ad alta informazione per scatto (fino a 1280×960 in Super Resolution, banda 8–14 μm , camera visibile integrata).

Conclusioni

L'impianto proposto non si esaurisce alla sola applicazione professionale, ma produce un esito formativo misurabile, poiché il workflow integrato è stato trasferito e messo in pratica dagli studenti per concepire la diagnostica come processo progettato, guidato da quesiti conservativi, e non come accumulo di misure. Nel laboratorio, la pianificazione delle campagne e l'allineamento metrologico tra rilievo e indagini consolidano il controllo di scala e incertezza, così che la lettura di termogrammi e radargrammi diventi un atto interpretativo fondato sul confronto tra tecniche costruttive, segnali e geometrie. La traduzione di evidenze microscopiche e indicatori materici in scenari progettuali esplicita il passaggio dalla diagnosi alla decisione, perché gli elaborati tecnici assumono forma di catene argomentate di cause e azioni, capaci di supportare dalla messa in sicurezza alla sequenza degli interventi. L'esperienza sviluppata presso Villa Mensa è stata predisposta per acquisire competenze spendibili nella pratica professionale, collegando modellazione informativa e restituzioni del degrado a cantierabilità, responsabilità documentale e comunicabilità interdisciplinare attuate attraverso il cantiere-scuola della *Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio* e del *Master di II livello in Miglioramento sismico, restauro e consolidamento del costruito storico e monumentale*. In tal modo la didattica laboratoriale promuove una cultura della conservazione basata su dati e misurabilità dei risultati, rafforzando la responsabilità di scelte condotte con consapevolezza in rapporto ai valori materiali e testimoniali del patrimonio culturale costruito, rendendo verificabile l'efficacia delle azioni nel tempo.

Bibliografia

- Adamopoulos, E., Volinia, M., Giroto, M., Rinaudo, F. (2020). *Three-dimensional thermal mapping from IRT images for rapid architectural heritage NDT*, in «Buildings», 10, 10, art. 187, doi: 10.3390/buildings10100187.
- Alshawabkeh, Y., Baik, A. (2023). *Integration of photogrammetry and laser scanning for enhancing scan-to-HBIM modeling of Al Ula heritage site*, in «Heritage Science», 11, art. 147.

- Ferrari, E., Meyer, J., Koch, A., Nebiker, S. (2024). *Automatic generation of high-resolution thermal 3D building envelope models exploiting UAV imagery*, in «Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.», XLVIII-2/W8-2024, pp. 155–161, doi: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W8-2024-155-2024.
- Gomes, M.G., Tomé, A. (2023). *A digital and non-destructive integrated methodology for heritage modelling and deterioration mapping. The case study of the Moorish Castle in Sintra*, in «Developments in the Built Environment», vol. 14, 100145.
- Khodaei, B., Samadzadegan, F., Dadras Javan, F., Hasani, H. (2015). *3D surface generation from aerial thermal imagery*, in «Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.», XL-1/W5, pp. 401–405, doi: 10.5194/isprs-archives-XL-1-W5-401-2015.
- Maset, E., Fusiello, A., Crosilla, F., Toldo, R., Zorzetto, D. (2017). *Photogrammetric 3D building reconstruction from thermal images*, in «ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.», IV-2/W3, pp. 25–32, doi: 10.5194/isprs-annals-IV-2-W3-25-2017.
- Mazzetto, S., (2024). *Integrating emerging technologies with digital twins for heritage building conservation: an interdisciplinary approach with expert insights and bibliometric analysis*, in «Heritage», 7, pp. 6432–6479.
- Moyano, J., Pili, A., Nieto-julián, J.E., Della Torre, S., Bruno, S. (2023). *Semantic interoperability for cultural heritage conservation: Workflow from ontologies to a tool for managing and sharing data*, in «Journal of Building Engineering», 80, 107965.
- Parente, M., Bruno, N., Ottoni, F. (2025). *HBIM and information management for knowledge and conservation of architectural heritage: a review*, in «Heritage», 8, 306.
- Quattrini, R., Pierdicca, R., Morbidoni, C. (2017). *Knowledge-based data enrichment for HBIM: Exploring high-quality models using the semantic-web*, in «Journal of Cultural Heritage», 28.
- Sutherland, N., Marsh, S., Priestnall, G., Bryan, P., Mills, J. (2023). *InfraRed Thermography and 3D-Data Fusion for Architectural Heritage: A Scoping Review*, in «Remote Sensing», 15(9), 2422.

Anatomia del degrado tra gemello digitale informativo e diagnostica integrata per la conservazione programmata del patrimonio culturale costruito

Anatomy of deterioration between informative digital twin and integrated diagnostics for the planned conservation of the built cultural heritage

Manlio Montuori

Dipartimento di Architettura, Università
degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy
manlio.montuori@unife.it

Abstract

Il contributo propone un approccio metodologico replicabile per il controllo del biodeterioramento in contesti murari complessi, fondato sull'integrazione sinergica tra diagnostica georiferita alle diverse scale di documentazione, sperimentazione controllata *in situ* e piattaforma interoperabile di sintesi dei dati. L'approccio abilita il governo del degrado biologico quale variabile programmabile nel lungo periodo, integrando prevenzione, verifica e tracciabilità delle operazioni in un ciclo unitario e trasferibile.

The paper presents a replicable methodological approach for biodeterioration control in complex masonry contexts, based on the synergistic integration between georeferenced diagnostics at different documentation scales, controlled in situ experimentation, and an interoperable data synthesis platform. The approach enables the management of biological degradation as a programmable variable over the long term, integrating prevention, verification, and operational traceability into a unitary and transferable cycle.

Keywords

Colonizzazione biologica, interoperabilità, monitoraggio.

biological colonization, interoperability, monitoring.

Introduzione

La contaminazione biologica sulle murature storiche va interpretata come un processo causato da molti fattori che si innesta su condizioni favorevoli persistenti, nelle quali l'umidità, più che semplice agente concomitante, agisce da fattore trasversale capace di attivare e concatenare effetti fisici, chimici e biologici, rendendo instabile il confine tra alterazione percettiva e danno materiale [Villa et al. 2016, 286], tanto da richiedere una nuova strategia di controllo nel tempo anziché una risposta episodica.

Nel caratterizzare il fenomeno è utile riferirsi al principio di biorecettività, distinguendo la predisposizione primaria da quella secondaria e terziaria, nonché la componente intrinseca legata alle proprietà del materiale da quella estrinseca dovuta a depositi e trasformazioni superficiali [Lubelli et al. 2021, 1], poiché tale articolazione consente di spiegare la ricorrenza delle colonizzazioni come esito di variazioni del sistema murario, talvolta indotte anche da puliture o trattamenti che modificano rugosità e porosità del materiale, e la conseguente capacità di trattenere umidità e particolato.

Le evidenze in letteratura [Caneva et al. 2008, 15-25; Lubelli et al. 2021, 11] mostrano infatti che la predisposizione non dipende da un singolo parametro isolato, ma dal comportamento igrometrico della combinazione laterizio-malta, dalla distribuzione dei pori e dalla dinamica di assorbimento,



Fig. 1. Cerreto Guidi, Firenze. L'ortofoto del prospetto ovest su Via della Libertà della Villa Medicea mostra in posizione centrale lo scalone monumentale, fortemente interessato da fenomeni di degrado biologico.

ritenzione ed essiccamento, oltre che dall'evoluzione del pH e dai processi di carbonatazione, configurando microambienti in cui la permanenza d'acqua e la disponibilità di nutrienti rendono possibile la stabilizzazione di biofilm e la proliferazione di comunità complesse [Pinna 2021, 11].

In questa prospettiva, la crescita biologica non è soltanto un bersaglio da rimuovere, ma anche un indicatore di difetti di dettaglio, discontinuità, vie di ingresso dell'umidità e carenze manutentive, con il rischio che interventi non fondati su una diagnosi integrata risultino inefficaci o controproducenti, alimentando nuove condizioni di biorecettività e ricolonizzazione.

Ne deriva l'esigenza di spostare l'approccio verso la conservazione programmata, nella quale il monitoraggio e la verifica pre e post intervento assumono valore di controllo del rischio, e in cui l'integrazione di osservazioni, misure e interpretazioni deve essere resa tracciabile e interrogabile attraverso infrastrutture informative capaci di collegare lessici del danno, condizioni dei processi e dati misurati [Vandesande et al 2018, 78], secondo logiche assimilabili a sistemi diagnostici esperti e a piattaforme orientate a scenari di rischio [Jouan-Hallot 2020, 9].

In coerenza con tale impostazione, l'impiego di un gemello informativo fondato su semantica, interoperabilità e riuso dei dati permette di trasformare la diagnosi in un processo iterativo e verificabile [Hellmund et al. 2018, 379], in cui parametri materici e microclimatici, pattern di degrado e dinamiche di ricomparsa biologica confluiscono in mappe di vulnerabilità e priorità operative [Montuori 2024, 140], rendendo la tutela misurabile e condivisibile nel tempo lungo.

1. Biorecettività e gestione del rischio: il caso di studio

La definizione di un caso pilota risponde alla necessità di osservare il biodeterioramento in contesti dove eterogeneità materica e gradienti microclimatici rendono la colonizzazione ricorrente e non un evento puntuale, e in tale prospettiva il caso studio è costituito dallo scalone monumentale della Villa Medicea di Cerreto Guidi, assunto come superficie campione per verificare la tenuta di un impianto conoscitivo orientato alla conservazione programmata (Figura 1).

La compresenza di laterizi, malte e litotipi differenti, unita a condizioni di esposizione che modulano bagnatura e asciugamento, consente di osservare come microambienti differenziati stabilizzino biofilm e colonizzazioni licheniche (Figura 2), rendendo la ricomparsa una variabile strutturale della



Fig. 2. Estratto del rilievo dello stato di fatto in corrispondenza dello scalone monumentale. Il primo registro della muratura a scarpa evidenzia la presenza diffusa di un biofilm da biodeterioramento nella porzione centrale. La proliferazione di biofilm algali ha comportato la comparsa di una caratteristica patina grigiastrea, tipica delle condizioni ambientali umide e moderate, con funghi, licheni crostosi e piante di capperi, fortemente ancorati ai giunti di malta e caratterizzati da numerosi rami lignificati.

gestione e non un esito accidentale di singoli cicli di pulitura o trattamento. In tali condizioni la predisposizione alla crescita può essere letta attraverso la biorecettività della muratura, intesa come combinazione di trasporto e ritenzione dell'umidità, porosità e rete dei pori, pH delle malte e loro carbonatazione, oltre a rugosità e discontinuità che offrono ancoraggio e cavità inclini al bioaccumulo, secondo una dinamica in cui la coppia laterizio malta e la sua risposta igrometrica incidono più del singolo parametro isolato.

La crescita di nuove colonizzazioni biologiche o l'intensificarsi di quelle già esistenti sono spesso il segnale di un difetto manutentivo o di un percorso d'acqua attivo [Martínez-Garrido 2018, 38], mentre puliture e trattamenti non fondati su evidenze possono modificare porosità e rugosità superficiale e quindi le condizioni abilitanti, favorendo ricolonizzazioni rapide e imponendo un controllo nel tempo che sposti l'attenzione dalle manifestazioni ai meccanismi di contaminazione.

Per questo motivo lo studio è stato strutturato come sequenza integrata di diagnosi, test in situ di trattamenti selettivi a ridotto impatto e monitoraggio, nel quale rilievo 3D, analisi petrografiche e microbiologiche e indagini geofisiche vengono correlati entro una piattaforma digitale capace di rendere interrogabile l'insieme dei dati e di sostenerne la comparabilità nel tempo.

La funzione del caso pilota è quindi dimostrativa, perché consente di stabilizzare un linguaggio condiviso del danno e di associare ai processi osservati condizioni verificabili con dati misurati secondo una logica affine ai sistemi diagnostici esperti, e in questo quadro la verifica pre e post intervento tramite misure ripetibili su aree test, supportate anche da microscopia digitale, diventa l'innesto tra lettura diagnostica e conservazione programmata trasformando efficacia e compatibilità in indicatori utili a prevenire la ricomparsa (Figura 3).



Fig. 3. La visione d'insieme dello scalone monumentale mette in risalto l'organizzazione architettonica per raggiungere il belvedere da cui emerge la sagoma della villa. Gli organismi biodeteriogeni colonizzano estensivamente sia le superfici verticali in laterizio che il rivestimento calpestabile in arenaria.

1. Approccio metodologico

L'approccio metodologico assume il biodeterioramento come processo multifattoriale la cui governabilità dipende dal collegamento tra proprietà dei materiali, dinamiche di umidità e condizioni di biorecettività, in modo che l'analisi non resti separata dalla costruzione di scelte verificabili.

La prima fase è una diagnosi integrata, nella quale il rilievo morfometrico tridimensionale, condotto integrando la campagna laser scanner con il processo fotogrammetrico, fornisce il riferimento per georiferire mappature e letture strumentali, facendo convergere termografia, caratterizzazione petrografica e microbiologica e riscontri geofisici sugli alzati in un quadro coerente.

La seconda fase traduce l'interpretazione in sperimentazione controllata attraverso aree test e protocolli selettivi a ridotto impatto, definiti come dispositivo di misura della compatibilità, poiché interventi non calibrati possono alterare rugosità e porosità e quindi aumentare, anziché ridurre, la predisposizione alla ricolonizzazione.

La terza fase stabilizza la conservazione programmata mediante verifica pre e post intervento e monitoraggio nel tempo, adottando indicatori ripetibili basati su variazioni cromatiche e microstrutturali rilevate con spettrofotometria e microscopia digitale, e collegando tali evidenze a soglie operative sensibili alla persistenza di umidità.



Fig. 4. L'interpiano a schiena d'asino in arenaria della rampa nord mostra come la muratura in laterizio appaia in uno stato di avanzato degrado causato dalla colonizzazione biologica, i cui metaboliti secondari, in particolare gli acidi ossalico e carbonico, determinando una duplice azione degradativa: chimica, attraverso la solubilizzazione dei leganti, e meccanica, per via della penetrazione delle ife nei pori e nelle microfessure preesistenti.

A supporto della dimensione predittiva, la biorecettività è trattata come insieme di variabili intrinseche ed estrinseche, in cui il comportamento della coppia laterizio malta e la distribuzione dei pori spiegano perché la porosità, se isolata da assorbimento, essiccamento e pH, non costituisca un indicatore sufficiente di rischio biologico.

L'intero ciclo è implementato in un gemello informativo che funge da dorsale semantica, integra lessici del danno e dei processi con logiche affini ai sistemi diagnostici esperti e garantisce riuso e interoperabilità [Jouan-Hallot 2019, 611], producendo mappe di vulnerabilità e priorità manutentive utili a contenere stabilmente la ricomparsa nel tempo lungo.

2. Dalla mappatura delle patologie alle formulazioni di rischio per conservazione preventiva e programmata

La campagna diagnostica integrata è stata impostata come un dispositivo di coerenza metrica e interpretativa, nel quale la lettura delle superfici e la caratterizzazione dei materiali sono state ricondotte a una stessa infrastruttura di riferimento, così da trasformare evidenze eterogenee in correlazioni verificabili e non in semplici giustapposizioni disciplinari.

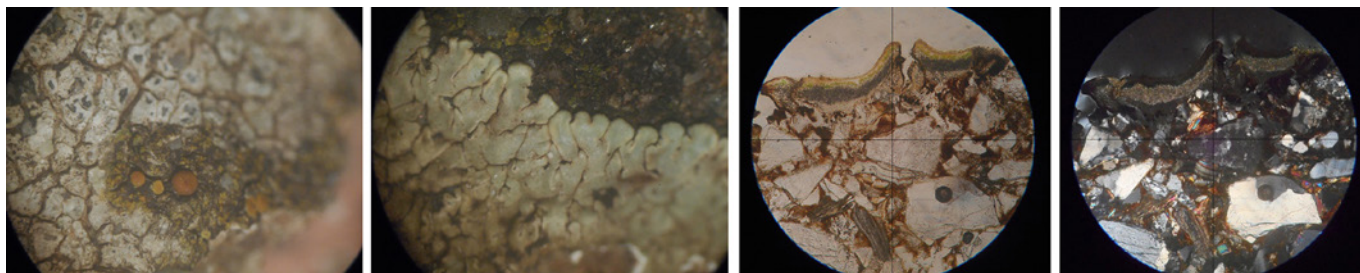


Fig. 5. Le analisi mineralogiche condotte mediante diffrazione a raggi X, eseguite su porzioni superficiali di arenaria colonizzata biologicamente, hanno evidenziato la presenza di ossalati di calcio prodotti dall'attacco biologico dei talli lichenici sulla componente carbonatica: whewellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e weddellite ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Procedendo da sinistra verso destra, la prima immagine mostra i talli dei licheni con areole grigiastre a contorno irregolare (ingrandimento 15×), mentre la seconda immagine evidenzia un tallo sub-lobato al margine del lichene (ingrandimento 15×). L'analisi mineralogico-petrografica condotta al microscopio polarizzatore su sezione sottile ha rilevato una diffusa proliferazione dei talli lichenici parallelamente alla superficie, tale da modificare fisicamente la tessitura clastica dell'arenaria. Si osserva inoltre un'iniziale disgregazione superficiale dei minerali di quarzo, feldspato e miche costituenti la struttura clastica della pietra. In specifici punti, è stata documentata l'azione meccanica delle ife dei licheni, capaci di sollevare e distaccare i minerali superficiali.

Il rilievo tridimensionale ad alta risoluzione, ottenuto combinando laser scanning terrestre e fotogrammetria digitale, è stato elaborato in un modello singolo allineato tramite marker e punti di controllo a terra, in modo da garantire ripetibilità metrica, confrontabilità di campagne successive e capacità di leggere discontinuità, scarti nell'apparecchio murario e difetti morfologici utili alla mappatura delle patologie.

Su tale base il modello è stato assunto come quadro di riferimento per una struttura informativa in cui ogni osservazione è georiferita e accompagnata da metadati, così che immagini, misure e campioni possano essere interrogati nel loro contesto spaziale e temporale secondo principi di interoperabilità e riuso coerenti con la logica FAIR e con l'impiego di formati aperti e vocabolari controllati.

La mappatura delle morfologie di degrado è stata supportata da termografia all'infrarosso, impiegata per riconoscere disomogeneità legate a bagnature persistenti, regimi di evaporazione e accumuli superficiali (Figura 4), poiché l'umidità costituisce il fattore abilitante che mette in interconnessione processi fisici, chimici e biologici e ne governa la ricorrenza nel tempo [Martínez-Garrido et al. 2018, 40]. L'interpretazione dei gradienti termici e spettrali è stata quindi integrata con analisi mineralogico-petrografiche su laterizi, malte e litotipi, condotte in sezione sottile e mediante diffrazione, al fine di riconoscere tessiture, porosità e prodotti di alterazione secondaria e di distinguere neoformazioni e meccanismi da umidità e sali che, se isolati dal contesto, potrebbero essere confusi con fenomeni di natura strutturale. Questo livello di lettura consente anche di attribuire con maggiore precisione gli effetti della colonizzazione, documentando processi biochimici e meccanici quali la formazione di ossalati di calcio e l'azione delle ife sulla tessitura clastica (Figura 5), elementi che permettono di discriminare tra alterazione prevalentemente figurativa e incidenza microstrutturale sulla durabilità dei materiali. La caratterizzazione microbiologica ha previsto prelievi puntuali di materiale superficiale e osservazioni in microscopia ottica ed elettronica a scansione, così da descrivere biofilm e strutture licheniche e da correlare la composizione delle comunità con microambienti locali, assumendo che la ricolonizzazione possa essere rapida e che puliture non calibrate possano aumentare rugosità e porosità superficiale, rendendo la superficie più ospitale per nuove crescite. La selezione delle aree di indagine è stata inoltre guidata dalla nozione di biorecettività, poiché la predisposizione alla

colonizzazione dipende spesso dal comportamento congiunto dovuto all'interazione tra laterizio e malta di allettamento, che può trasformare giunti e cavità in serbatoi o in zone di permanenza d'acqua. Le indagini georadar sugli alzati hanno aggiunto un livello conoscitivo determinante, perché la ricostruzione della stratigrafia interna e l'individuazione di vuoti e discontinuità costruttive ha consentito di distinguere tra patine superficiali e condizioni profonde che favoriscono ingressi d'acqua o ristagni, rafforzando la catena interpretativa che collega difetti di dettaglio, umidità persistente e ricorrenza dei processi di degrado. L'integrazione dei risultati è stata implementata in un database relazionale, dove ogni dato è stato normalizzato e reso consultabile tramite dashboard e modelli 3D navigabili, così che la diagnosi emerga come confronto tra le diverse scale e i numerosi domini, così da associare evidenze microstrutturali e manifestazioni macroscopiche in una lettura incrociata supportata da dati oggettivi. Questo assetto riprende la logica dei sistemi diagnostici esperti basati su atlanti del danno e condizioni essenziali dei

processi, e si presta a essere tradotto in formulazioni di rischio utili alla conservazione programmata, perché la georeferenziazione delle osservazioni e l'inserimento di dati misurati su umidità, sali e crescita biologica permettono di formulare ipotesi verificabili e di ridurre il rischio di interventi manutentivi o consolidativi controproducenti. La campagna è stata orientata a produrre un lessico fondato sull'osservazione e a identificare i percorsi di ruscellamento dell'acqua, inclusi infiltrazioni e superfici di evaporazione con accumulo salino, perché la crescita biologica può essere interpretata come sintomo di difetti manutentivi e va tradotta in soglie e controlli tracciabili secondo descrittori di rischio da adottare in piattaforme GIS per la conservazione programmata (Figura 6).

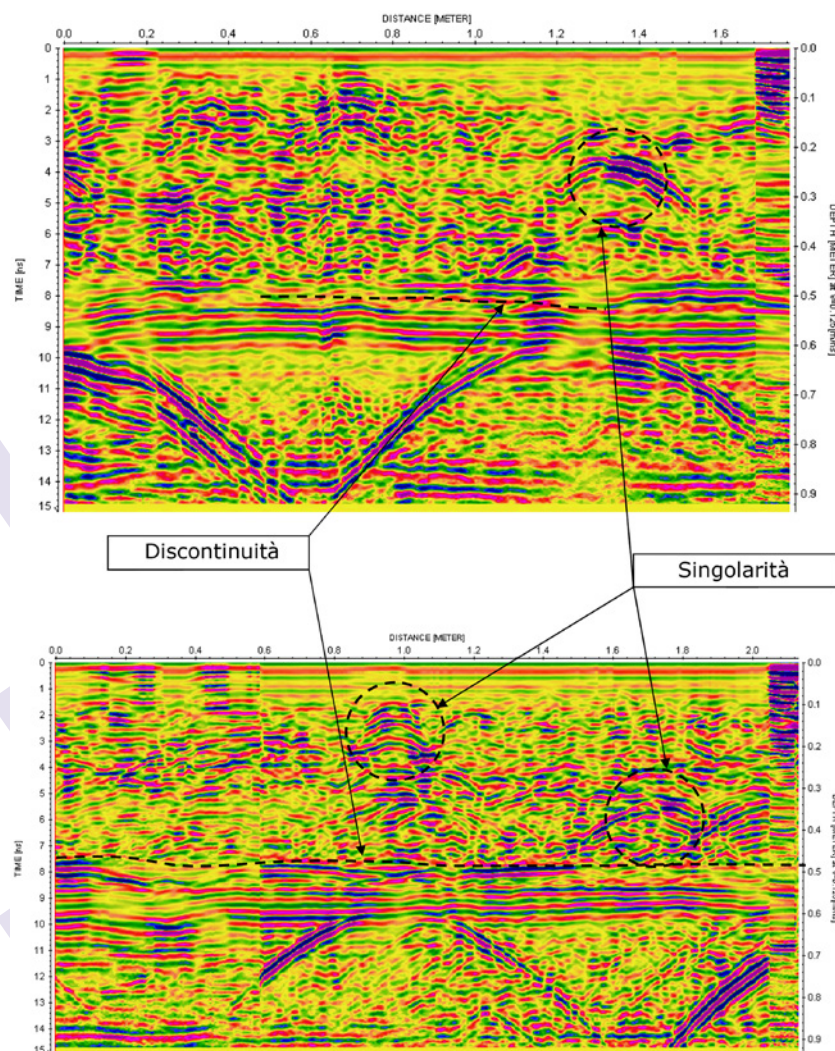


Fig. 6. Indagine georadar eseguita con antenna Proceq GP8000 e successiva elaborazione dei dati in ambiente Proceq Workspace GPR: nei due passaggi di scansione, si evidenzia la presenza di una superficie di discontinuità lungo l'apparecchiatura muraria in laterizio indagata che conferma la presenza di un paramento di rivestimento ipotizzato durante la campagna di rilievo per la diffusa presenza di mattoni disposti di costa.

3. Protocolli e misure normalizzate per governare la biorecettività e la ricolonizzazione

Il cantiere pilota è stato concepito come passaggio operativo necessario a trasformare la diagnosi integrata in una sequenza di decisioni verificabili, poiché in presenza di agenti biodeteriogeni la rimozione apparente delle colonie potrebbe non coincidere con l'eliminazione della predisposizione alla proliferazione e, senza misure ripetibili, la ricomparsa resta un esito potenzialmente non controllabile. Le aree test sono state selezionate a partire dalla mappatura georiferita delle morfologie di degrado e delle microcavità, privilegiando porzioni rappresentative per eterogeneità materica, persistenza di umidità e presenza di discontinuità, così da includere condizioni con diversa biorecettività e rendere comparabili i risultati lungo l'intero spettro di vulnerabilità.

I criteri di selezione hanno incluso la necessità di garantire una lettura chiara delle tracce e la piena ripetibilità delle misure strumentali, escludendo le porzioni in cui interferenze esterne o condizioni troppo variabili avrebbero potuto rendere incerta l'attribuzione degli esiti al trattamento, e assicurando al contempo che ogni area fosse registrata in fase pre-intervento con immagini e misure ancorate a riferimenti e coordinate stabili.

I protocolli applicativi sono stati impostati in modo selettivo e a ridotto impatto, non per comparare prodotti in senso commerciale ma per verificare compatibilità e controllabilità, assumendo che interventi non calibrati possano modificare rugosità e porosità superficiale e quindi le condizioni abilitanti, con il rischio di accelerare la ricolonizzazione [Montuori 2010, 709; Casanova Municchia et al. 2023, 26].

La sperimentazione ha quindi privilegiato procedure reversibili e modulabili, con tempi di contatto e modalità di rimozione coerenti con le esigenze conservative, e con attenzione alle possibili interazioni con malte e litotipi, così da evitare alterazioni capaci di influenzare successivi cicli di bagnatura, evaporazione e deposito [Palla et al. 2020, 6; Santo et al. 2023, 2].

Per rendere misurabile la compatibilità, gli esiti di ciascun trattamento sono stati letti come variazione controllata di un insieme di grandezze, dove la pulitura è soltanto una componente e non costituisce una valutazione prestazionale orientata alla durabilità e alla potenziale biorecettività, assumendo come primo riscontro oggettivo la stabilità cromatica misurata in coordinate dello spazio colore CIE-LAB secondo la metodologia normalizzata per superfici porose e la quantificazione della differenza di colore ΔE [Eyssautier-Chuine et al. 2018, 139].

In letteratura, infatti, non esiste una soglia unica e universale per il cambiamento cromatico nei materiali litici e litoidi che risulti accettabile, ma ricorrono range operativi che consentono di ancorare il confronto a valori numerici, con indicazioni che collochino l'assenza di percezione, o l'identificazione, in intervalli dipendenti dal materiale e dalla finitura, frequentemente compresi tra $\Delta E^*ab \approx 3$ e $\Delta E^*ab < 6$, con un riferimento pratico spesso adottato intorno a $\Delta E^*ab \leq 5$ come limite massimo oltre il quale la differenza diventa chiaramente riconoscibile.

Accanto al colore, l'assenza di patine è stata tradotta in parametri di riscontro capaci di discriminare tra residuo superficiale e modifica del substrato, combinando la coerenza dei valori cromatici con la lettura microscopica della superficie e con indicatori del comportamento igrometrico, poiché una patina anche impercettibile può alterare bagnatura ed essiccamento e predisporre il supporto a una ricolonizzazione. Per questo motivo la verifica è stata completata con misure replicabili dell'assorbimento d'acqua per capillarità e della sua eventuale riduzione [EN 15801:2009], con misu-

re in situ dell'assorbimento mediante assorbimento per contatto per il confronto pre e post su aree test [EN 16302:2013], con controlli della bagnabilità tramite misura dell'angolo di contatto [UNI EN 15802:2010], e con la determinazione della permeabilità al vapore d'acqua per escludere effetti di sigillatura non compatibile con la natura del supporto [EN 15803:2009].

Infine, per preservare la microtessitura, la verifica è stata condotta con microscopia digitale, documentando microfratture, esfoliazioni, residui e variazioni della trama dei pori accessibile, in quanto l'aumento di asperità e di microcavità è in grado di favorire la biorecettività secondaria e quindi un rischio differito, che deve essere intercettato non attraverso giudizi descrittivi ma mediante una serie di controlli pre e post secondo soglie operative derivate dall'insieme degli indicatori di performance cromatici, microstrutturali e igrometrici.

Conclusioni

L'impianto presentato consolida un passaggio dalla lettura fenomenologica del biodeterioramento a una gestione orientata al rischio, nella quale la diagnosi integrata non costituisce un preambolo descrittivo, ma una procedura che rende confrontabili evidenze eterogenee e le traduce in scelte tracciabili lungo cicli successivi di controllo.

L'adozione della biorecettività come quadro interpretativo consente di spiegare la ricorrenza delle colonizzazioni distinguendo tra predisposizioni intrinseche ed estrinseche e tra condizioni primarie, secondarie e terziarie, così che la ricolonizzazione venga trattata come esito misurabile di trasformazioni del sistema murario e non come contingenza.

La centralità dell'umidità emerge come fattore abilitante trasversale che concatena processi fisici, chimici e biologici, e che rende strategico riconoscere e governare percorsi di ingresso, permanenza e evaporazione dell'acqua, poiché proprio su tali traiettorie si stabilizzano biofilm, depositi e cicli di alterazione che amplificano la vulnerabilità.

Il cantiere pilota, inteso come ponte tra diagnosi e conservazione programmata, dimostra che la sola rimozione visibile delle colonie non è un indicatore sufficiente, e che la compatibilità degli interventi richiede degli indicatori di performance ripetibili e normalizzati, capaci di intercettare variazioni cromatiche, modifiche igrometriche e alterazioni microstrutturali potenzialmente predisponenti.

La formalizzazione degli esiti in un'infrastruttura informativa consente di stabilizzare un lessico del danno e di associare ai processi osservati condizioni essenziali verificabili con dati misurati, in una logica affine ai sistemi diagnostici esperti, con il vantaggio di ridurre ambiguità interpretative e di rendere tracciabili le motivazioni tecniche delle scelte.

In tale prospettiva, l'interoperabilità e il riuso dei dati rappresentano la condizione per trasformare la conoscenza in conservazione preventiva, poiché la continuità delle osservazioni e la comparabilità delle misure rendono possibile aggiornare priorità, frequenze di controllo e soglie operative in funzione della persistenza di umidità e dei segnali precoci di ricomparsa.

Bibliografia

Caneva, G., Nugari, M. P., Salvadori, O. (2008). *La biologia vegetale per i beni culturali. Biodeterioramento e conservazione*, Firenze, Nardini Editore.

Casanova Munichia, A., Fidanza, M. R., Caneva, G. (2023). *Advances in testing the interference of biocides on stone materials: A comparative analysis and guidelines for a standardised approach*, in «Journal of Cultural Heritage», 64, pp. 23–41.

- Eyssautier-Chuine, S., Calandra, I., Vaillant-gaveau, N., Fronteau, G., Thomachot-schneider, C., Hubert, J., Pleck, J., Gommeaux, M. (2018). *A new preventive coating for building stones mixing a water repellent and an eco-friendly biocide*, in «Progress in Organic Coatings», 120, pp. 132–142.
- Hellmund, T., Hertweck, P., Hilbring, D., et al. (2018). *Introducing the HERACLES Ontology—Semantics for Cultural Heritage Management*, in «Heritage», 1(2), pp. 377–391.
- Jouan, P., Hallot, P. (2019). *Digital twin: a HBIM-based methodology to support preventive conservation of historic assets through heritage significance awareness*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-2/W15, pp. 609–615.
- Jouan, P., Hallot, P. (2020). *Digital Twin: Research Framework to Support Preventive Conservation Policies*, in «ISPRS International Journal of Geo-Information», 9(4), 228.
- Lubelli, B., Moerman, J., Esposito, R., Mulder, K. (2021). *Influence of brick and mortar properties on bioreceptivity of masonry – Results from experimental research*, in «Construction and Building Materials», 266.
- Martínez-Garrido, M. I., Fort, R., Gómez-heras, M., Valles-iriso, J., Varas-muriel, M. J. (2018). *A comprehensive study for moisture control in cultural heritage using non-destructive techniques*, in «Journal of Applied Geophysics», 155, pp. 36–52.
- Montuori, M. (2010). *Protocolli conservativi nell'integrazione delle lacune murarie di ponte Nugent a Capua*, in *Pensare la prevenzione: Manufatti, Usi, Ambienti*, a cura di G. Biscontin, G. Driussi, Bressanone, Arcadia Ricerche, pp. 705–714.
- Montuori, M. (2024). *Bridging past and present: cutting-edge technologies for predictive conservation of built cultural heritage*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLVIII-4/W10-2024, pp. 139–145.
- Palla, F., Bruno, M., Mercurio, F., Tantillo, A. (2020). *Essential Oils as Natural Biocides in Conservation of Cultural Heritage*, in «Molecules», 25(3), 730.
- Pinna, D. (2021). *Microbial Growth and its Effects on Inorganic Heritage Materials*, in *Microorganisms in the Deterioration and Preservation of Cultural Heritage*, a cura di E. Joseph, Cham, Springer, pp. 3–35.
- Santo, A. P., Agostini, B., Cuzman, O. A., et al. (2023). *Essential oils to contrast biodeterioration of the external marble of Florence Cathedral*, in «Science of the Total Environment», 877, 162913.
- Vandesande, A., Van Balen, K., Della Torre, S., Cardoso, F. (2018). *Preventive and planned conservation as a new management approach for built heritage: from a physical health check to empowering communities and activating (lost) traditions for local sustainable development*, in «Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development», 8(2), pp. 78–81.
- Villa, F., Stewart, P. S., Klapper, I., Jacob, J. M., Cappitelli, F. (2016). *Subaerial Biofilms on Outdoor Stone Monuments: Changing the Perspective toward an Ecological Framework*, in «BioScience», 66(4), pp. 285–294.

Il complesso architettonico di Santa Maria del Popolo degli Incurabili a Napoli. La conoscenza diagnostica per il restauro di un sito monumentale

The architectural complex of Santa Maria del Popolo degli Incurabili in Naples. Diagnostic knowledge for the restoration of a monumental site

Enrico Carafa

CGA Studio Associato di Architettura
Carafa e Guadagno

Vincenzo Guadagno

CGA Studio Associato di Architettura
Carafa e Guadagno

Salvatore Tito Vaccaro

Università degli Studi di Palermo

Abstract

Il contributo presenta il progetto di restauro del *Complesso Monumentale di Santa Maria del Popolo degli Incurabili* a Napoli, preceduto da un articolato programma di indagini diagnostiche. Le analisi strutturali, geofisiche e sui materiali, condotte mediante prove invasive e non invasive, hanno permesso di individuare le principali criticità e i fattori di vulnerabilità. I risultati hanno guidato le scelte progettuali, garantendo interventi compatibili con la materia storica e finalizzati alla conservazione e valorizzazione del complesso.

The contribution presents the restoration project of the monumental complex of Santa Maria del Popolo degli Incurabili in Naples, preceded by a comprehensive programme of diagnostic investigations. Structural, geophysical and material analyses, conducted using invasive and non-invasive tests, identified the main critical issues and vulnerability factors. The results guided the design choices, ensuring interventions compatible with the historical material and aimed at the conservation and enhancement of the complex.

Keywords

Santa Maria del Popolo degli Incurabili, indagini diagnostiche, restauro.

Santa Maria del Popolo degli Incurabili, diagnostic investigations, restoration.

Introduzione

Nel panorama contemporaneo del restauro architettonico, la diagnostica non rappresenta più un semplice supporto tecnico alla progettazione, ma costituisce il fondamento epistemologico dell'intervento conservativo. Essa si configura come dispositivo critico capace di mettere in relazione storia, materia e comportamento strutturale, trasformando l'edificio storico in un oggetto conoscibile attraverso strumenti scientifici al fine di applicare il "pensiero visivo", centrato su una metodica di filtraggio delle informazioni delle forme di degrado [Rosina 2004, 16]. In questa prospettiva, Santa Maria del Popolo degli Incurabili a Napoli (Figura 1) offre un caso di studio emblematico, per i processi di stratificazione succeduti nel tempo, per la complessità funzionale e per la qualità degli apparati architettonici e decorativi che lo compongono.

L'intero complesso, articolato in più corpi di fabbrica, è composto dalla Chiesa di Santa Maria del Popolo, il Chiostro di Santa Maria delle Grazie, l'Orto Medico, gli ambienti ospedalieri e la Farmacia Storica. Le campagne diagnostiche sono state condotte in ognuna delle suddette componenti architettoniche nell'ambito di un piano di indagini redatto dai progettisti, condiviso con il Committente



Fig. 1: Carafa, Guadagno, Vaccaro, Santa Maria del Popolo degli Incubabili, particolare del prospetto est, fronte della Farmacia storica, immagine dell'autore

ASL Napoli 1 e sottoposto all'approvazione della Soprintendenza di Napoli, che prevede indagini strutturali, geomorfologiche, geologiche, geo-archeologiche, archeologiche e sulle superfici decorate (lignee, tele e ceramiche). Tali attività si inseriscono nel progetto di riqualificazione condotto dal gruppo di lavoro costituito dallo Studio Associato di Architettura Carafa e Guadagno in qualità di capogruppo mandataria, affiancato da: Studio Costa Architetture per la progettazione architettonica e museale; Barretta & Partners per la progettazione sanitaria ed impiantistica; IA2 Studio Associato per le opere meccaniche; Domi Moss per la progettazione del paesaggio; General Engineering per la progettazione strutturale. All'interno dell'assetto di progetto, lo Studio Associato di Architettura Carafa e Guadagno ha svolto il ruolo di capogruppo, curando il coordinamento generale, l'integrazione tra le discipline e la progettazione architettonica; inoltre sviluppato e coordinato la progettazione degli interventi di restauro, garantendo continuità metodologica e coerenza tra le diverse fasi del processo progettuale, avvalendosi della consulenza dell'architetto S.T. Vaccaro in particolare per le indagini e lo studio delle patologie dei materiali per la redazione del progetto di restauro.

A supporto del gruppo di progetto sono intervenuti consulenti e specialisti nei rispettivi ambiti: la dott.ssa Giorgia Galanti di Fabrica Conservazione e Restauro per il restauro artistico; il dott. Ferdinando De Simone per la consulenza archeologica; CG Associati per la consulenza geologica; l'arch. Riccardo Pagani di BIMON in qualità di BIM Manager.

Al fine di garantire la maggiore compatibilità tra le scelte progettuali sono state integrate *in situ* differenti tecniche di indagine diagnostica sulla scorta di esperienze applicate al Museo Archeologico Nazionale di Napoli [Pagliarulo 2024, 257-267] e alla torre dei Monti di Scauri [Crova, Miraglia 2019, 20-24]. Sul piano strutturale sono state eseguite analisi geofisiche del sottosuolo (INGEO), parallelamente, sui paramenti murari e sugli apparati decorativi sono stati effettuati saggi stratigrafici e analisi al microscopio ottico (BLUECAPRI).

L'insieme dei dati strutturali, materici e geologici ha consentito di costruire un quadro conoscitivo organico, superando una lettura settoriale dei singoli edifici e restituendo l'unità funzionale e co-

struttiva del complesso. Tale base diagnostica ha orientato le scelte conservative secondo criteri di compatibilità chimico-fisica dei materiali, reversibilità degli interventi e minimo impatto sulle strutture storiche, in coerenza con un'impostazione metodologica che privilegia la conservazione della materia autentica e la leggibilità delle stratificazioni storiche.

1. Il complesso degli Incurabili: cenni storici

Il Complesso degli Incurabili nasce tra il 1519 e il 1522, in una fase di intensa trasformazione urbana della Napoli vicereale. La fondazione dell'ospedale, promossa in un contesto di riforma assistenziale e di riorganizzazione delle istituzioni caritative, si colloca in un'area già interessata da preesistenze religiose e conventuali, con un aumento significativo tra il 1580 e il 1585 [Strazzullo 1968, 102]. Nel corso del XVI e XVII secolo il complesso si amplia progressivamente, articolandosi in diversi corpi di fabbrica che rispondono alle esigenze sanitarie, spirituali e logistiche dell'istituzione.

Le fonti storiche restituiscono un'immagine precisa della rilevanza urbana e architettonica dell'ospedale. Carlo Celano descrive l'Ospedale degli Incurabili come una delle strutture più eminenti della città, sottolineandone l'articolazione spaziale con la presenza della chiesa e degli ambienti annessi [Celano 1870, vol. III, pp. 81, 218, 670]. Giuseppe Galanti evidenzia la qualità degli arredi e degli apparati decorativi [Galanti 1845, 123], in particolare, la Farmacia, sorta in seguito alla nascita nel 1588 della corporazione degli speciali, emerge come ambiente di rappresentanza, oltre che funzionale.

Nel corso del Settecento e dell'Ottocento il complesso subisce ulteriori trasformazioni secondo il gusto dell'architettura napoletana basata sulla combinazione di arcate e scale a vista [Pane 1949, 85-86] oltre all'evoluzione delle pratiche sanitarie che ne condizionarono la distribuzione interna. I bombardamenti della Seconda guerra mondiale colpirono duramente la città di Napoli compreso il complesso degli Incurabili [Picone 2011, 368-369] seguiti dalle successive rifunionalizzazioni novecentesche che incisero in modo significativo su alcune parti dell'organismo edilizio, con integrazioni cementizie e impermeabilizzazioni incongrue.

Le indagini descritte nel presente contributo hanno l'obiettivo di offrire una lettura chiara e quanto più esaustiva, attestando una continuità d'uso del complesso ed un processo di stratificazione continuo nel tempo, fino al Ventesimo secolo.

2. Lo stato di conservazione di Santa Maria del Popolo degli Incurabili

Il quadro conservativo del complesso si presenta articolato e differenziato, ma riconducibile ad alcune criticità ricorrenti. Le murature originarie, realizzate prevalentemente in tufo giallo napoletano con finiture a base di malte di calce, mostrano fenomeni di disgregazione superficiale, distacchi di intonaco e perdita di coesione delle malte di allettamento. Le fasce basamentali dei prospetti, in particolare, risultano compromesse da umidità di risalita capillare, con degrado esteso fino a circa un metro dal piano di calpestio. In tali aree si osservano efflorescenze saline, rigonfiamenti e distacchi dello strato di finitura.

Le porzioni in elevazione evidenziano alterazioni cromatiche, depositi superficiali e prime fasi di solfatazione, riconducibili all'esposizione agli agenti atmosferici e all'inquinamento urbano. Le indagini strutturali *in situ*, come nei casi della chiesa dei Santi Michele e Omobono e della Farmacia Storica, condotte mediante prove con martinetti piatti singoli e doppi, carotaggi e saggi murari, hanno evi-

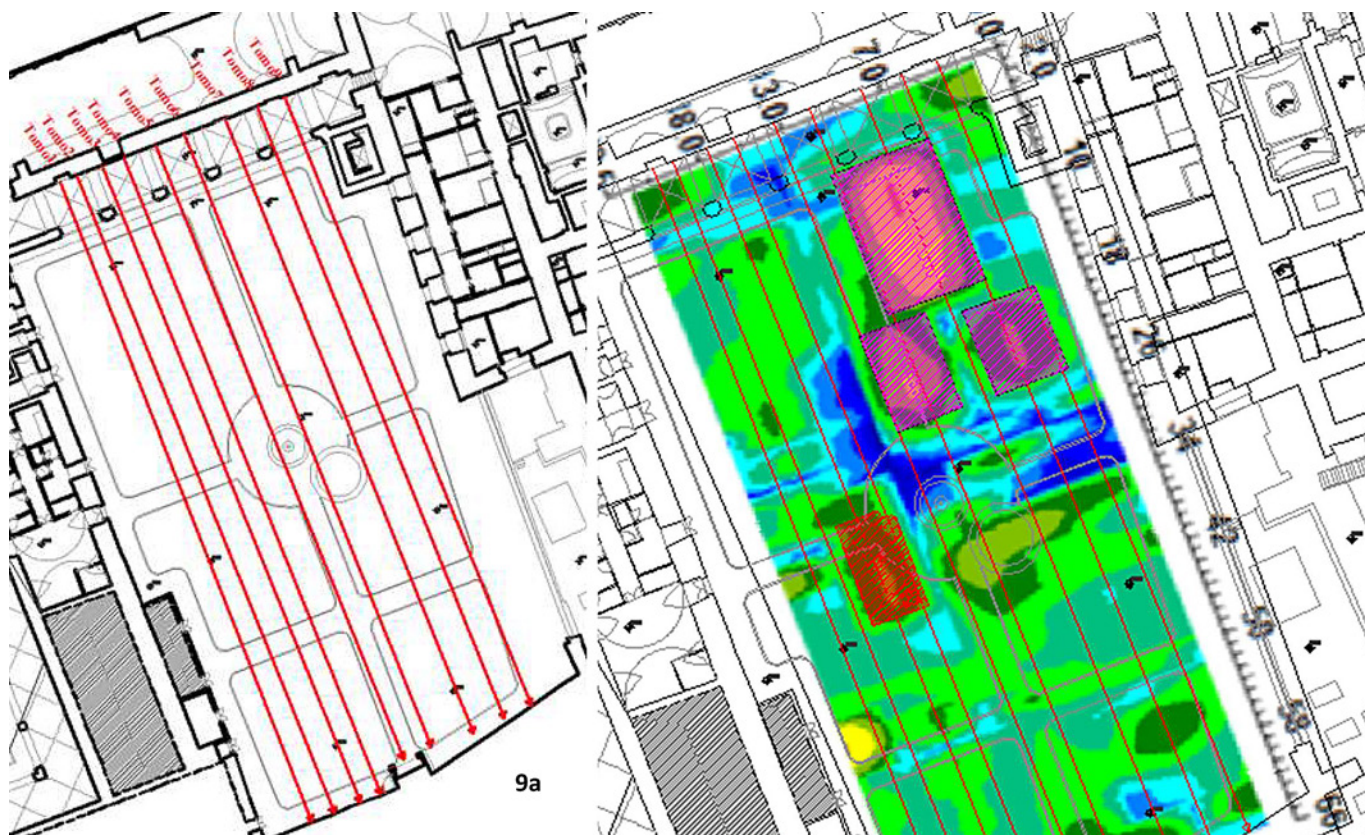


Fig. 2: INGEO, a sinistra, ubicazione degli stendimenti eseguiti al fine di elaborare i dati dell'algoritmo di inversione RES3Dinv; a destra, ricostruzione degli andamenti di resistività lungo le sezioni elettrostratigrafiche. il rettangolo rosso sulla sinistra individua la cavità nota da letteratura, mentre in magenta si delimitano le aree in cui si suggerisce di eseguire uno scavo.

denziato una generale riduzione della resistenza meccanica delle murature, in particolare nelle zone interessate da umidità persistente.

Le indagini geofisiche del sottosuolo, attraverso tomografie elettriche 2D e 3D, hanno consentito di ricostruire l'assetto elettrostratigrafico fino a profondità comprese tra sette e dieci metri, individuando eventuali anomalie riconducibili a vuoti o a discontinuità litologiche (Figura 2). L'integrazione tra dati geofisici e osservazioni in elevazione ha permesso di correlare alcune manifestazioni di degrado superficiale con condizioni di umidità persistente o con assetti stratigrafici favorevoli al ristagno idrico. Nel complesso, lo stato di conservazione dei corpi di fabbrica riflette l'interazione tra fattori ambientali, cause estrinseche ed intrinseche [Capponi 2015, 438-441] vulnerabilità materica e interventi manutentivi non sempre compatibili, imponendo una strategia conservativa calibrata sulle specificità di ciascuna sub-unità.

In tale prospettiva metodologica, il presente contributo concentra l'analisi sulla Farmacia Storica e sui corpi edilizi ad essa annessi, assunti quali casi-studio rappresentativi dell'intero complesso monumentale. La scelta risponde a un criterio di significatività tipologica e materica: tali ambiti, infatti, condensano problematiche strutturali, fenomeni di degrado superficiale, stratificazioni decorative e interferenze manutentive riconducibili all'intero organismo edilizio. Considerata l'estensione e la complessità del sito, non risulta possibile in questa sede restituire in modo esaustivo l'intero quadro diagnostico, tuttavia, l'approfondimento di queste fabbriche architettoniche consente di delineare un modello interpretativo e operativo trasferibile alle restanti parti del complesso.

3. Analisi diagnostiche e lettura stratigrafica: il caso della Farmacia Storica

All'interno del complesso degli Incurabili, la Farmacia Storica (Figura 3) rappresenta non soltanto un ambiente di rilevante valore artistico e simbolico, ma anche un ambito privilegiato per la lettura della stratificazione materica e delle trasformazioni subite dall'organismo edilizio nel corso dei secoli. La campagna diagnostica condotta in questo settore, estesa ai prospetti orientali interni ed esterni adiacenti alla Farmacia (Figura 4), ha consentito di ricostruire con notevole precisione la sequenza degli strati, la natura dei materiali costitutivi, le modalità di applicazione delle finiture e le cause dei fenomeni di degrado attualmente in atto.

Dal punto di vista costruttivo, le murature risultano prevalentemente realizzate in tufo giallo napoletano, con tessitura regolare e malte di allettamento a base di calce aerea e inerti di natura vulcanica. I saggi stratigrafici eseguiti sulle superfici intonacate della Farmacia hanno evidenziato un primo strato di arriccio costituito da malta di calce aerea con inerti cineritici di granulometria medio-grossolana, funzionale alla regolarizzazione del supporto murario e alla compensazione delle irregolarità della tessitura tufacea. A questo strato segue un secondo livello più fine, con granulometria inferiore e maggiore omogeneità della matrice legante, che costituisce il supporto diretto per le finiture cromatiche.



Fig. 3: Carafa, Guadagno, Vaccaro, Farmacia Storica, particolare dell'interno, immagine dell'autore



Fig. 4: Carafa, Guadagno, Farmacia Storica, prospetto, analisi diagnostiche, elaborato Carafa – Guadagno.

Le analisi al microscopio ottico hanno permesso di riconoscere, sopra tale strato, diverse stesure pigmentate riferibili a fasi decorative successive. In alcuni punti si riscontrano colorazioni brune compatte, con buona adesione al supporto, mentre in altre aree emergono tonalità gialle più tenui, applicate in strati sottili (Figura 5). L'assenza di preparazioni intermedie o di fissativi artificiali suggerisce che le nuove stesure siano state precedute da operazioni di pulitura meccanica delle superfici, probabilmente mediante spazzolatura o carteggiatura, piuttosto che da rimozioni radicali. Ciò testimonia una continuità d'uso e una prassi operativa tradizionale, coerente con le esigenze igieniche e funzionali di un ambiente sanitario.

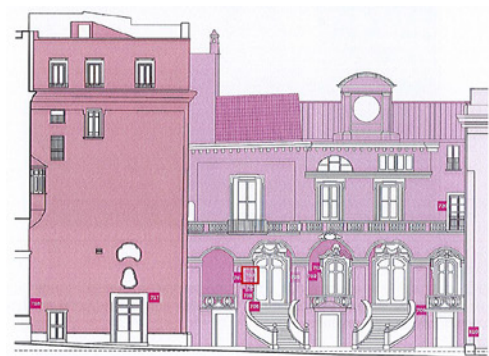


Fig. 5: BLUECAPRI, Farmacia Storica, parete interna del portico, particolare del campione ove emergono gli strati composti dai seguenti materiali: muratura in tufo giallo, intonaco con malta di calce, intonachino, strati di scialbature, strato di colore bruno, pittura colore giallo acrilico – vinilico.

Particolare attenzione è stata rivolta al portalino in tufo pipernoide ubicato nel chiostro dipinto in prossimità della Farmacia, un elemento che costituisce un nodo significativo nel sistema distributivo del complesso. Le indagini hanno rivelato la presenza di una decorazione a tempera con leganti organici, impostata direttamente sul supporto lapideo e successivamente ricoperta da più strati di pittura grigia, anch'essa a tempera, con funzione imitativa del piperno. La lettura stratigrafica ha consentito di ipotizzare una fase decorativa originaria di maggiore qualità, seguita da interventi per conferire una maggiore uniformità cromatica, probabilmente più tarde. Lo stato di conservazione del portalino risulta fortemente compromesso: si osservano esfoliazioni del supporto tufaceo, sollevamenti a scaglie della pellicola pittorica e fenomeni di decoesione, riconducibili alla combinazione di elevata umidità ambientale, risalita capillare e marcate escursioni termoigrometriche. In questo caso, l'indagine diagnostica non si è limitata a registrare il degrado, ma ha consentito di distinguere tra materia originaria e sovrapposizioni, offrendo indicazioni puntuali per eventuali interventi di consolidamento e di rimozione selettiva delle ridipinture incongrue.

Nei prospetti orientali adiacenti alla Farmacia, sia all'interno che all'esterno, la situazione materica presenta analogie significative, pur con alcune differenze legate all'esposizione e alle condizioni microclimatiche. Le superfici esterne mostrano intonaci a base di calce aerea con inerti vulcanici, spesso interessati da fenomeni di disgregazione superficiale, microfessurazioni e distacchi localizzati.

Le superfici interne dei prospetti orientali, meno esposte agli agenti atmosferici ma comunque soggette a variazioni termoigrometriche, presentano una maggiore conservazione delle stesure cromatiche storiche, pur evidenziando fenomeni di rigonfiamento e distacco in corrispondenza delle aree maggiormente interessate da infiltrazioni. Le indagini hanno messo in luce una sostanziale omogeneità delle malte storiche, caratterizzate da una matrice di calce aerea con buona qualità di carbonatazione e inerti cineritici compatibili con le tecniche tradizionali napoletane.

L'integrazione tra analisi stratigrafiche e indagini strutturali ha fornito un quadro completo dei fenomeni superficiali con le condizioni interne della muratura. Le prove con martinetti piatti hanno evidenziato valori di resistenza e deformabilità coerenti con murature storiche in tufo, ma con riduzioni localizzate nelle zone interessate da umidità persistente (Figura 6). I saggi murari hanno confermato la presenza di malte di connessione in parte impoverite, soprattutto nelle fasce inferiori, dove l'azione dei sali e dell'acqua ha determinato una progressiva perdita di coesione.

Nel loro insieme, le analisi svolte nella Farmacia Storica e nei prospetti orientali hanno restituito un quadro articolato, in cui la materia originaria, le stratificazioni storiche compatibili e gli interventi



Fig. 6: INGEO, applicazione della prova con i martinetti piatti negli ambienti della Farmacia Storica.

incongrui risultano chiaramente distinguibili. Tale distinzione non ha valore puramente descrittivo, ma costituisce la base per un progetto di restauro consapevole, capace di preservare ogni stratificazione significativa e di intervenire in modo puntuale sugli elementi alterati. La diagnostica, in questo contesto, si configura come strumento di interpretazione critica della materia, capace di coniugare rigore scientifico e sensibilità storico-architettonica nella tutela di uno dei luoghi più rappresentativi del complesso degli Incurabili.

4. Dall'analisi delle indagini diagnostiche alla progettazione degli interventi di restauro

Gli interventi previsti ed alcuni già in corso nel complesso degli Incurabili si fondano su un'impostazione metodologica unitaria, orientata alla conservazione della materia storica in riferimento agli esiti delle indagini diagnostiche. L'azione progettuale assume come priorità la stabilizzazione delle superfici, evitando stridenti contrasti tra i materiali degradati e conservati, come le pietre e materiali svecchiati come gli intonaci [Della Torre 2005, 45], oltre al ripristino delle condizioni igrometriche corrette e la reintegrazione compatibile delle lacune, evitando sostituzioni generalizzate.

Per l'intero complesso sono state previste operazioni preliminari di messa in sicurezza mediante puntellature e bendaggi localizzati nelle aree interessate da distacchi o porzioni in pericolo di caduta. Seguite da una pulitura controllata delle superfici, con rimozione dei depositi incoerenti, delle efflorescenze saline e delle patine biologiche attraverso trattamenti selettivi e metodologie manuali, calibrate sulla natura dei supporti, con l'impiego di prodotti di sintesi e di origine biologica o di argille adsorbenti [Musso 2013, 42, 418]. Le murature in tufo e gli intonaci storici saranno oggetto di consolidamenti puntuali mediante iniezioni di malte a base di calce idraulica naturale desalinizzata, oltre ad operazioni di pulitura che non riportino 'a nuovo' le superfici intonacate, evitando forme d'intenzionalità progettuale del restauratore [Carbonara 2005, 18-19].

Nel caso della Farmacia Storica, gli interventi assumono un carattere più articolato per la presenza di superfici decorate, stucchi e apparati di pregio. Le operazioni preliminari prevedono la stabilizzazione degli elementi a rischio mediante il consolidamento superficiale con la stesura a pennello di silicato di etile [Feiffer 1997, 273] seguito da una pulitura mediante nebulizzazioni controllate e impacchi localizzati, evitando eccessi di imbibizione che possano compromettere gli strati di intonaco. La presenza di più fasi decorative sovrapposte impone un approccio selettivo in cui sono previsti saggi preliminari di pulitura per individuare la quota storicamente più significativa, evitando rimozioni indiscriminate.

Nel portalino in tufo pipernoide, interessato da esfoliazioni e sollevamenti della pellicola pittorica, è previsto il consolidamento del supporto lapideo mediante applicazioni controllate di silicato di etile, al fine di ristabilire la coesione senza creare pellicole impermeabili. Sempre all'esterno, nei prospetti orientali, interni ed esterni alla Farmacia, l'intervento si concentrerà sulla risoluzione delle criticità legate all'umidità di risalita e alle impermeabilizzazioni bituminose novecentesche. Le fasce basamentali interessate da trattamenti impermeabili saranno sottoposte a rimozione controllata e sostituite con sistemi traspiranti a base di calce, capaci di favorire l'evaporazione dell'umidità residua.

All'interno, l'intervento sarà predisposto il consolidamento degli strati pittorici e la reintegrazione cromatica secondo criteri di riconoscibilità e reversibilità. Le nuove stuccature saranno leggermente arretrate rispetto al piano originario, così da distinguere l'intervento contemporaneo dalla materia storica.

Nel complesso, gli interventi previsti configurano un'azione coordinata che, a partire dalla conoscenza diagnostica, mira a ristabilire l'equilibrio materico e strutturale dell'organismo edilizio, nel rispetto di ogni corpo architettonico e della sua identità storica.

Conclusioni

L'ampio ventaglio delle indagini condotte nel Complesso di Santa Maria del Popolo degli Incurabili dimostra come la diagnostica applicata al restauro rappresenti un processo conoscitivo complesso, in cui strumenti scientifici e interpretazione storico-critica si integrano reciprocamente, nel rispetto della stratificazione, evitando ogni forma di negazione della preesistenza [Vivio 220]. La Farmacia Storica e i prospetti orientali, lungi dall'essere semplici superfici degradate, si configurano come palinsesti materici nei quali si intrecciano fasi costruttive, cicli manutentivi e interventi correttivi.

Le indagini diagnostiche hanno consentito di restituire coerenza interpretativa a un organismo architettonico profondamente stratificato, fornendo dati oggettivi sul comportamento strutturale e sulla natura dei materiali, ma anche elementi di lettura utili a comprendere il senso storico delle trasformazioni. In questa prospettiva, il progetto di restauro non si limita a riparare il danno, ma si fonda su una conoscenza critica della materia, riconoscendo il valore della stratificazione e intervenendo con strumenti compatibili e reversibili. Il processo di analisi diagnostica, dunque, non è mera tecnica ausiliaria, ma fondamento metodologico del restauro contemporaneo, capace di coniugare rigore scientifico e responsabilità culturale nella tutela del patrimonio architettonico.

Bibliografia

Capponi, G. (2015). *L'invecchiamento e il degrado*, in *Atlante del Restauro*, a cura di G. Carbonara, vol. 1, Milano Fiori Assago, Utet – Wolters Kluwer Italia, pp. 433-455.

Carbonara, G. (2005). *Teoria e prassi negli ultimi venti anni*, in *Il colore dell'edilizia storica*, atti del Secondo Incontro delle Giornate di Studio promosse dalla Soprintendenza BB.AA.AA.SS. per l'Abruzzo e dal Dipartimento di Architettura dell'Università dell'Aquila, a cura di D. Fiorani, L'Aquila 13-14 novembre 2000, Roma, Gangemi Editore, pp. 16-21.

Celano, C. (1870). *Notizie del bello e del curioso della città di Napoli*, Napoli, tipo-litografia e libreria di L. Chiu-razzi.

Crova, C., Miraglia, F. (2019). *Indagini diagnostiche non invasive e manutenzione programmata. Analisi di un caso di studio: la torre dei Monti di Scauri*, in «Archeomatica», anno X, n. 4, pp. 20-24.

Della Torre, S. (2005). *Colore e spessore*, in *Il colore dell'edilizia storica*, in *Il colore dell'edilizia storica*, atti del Secondo Incontro delle Giornate di Studio promosse dalla Soprintendenza BB.AA.AA.SS. per l'Abruzzo e dal Dipartimento di Architettura dell'Università dell'Aquila, a cura di D. Fiorani, L'Aquila 13-14 novembre 2000, Roma, Gangemi Editore, pp. 45-49.

Feiffer, C. (1997). *La conservazione delle superfici intonacate. Il metodo e le tecniche*, Milano, Skira editore.

Galanti, G. (1845). *Nuova guida per Napoli e i suoi contorni*, Napoli.

Musso, S.F. (2013). *Tecniche di restauro – banca dati*, Torino, Milano Fiori Assago, Utet – Wolters Kluwer Italia.

Pagliarulo, D. (2024). *Conoscere la materia: aspetti metodologici e le indagini diagnostiche sull'edificio del Museo Archeologico Nazionale di Napoli*, in MANN. *Architettura, storie, restauro*, a cura di B.G. Marino, Roma, editori paparo, 257-267.

Pane, R. (1949). *Napoli imprevista*, Torino, Einaudi.

Picone, R. (2011). *Danni bellici e restauro a Napoli. Il complesso del palazzo Reale, tra bombardamenti e occupazione militare*, in *Guerra monumenti ricostruzione. Architetture e centri storici italiani nel secondo conflitto mondiale*, a cura di L. De Stefani, Venezia, Marsilio, pp. 368-378.

Rosina, E. (2004). *La percezione oltre l'apparenza: l'architettura all'infrarosso*, Città di Castello, Alinea Editrice.

Strazzullo F. (1968). *Edilizia e Urbanistica a Napoli dal '500 al '700*, Napoli, Arturo Berisio Editore.

VIVIO, B. (2007). *Il moderno sull'antico. Lettura dell'intervento contemporaneo*, in *Trattato di restauro architettonico. Primo aggiornamento*, a cura di G. Carbonata, Milanofiori Assago, Utet – Wolters Kluwer Italia, pp.211-263.

The Monteath Mausoleum at the Glasgow Necropolis: survey, diagnosis, monitoring and predictions

Il Mausoleo Monteath nella Necropoli di Glasgow: rilievo, diagnosi, monitoraggio e previsioni

Noemi Giovelli*

Historic Environment Scotland, UK

Matthew Gustard **

University of Strathclyde, UK

Javier

Martinez Martínez***

Instituto Geológico y Minero de España
(IGME-CSIC), Spain

**Cristina
Gonzalez-Longo****

University of Strathclyde, UK
c.gonzalez-longo@strath.ac.uk

Abstract

The paper discusses the condition of the Monteath Mausoleum at the Glasgow Necropolis (c.1842), with a focus on its stone pathologies and causes. The work is based on visual observations and documentation carried out by four cohorts of MSc students and subsequent laboratory tests. It discusses also the wider structural issues concerning the instability of the ground conditions and the implications of climate change, taking on board existing predictions concerning future increase in precipitation.

L'articolo analizza le condizioni del Mausoleo di Monteath nella Necropoli di Glasgow (c.1842), con particolare attenzione alle patologie della pietra e alle relative cause. Il lavoro si basa su osservazioni sul campo e documentazione svolte da tre gruppi di studenti di MSc e successivi test di laboratorio. Vengono inoltre affrontate le più ampie problematiche strutturali relative all'instabilità del terreno e alle implicazioni del cambiamento climatico, tenendo conto delle previsioni esistenti sull'aumento delle precipitazioni.

Keywords

Monteath Mausoleum, sandstone, diagnosis.

Monteath Mausoleum, arenaria, diagnosi.

Introduction

The Monteath Mausoleum, built around 1844 in the Glasgow Necropolis, is in very poor condition (FIG.1). This paper presents work in progress with both research and educational objectives, as the building is used to train architectural conservation students in developing observation skills, understanding of stone pathologies and awareness of structural issues. The building has been used since 2017 for training students of the MSc in Architectural Design for the Conservation of Built Heritage at the University of Strathclyde. This has allowed for a large amount of photographic and survey data that has been used for comparative analysis in subsequent years. In addition to the field observations, compositional analysis was undertaken by X-ray diffraction, X-ray fluorescence and mercury intrusion porosimetry to document the characteristics and the physical and chemical deterioration of the stone.

Setting and Architecture

The Mausoleum occupies a prominent position in the Sigma Division of the Glasgow Necropolis, an elevated ground to the East of Glasgow and adjacent to the Cathedral. This distinctive landmark



Figure 1: Front elevation of Monteath Mausoleum

was built for Major Archibald Douglas Monteath, former member of the East India Company. He was known in Glasgow as “The Major” and described as “the recognised arbiter of beauty in Glasgow” [BoGC 1891]. When he died in 1842, he left £1,000 for his brother James Monteath Douglas to build the mausoleum. James was a partner in the wine merchants’ firm *Hamilton, Monteath & Co* and later held the position of Distributor of Stamps in the city of Glasgow. He died on the 3rd of June 1850 and was buried in the Mausoleum alongside his brother, in “two covered vaults in the centre of the mausoleum, where the two brothers repose side by side, without slab or inscription” [Blair 1857].

This was the first free-standing mausoleum constructed in the Necropolis [Scott 2005] and we know that in 1843 its construction was ongoing [Black 1843]. It was designed by the prominent Edinburgh architect David Cousin (1809-1878) [DoSA, n.d.]. After training at the William Henry Playfair office, Cousin established his own practice. Between 1839 and 1845, he entered a short-lived partnership with the Glasgow civil engineer William Gale, and thereafter, Gale would have played a central role in the construction.

The building has a central plan of 30 feet diameter (approximately 9 meters) and an articulated and finely carved lower elevation with 14 deep-set window niches surmounted by arched recesses with columns. Some of these windows may originally have been open. The upper part of the structure is a clerestory, smaller and octagonal in plan, with windows on each side and some visible remains of glazing. The top presents a scale-patterned frieze connected by iron straps (some now visible), surmounted by head-carved corbels supporting the cornice. Internally, an ambulatory supports the upper, octagonal section enclosed by a central dome, in an arrangement similar to Ancient Roman tombs such as Santa Constanza in Rome.

The historiography of the building is very limited [Blair 1857; Williamson, et. al 1990; Johnston 2007] and the designation of the mausoleum needs reconsideration. The building is Category A listed as part of the wider Glasgow Necropolis, with the description: “Neo-Norman. Elaborate “Temple Church” type” [HES 1970]. However, it follows the ancient typology of martyrion rotunda and its overall architecture is more reminiscent of Eastern than Western architecture. A striking similarity externally in terms of overall architectural composition and setting is the 10th century family burial chapel of St Gregory of the Abughamrents in Ani.

Methodology

The documentation of the building’s condition and systematic visual inspections of the accessible external surfaces were carried by MSc students’ cohorts in the years 2017, 2019, 2023, and 2025. They have been supported by their conservation architect tutor, along with stone specialists and structural engineers, who have helped to identify key issues such as the structural movement related to the ground conditions and the patterns of stone decay and associated mechanisms.

The students undertook detailed inspections of the stone and all architectural elements to identify the full range of pathologies, complemented by an extensive and systematic photographic survey and the mapping of these conditions on the elevation drawings. Photographic documentation was collected, where possible, from fixed viewpoints to facilitate direct comparison with records from previous years.

The mapping of pathologies allowed for the detailed analysis of the distribution of damage in relation to the building’s orientation and architectural characteristics, as well as for the identification of

potential causes of deterioration. The main references used for the identification and mapping of pathologies were the ICOMOS Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns [ICOMOS 2008] and the Italian NorMal [1988].

Fragments of stone were collected from the Mausoleum to obtain a representative profile of the degradation mechanisms, considering variations in exposure and characteristics of the deterioration. The petrographic characteristics of the stone were investigated using a digital microscope and compared with quarry samples to identify the source, while the properties and deterioration mechanisms were investigated by laboratory analysis.

Structural observations were undertaken by mapping cracking patterns and localised displacements, which are particularly evident in the large open joints at higher levels. The original joints were very narrow, and their significant widening is an indicator of movement. Further structural investigations are now planned to be undertaken both in the ground and within the structure itself, to identify whether this movement occurred historically or the underlying causes remain active.

The work was subject to limitations related to the lack of access to higher levels and, more recently, the restricted access to the mausoleum due to the fencing surrounding the structure.

Stone characterisation and testing

A cross-section of a detached stone fragment revealed a stratified decay profile, with distinct layers exhibiting progressively different degrees of cohesion. The inner portion of the stone, extending from approximately 1-2 cm to several centimetres beneath the surface, displayed a moderately friable texture and a lighter buff colour. Cohesion increased gradually towards the surface, with a progressive change in colour from light buff to dark orange (FIG.2). The surface layer consisted of a black crust approximately 0.5 mm thick, characterised by high cohesion and strength.

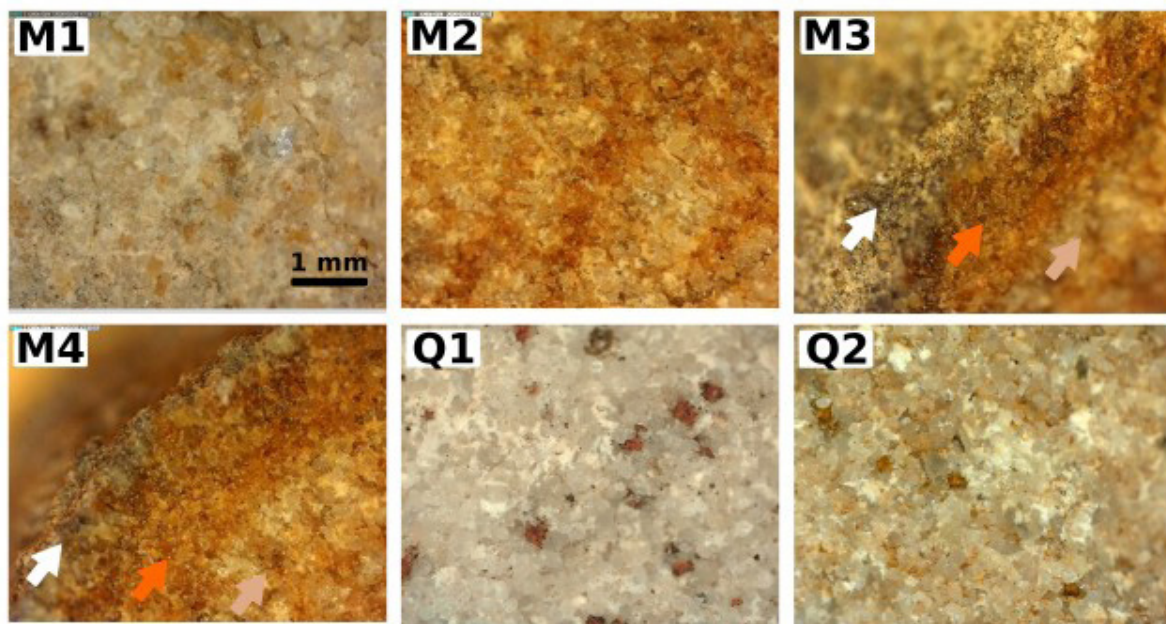


Figure 2: Petrographic appearance of the stone used in the monument (M1-M4) and samples from the Giffnock outcrop (Q1-Q2), viewed with a digital microscope. M1 and Q1 correspond to fresh sections, while M2 and Q2 are altered sections. M3 and M4 show a transition from the exposed surface of the monument (white arrow) to the fresh rock fraction (ochre arrow), including a subsurface layer enriched in oxides (orange arrow).

Samples were collected from each of these layers to provide a representative assessment of the decay profile.

- SMP 1/NS: black crust with homogeneous black colour, high cohesion and resistance.
- SMP 2/SS: portion of stone approximately 0.5 cm below the surface, dark orange–brown colouration with high cohesion and resistance.
- SMP 6/SS: inner portion of stone with light buff colour and occasional darker orange particles, moderately friable and poorly coherent.

The building stone source was investigated by visual comparison of structural and textural features of collected samples and quarry samples held by the Building Stone Library at the British Geological Survey in Edinburgh.

Laboratory analyses were conducted at Historic Environment Scotland's building conservation centre (Engine Shed) and the Spanish Geological Survey (*Instituto Geológico y Minero de España*, CSIC). The mineralogical composition of the bulk samples was determined by X-ray diffraction (XRD) (ARL X'TRA Powder Diffractometer with a start and stop angle setting of 5° and 70° and step size of 0.02°). Salts extraction was performed to assess the presence and type of soluble salts within the stone fabric. The procedure involved the dissolution of the ground sample in deionized water, to a dilution factor of 1:5. A centrifuge (Thermo Scientific, Heraeus Primo model) was employed to accelerate the sedimentation process required to isolate salts, which were collected and weighted after full evaporation of the water. The salt percentage by mass in the sample is expressed by the ratio between the sample and the extracted salt weight. To minimise observational error, two fragments from each sample were analysed separately, in order to obtain an average concentration value. Extracted salts were then ground and analysed by X-ray diffractometry to establish composition.

The geochemical composition of samples from both the monument and outcrop was estimated using a portable X-ray fluorescence (XRF) instrument (VANTA OLYMPUS with Rh anode tube, 5–200µA) capable of semi-quantifying chemical elements with molecular weights from Mg to U. The porous system of the rocks was characterised by mercury intrusion porosimetry (MIP) using a PoreMaster 60 GT (Quantachrome Instruments) mercury porosimeter to determine both the pore content (%) and the pore size distribution in the rock (pore radius interval of 0.002–200 µm).

Findings and Discussion

Patterns and progression of stone decay

Condition surveys revealed that the Mausoleum is affected by widespread and advanced stone deterioration, with significant variability in type, extent and severity of decay patterns across the structure. Decay is not uniformly distributed but shows a strong relationship with orientation, exposure and the building's architectural features (FIG.3).

Areas subject to direct wind-driven rain from the South and prolonged wetting-drying cycles show the most severe loss of material, while more sheltered areas are better preserved. The vortex effect also plays a substantial role in this circular building with an articulated façade. Surface recession and granular disintegration are among the most prevalent forms of decay, particularly affecting the architectural elements on the south and south-east façades, where many carved elements were severely damaged or completely lost. In contrast, black crust is mostly found in the north elevation

and in sheltered areas around the monument. It displays variable thickness which, for the most part, is strongly attached to the substrate. At lower levels, signs of rising moisture were also evident, including areas of surface recession and biological colonisation. At lower levels, signs of rising moisture were also evident, including areas of surface recession and biological colonisation.

Comparative analysis of survey evidence in 2017, 2019, 2023 and 2025 campaigns confirms that the deterioration of the Monteath Mausoleum is progressive and cumulative. Between 2017 and 2019, decay is most clearly seen with significant loss of carved detail, surface loss and the development of biological growth. Within the SE2 niche, the floral carving at the top of the arch shows noticeable detail loss (FIG. 4).

In the upper levels of NW4, between the pillars and on the left sandstone blocks, areas that were previously covered with black crust show discernible detachment by 2019, exposing the underlying vulnerable sandstone. Another visually striking change is the growth of vegetation within the lower roof tiles, indicating the increased moisture retention within the roof. From 2019 to 2023, deterioration continued, particularly on the most exposed southern side. Within the SE2 niche, significant levels of black crust detachment, especially around the columns, has left the stone vulnerable with visible salt efflorescence. In NW4, large portions of black crust

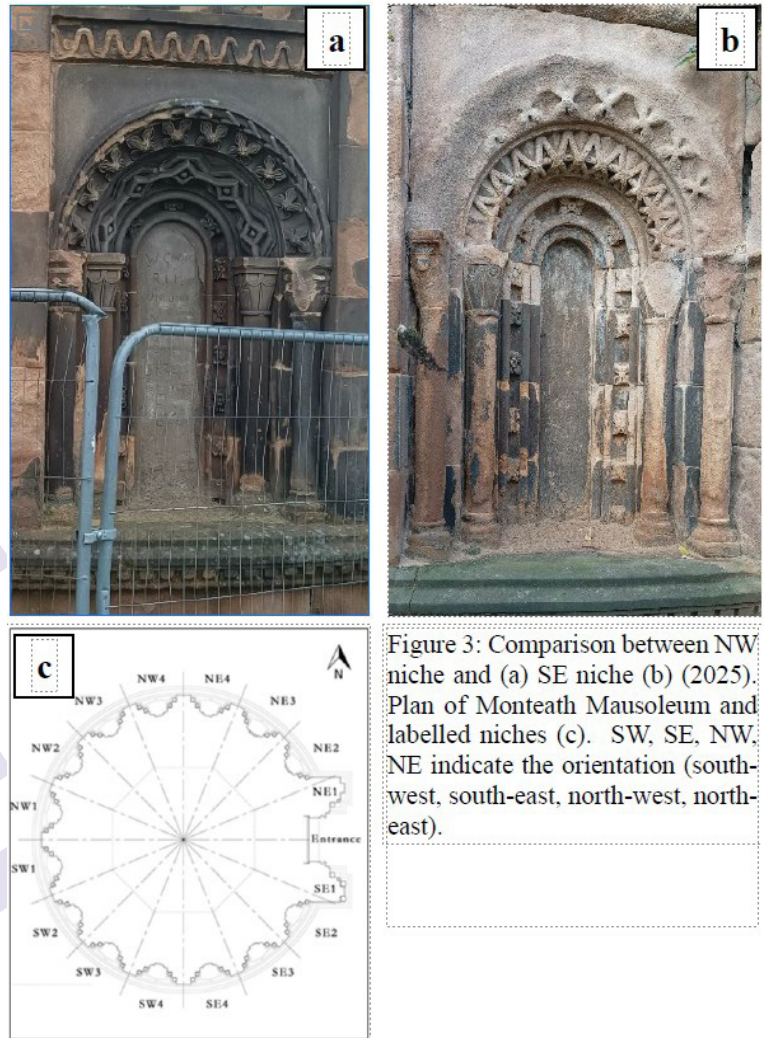


Figure 3: Comparison between NW niche and (a) SE niche (b) (2025). Plan of Monteath Mausoleum and labelled niches (c). SW, SE, NW, NE indicate the orientation (south-west, south-east, north-west, north-east).



Figure 4: South-east niche showing the loss of carved detail (picture from 2020).



FIG. 5: Comparison of the decay progression in the North-West Niche (NW4) in 2017 (a), 2023 (b) and 2025 (c).

have also detached (FIG.5). The left-side blocks show the highest degree of detachment, with some of the previously more sheltered details within the niche now also affected.

The 2023 condition survey deemed the monument unsafe, and the building has since been surrounded by a protective fencing. This has resulted in the further expansion of vegetation along the north side due to the lack of access for maintenance. The latest 2025 survey confirmed that the stone deterioration processes remain active, with decay showing a cumulative increase in severity. In SE2, efflorescence has continued to spread across the face of the niche and onto the outer arches, while exfoliation along the moulding increased, resulting in further surface loss. After the large-scale detachment of black crust recorded in 2023, high levels of exfoliation and progressive erosion can be seen across the surfaces of NW4. In the upper section, the last pillar that had remained fully covered in black crust is now showing signs of recession as layers of the crust start to detach. Vegetation

growth has expanded to the point of partially blocking the view of this section. Localised cracking and displacement are observed in several areas, particularly where stone deterioration is most advanced.

Characterisation of the stone and deterioration processes

Among the quarry samples used for comparison, Giffnock sandstone exhibited structural and textural characteristics that most closely matched the stone samples from the mausoleum. This was also confirmed from the XRF data, which revealed an overall similarity in the geochemical composition of the stone from both the monument and the sample from the outcrop, reinforcing the provenance hypothesis.

Giffnock Quarry was a major sandstone quarry in Giffnock, East Renfrewshire, comprising several quarrying sites. It was one of the principal stone suppliers to Glasgow, reaching its peak between the 1860s and 1880s, before ceasing operations by the 1920s. The quarry produced a distinctive cream-coloured ‘blonde’ sandstone from the Upper Limestone formation. Giffnock sandstone is petrographically characterised as a quartz-rich sandstone, with carbonate cement, clay minerals and iron oxides commonly present, a fine to medium grain size and good sorting.

Results of the XRD analysis confirmed that the main mineral fraction is composed by quartz in SMP 6/SS and SMP 2/SS. A minor proportion of quartz was also detected in SMP 1/NS, the sample of black crust, combined with a major component of gypsum, a common secondary product resulting from the interaction of sulphur pollutants and Ca-rich minerals in the stone. No trace of gypsum was identified in SMP 6/SS and SMP 2/SS.

Gravimetric analysis of extracted salts confirmed elevated concentrations of salts in the black crust (SMP 1/NS), while in SMP 6/SS they were sufficiently low to fall below the instrumental detection limit in the bulk sample (Table 1). The diffractogram clearly shows that in both cases gypsum largely represents the dominant component, corresponding to approximately the 80% of the total amount of salts. Calcite represents the second phase in the overall concentration in SMP 1/NS, accounting for approximately 27% of the total composition.

Table 1: Gravimetric salt extraction results for samples SMP 6/SS and SMP 1/NS, including sample weight, extracted salt mass and calculated salt content

	<i>Round 1</i>	<i>Round 2</i>	<i>Salt Content</i>
<i>SMP 6/SS</i>	Weight of sample: 4.94 g Salt weight: 0.07 g Salt Content: 1.41%	Weight of sample: 6.35 g Weight of salt: 0.05 g Salt Content: 0.78%	1.09. %
<i>SMP 1/NS</i>	Weight of sample: 4.68 g Salt Weight: 0.13 g Salt Content: 2.77 %	Weight of sample: 4.01 g Weight of salt: 0.14 g Salt Content: 3.49 %	3.13%

Among the semi-quantitative values obtained from the XRF analysis, the higher sulphur (S) and calcium (Ca) content, associated with gypsum (as alteration product), stands out in the monument samples (even in the less decayed section) compared to the quarry samples (Table 2). This content

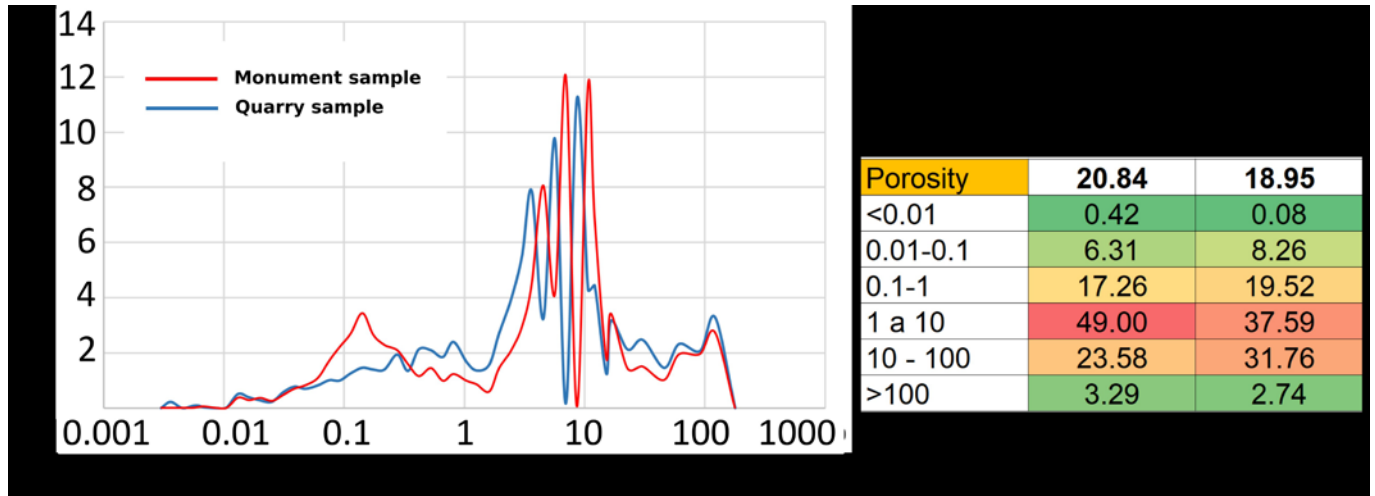


Figure 6: Pore size distribution of samples from the monument and the quarry. In the table on the right: porosity (expressed as % of the total rock volume) and porosity fraction in different pore radius ranges (expressed as % of the total porosity).

is even higher in samples with scaling, oxides, and surface patinas, reinforcing the link between gypsum and surface alteration processes in the rock.

Another noteworthy aspect is the high phosphorus (P) content in the oxide layer and, especially, the surface patina of the monument sample, likely associated with biocolonisation of the rock. The oxide-rich layers show relative enrichment in iron (Fe) and other compatible elements (As). Finally, the accumulation in the surface layer of the monument of Ni, Cu, Zn, Cr, Ti stands out, associated with the surface deposition of urban-industrial pollution particles.

The stone used in the construction of the Monteath Mausoleum has an open porosity (according to MIP values) of 20.84%, very similar to the porosity recorded in the quarry samples (FIG. 6). The stone's pore system exhibits a predominant pore population in the 1-10 micron range (table in FIG. 6), with an average pore size of 7.16 microns. The pore size distribution is directly correlated with the effectiveness and aggressiveness of salt crystallisation within the rock, since the crystallisation pressure exerted by the salt on the walls of the pore system is inversely proportional to the pore size [Wellman and Wilson 1965; Martínez-Martínez et al. 2018]. The fraction of pores most susceptible to salt crystallisation is that between 0.1 and 100 microns; therefore, the Monteath Mausoleum building stone is highly vulnerable to deterioration due to salt crystallisation, based on its pore system.

Table 2: Geochemical composition (semi-quantitative analysis) of samples from the monument (M1-M4) and quarry samples (Q1-Q2). Concentration in ppm. *: values below the detection limit of the equipment.

Sample	M1	M2	M3	M4	Q1	Q2
Description	Fresh fraction	Weathered (scaling)	Weathered (oxide)	Weathered (surface)	Fresh fraction	Weathered (oxide)
[Al]	37325.0.	46805.0.	49111.5.	47794.0.	36985.6.	46703.5.
[Si]	250140.6	228377.5	235193.0	146466.0	268329.6	249845.5
[P]	*	*	8.0.	19.0.	*	*
[S]	7729.6.	15080.5.	12561.0	40725.5	*	*
[K]	2182.6	2677.0	2182.0.	2919.5.	2249.3.	2031.5.
[Ca]	12739.6.	16264.5.	13181.5	45278.5	617.3	717.0
[Ti]	2863.3	3508.5	2877.5.	3683.5.	1950.0.	2895.0.
[Cr]	68.5.	*	41.5	66.0	56.0	46.0
[Mn]	367.6	633.5.	411.5.	309.0.	247.0.	142.5.
[Fe]	9146.0.	13727.0	14891.0	9260.5	2752.6	7554.5
[Ni]	4.0	*	5.0.	8.0.	9.5.	5.0.
[Cu]	40.0.	38.5.	38.0	54.5	84.0	48.0
[Zn]	34.6	40.0	115.5.	135.5.	26.3.	25.0.
[As]	3.0.	1.50.	8.0	3.5	2.6	4.0
[Sr]	33.6	33.5	37.0	142.5	35.0	32.0

The condition of the Monteath Mausoleum reflects the cumulative interaction of material properties, historical pollution, environmental exposure and site-specific conditions. Analytical results confirmed that past pollution played a significant role in altering the stone fabric, through the dissolution of carbonate components and formation of black crusts. These processes have resulted in a stratified decay profile, characterised by a distribution highly influenced by exposure.

Water plays a central role in most stone mechanisms of decay, acting both as a direct agent of chemical alteration and as a transport medium for dissolved pollutants and soluble salts [Torraca 2009; Alves et al. 2021]. The interaction between rainwater and carbonate components has been widely recognised as a leading mechanism of surface recession and loss of cohesion in carbonate stones [Winkler, 2013].

These processes are often amplified in urban contexts, where atmospheric pollutants interact with moisture, accelerating chemical degradation. Sulphur dioxide derived from combustion processes was identified as a key contributor to the chemical alteration of carbonate materials, leading to the formation of gypsum black crusts on exposed stone surfaces [Brimblecombe 2007]. Although emissions of sulphur-based pollutants have declined since the late twentieth century, their long-term effect continues influencing current degradation rates.

The presence of gypsum provides evidence of chemical transformation caused by sulphur-derived pollutants, which is consistent with historical industrial emissions in this area of Glasgow, in particular to the South of the mausoleum, characterised by heavy industrial presence. Although current pollution levels are substantially lower, stone degradation processes are still active, as confirmed by the building's condition over the years. This supports the concept of a "memory effect," where the legacy of pollution continues to influence the stone performance long after emissions have declined (Watt, 2009).

Field observations and laboratory data indicate that carbonate dissolution represents a primary mechanism controlling material loss. Repeated wetting-drying cycles induce chemical alteration and salt mobilisation, while increased porosity resulting from cement loss further accelerates deterioration. These processes act synergically, producing a reduction in the stone's strength and resistance to environmental stress.

While climate change is unlikely to introduce new decay processes, it is expected to significantly modify their rate and severity [Phillipson et al. 2016]. Carbonate-cemented sandstones in exposed settings are therefore likely to face increased risk in coming decades, especially in countries with high annual precipitation like Scotland [Bonazza et al., 2009].

A clear relationship is observed between orientation, severity and spatial distribution of decay patterns. Areas subjected to wind-driven rain exhibit the highest degree of surface recession and granular disintegration, while sheltered areas tend to retain black crusts and show slower material loss. This differential behaviour highlights the central role of microclimatic conditions in determining the type and progression of deterioration.

Comparison of survey data from 2017 to 2025 confirms that the deterioration of the mausoleum is progressive and cumulative, with measurable changes occurring over relatively short intervals of time. Material degradation is closely related to the structural vulnerability of the masonry. Loss of cohesion within the stone fabric can progressively compromise the load-bearing capacity and alter stress distribution across architectural elements.

Conclusions

The findings highlighted the cumulative impact of multiple factors contributing to the mausoleum's current poor condition, including past pollution and precipitation. There is a broader implication for stone-built heritage in Scotland, particularly under projected climatic scenarios. Anticipated increases in rainfall intensity and frequency are likely to amplify the dissolution of carbonate cement and the mobilisation of salts, accelerating the mechanisms identified in this study. Future rainfall regimes will be a key factor to consider when predicting the vulnerability of building stone and architectural heritage.

The elevated and exposed location of the monument has played a crucial role in the progression of the stone deterioration and has resulted in differed types, extent, and distribution of degradation patterns across the building. Other key contributors are the unusual architecture, the instability of the ground below, the stone used for its construction and, most critically, the lack of past maintenance.

The long-term adoption of the mausoleum as an educational and research case study has proven particularly valuable, enabling comparative analysis and highlighting the importance of monitoring in understanding the evolution of the building's condition. Through a combination of historical analysis, monitoring and laboratory investigation, it was possible to characterise the factors and mechanisms contributing to the monument's advanced decay and assess its overtime progression. As consequence of these studies, the building was reported as dangerous and is currently fenced off.

Within this context, detailed surveys, assessment and predictive methodologies become essential. Understanding how material properties interact with evolving climatic drivers enables interventions to shift from current reactive repair, which frequently involves the replacement of decayed elements.

Instead, preventive conservation strategies should be developed, supported by the understanding of architectural heritage, material characterisation, monitoring and climate modelling.

The case of Monteath Mausoleum, as that of many historic buildings, is an example of how conservation should start by the detailed knowledge of the building via historical research, survey, analysis, assessment and monitoring, including an understanding of the material behaviour over time and under current and expected climatic conditions.

Acknowledgements

We would like to thank the Friends of Glasgow Necropolis for their continuous availability to show students around the Necropolis and support to the research, Historic Environment Scotland for carrying out part of the analysis and the British Geological Survey for supporting the identification of the stone provenance. Professor Alberto Viskovic provided very useful observations about the structural movement of the buildings. Part of the analysis carried out in this work has been funded by the project PID2020-116896RB-C21 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033, Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities) and the project TEC Heritage-CM (TEC-2024/TEC-39) funded by the Regional Government of Madrid.

References

- Black, A and C. (1843): Adam and Charles Black (Firm). *Black's Economical Guide Through Glasgow: Arranged In Three Walks*. 2d ed. Edinburgh, p.21.
- Alves, C. et al. (2021). *Effects of water on natural stone in the built environment – a review*. *Geosciences* (Basel), 11(11), p. 459.
- BoGC - Board of the Green Cloth (1891) *Minute Book of the Board of the Green Cloth, 1809-1820 with Notices of the Members*. Glasgow: James McLehose & Sons
- Blair, G. (1857) *Biographic and descriptive sketches of Glasgow Necropolis*, pp. 293-295
- Bonazza, A., Messina, P., Sabbioni, C., Grossi, C., & Brimblecombe, P. (2009). *Mapping the impact of climate change on surface recession of carbonate buildings in Europe*. *The Science of the Total Environment*, 407(6), 2039-2050.
- Brimblecombe, P. and Grossi, C.M. (2007). *Damage to Buildings from Future Climate and Pollution*. *APT bulletin* (1986), 38(2/3), pp. 13-18.
- DoSA - Dictionary of Scottish Architects (1660 – 1980) (n.d.) <https://www.scottisharchitects.org.uk/apex/r/dsa/dsa/architects?session=12254956255123> (4th March 2026)
- HES- Historic Environment Scotland (1970). *Cathedral Square. The Necropolis*. Listing Entry. <https://portal.historicenvironment.scot/apex/f?p=1505:300:::::VIEWTYPE,VIEWREF:designation,LB33890> (5th March 2026)
- ICOMOS - ICS (International Scientific Committee for Stone) (2008): *Illustrated glossary on stone deterioration patterns. Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre*. Paris:ICOMOS.https://www.icomos.org/public/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ICSCS_Glossary_Stone.pdf (5th March 2026)
- Johnston, R. (2007) *Glasgow Necropolis, Afterlives, Tales of Interments*. Johnston Design, p48
- NorMaL 1/88 (1988) *Alterazioni Macroscopiche dei Materiali Lapidei*. CNR-ICR
- Martínez-Martínez, J., Pola, A., García-Sánchez, L., Reyes Agustín, G., Osorio Ocampo, L.s., Macías-Vázquez,

- J.I., Robles-Camacho, J. (2018). *Building stones used in the architectural heritage of Morelia (México): quarries location, rock durability and stone compatibility in the monument*. Environmental Earth Sciences, 77: 167.
- Phillipson, M.c., Emmanuel, R. and Baker, P.H. (2016). *The durability of building materials under a changing climate*, Wiley interdisciplinary reviews. Climate change, 7(4), pp. 590–599.
- Scott, Ronald David (2005) *The cemetery and the city: the origins of the Glasgow Necropolis, 1825-1857*. PhD thesis.
- Torraca, G. (2009). *Lectures on materials science for architectural conservation*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Watt, J.; Tidblad, J.; Hamilton, R. & Kucera, V. (2009). The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage. 10.1007/978-0-387-84893-8.
- Wellman, Hw and Wilson At (1965). *Salt weathering, a neglected geological erosive agent in coastal and arid environments*. Nature 205: 1097-1098.
- Williamson, E; Riches, A and Higgs, M. (1990) *Glasgow. The Buildings of Scotland*. Yale University Press / Penguin, p141
- Winkler E (2013) *Stone in architecture: properties, durability*. Springer, Berlin

Intelligenza naturale e epistemologia della fruizione ibrida: il caso del museo civico di procida “sebastiano tusa”

Natural intelligence and the epistemology of hybrid experience: the case of the “sebastiano tusa” civic museum of procida

Nicola Scotto di Carlo

Museo Civico di Procida
“Sebastiano Tusa”

Federica Bertino

Università degli Studi
“Suor Orsola Benincasa”

Chiara Buonincontro

Museo Civico di Procida
“Sebastiano Tusa”

Abstract

L'articolo presenta il Museo Civico di Procida “Sebastiano Tusa” come caso di studio sulla mediazione tra linguaggi visivi virtuali, spazi architettonici e contesto urbano. Il museo incarna un modello ibrido che integra allestimenti fisici tradizionali e ambienti virtuali immersivi, configurandosi come piattaforma dinamica di narrazione stratigrafica del territorio Procida-Vivara. La sovrapposizione di dati geologici, archeologici e storico-marittimi in ambiente digitale, associata a dispositivi immersivi e a pratiche educative orientate all'Intelligenza Naturale del visitatore, consente di affrontare la complessità di un paesaggio in transizione, in cui la dimensione urbana storica è indissociabile dalle trasformazioni ambientali e dalle reti di scambio marittimo.

Keywords

Museologia ibrida; Fruizione digitale; Archeologia del paesaggio.

The paper presents the “Sebastiano Tusa” Civic Museum of Procida as a case study on mediation between virtual visual languages, architectural spaces and the urban context. The museum embodies a hybrid model that integrates traditional physical displays and immersive virtual environments, acting as a dynamic platform for a stratigraphic narration of the Procida-Vivara territory. The superimposition of geological, archaeological and maritime-historical data in a digital environment, combined with immersive devices and educational practices oriented towards visitors' Natural Intelligence, makes it possible to address the complexity of a landscape in transition, where the historical urban dimension is inseparable from environmental transformations and maritime exchange networks.

Hybrid museology; Digital fruition; Landscape archaeology.

Introduzione – Il museo come sistema di mediazione

Il museo di oggi non è più un semplice contenitore neutro. È, piuttosto, un dispositivo di mediazione: un sistema dove tutela, ricerca e interpretazione si intrecciano in modo dinamico. Questa evoluzione, che muove dallo studiolo rinascimentale fino alle attuali reti digitali, dimostra come le funzioni museali si siano espanse per abbracciare patrimoni immateriali e dati interconnessi [Fiorio 2023]. Con la cosiddetta *New Museology* [Vergo 1989] si è sancito questo cambio di paradigma, togliendo centralità all'oggetto per darla all'esperienza del visitatore, in perfetta sintonia con la definizione ICOM 2022 su inclusività e co-produzione del sapere. Anche la teoria architettonica è coinvolta in questo approccio, intendendo il museo sia come un “complesso organizzativo” [Martin 2003] capace di sprigionare campi di forze, che come uno “spazio infrastrutturale” [Easterling 2014] atto a orientare flussi e visibilità.

In questo scenario, il digitale non è una semplice aggiunta tecnica. È un'estensione dei processi cognitivi del museo attraverso strumenti come il GIS, la visual analytics e le installazioni immersive che dialogano tra loro e creano nuove tensioni tra i corpi e lo spazio, muovendosi costantemente sul confine tra ciò che è attuale e ciò che è possibile. In questa direzione il concetto di museo può evolversi in una piattaforma per interrogare la complessità del territorio [Latour 2005]. Un esempio concreto è



Fig. 1: N. Scotto di Carlo, Palazzo Ex Conservatorio delle Orfane, sede del Museo Civico di Procida “Sebastiano Tusa”

il Museo Civico di Procida “Sebastiano Tusa”, fondato nel 2017 nell'ex Conservatorio delle Orfane, un progetto museologico che affronta geologia, archeologia e marineria come livelli di un'unica narrazione stratigrafica del sistema Procida–Vivara. Qui l'edificio storico (FIG. 1), abitato nel 1200 da Giovanni da Procida, fu ricostruito nel 1656 e oggi funge da ponte verso un'infrastruttura digitale scalare, dove la tecnologia diventa linguaggio e insieme contribuiscono nel dare forma al medium narrativo. Il tema della “Città in Transizione” trova qui la sua espressione operativa: la transizione digitale rende leggibili le trasformazioni geologiche, storiche e sociali che hanno plasmato l'isola, restituendo alla comunità la chiave per capire il proprio paesaggio.

1. La lettura multilivello del territorio: una narrazione stratigrafica

Nel Museo Civico di Procida “Sebastiano Tusa” la comprensione del territorio è costruita attraverso una lettura multilivello di tipo stratigrafico, in cui natura, insediamento umano e trasformazioni storiche sono interpretati come strati interconnessi di un medesimo sistema territoriale. Tale impostazione non risponde soltanto a esigenze espositive, ma riflette un preciso orientamento metodologico, secondo cui il territorio è inteso come un insieme dinamico di processi materiali e culturali stratificati nel tempo.

In questa prospettiva, il visitatore è guidato a comprendere il paesaggio in continua evoluzione, modellato dall'interazione tra processi geologici, pratiche insediative e forme di organizzazione territoriale che si sono susseguite e sovrapposte. La scansione in "livelli" consente di analizzare in modo progressivo il passaggio dal dato naturale al dato antropico, rendendo esplicite le relazioni tra ambiente, risorse e comunità umane.

Questa struttura concettuale trova una corrispondenza teorica e operativa nell'impiego di strumenti digitali – in particolare applicazioni frutto di elaborazioni GIS e dello sviluppo di modelli tridimensionali – che consentono di rappresentare e interrogare tali livelli come compartimenti di un unico sistema integrato. Il modello stratigrafico diventa così non solo una chiave interpretativa, ma anche un modello operativo per la gestione, la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio, capace di tenere insieme dati scientifici, narrazione museale e fruizione pubblica.

Nel caso di Procida e Vivara, la lettura del territorio deriva dall'integrazione tra dati naturali, ricerca archeologica e strumenti digitali. Le tre sezioni del museo – geologia, archeologia e marineria – traducono questa logica stratigrafica in un percorso espositivo unitario: dal substrato naturale al primo popolamento di Vivara, fino alla storia marittima moderna e contemporanea dell'isola (FIG. 2).

1.1. Il livello 0: il substrato geologico e la genesi del paesaggio

La prima sezione del Museo Civico di Procida "Sebastiano Tusa", dedicata alla geologia del comprensorio Procida-Vivara e al più ampio contesto dei Campi Flegrei, costituisce il Livello 0 della narrazione stratigrafica proposta dal percorso espositivo. In questo livello il territorio è presentato innanzitutto come prodotto di processi naturali di lunga durata, nei quali l'attività vulcanica ha svolto un ruolo determinante nel modellare il paesaggio. Il dato geologico va inteso come la matrice primaria. È questa struttura che ha stabilito le "condizioni di possibilità" per ogni successivo insediamento umano. La natura vulcanica dell'isola non è un dettaglio, ma un fattore che ha condizionato tutto: dalle scelte abitative condizionate dalla morfologia delle coste, fino alle antiche strategie di approdo. In quest'ottica, il Livello 0 diventa la bussola indispensabile per decifrare le stratificazioni storiche. Nel percorso museale, questa materialità (campioni di rocce) (FIG. 2) dialoga con la dimensione digitale. L'integrazione tecnologica permette di visualizzare le variazioni diacroniche della linea di costa, rendendo finalmente intelligibili quegli antichi approdi risalenti al XVII sec. a.C., oggi sommersi, che spiegano il rapporto intimo tra Procida, Vivara e il mare.

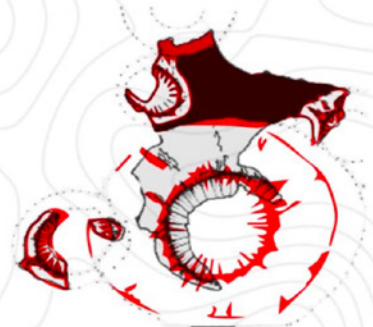
1.2. Il Livello 1: L'Archeologia di Vivara come "prima globalizzazione"

Il secondo gradino della narrazione coincide con la sezione archeologica, dedicata interamente all'isolotto di Vivara e ai suoi scavi. Se il livello precedente descriveva le condizioni naturali, il "Livello 1" illustra la risposta umana: come le comunità dell'età del Bronzo abbiano abitato quel substrato vulcanico, trasformandolo in un avamposto strategico nel cuore del Tirreno.

Le evidenze scientifiche parlano chiaro: Vivara era abitata già dal XVII secolo a.C. Non era un luogo isolato, ma uno dei nodi più attivi nei contatti tra l'Egeo, il Levante e il Mediterraneo occidentale [Marazzi 2016; Bertino et al. 2025]. Lo testimoniano i ritrovamenti di ceramica micenea e "cananea". I navigli del tempo raggiungevano quello che oggi è un porto sommerso a 14 metri di profondità (FIG. 3), trovando rifugio in almeno tre punti di approdo [Marazzi et al. 2020]. Questi reperti assumono il ruolo di *indicatori* di una complessa rete di scambi tecnologici e umani, in un'epoca in cui il Mediterraneo era già teatro di grandi movimenti alla ricerca di materie prime metalliche. Attraverso visualizzazioni



I depositi del tufo di Solchiaro costituiscono un livello continuo lungo le falesie di Procida. I depositi di Solchiaro sono costituiti da 3 unità distinte. La più bassa di queste unità è costituita da un tufo giallo stratificato e litificato (che passa verso l'alto ad una facies grigia non litificata) con bombe scoriaee che formano frequenti strutture da impatto. Le unità successive sono costituite da una fitta alternanza di livelli centimetrici/decimetrici di ceneri, lapilli scoriaei e bombe scoriaee, caratteristici di uno stile di attività di tipo stromboliano.



*Sequenza
di prodotti
piroclastici*

Età ~18.000 anni

**Cratere
di Solchiaro**

Fig. 2: F. Bertino, in alto – immagine della teca con campionature mineralogiche, in basso – un fermo immagine del video divulgativo fruito mediante display all'interno del medesimo spazio espositivo, elaborazione degli autori;

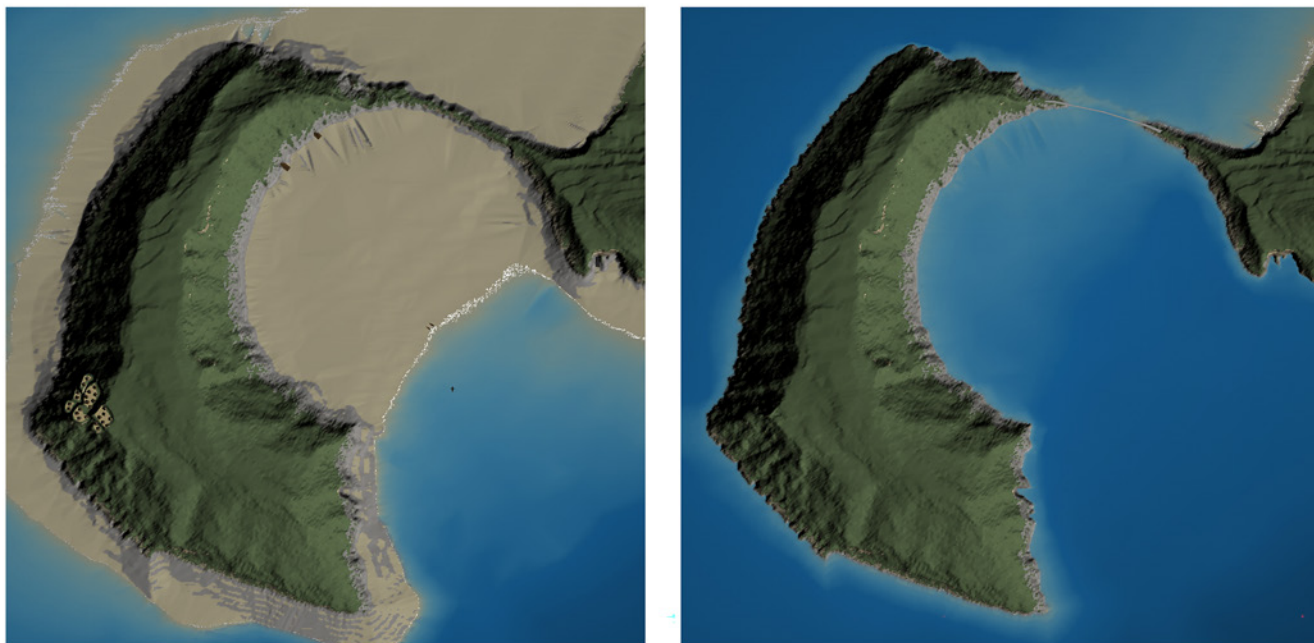


Fig. 3: F. Bertino, fotogrammi della rappresentazione animata che illustra il cambio di quota del complesso Procida-Vivara a partire dal XVII sec a.C. ad oggi.

digitali e ricostruzioni 3D, i dati stratigrafici diventano narrazione spaziale, permettendo al pubblico di percepire l'archeologia non come un elenco di frammenti, ma come un sistema integrato di vita e commercio rappresentato all'interno di un contesto comprensibile.

1.3. Il Livello 2: La Marineria Procidana e l'identità territoriale

Il terzo livello della narrazione stratigrafica indaga il consolidamento del rapporto isola-mare in età moderna, momento in cui la vocazione marittima diviene dimensione strutturale dell'identità procidana.

Il rapporto tra l'isola e il mare, determinato in origine da condizioni naturali e successivamente articolato nelle reti di scambio preistoriche, si consolida in età moderna come elemento fondante della storia e dell'identità locale. Se nel Livello 0 il mare appare come elemento naturale che modella il territorio e nel Livello 1 come spazio di scambio e mobilità, nel Livello 2 esso si configura come dimensione strutturale della vita economica, sociale e culturale della comunità insulare (FIG. 4).

Attraverso esclusivi documenti d'archivio, una collezione di oggetti rappresentativi della cantieristica e della marineria procidana e installazioni multimediali, la sezione illustra come secoli di interazione uomo-ambiente abbiano plasmato l'identità culturale della comunità, chiudendo il cerchio della narrazione stratigrafica.

2. Tecnologie per una epistemologia ibrida

L'assetto tecnologico del Museo non va inteso come una funzione puramente accessoria. Al contrario, costituisce l'infrastruttura cognitiva che permette di articolare e interrogare i livelli geo-archeo-storici descritti nel capitolo precedente. Sul piano epistemologico, emerge un modello ibrido nel



Fig. 4: N. Scotto di Carlo, Cappella Santa Maria Regina della Purità sede della sezione del Marineria Procidana del Museo Civico di Procida.

quale dati geospaziali, rilievi tridimensionali, archivi documentari e ambienti immersivi concorrono alla definizione di scenari interpretativi in cui il confine tra reale e virtuale è oggetto di una negoziazione costante. In questa prospettiva, il virtuale recupera la sua piena dignità ontologica, pur non traducendosi in un'attualizzazione immediata. [Deleuze 1997; Lévy 1997; Maldonado 1993; Diodato 2005] (FIG. 5).

La base informativa, nata nel complesso delle attività pluriennali di ricerca condotte sull'isola di Vivara [Bertino et al. 2020], è costruita dai dati provenienti da differenti famiglie di strumenti e approcci: scanner laser 3D per il rilievo delle architetture emerse, sistemi *image-based* e *Structure from Motion* per la modellazione delle superfici rocciose e dei versanti, dispositivi per la documentazione di beni sommersi (fotogrammetria subacquea), da sistemi di visual analytics e data storytelling per l'esplorazione interattiva dei dati [Repola et al. 2021]. Tale infrastruttura alimenta sia la ricerca archeologica di base, sia le interfacce espositive, secondo una logica di interoperabilità che consente di utilizzare, in forme differenti, le stesse basi di dati nel laboratorio e nello spazio museale.

2.1. Sovrapposizione dei livelli in ambiente digitale

Dal punto di vista teorico il nodo centrale del sistema segue un approccio olistico applicato ad uno studio sull'interoperabilità dei dati nel dominio del GIS, sviluppato in sinergia con la Riserva Naturale Statale Isola di Vivara negli anni 2018-2019, sono stati correlati dati geologici, archeologici, ambientali e storico-marittimi in un unico ambiente di rappresentazione [Marazzi et al. 2017].

Questo ha consentito la realizzazione di un ambiente di rappresentazione in cui il cratere di Vivara (Livello 0), le piante dei villaggi dell'età del Bronzo (Livello 1) o la rete mercantile dei secoli XVII-XIX



Fig. 5: N. Scotto di Carlo, videoproiezione immersiva dell'area di scavo archeologico di Punta d'Alaca combinata con il reperto originale della "piastra di cottura fittile" estratta dallo stesso scavo. L'elaborazione digitale è un prodotto elaborato dalla scansione tridimensionale (Repola L.) per la documentazione dello scavo.

(Livello 2), diventano leggibili con chiavi interpretative sempre diverse. Vedere nella stessa scena la batimetria antica, gli insediamenti abitativi e le linee di costa ricostruite, permette al visitatore di percepire – quasi fisicamente – le continuità del paesaggio marittimo lungo i millenni. Nello spazio fisico, un display multitouch traduce questa complessità in un'interfaccia intuitiva, trasformando la sala in quello che potremmo definire un "campo di forze" interrogabile [Eisenman 2004], dove il visitatore attiva la propria intelligenza naturale nella selezione dei percorsi conoscitivi.

2.2. Immersività e narrazione "satellite": metodi e tecnologie nel progetto MareXperience

Mentre l'approccio "stratigrafico" agisce principalmente sul piano analitico, le installazioni "satellite" immersive – come *MareXperience* – spostano la tipologia di fruizione sul piano propriamente narrativo ed esperienziale, ridefinendo il rapporto tradizionale tra oggetto, vetrina e visitatore. In linea con le riflessioni sul virtuale sviluppate in ambito estetico e filosofico [Deleuze 1997; Lévy 1997; Maldonado 1993; Diodato 2005], tali installazioni mettono alla prova modalità di rappresentazione capaci di sollecitare una "comprensione emozionale" del contesto marino e delle sue dinamiche [Repola 2018]. *MareXperience*, allestita nel 2019 all'interno di una grotta per il ricovero delle imbarcazioni dei pescatori sulla spiaggia della Silurenza in Procida (Na), utilizza la compressione spaziale del luogo per costruire un ambiente immersivo in cui videoproiezioni sincronizzate e paesaggi sonori subacquei, derivati da riprese video e registrazioni idrofoniche effettuate nelle acque di Procida, sono orchestrati da algoritmi di *Swarm Intelligence* che traducono i movimenti di branchi di pesci in traiettorie luminose dinamiche. L'operazione non è mimetica: i dati cinematici estratti dalle riprese vengono elaborati come vettori in un sistema di *design generativo* che, attraverso operatori particellari 3D, costruisce scenari in cui le regole di comportamento collettivo (allineamento, coesione, separazione) diventano parametri estetici.

In questo quadro, il visitatore assume il ruolo di *cultural participant*, secondo una linea di ricerca ormai consolidata nella museologia partecipativa [Simon 2010; Falk, Dierking 1998]. L'oggetto museale, anziché essere semplicemente osservato in vetrina, viene "vissuto" entro un contesto narrativo e spaziale ricostruito, che connette costantemente il museo a Procida, a Vivara e al mare.

3. Attivare l'intelligenza naturale: educazione e partecipazione

Il progetto educativo del museo intende muoversi in direzione contraria rispetto alla crescente automazione dei processi cognitivi. Se l'IA e gli strumenti digitali offrono le coordinate del "cosa" e del "dove", è all'Intelligenza Naturale del visitatore – e solo ad essa – che spetta il compito di elaborare il "perché" profondo. Il museo, dunque, non può esaurirsi nella semplice trasmissione del dato; deve, piuttosto, farsi catalizzatore di senso, annodando l'esperienza emotiva a quella intellettuale per generare un apprendimento che sia realmente duraturo. [Falk, Dierking 1998]

3.1. Dall'Informazione alla Conoscenza: Il Ruolo dei Servizi Educativi

Nelle nostre sale, la didattica non "spiega": preferisce interrogare. Usando le repliche tattili si chiede allo studente/visitatore di comportarsi come un archeologo o un geologo, estraendo la storia dal silenzio della materia. Si maneggiano frammenti ceramici, si ricostruiscono strati temporali e si osservano forme e decori per capire funzioni, contesti d'uso e percorsi culturali. Queste esperienze tattili, multisensoriali, stimolano curiosità e deduzione, rendendo il fruitore co-creatore di significato: quasi un ricercatore impegnato in una scommessa conoscitiva. Il museo si trasforma così in laboratorio: un luogo dove si impara facendo, dove l'errore è parte del processo e il confronto tra pari è la norma. Non imponiamo verità dogmatiche, ma proponiamo percorsi aperti che invitano a dubitare, a formulare domande e a negoziare la propria interpretazione con quella degli altri [Xanthoudaki 2000].

3.2. Il Museo Fuori dal Museo: Vivara

Concepire il museo come hub formativo significa preparare il visitatore all'impatto frontale con la realtà. Questa dimensione ibrida trova la sua prova del nove nella Riserva di Vivara, dove la conoscenza acquisita in sala cerca il proprio riscontro empirico. Una volta sul campo, a Vivara, si entra in contatto con ciò che si è appreso: si osservano piante locali, i fenomeni geologici e l'impatto antropico su di essa; l'isola diventa il laboratorio a cielo aperto in cui il visitatore applica ciò che ha appreso all'interno delle sale espositive. La fruizione ibrida unisce virtualità e realtà, preparando il terreno per un'immersione totale, in cui il dispositivo digitale non sostituisce l'esperienza diretta, ma la arricchisce e la contestualizza.

L'obiettivo è ambizioso: formare una "comunità patrimoniale" che sappia abitare consapevolmente la profondità storica di Procida-Vivara. Dovremmo trattarlo come un metodo impiegato per formare cittadini responsabili della tutela del proprio territorio; non si tratta, dunque, di semplici turisti, ma di cittadini informati e istruiti sulla storia antica e moderna del luogo crocevia di micenei, fenici, greci e Borboni. In quest'ottica, il ruolo del visitatore evolve: da fruitore a guardiano, da informato a sapiente, contribuendo alla definizione di un patrimonio condiviso e sostenibile.

Il museo diventa un luogo di responsabilità condivisa, in cui la tutela del territorio e della memoria collettiva diventa compito di tutti, non solo di specialisti o istituzioni. Attraverso laboratori, percorsi guidati, incontri con esperti e attività di monitoraggio ambientale, turisti e locali sono invitati a



Fig. 6: C. Buonincontro, esperienza educativa con un gruppo scolastico. L'immagine mostra il modello tridimensionale dell'evoluzione geologica e archeologica di Vivara e sullo sfondo un gruppo di scolari che apprendono la morfologia dell'isola di Procida su una carta geologica proiettata sul pavimento.

osservare, documentare e raccontare il contesto visitato. In questo modello, il museo non è più un contenitore chiuso di oggetti, ma un nodo di relazioni tra persone, luoghi, storie e tecnologie, capace di tradurre complessità scientifiche e storiche in linguaggi accessibili e significativi, favorendo una partecipazione attiva e consapevole alla vita del patrimonio (FIG. 6).

Conclusioni – verso un modello di *museum-making* sostenibile

L'esperienza del Museo Civico di Procida "Sebastiano Tusa" consente di delineare un modello di museum-making orientato alla sostenibilità culturale e operativa, fondato su un principio di fruizione ibrida dei contenuti. Tale principio non coincide con una semplice giustapposizione di supporti analogici e digitali, ma con la costruzione di una continuità tra dati, oggetti, spazi e narrazioni, capace di rendere intellegibile un territorio stratificato e, al tempo stesso, di restituire al visitatore un ruolo attivo nella produzione di significato. In questo quadro, la dimensione digitale opera come medium di mediazione: non sostituisce la materialità del museo, ma la espande in profondità e in scala, rendendo percepibili relazioni che altrimenti resterebbero implicite.

La lettura multilivello proposta nel percorso espositivo – dal substrato geologico alle dinamiche protostoriche e alle configurazioni socio-economiche della marineria – produce un effetto metodologico rilevante: mostra che la conoscenza del patrimonio urbano non può essere separata dal paesaggio e dai processi che lo hanno generato. Il museo, in tal senso, si configura come dispositivo di interpretazione del paesaggio culturale, dove i “layer” non sono capitoli isolati ma componenti interdipendenti di un unico sistema territoriale. La stratigrafia diventa dunque un modello di pensiero prima ancora che un criterio di allestimento, e la sua traduzione in ambienti digitali rafforza la possibilità di interrogarne le connessioni, rendendo la complessità consultabile e discutibile.

Il fulcro del progetto non risiede tuttavia nella tecnologia in sé, ma nell’assetto educativo e partecipativo che ne orienta l’uso. In questa prospettiva, il museo non si limita a comunicare contenuti: coltiva competenze interpretative, favorisce il pensiero critico e costruisce condizioni per una comunità patrimoniale consapevole, nella quale la tutela del territorio non è delegata esclusivamente alle istituzioni ma riconosciuta come responsabilità condivisa.

Il tema “Città in Transizione” trova qui una declinazione specifica: Procida appare come contesto in cui la transizione digitale non è un processo astratto, ma una pratica situata che dialoga con transizioni materiali e storiche – ambientali, insediative, economiche – che hanno segnato la città-isola lungo la lunga durata. Il museo, collocato nel cuore di Terra Murata, assume così una funzione di soglia tra memoria e progetto: mette in relazione l’architettura storica e i paesaggi del mare e di Vivara, riattivando una consapevolezza urbana che non si esaurisce nella rappresentazione del passato, ma interroga il presente e orienta il futuro. La fruizione ibrida, estesa dal museo a Vivara, rende possibile un passaggio virtuoso dall’esperienza mediata all’esperienza diretta del territorio, in un movimento che restituisce alla città la propria profondità e, insieme, la propria vulnerabilità.

In conclusione, il Museo Civico di Procida “Sebastiano Tusa” mostra come un museo “minore” possa diventare piattaforma culturale complessa, replicabile nella misura in cui adotta soluzioni modulari e coerenti con un impianto teorico chiaro: il museo come sistema di mediazione, la stratigrafia come metodo di lettura, la fruizione ibrida come infrastruttura cognitiva, l’educazione come motore di partecipazione. Se la città è in transizione, il museo può contribuire a renderla abitabile sul piano simbolico: non offrendo risposte definitive, ma aprendo spazi di comprensione, di cura e di responsabilità, nei quali il patrimonio torna a essere, concretamente, un bene comune.

Bibliografia

- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. In *Journal of Applied Systems Analysis*, 16, pp. 3–9.
- Bertino, F., Carpentieri, A., De Bonis, A., Germinario, C., Giardino, C., Grifa, C., Guarino, V., Looz, L., Marazzi, M., Morra, V., Pepe, C., Repola, L., Scotto Di Carlo, N., Scotto Di Covella, M., Tilia, S., Trojsi, G., & Zappatore, T. (2020). *Missione archeologica Vivara – Aspetti della ricerca scientifica degli ultimi anni*, XI, 2020/1-4. Bollettino di Archeologia on-line, Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo.
- Bertino, F., Giardino, C., Marazzi, M., Nigro, L., Scotto Di Carlo, N., Looz, L., Pepe, C. (2025). *Vivara, Pantelleria, Mozia: il corpus delle ceramiche egee e levantine vivaresi nel contesto dei traffici transmarini nel Mediterraneo fra i secoli XVII-XVI a.C.*, Quaderni di archeologia del Museo Civico di Procida Sebastiano Tusa, numero 1, Napoli.
- Dede, C. (2009). *Immersive Interfaces for Engagement and Learning*. In *Science*, 323, pp. 66–69.
- Deleuze, G. (1997). *Differenza e ripetizione*. Milano, Raffaello Cortina.

- Diodato, R. (2005). *Estetica del virtuale*. Milano, Paravia Bruno Mondadori.
- Easterling, K. (2014). *Extrastatecraft. The Power of Infrastructure Space*. London, Verso.
- Eisenman, P. (2004). *Diagram Diaries*. New York, Universe.
- Falk, J. H., Dierking, L. D. (1998). *The Museum Experience Revisited*. New York, Routledge.
- Fiorio, M. T. (2023). *Il museo nella storia. Dallo studiolo al museo virtuale*. Milano, Pearson.
- Haskell, F. (2000). *The Ephemeral Museum. Old Master Paintings and the Rise of the Art Exhibition*. New Haven – London, Yale University Press.
- Icom (2022). *Museum Definition*. International Council of Museums.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford, Oxford University Press.
- Lévy, P. (1997). *Il virtuale*. Milano, Raffaello Cortina.
- Maldonado, T. (1993). *Reale e virtuale*. Milano, Feltrinelli.
- Marazzi, M. (2016). *Connessioni transmarine: Vivara e Pantelleria, dinamiche e cronologie dei più antichi contatti con le aree egee e levantine*, in *Scienze dell'Antichità 22.2 – Ubi minor... Le isole minori del Mediterraneo centrale dal Neolitico ai primi contatti coloniali*, 131-147.
- Marazzi, M., Mocchegiani Carpano, C., Pepe, C. (2020). *Vivara-Procida: le indagini archeologiche subacquee, in Thalassa, meraviglie sommerse dal Mediterraneo*. Saggi, a cura di L. Fozzati.
- Marazzi M., Repola L. Scotto Di Carlo N. (2017) – *Vivara. From Prehistory to digital information*, in *WORLD HERITAGE and DISASTER, Knowledge, Culture and Representation*, Napoli, Le Vie dei Mercanti – XV International Forum.
- Martin, R. (2003). *The Organizational Complex. Architecture, Media, and Corporate Space*. Cambridge (MA), MIT Press.
- Rinaldi, S. (2025). *Le mostre d'arte. Dal Seicento alle esposizioni digitali*. Roma, Carocci.
- Repola, L. (2018). *Spazi coesistenti / Coexisting spaces*, in *Drawing as (in)tangible representation*, a cura di R. Salerno, Milano, Gangemi, pp. 781-788.
- Repola, L., Scotto Di Carlo, N., Maioli, A., Martignoni, M. (2021). *MareXperience. AI/AR for the recognition and enhancement of reality*. REAACH-ID (Representation for Enhancement and management through Augmented reality and Artificial, Università di Padova).
- Scotto Di Carlo, N. (2016). *Procida. Dal mare, nel mare, con il mare*, in *Maria, lacus et flumina. Studi di storia, archeologia e antropologia "in acqua" dedicati a Claudio Mocchegiani Carpano*, a cura di M. Marazzi, G. Pecoraro, S. Tusa, Napoli, Bagatto, pp. 433-445.
- Simon, N. (2010). *The Participatory Museum*, Santa Cruz, Museum 2.0.
- Vergo, P. (a cura di) (1989). *The New Museology*, London, Reaktion Books.
- Xanthoudaki, M. (2000). *Il ruolo educativo del museo contemporaneo e il caso del Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci"*, in *Museologia scientifica*, ANMS, pp. 23-29.

La costruzione del Cusco come capitale dell'Impero inka: una città in transizione

The Construction of Cusco as Inka Capital: a City in Transition

J. A. Beltrán-Caballero Ramiro Matos

Ricardo Mar

Abstract

Il contributo analizza la rifondazione del Cusco come capitale del Tawantinsuyu attraverso un approccio integrato che combina Carta Archeologica, GIS, fotointerpretazione delle aerofotografie e modellazione 3D. L'indagine evidenzia la trasformazione idraulica e morfologica della valle del Watanay e la configurazione di un modello urbano disperso definibile come capitale-region. Il Cusco emerge come caso paradigmatico di città in transizione tra paesaggio naturale e progetto territoriale pianificato.

This paper analyses the refoundation of Cusco as the capital of Tawantinsuyu through an integrated approach combining archaeological mapping, GIS, aerial photointerpretation and 3D modeling. The study highlights the hydraulic and morphological transformation of the Watanay valley and the configuration of a dispersed urban model that can be defined as a capital-region. Cusco emerges as a paradigmatic case of a city in transition between natural landscape and planned territorial project.

Keywords

Cusco inka; paesaggio urbano; infrastrutture idrauliche.

Inka Cusco; urban landscape; hydraulic infrastructure.

Introduzione

Il Cusco fu il centro urbano più importante dell'intero Impero Inka (Tawantinsuyu). La città esisteva già quando gli Inka, guidati dal sovrano Pachakutiq Inka Yupanqui, estesero il loro potere lungo le Ande Centrali. Le fonti coloniali indicano che la città osservata dai primi spagnoli era il Cusco trasformato da Pachakutiq dopo la vittoria sui Chanka: una capitale riorganizzata, monumentalizzata e popolata da gruppi posti al servizio del nuovo Stato inka [Sarmiento de Gamboa; Betanzos; Rostworowski 2001]. Tuttavia, sia le cronache sia le evidenze archeologiche dimostrano che l'occupazione della valle del Watanay era molto più antica e caratterizzata da un mosaico di etnie e comunità precedenti all'affermazione del potere imperiale [Bauer 2018]. La rifondazione del Cusco come capitale del Tawantinsuyu non avvenne dunque su uno spazio vuoto, ma su un territorio già densamente abitato e strutturato.

Le testimonianze più antiche risalgono al periodo arcaico (9500–2500 a.C.), documentato da strumenti litici rinvenuti in superficie e dal sito di Kasapata, che attesta la presenza di gruppi di cacciatori-raccoglitori [Bauer 2007; Bauer, Jones Klink 2018]. Dal II millennio a.C. si svilupparono comunità agricole associate alle culture Marcavalle, Chanapata e Qotacalle, la cui crescita demografica e complessità sociale sono documentate da diverse campagne di scavo. [Rowe 1944; Barreda Murillo 1982]. Durante la dominazione Wari (600–1000 d.C.), la regione fu integrata in una rete politica sovraregionale con la fondazione di Pikillakta quale centro di controllo territoriale [McEwan 1984; 2005; Covey 2003], consolidando gerarchie insediative destinate a lasciare un'impronta duratura sul paesaggio.

Dopo il collasso Wari (1000–1400 d.C.) si consolidò un mosaico etnico regionale – Ayarmaca, Anta, Chillque, Masca, Tambo, tra altri gruppi – attestato dalle fonti e dai dati archeologici [Rowe 1944; Rostworowski 1970; Bauer 2018]. In questo contesto si sviluppò la cultura Killke, fase fondamentale del processo di formazione statale [Rowe 1944; González Corrales 1984] e antecedente diretto

dell'emergere del potere inka. Gli scavi nel Cusco hanno documentato livelli Killke sotto le costruzioni imperiali nel Qorikancha, nel Kusikancha, nel Qolqampata e a Saqsaywaman, evidenziando una significativa continuità urbana. Elementi topografici, di culto e viari preesistenti – inclusi tracciati poi integrati nel Qhapaq Ñan – furono incorporati nel progetto di rifondazione promosso da Pachakuti, dimostrando che la capitale del Tawantinsuyu si costruì attraverso la riarticolazione di strutture precedenti più che tramite una rottura con il passato.

Le cronache indicano inoltre che la città fu rifondata secondo un nuovo progetto urbanistico, mentre si trasformava la morfologia della valle per ampliare le superfici agricole. Betanzos (1557: 30–32) e Sarmiento de Gamboa (1572: 12–16) attribuiscono l'ideazione e l'esecuzione del progetto a Pacha-

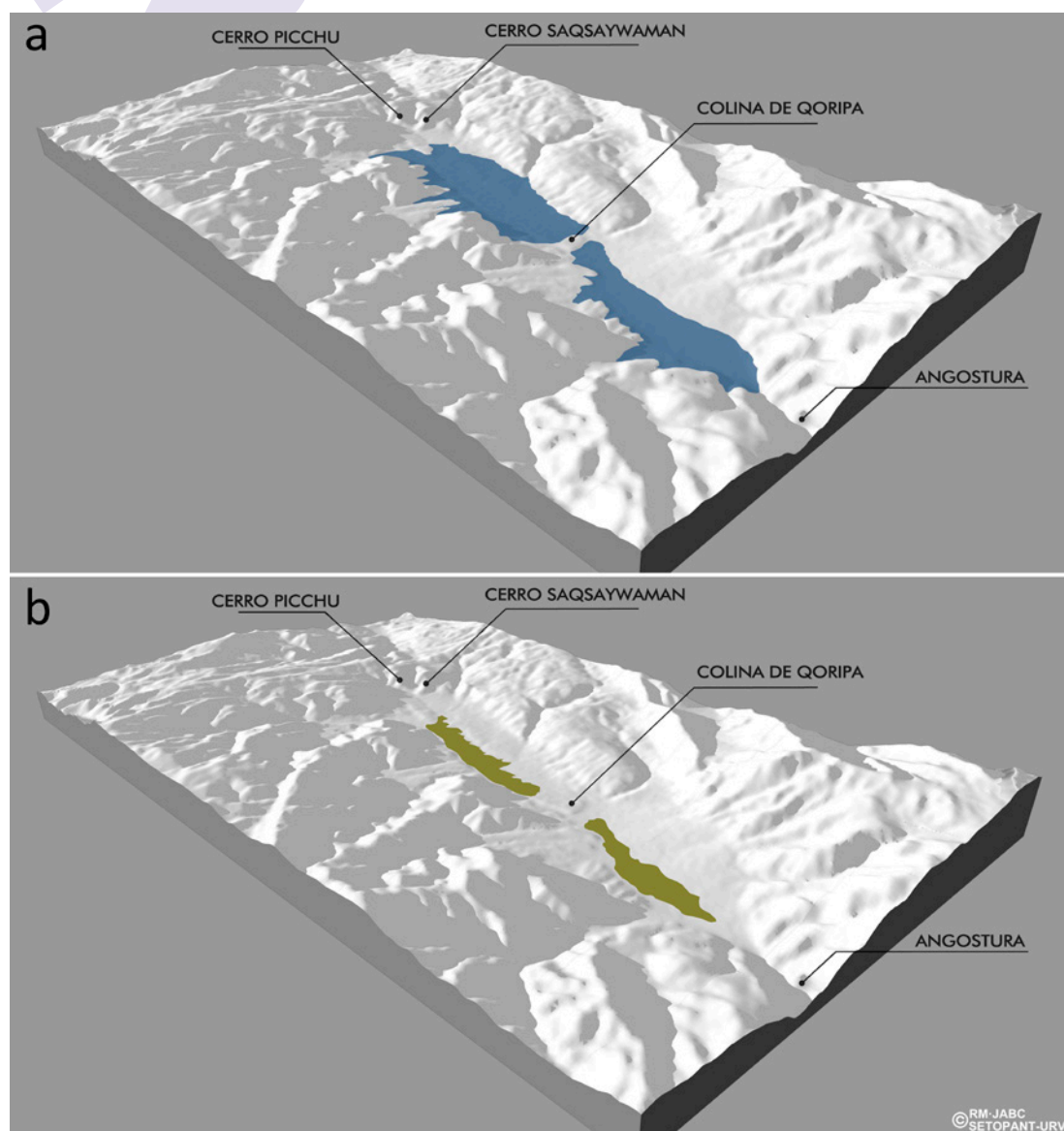


Fig. 1. Evoluzione ambientale della valle del Cusco prima dell'espansione inka.

(a) Alla fine del Pleistocene la valle del Cusco era occupata da un grande lago (Lago Morkill), formatosi dallo scioglimento dei ghiacciai dopo l'ultima glaciazione. Il lago si svuotò in seguito al collasso della soglia naturale che tratteneva le acque nella zona di Angostura. Di conseguenza si formarono una serie di lagune-zone umide nella parte centrale della valle.

(b) Perimetro delle due zone umide di epoca storica, successivamente bonificate dagli Inka per ampliare la superficie agricola del bacino. La rifondazione della grande capitale inka promossa da Pachakuti implicò una profonda trasformazione dell'idrografia valliva (disegno degli autori).

kutiq, che riorganizzò la struttura sociale ed etnica dei gruppi inka e dei loro alleati, assegnando loro lotti nella nuova capitale, divenuta sede del potere politico-religioso del nascente Stato.

L'insediamento pre-inka era già articolato lungo assi viari regionali e integrava una rete agricola distribuita nella valle del Watanay [Rowe 1944; González Corrales 1984]. La trasformazione promossa da Pachakutiq comportò tuttavia un salto qualitativo e scalare. Le fonti descrivono la riorganizzazione dell'impianto precedente e il tracciamento del nuovo centro [Betanzos 1968; Sarmiento de Gamboa 1988], alludendo a un progetto territoriale che coinvolse l'intero bacino: un centro amministrativo-cerimoniale, una rete agricola estesa e un'infrastruttura viaria capace di connettere la capitale ai centri regionali dello Stato inka [Agurto 1987; Hyslop 1990].

Il nostro progetto (*Visualizing Inka Cusco*) si inserisce in questa linea interpretativa, impiegando strumenti di Digital Humanities per ricostruire la sequenza delle trasformazioni ambientali e urbane. In tal senso, il Cusco può essere definito una città in transizione: ambientale (da valle lacustre a sistema agricolo irrigato), politica (da centro regionale a capitale imperiale) e morfologica (da insediamento diffuso a capitale-regione pianificata). L'integrazione di GIS, modellazione 3D e fotogrammetria storica consente di ricostruire stratigraficamente tali processi e di visualizzare la morfologia originaria, la rete idraulica, i terrazzamenti, la struttura radiale del centro e la distribuzione degli insediamenti nel bacino del Watanay. Questa metodologia rafforza l'analisi scientifica e offre strumenti utili alla conservazione e alla pianificazione urbana contemporanea. L'emergere del Cusco come capitale del Tawantinsuyu rappresenta così un caso emblematico in cui trasformazione ambientale e progetto politico-urbanistico risultano inscindibili.

La trasformazione ambientale della valle del Watanay: terrazzamenti, piattforme e organizzazione topografica

La valle del fiume Watanay, prima dello sbocco nel Vilcanota, si articola in tre bacini: quello superiore o del Cusco, quello di Oropesa e quello inferiore di Lucre. La capitale dell'Impero inka si collocò nel bacino superiore, il più esteso e più elevato (3.400 m s.l.m.), lungo quasi 15 km, dall'anfiteatro collinare della testata fino ad Angostura, dove la valle si restringe in un corridoio di circa 2 km per 250 metri che conduce a Oropesa. Il centro cerimoniale del Tawantinsuyu fu situato sul pendio di Saqsaywaman, in posizione dominante sull'intero bacino.

In epoca pleistocenica l'area era occupata da un lago glaciale denominato "Lago Morkill" [Gregory 1916]. La rottura della soglia naturale di Angostura ne determinò la scomparsa, lasciando due ampie zone umide nel fondo vallivo [Córdoba 1986; 1987], successivamente trasformate in aree agricole mediante l'apporto di suolo esterno, come attestano le cronache di Sarmiento de Gamboa (1988) e Bernabé Cobo (1964, T. 3, L. 12) e i dati archeologici.

Le cronache coloniali riferiscono la canalizzazione dei torrenti e il drenaggio delle paludi [Betanzos 1968]. Le indagini archeologiche e fotogrammetriche confermano che i corsi del Saphi e del Tulumayo furono incanalati con muri in pietra e pavimentazioni litiche, mentre il Watanay fu spostato verso il margine meridionale, liberando l'area centrale. Le aerofotografie del 1956 documentano un reticolo regolare di canali paralleli associati a muri di contenimento e campi rettangolari, prova di un sistema agricolo pianificato [Beltrán-Caballero, Mar 2014], coerente con la logica redistributiva dello Stato inka [Murra 1975].

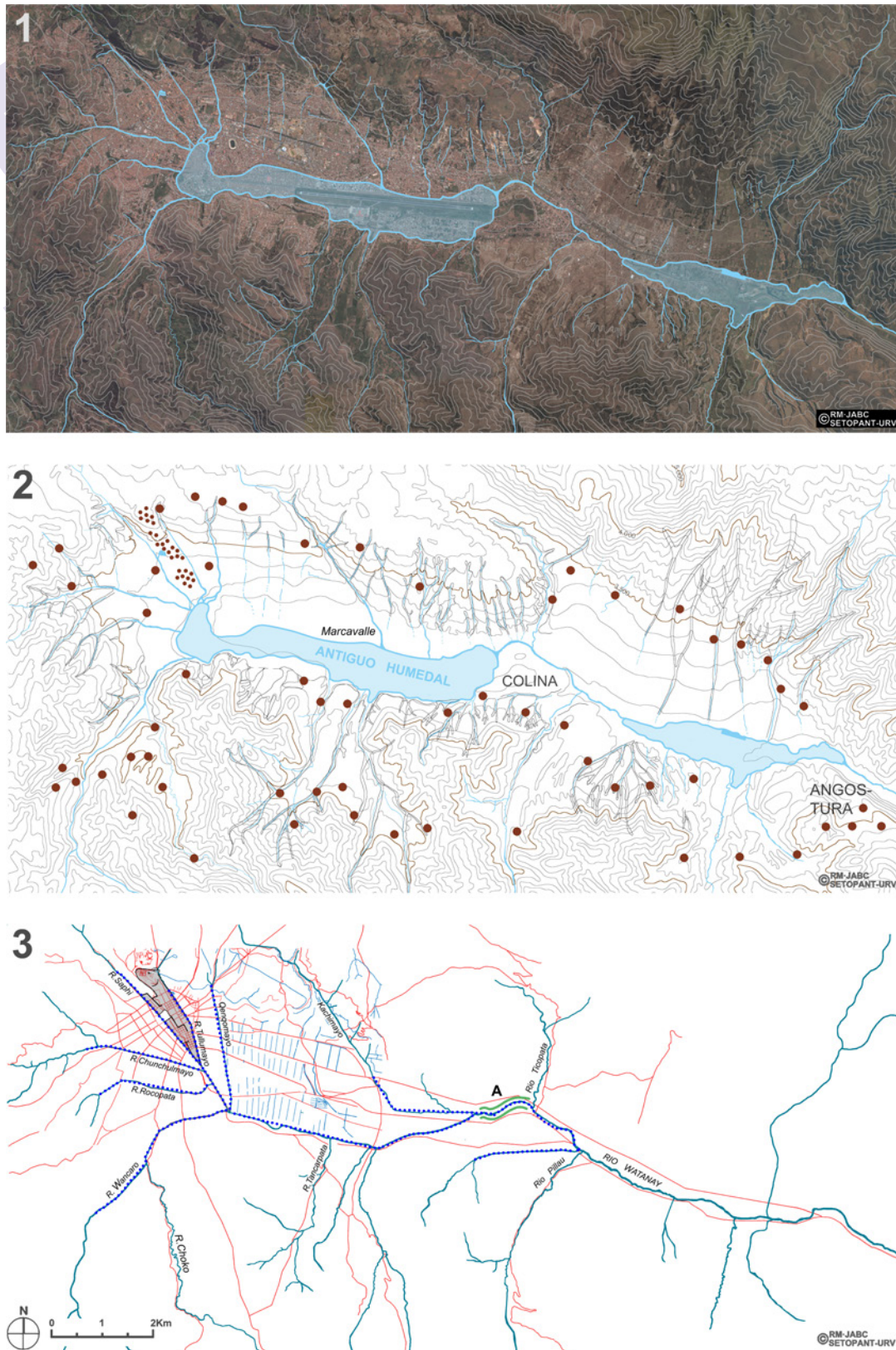


Fig. 2: Sistema di canali associato alla fondazione della capitale dell'Impero inka e alla trasformazione ambientale della testata della valle del fiume Watanay.

(1) Ricostruzione delle zone umide;

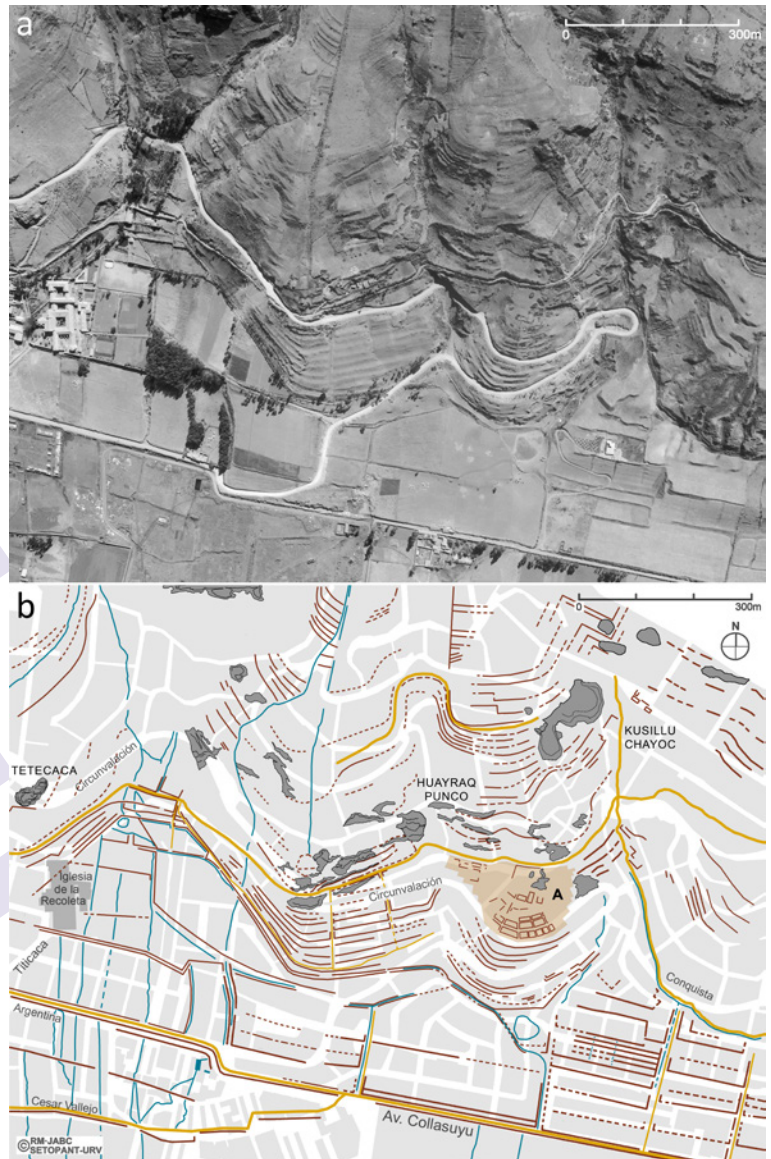
(2) Distribuzione dei 60 principali insediamenti Killke (pre-inka) documentati nella valle (pubblicati in Bauer 2008: 8.4);

(3) Canali inka per il drenaggio delle zone umide, rete viaria e localizzazione del Centro Cerimoniale della capitale inka, configurato simbolicamente nella forma di un puma accovacciato (disegno degli autori).

Fig. 3.

a) Fotografia aerea del 1956 tra il quartiere di San Blas e la quebrada di Kachimayo. L'area è oggi coperta da edificazione moderna. Sono visibili le terrazze inka così come si conservavano all'epoca. La parte inferiore del versante, caratterizzata da pendenza moderata, era organizzata mediante grandi terrazze rettangolari parallele all'attuale avenida Collasuyu, alcune delle quali raggiungevano i 250 m di lunghezza, sostenute da lunghi muri di contenimento. La parte superiore, più ripida, fu trasformata dagli ingegneri inka mediante serie di terrazze curve adattate alla morfologia del terreno.

b) Interpretazione archeologica della fotografia aerea: sono indicati i cammini inka (giallo), le terrazze agricole (rosso) e le rocce sacre (grigio). Tetcaca, Huayraq Punco e Kusillu Chayoc erano tre luoghi sacri (wakas) associati a grandi affioramenti rocciosi percepiti come manifestazioni sacre della Pachamama. In blu sono rappresentati i canali di irrigazione connessi alle terrazze. La fotografia ha inoltre permesso di identificare un piccolo insediamento (A) costituito da abitazioni disposte secondo le curve di livello (disegno degli autori).



La trasformazione idraulica non fu un intervento puntuale, ma una ristrutturazione integrale del bacino: la nuova capitale nacque da un'operazione di ingegneria territoriale su larga scala. Alla regolazione delle acque si affiancò la stabilizzazione dei versanti mediante terrazzamenti (andenerías), con funzione produttiva e strutturale. Le emergenze rocciose (wakas) furono integrate attraverso piattaforme e recinti, assumendo valore simbolico e organizzativo [Van de Guchte 1990; Bauer 1998]. La monumentalizzazione del paesaggio divenne così principio strutturante del progetto.

La gestione dell'acqua rispondeva non solo a esigenze irrigue, ma anche alla riduzione del rischio – erosione, instabilità e saturazione dei suoli – configurando un sistema integrato di "ingegneria del paesaggio" [Hyslop 1990; Córdoba 1987]. L'intervento produsse il passaggio da un ambiente a idrografia diffusa a una rete gerarchizzata di canali incanalati. Studi sull'organizzazione idraulica del Cusco hanno evidenziato l'intreccio tra infrastruttura e potere: la canalizzazione dell'acqua definiva la funzionalità agricola e l'ordine urbano e rituale [Sherbondy 1982; 1987], integrando sorgenti e affioramenti rocciosi nel sistema delle wakas [Bauer 1998; Zuidema 2010].

In questo quadro, il Qhapaq Ñan operava come infrastruttura urbana oltre che imperiale: i suoi rami principali, irradiati dalla grande piazza cerimoniale del Cusco, strutturavano la gerarchia territoriale

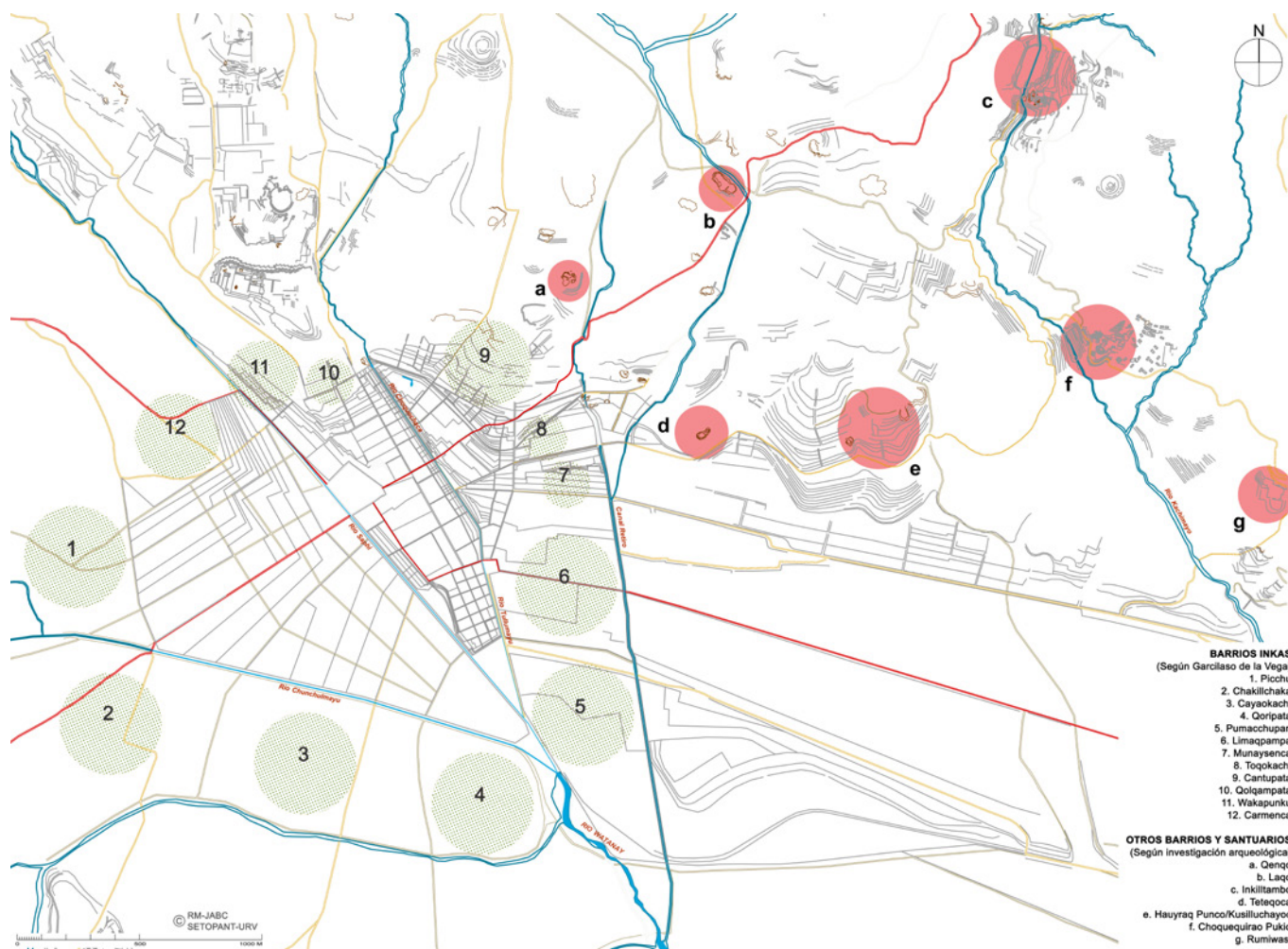


Fig. 4. Sistema di insediamenti dispersi che costituivano la grande capitale Inka, comprendente una serie di "quartieri" e santuari attorno al Centro Sacro del Cusco Inka (disegno degli autori).

e connettevano la capitale ai quattro suyu [Matos, Beltrán-Caballero 2014]. La città si configurava pertanto come capitale-regione, una costellazione composta dal centro monumentale, dagli spazi agricoli e da una rete di insediamenti connessi [Agurto 1987; Farrington 2013]. Questa configurazione, distante dal modello urbano compatto europeo, definì un modello fondato sul controllo dei flussi e sulla costruzione intenzionale del territorio [Hardoy 1972; Makowski 2007; Murra 1975].

Il centro cerimoniale e la struttura radiale. Capitale-regione, urbanismo andino e paesaggio culturale

Il centro cerimoniale del Cusco fu istituito come punto focale del sistema territoriale. Dominando il bacino superiore del fiume Watanay e delimitato dai corsi canalizzati del Saphi e del Tullumayo, occupava una piattaforma triangolare stabilizzata da terrazze sostenute da muri di contenimento, ancora oggi conservati nel centro storico come supporto delle strutture coloniali.

La grande piazza di Awkaypata costituiva il fulcro simbolico e politico di questo centro. Da essa si irradavano i quattro rami principali del Qhapaq Ñan, configurando un sistema radiale di scala imperiale [Agurto 1980; Matos, Beltrán-Caballero 2014]. Tale struttura viaria connetteva la capitale ai quattro

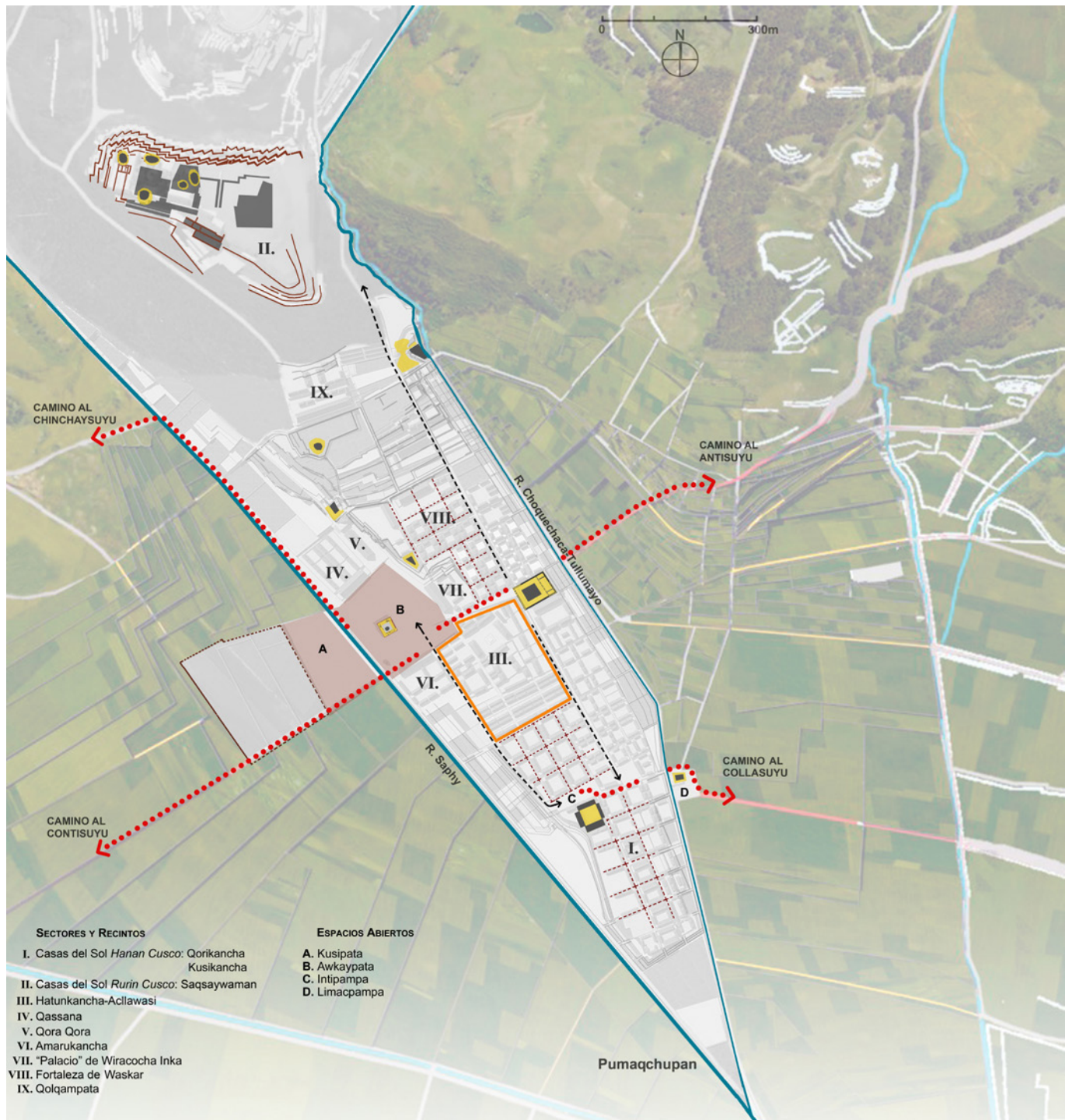


Fig. 5: Il Centro Cerimoniale del Cusco, cuore politico-religioso dell'impero inka, era delimitato dai due fiumi canalizzati Saphi e Tulumayo, che scendevano dalle pendici del colle di Saqsaywaman, situato alla testata della valle del Watanay, nella parte più elevata delle Ande centrali. Secondo la tradizione duale andina, comprendeva due templi del Sole (Saqsaywaman e Qorikancha), che fungevano anche da sede e residenza dei sovrani inka. Lo spazio era densamente organizzato attorno alla grande piazza rappresentativa di Awkaypata, dalla quale si irradiavano i quattro rami principali del Qhapaq Ñan (disegno degli autori).

suyu del Tawantinsuyu. Il centro non era concepito come una città compatta delimitata da mura, ma come un nucleo cerimoniale integrato in un sistema territoriale più ampio [Rowe 1967].

Sul piano architettonico, l'urbanistica inka può essere interpretata come un linguaggio composto da elementi ricorrenti – kancha, kallanka, piattaforme, ushnus, muri perimetrali – combinati secondo regole adattive piuttosto che secondo un modello geometrico rigido [Gasparini, Margolies 1977; Hyslop 1990]. Nel Cusco, l'impianto è stato spesso definito "ortogonale deformato"; tuttavia, l'analisi morfologica suggerisce che la priorità progettuale risiedesse nella costruzione di piattaforme e terrazze capaci di assorbire la topografia e integrare le emergenze rocciose, definendo successivamente unità insediative giustapposte e una connettività gerarchica [Agurto 1987].

Questo cuore cerimoniale funzionava come un vero e proprio "dispositivo urbano" ad alta densità simbolica: la piazza di Awkaypata organizzava percorsi, orientamenti e assi visivi, mentre i complessi recintati (kanchas) definivano micro-sistemi di circolazione e controllo, con accessi e soglie che modulavano la relazione tra spazio pubblico e spazio riservato [Rowe 1967; Bauer 2004]. Più che un reticolo stradale continuo, l'insieme si configura come una composizione per "isole" funzionali, raccordate da assi principali e connessioni secondarie, spesso risolte mediante scalinate e passaggi stretti. Tale gerarchia spaziale risulta coerente con un centro destinato primariamente alla rappresentazione politica e rituale, piuttosto che a funzioni mercantili in senso occidentale [Von Hagen, Morris 1998; Canziani 2009]. In questa prospettiva, il nucleo monumentale del Cusco non può essere interpretato come città compatta nel senso europeo del termine, ma come centro cerimoniale strutturante una capitale-regione, nel quale architettura, topografia e infrastruttura viaria concorrono alla costruzione di un paesaggio culturale intenzionalmente organizzato.

Conclusione: Il paesaggio inka

Il Cusco fu concepito come un sistema urbano disperso attorno alla testata di un'alta valle andina: il bacino superiore del fiume Watanay. Il suo territorio fu trasformato in modo controllato ma su larga scala; una trasformazione guidata dalla volontà di mantenere un equilibrio con le forze soprannaturali che si manifestavano nella natura. Come gli altri popoli andini, gli Inka sapevano che la loro opera rappresentava un'imposizione all'integrità della Pachamama; essa avrebbe potuto perdurare solo ricercando l'equilibrio con le sue manifestazioni: le rocce affioranti potevano essere antenati pietrificati, l'acqua dei torrenti il sangue delle montagne sacre eternamente innevate, e il movimento degli astri nel cielo, che scandiva il calendario, si rifletteva nel profilo delle cime che circondano la valle. Nel pensiero andino, e in particolare in quello inka, la natura si esprimeva anche attraverso forme più sottili. La posizione di alcune montagne sacre, in particolare gli apus eternamente innevati [Zecenarro 2003], forniva visuali che gli amautas traducevano in linee tracciate sul terreno per allineare i percorsi viari. Anche i punti salienti dell'orizzonte fungevano da marcatori per l'appropriazione sacra del territorio, soprattutto quando in determinate date coincidevano con le linee disegnate dal movimento degli astri nel cielo [Urton 1981].

Gli studi di archeoastronomia costituiscono la base di un'ampia bibliografia andina che ha individuato significative corrispondenze nel disegno di costruzioni e insediamenti (tra gli altri: Ziolkowski, Sadowski 1989; Aveni 1981; Bauer, Dearborn 1998; Urton 2007; Zuidema 2010). Dalle linee di Nazca alle torri di Chanquillo, fino agli esempi del Cusco – come le visuali dei cerros Chinchilla, Picchu o



Fig. 6: Ricostruzione virtuale del Centro Cerimoniale del Grande Cusco. L'immagine evidenzia la particolare sensibilità inka nella gestione ambientale del paesaggio. Terrazze agricole, canali e cammini si integrano con le architetture formando un insediamento urbano ordinato. Tuttavia, tali elementi non sono disposti secondo uno schema rigido, ma consentono un adattamento flessibile alle caratteristiche del paesaggio naturale, esprimendo una volontà consapevole di rispetto verso ciò che era percepito come manifestazione soprannaturale della Pachamama (disegno degli autori).

Quiangalla – la progettazione del paesaggio culturale inka appare come un processo complesso che l'archeologia può spiegare solo in termini generali.

Nella tradizione urbana andina, l'occupazione umana non si basava sulla separazione tra campagna e città nei termini propri dell'urbanismo occidentale. I centri cerimoniali non erano spazi produttivi e le loro funzioni mercantili erano limitate. Erano soprattutto centri politici: luoghi nei quali si negoziava il potere e si consolidavano accordi. I rituali religiosi e le cerimonie festive stabilivano relazioni di cooperazione tra i gruppi sociali; i patti di reciprocità tra i partecipanti a banchetti e celebrazioni contribuivano in ultima istanza alla sussistenza della comunità [DeMarrais et al. 1996: 16].

Tali strategie si collocano all'interno di una tradizione urbana andina sviluppata per millenni, profondamente diversa dai modelli che hanno fondato l'idea di città nella cultura europea. Tra Mediterraneo e Vicino Oriente, infatti, la città si affermò come organismo compatto, delimitato da mura che sancivano la separazione tra spazio urbano e campagna, in un contesto economico fondato sulla produ-

zione mercantile e sulla circolazione della moneta. Nei Andes, al contrario, le condizioni storiche e ambientali generarono forme insediative originali, nelle quali la centralità monumentale non coincideva con la concentrazione produttiva. I primi complessi del periodo formativo nella costa peruviana – Caral, Bandurria – si configuravano come sistemi monumentali organizzati su piattaforme piramidali, con piazze ribassate e spazi cerimoniali gerarchizzati; insediamenti nei quali le funzioni produttive non sembrano predominanti e l'occupazione appare verosimilmente stagionale, legata ai cicli rituali agricoli. Lungo tutta la storia preispanica della costa si susseguono grandi santuari concepiti come vere e proprie montagne artificiali – dai complessi moche (waka del Sol e della Luna) a Cahuari e Cerro Sechín, fino alle esperienze Wari e Tiwanaku – culminando nei sistemi urbani più complessi del mondo andino, quali Chan Chan, Pachacamac e, infine, il Cusco.

Bibliografia

- Agurto, S. (1980). *Cusco: La traza urbana de la ciudad inca*. Cusco.
- Agurto, S. (1987). *Estudios acerca de la construcción, arquitectura y planeamiento inkas*. Lima.
- Aveni, A. (1981). *Skywatchers of Ancient Mexico*. Austin.
- Barreda Murillo, L. (1982). *Estudios sobre las culturas Marcavalle y Chanapata*. Cusco.
- Bauer, B. S. (1998). *The Sacred Landscape of the Inca*. Austin.
- Bauer, B. S. (2004). *Ancient Cuzco: Heartland of the Inka*. Austin.
- Bauer, B. S. (2007). *The Chanka and the Origins of the Inca State*. Los Angeles.
- Bauer, B. S. (2018). *The Ancient Inca Capital of Cuzco*. Austin.
- Bauer, B. S., Dearborn, D. (1998). *Astronomy and Empire in the Ancient Andes*. Austin.
- Bauer, B. S., Jones Klink, C. (2018). *Early Occupations in the Cuzco Valley*. Austin.
- Beltrán-caballero, J. A., Mar, R. (2014). Territorio y ciudad en el Cusco..., pp. 23–56.
- Betanzos, J. (1968 [1551]). *Suma y narración de los incas*. Madrid.
- Canziani, J. (2009). *Ciudad y territorio en los Andes*. Lima.
- Cobo, B. (1964). *Historia del Nuevo Mundo*. Madrid.
- Córdoba, M. E. (1986). *Geología del Cusco*. Cusco.
- Córdoba, M. E. (1987). *Estudio geológico de la ciudad del Cusco*. Cusco.
- Covey, R. A. (2003). *A Processual Study of Inka State Formation in Cuzco*.
- Covey, R. A. (2014). *Inca Apocalypse*. Oxford.
- Demarrais, E., Castillo, L., Earle, T. (1996). *Ideology, Materialization and Power Strategies*.
- Farrington, I. (2013). *Urbanism and Archaeology in the Inka World*. Gainesville.
- Gasparini, G., Margolies, L. (1977). *Arquitectura Inka*. Caracas.
- González Corrales, J. A. (1984). La arquitectura y cerámica Killke..., pp. 189–204.
- Gregory, H. E. (1916). *A Geologic Reconnaissance of the Cuzco Valley*.
- Hardoy, J. E. (1972). *Pre-Columbian Cities*. New York.
- Hyslop, J. (1990). *Inka Settlement Planning*. Austin.
- Makowski, K. (2007). La ciudad y el origen de la civilización en los Andes.
- Matos, R., Beltrán-caballero, J. A. (2014). Los caminos del Inka..., pp. 57–60.
- Murra, J. V. (1975). *Formaciones Económicas y Políticas del Mundo Andino*. Lima.

- Rostworowski, M. (1970). *Historia del Tahuantinsuyu*. Lima.
- Rostworowski, M. (2001 [1953]). *Pachacutec Inca Yupanqui*. Lima.
- Rowe, J. H. (1944). An Introduction to the Archaeology of Cuzco.
- Rowe, J. H. (1967). What Kind of Settlement Was Inca Cuzco?
- Sarmiento De Gamboa, P. (1988 [1572]). *Historia de los Incas*.
- Sherbondy, J. (1982). The Canal Systems of Hanan Cuzco.
- Sherbondy, J. (1987). Organización hidráulica y poder en el Cuzco de los incas.
- Van De Guchte, M. J. D. (1990). *Carving the World*.
- Von Hagen, A., Morris, C. (1998). *The Cities of the Ancient Andes*. London.
- Urton, G. (1981). *At the Crossroads of the Earth and the Sky*. Austin.
- Urton, G. (2007). *Inca Myths*.
- Zecenarro, J. (2003). Estudios sobre apus y paisaje sagrado andino.
- Ziółkowski, M., Sadowski, R. (1989). Time and Calendars in the Inca Empire.
- Zuidema, T. (2010). *El Calendario Inca*. Lima.

AI per la conservazione e la valorizzazione dei siti archeologici: il caso del Parco di Ercolano

AI for the conservation and enhancement of archaeological sites: the case of the Herculaneum Park

Arianna Russo

Università "Suor Orsola Benincasa" –
Dipt. Turismo, restauro, archeologia

Abstract

Il contributo analizza l'impiego dell'Intelligenza Artificiale nella conservazione e valorizzazione dei siti archeologici, con un focus sul Parco Archeologico di Ercolano come laboratorio sperimentale. La ricerca si articola in tre ambiti: diagnosi e monitoraggio predittivo del degrado tramite computer vision, restauro digitale assistito come supporto alle decisioni conservative, e mediazione culturale intelligente per una fruizione personalizzata. L'AI emerge come alleata del sapere umano, integrando tutela, conoscenza ed esperienza.

Keywords

Restauro digitale, AI applicata ai Beni Culturali, Diagnostica Predittiva del degrado, Digital Twin archeologico.

This contribution examines the use of Artificial Intelligence in the conservation and enhancement of archaeological sites, focusing on the Archaeological Park of Herculaneum as an experimental case study. The research is structured around three areas: predictive diagnosis and monitoring of decay through computer vision, AI-assisted digital restoration as support for conservation decisions, and intelligent cultural mediation for personalized visitor experiences. AI emerges as an ally of human expertise, integrating protection, knowledge, and engagement.

Digital Restoration, AI Applied to Cultural Heritage, Predictive Diagnostics of Degradation, Archaeological Digital Twin.

Introduzione

Il presente lavoro indaga il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nei processi di conservazione, restauro e valorizzazione del patrimonio archeologico, proponendo un approccio integrato che unisce analisi automatica, fruizione intelligente e progettazione esperienziale. L'oggetto di studio è il Parco Archeologico di Ercolano, scelto come laboratorio di sperimentazione per testare come modelli predittivi e tecniche di visione artificiale o basate su supporto audio AI enhanced che possano supportare la conoscenza e la tutela del costruito antico, integrandosi con il sapere manuale e interpretativo del restauratore.

Il lavoro si articola in **tre assi** di ricerca:

1. Image recognition e restauro predittivo
2. Restauro digitale supportato dall'AI
3. Consapevolezza e comunicazione del processo conservativo

Il primo asse riguarda la diagnosi automatica e il monitoraggio strutturale: attraverso reti neurali e sistemi di computer vision, vengono analizzati dati visivi e geospaziali per individuare microfessurazioni, patine e lesioni, stimandone l'evoluzione nel tempo

Il secondo asse esplora il restauro digitale assistito, ovvero la possibilità di generare modelli ricostruttivi virtuali che suggeriscono, senza sostituirle, possibili azioni conservative compatibili con la materia originaria. **Il terzo asse** riguarda la mediazione culturale intelligente, in cui le stesse tecnologie alimentano esperienze di fruizione evolute.

1. Image recognition e restauro predittivo

Il primo asse di ricerca si colloca nell'ambito della manutenzione preventiva e della diagnostica applicata al costruito storico, con l'obiettivo di rafforzare la capacità di osservazione e previsione del degrado attraverso strumenti digitali. Nel patrimonio archeologico, infatti, le alterazioni non si manifestano sempre come eventi improvvisi: spesso evolvono per micro-variazioni progressive, difficili da cogliere con continuità quando l'osservazione è affidata esclusivamente a campagne di rilievo manuali, necessariamente selettive e influenzate da vincoli di tempo, scala e accessibilità. In tale cornice, il monitoraggio non è soltanto una pratica descrittiva, ma un dispositivo di conoscenza che deve consentire confronti nel tempo, riconoscimento di tendenze e definizione di priorità conservative.

All'interno di questa prospettiva, l'asse propone l'impiego di **reti neurali** e **sistemi di computer vision** per analizzare **dati visivi** e **dati geospaziali** [Pierdicca 2022, 11] con finalità di diagnosi automatica. Le reti neurali, nel senso qui adottato, non sono "strumenti che interpretano" il bene culturale in termini storico-critici, ma modelli capaci di apprendere ricorrenze visive associate a specifiche forme di alterazione.

Addestrate su esempi controllati, permettono di riconoscere configurazioni minute—microfessurazioni, patine, lesioni—anche quando sono distribuite in modo discontinuo o quando la lettura manuale risulta meno omogenea tra operatori e campagne differenti. La loro utilità, dunque, non risiede nell'emettere un giudizio conservativo, ma nel rendere più stabile e replicabile la fase preliminare di individuazione dei fenomeni.

I sistemi di **computer vision** costituiscono il livello operativo con cui l'immagine viene trasformata in informazione analitica. Nel caso descritto, tali sistemi possono essere impiegati per passare dalla semplice documentazione fotografica a una restituzione che evidenzia "dove" e "come" il degrado si distribuisce sulla superficie: non soltanto una segnalazione puntuale, ma una mappatura che consenta di descrivere estensione, densità e variazioni morfologiche dei fenomeni osservati. In questa transizione—da immagine a evidenza—si colloca un punto metodologico decisivo: le superfici non vengono più lette solo come repertorio di fotografie, ma come unità interrogabili e confrontabili, nelle quali l'alterazione può essere monitorata in modo più sistematico.

A rendere possibile il monitoraggio, però, è l'integrazione con i **dati geospaziali** [Pierdicca, Paolanti,



FIG. 1: Mappatura automatica delle forme di deterioramento su superfici lapidee mediante deep learning (Mask RCNN). Le alterazioni sono classificate e localizzate a supporto della diagnosi e del monitoraggio predittivo (da Hatir et al., 2021).

2022]. Con tale espressione si intendono le informazioni che attribuiscono una collocazione spaziale alle osservazioni: posizione, distribuzione, riferimenti topografici e relazioni tra elementi. La loro funzione, in questo asse, è duplice. Da un lato, consente di superare l'isolamento dei dati visivi, collegando ogni evidenza a un contesto fisico preciso (ambiente, prospetto, settore), così da costruire una lettura a scala di sito e non solo a scala di immagine. Dall'altro lato, permette la comparazione tra campagne successive: quando lo stesso ambito viene documentato a distanza di tempo, la componente geospaziale rende possibile confrontare risultati omologhi, riconoscere variazioni e costruire serie temporali. È in questo punto che la diagnosi automatica si trasforma in monitoraggio: la ripetizione dell'analisi, ancorata allo spazio, consente di stimare l'evoluzione dei fenomeni e di individuare tendenze (stabilità, progressione, espansione).

Coerentemente con l'impostazione del contributo, lo scopo non è produrre una "verità automatica" sullo stato di conservazione, ma predisporre strumenti che **anticipano il degrado** e supportino le decisioni. La stima dell'evoluzione nel tempo consente di orientare la manutenzione preventiva, suggerendo quali aree richiedano verifiche ravvicinate, quali fenomeni risultano in crescita e dove possano emergere condizioni di vulnerabilità. In questa prospettiva, l'Intelligenza Artificiale opera come **alleato**: riduce i tempi di rilievo e comparazione, limita margini d'errore dovuti alla variabilità dell'osservazione manuale su superfici estese e, soprattutto, restituisce un quadro più coerente nel tempo. L'atto conservativo resta fondato sul discernimento del restauratore, ma è sostenuto da un apparato informativo capace di rendere più tempestiva l'individuazione dei segnali deboli e più solida la documentazione comparativa.

L'asse uno, infine, mantiene un presupposto metodologico essenziale: i risultati dell'analisi automatica devono rimanere interpretabili e verificabili, cioè leggibili come supporto alla pratica e non come sostituzione del sapere tecnico. In questo senso, l'automazione è pensata come potenziamento della capacità di "ascolto" della materia, e il monitoraggio come infrastruttura conoscitiva utile a programmare la cura del patrimonio nel tempo. La sperimentazione di tale impianto metodologico sarà quindi verificata, nella parte applicativa del lavoro (asse 3), attraverso il caso studio del **Parco Archeologico di Ercolano**, assunto come contesto operativo per testare l'efficacia dell'integrazione tra analisi visiva automatizzata e dati geospaziali in un ambiente archeologico reale.

2. Restauro digitale assistito e "AI come consigliera"

Il secondo asse esplora il **restauro digitale assistito** come dispositivo conoscitivo e decisionale, collocato a valle della fase diagnostica e di monitoraggio. Se il primo asse produce evidenze osservabili e comparabili (mappe e indicatori di microfessurazioni, patine, lesioni), il secondo asse si concentra su come tali evidenze possano alimentare un ambiente digitale in cui **prefigurare**, con rigore metodologico, possibili azioni conservative **compatibili con la materia originaria**, mantenendo una distinzione netta tra ciò che è documentato e ciò che è ipotesi. In ambito di archeologia e restauro, infatti, ogni operazione di ricostruzione (anche quando è solo virtuale), richiede trasparenza, tracciabilità e riconoscibilità delle scelte: principi ribaditi dalle linee guida internazionali sull'uso della visualizzazione e della ricostruzione digitale in ambito culturale, che insistono sulla necessità di documentare metodi, fonti e grado di incertezza delle integrazioni. (https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf, February 2009)

All'interno di questo quadro, il "restauro digitale" non coincide con una semplice restituzione grafica,

FIG. 2 – Restauro digitale e ricostruzione virtuale come supporto alla decisione conservativa. Schema concettuale che distingue tra virtual restoration e virtual reconstruction, chiarendo il rapporto tra evidenza documentata, integrazione ipotetica e livelli di affidabilità (da Pietroni, Ferdani, 2021).



né con una ricostruzione spettacolare: è piuttosto un processo di **modellazione interpretativa** che rende verificabili le ipotesi, confrontabili le alternative e comunicabili i criteri adottati. In questo senso è utile distinguere, come proposto in letteratura, tra **virtual restoration** (interventi digitali che aumentano la leggibilità senza interferire materialmente) e **virtual reconstruction** (ricostruzioni ipotetiche basate su evidenze e inferenze esplicite), entrambe da condurre entro protocolli di trasparenza scientifica. [Pietroni, E. 2021]

Nel paradigma qui adottato, l'Intelligenza Artificiale opera secondo una logica di **assistenza**: non decide l'intervento, ma aiuta a costruire e testare scenari. I **sistemi di apprendimento automatico** sono impiegati in tre direzioni, coerenti con la traccia del progetto:

1. Riconoscimento di pattern di degrado e coerenza materica

I modelli apprendono ricorrenze (pattern) già emerse nella diagnosi automatica e le utilizzano per suggerire relazioni tra fenomeni: ad esempio, continuità/discontinuità di una patina, compatibilità visiva tra porzioni di superficie, ricorrenze morfologiche di lacune o distacchi. Questa funzione non sostituisce la diagnosi esperta, ma offre un supporto alla lettura comparativa e alla costruzione di ipotesi operative, in linea con le cautele evidenziate dalla letteratura sull'impiego di AI nella protezione e conservazione del patrimonio. [Hatir et al., 2021; Ying et al., 2025]

2. Ricomposizioni digitali e integrazioni virtuali (senza intervento fisico)

La ricomposizione digitale riguarda la possibilità di simulare, in ambiente virtuale, integrazioni e ricostruzioni di porzioni mancanti o frammentarie. In ambito scientifico esistono approcci consolidati alla cosiddetta *digital anastylosis*, dove algoritmi e tecniche di riconoscimento di forma/texture supportano la ricollocazione o l'accostamento di frammenti, mentre strumenti di *inpainting* consentono reintegrazioni visive controllate e dichiarate. (www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167865520302543)

Nel tuo impianto, queste procedure hanno un valore soprattutto metodologico: permettono di valutare la plausibilità di una ricomposizione e la sua leggibilità, senza "consumare" la materia e senza anticipare scelte irreversibili.

3. Simulazione di scenari di intervento a bassa invasività

La simulazione non va intesa come previsione assoluta, ma come strumento per confrontare alternative: cosa accade, in termini di leggibilità e compatibilità, se si adotta una soluzione rispetto

a un'altra? Quali parti restano volutamente non integrate? Qual è l'effetto di una reintegrazione virtuale sulla percezione complessiva? In letteratura questo approccio è frequentemente associato all'idea di "virtual restoration" come fase di studio e comunicazione, utile a discutere opzioni e limiti prima del cantiere. [Pietroni, E. 2021]

Il punto teorico del secondo asse è il paradigma dell'"**AI come consigliera**": un equilibrio tra automazione e discernimento umano, in cui la tecnologia amplifica la sensibilità critica del professionista, senza trasformarsi in un'autorità decisionale. Questa impostazione risponde a due esigenze tipiche del restauro:

- la necessità di **esplicitare** e documentare i passaggi interpretativi (cosa è evidenza e cosa è ipotesi);
- la necessità di **confrontare** scenari in modo controllato e comunicabile, secondo principi di affidabilità e trasparenza delle visualizzazioni digitali. (https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf, February 2009)

In termini operativi, l'AI diventa "consigliera" quando produce **proposte parametriche e verificabili**: suggerimenti che il restauratore può accettare, modificare o rifiutare, mantenendo sempre la responsabilità della scelta e la coerenza con i criteri della disciplina (compatibilità, riconoscibilità, reversibilità e minima invasività). Il risultato atteso non è un restauro automatico, ma un **ambiente di supporto** alla decisione e alla comunicazione scientifica, dove ogni ricostruzione digitale è accompagnata da livelli di confidenza e da una dichiarazione del grado di ipotesi, in coerenza con i riferimenti metodologici internazionali. [LÓPEZ-MENCHERO, V, 2011/2018].

La continuità con il primo asse è strutturale: la diagnosi automatica e il monitoraggio forniscono **evidenze** (pattern, mappe, localizzazioni e variazioni nel tempo) che alimentano il restauro digitale assistito, trasformando l'analisi in uno spazio di progettazione critica. In questa logica, l'ambiente virtuale non è un "doppio" estetico del bene, ma un luogo di verifica, confronto e documentazione delle scelte conservative.

3. Consapevolezza e comunicazione del processo conservativo

Se i primi due assi mirano a trasformare il dato (visivo e geospaziale) in evidenza diagnostica e, successivamente, in supporto alla decisione conservativa mediante restauro digitale assistito, il terzo asse completa l'impianto affrontando la questione della fruizione: come rendere accessibili e comprensibili, al pubblico non specialista, i contenuti di conoscenza e tutela prodotti dal processo, senza semplificarne la complessità.

Il terzo asse estende l'impianto di diagnosi e restauro digitale verso la mediazione culturale intelligente, assumendo la fruizione come parte integrante del processo di tutela. Nella letteratura museologica e di management culturale, la mediazione digitale è sempre più intesa come infrastruttura di relazione: non soltanto canale informativo, ma dispositivo che orienta comprensione, partecipazione e consapevolezza del valore culturale e sociale del patrimonio [Mandarano 2019; Solima 2022]. In questa prospettiva, l'innovazione non coincide con la "sovrapposizione" di contenuti al sito, bensì con la progettazione di esperienze capaci di accompagnare il visitatore nella costruzione di significato, rendendo accessibile la complessità senza ridurla a semplificazione spettacolare [Bonacini 2011].

All'interno di tale cornice, l'asse propone un modello di fruizione basato su interazione in linguaggio naturale. Il prototipo sviluppato per il caso di Ercolano è un prototipo di cuffie intelligenti alimentate

da modelli NLP e LLM, in grado di consentire al visitatore un dialogo con un assistente virtuale. L'uso del linguaggio naturale infatti risponde a un'esigenza precisa: superare la logica lineare e predefinita dell'audioguida tradizionale e abilitare una fruizione adattiva, che segue curiosità, ritmo, livello di competenza e bisogni di accessibilità dell'utente. L'approccio si inserisce nel dibattito recente sul cosiddetto *people-centred NLP* applicato al turismo e al patrimonio, che sottolinea l'importanza di progettare sistemi conversazionali orientati ai bisogni reali dei pubblici e non soltanto alla performance tecnica [Fareed, Amer 2023].

3.1. NLP & LLM

Come è noto, NLP (Natural Language Processing) indica l'insieme di tecniche che permettono di analizzare e generare testo/linguaggio in forma computazionale; i LLM (Large Language Models) sono modelli neurali di grandi dimensioni capaci di produrre risposte coerenti e contestuali a partire da input in linguaggio naturale. La loro utilità, nel caso della mediazione culturale, non è "raccontare al posto del museo", ma supportare una modalità di accesso più flessibile al patrimonio: l'utente non si limita a ricevere contenuti, ma può porre domande, chiedere chiarimenti, richiedere esempi o comparazioni, e orientare l'esperienza secondo un percorso cognitivo personale. [FAREED, M. W.(2023)] Perché ciò sia scientificamente sostenibile, l'assistente non può essere concepito come un generatore libero di testo: deve essere ancorato a un corpus controllato e verificabile (schede storico-archeologiche, lessici, apparati divulgativi validati), così da garantire coerenza con le fonti e ridurre ambiguità e imprecisioni. In altri termini, il modello linguistico funge da interfaccia conversazionale a una base di conoscenza curata, rendendo la fruizione "interrogabile" e personalizzabile, in continuità con l'idea di patrimonio come piattaforma di conoscenza condivisa già implicita negli assi precedenti.

3.2. Dalla narrazione alla consapevolezza conservativa

L'elemento che caratterizza questo asse, rispetto a molte esperienze digitali, è la scelta di includere nella mediazione non solo la storia del sito, ma anche la dimensione conservativa: stato di conservazione, logiche di manutenzione preventiva, strategie di tutela in corso. La fruizione diventa così un'occasione educativa che connette percezione estetica e responsabilità collettiva, trasformando il pubblico in un interlocutore più consapevole della cura necessaria al patrimonio [Solima 2022]. Questa impostazione è coerente con le traiettorie recenti della ricerca su guide "intelligenti" e sistemi audio interattivi, che mostrano come la conversazione e l'adattività possano rafforzare l'engagement e la comprensione, rispetto a modalità esclusivamente espositive [Tsepapadakis et al. 2023]. In questa prospettiva, l'assistente non opera come "intrattenitore", ma come mediatore: restituisce informazioni personalizzate, chiarisce termini tecnici, spiega perché certe aree richiedono attenzioni particolari e come la conservazione si articola nel tempo. Il valore aggiunto non è soltanto informativo, ma cognitivo: la visita non è più una sequenza di punti, bensì un dialogo che costruisce senso e, potenzialmente, comportamenti più rispettosi e partecipativi.

3.3. Personalizzazione e contesto: perché l'esperienza è "intelligente"

L'intelligenza dell'esperienza non coincide con la sola presenza del modello linguistico, ma con la capacità di rispondere in modo pertinente al contesto: lingua scelta, livello di dettaglio richiesto, tempo disponibile, preferenze (archeologia domestica, tecniche costruttive, affreschi, conservazione), e progressione della visita. In questa direzione, progetti recenti in ambito europeo mostrano una ten-

denza a strumenti di fruizione basati su AI orientati alla personalizzazione e all'interazione, sviluppati in dialogo con professionisti del settore [Mazzanti et al. 2025].

Quando questa personalizzazione viene integrata con consapevolezza spaziale (ad esempio tramite meccanismi di prossimità e micro-localizzazione), la mediazione può diventare più situata: il contenuto si collega al luogo in cui l'utente si trova, riducendo dispersione e sovraccarico informativo. In letteratura, l'impiego di tecnologie di prossimità come BLE per servizi culturali location-based è ampiamente documentato, soprattutto per migliorare robustezza e pertinenza dei contenuti in ambienti complessi [Barsocchi et al. 2021].

3.4. Architettura del sistema e interazione naturale

A differenza delle audioguide tradizionali basate su percorsi lineari e predefiniti, il prototipo sviluppato per il **Parco Archeologico di Ercolano** abilita un dialogo bidirezionale in linguaggio naturale. Il sistema permette all'utente di interrogare direttamente il sito, ponendo domande specifiche su tecniche costruttive, materiali o interventi conservativi in corso. L'intelligenza del dispositivo risiede nella sua capacità di:

- **Personalizzare l'esperienza:** modulare il linguaggio e il livello di dettaglio tecnico in base al profilo dell'utente (turista, studente, esperto).
- **Garantire rigore scientifico:** l'assistente virtuale non è un generatore libero di testo, ma è ancorato a un **corpus controllato** di dati (schede archeologiche, diari di restauro, dati geospaziali dell'asse 1, riducendo il rischio di "allucinazioni" dell'IA).

3.5. Il prototipo come strumento di "ascolto" del restauro

L'innovazione del prototipo risiede nell'inclusione della dimensione conservativa nella narrazione. Attraverso meccanismi di **micro-localizzazione (BLE)**, le cuffie riconoscono la posizione del visitatore e attivano contenuti specifici sulle criticità del settore osservato. Il visitatore può così comprendere, ad esempio, perché una determinata area sia chiusa per monitoraggio strutturale o quali siano i segnali di degrado identificati automaticamente dai sistemi di computer vision descritti nell'asse 1. In questo modo, la fruizione diventa un'estensione del processo di tutela: il pubblico non è più un osservatore passivo, ma un interlocutore consapevole della fragilità e della cura necessaria al palinsesto archeologico.

La coerenza con i primi due assi è intenzionale: la stessa infrastruttura digitale che supporta diagnosi e restauro digitale può alimentare la mediazione, rendendo comunicabili con linguaggio accessibile e motivazioni della tutela. In questo modo, analisi, interpretazione e narrazione non risultano compartimenti separati, ma livelli differenti di un unico ecosistema di conoscenza. La sperimentazione sul caso studio ha consentito di verificare se un'interfaccia conversazionale basata su NLP e LLM, erogata tramite cuffie intelligenti, possa effettivamente migliorare comprensione, coinvolgimento e consapevolezza conservativa, senza banalizzare la complessità del patrimonio.

Conclusioni

L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale nei processi di tutela, testata nel laboratorio di **Ercolano**, dimostra come le tecnologie predittive e di *computer vision* non automatizzino il restauro, ma ne potenzino la capacità analitica. Attraverso i tre assi di ricerca, l'IA evolve da semplice strumento tecnico

a **infrastruttura conoscitiva**: stabilizza la diagnosi del degrado, supporta la simulazione di scenari conservativi trasparenti e trasforma la complessità dei dati in consapevolezza pubblica mediante interfacce conversazionali.

Il valore del modello risiede nel paradigma dell'“**AI consiglia**”, dove l'algoritmo amplifica la sensibilità critica del restauratore senza sostituirne il giudizio. Questo approccio integrato apre prospettive concrete per una **manutenzione programmata** e sostenibile, in cui dati visivi e geospaziali convergono in un unico ecosistema digitale. In definitiva, la sperimentazione conferma che l'innovazione tecnologica può rinnovare l'etica della cura del patrimonio, rendendo l'ascolto della materia antica più tempestivo, condiviso e rigoroso.

Bibliografia

- ADAMO MUSCETTOLA, S. (1985). *Il ritratto di Augusto dalla Mostra d'Oltremare*, in *Napoli Antica*, Napoli, Macchiaroli editore, p. 347.
- BARCA, P., et al. (2020). SAFFO: A SIFT based approach for digital anastylosis of fragmented artworks, in «Pattern Recognition Letters».
- BARSOCCHI, P., CASSIÀ, F., GADDINI, M., GIROLAMI, M. (2021). *Bluetooth Low Energy for Cultural Heritage Services: A Systematic Review*, in «Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development», vol. 11, n. 4, pp. 453-470.
- BONACINI, E. (2011). *Il museo partecipativo. Itinerari di storytelling digitale*, Napoli, Giannini editore.
- BONACINI, E. (2011). *Nuove tecnologie per la fruizione e valorizzazione del patrimonio culturale*, Roma, Aracne editrice.
- CANTONI, V., et al. (2020). *Javastylosis: a tool for computer-assisted chromatic and semantic recomposition of fresco fragments*, in ACM Digital Library.
- COLACE, F., et al. (2025). *AI for cultural heritage protection*, in «Journal of Cultural Heritage».
- FAREED, M., AMER, M. (2023). *People-centred Natural Language Processing for Cultural Tourism Market: a Research Agenda*, in «CEUR Workshop Proceedings», vol. 3600, pp. 1-12.
- HATIR, E., KORKANÇ, M., SCHACHNER, A., İNCE, İ. (2021). *The deep learning method applied to the detection and mapping of stone deterioration in open-air sanctuaries of the Hittite period in Anatolia*, in «Journal of Cultural Heritage», vol. 51, pp. 37-49.
- ICOMOS. (2017). *Salinas Declaration on the Protection and Conservation of Archaeological Heritage in the Digital Age*, Paris, ICOMOS International Council on Monuments and Sites.
- LÓPEZ-MENCHERO, V. M., GRANDE, A. (2011/2018). *The Seville Principles (Virtual Archaeology)*, Icomos.
- MANDARANO, N. (2019). *Musei e media digitali*, Roma, Carocci editore.
- MAZZANTI, P., FERRACANI, A., BERTINI, M., PRINCIPI, F. (2025). *Reshaping Museum Experiences with AI: The ReInHerit Toolkit*, in «Heritage», vol. 8, n. 34, pp. 227-245.
- PIERDICCA, R., PAOLANTI, M. (2022). *GeoAI: a review of artificial intelligence approaches for the interpretation of complex geomatics data*, in «Geosci. Instrum. Method. Data Syst.», 11, pp. 195-218.
- PIETRONI, E. (2021). *Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models*, in «Information», MDPI.
- SOLIMA, L. (2022). *Le parole del museo. Un percorso tra management, tecnologie digitali e sostenibilità*, Roma, Carocci editore.
- THE LONDON CHARTER. (2009). *The London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage (v.2.1)*, London, King's College.

TSEPAPADAKIS, J., et al. (2023). *Are you talking to me? An Audio Augmented Reality intelligent guide (Exhibot)*, in «Pervasive and Mobile Computing».

XU, H., et al. (2024). *Frescoes restoration via virtual-real fusion: Method and application*, in «Cultural Heritage Science».

YING, W., KHOSHELHAM, K., KEMP, J. (2025). *Assessment of Rock and Stone Decay in Heritage Sites Using Machine Learning*, in «ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. X-G-2025, pp. 1019-1026.

Sitografia

<https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf>

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167865520302543

londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf

Dal rilievo digitale all'intelligenza neurale per il patrimonio costruito: evoluzioni nell'interazione uomo-macchina

From digital surveying to neural intelligence for built heritage: developments in human-machine interaction

Luigi Barazzetti

Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

Daniela Oreni

Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

Abstract

Nel settore della documentazione digitale del patrimonio costruito l'integrazione tra tecniche consolidate di rilievo e modelli neurali avanzati apre nuove prospettive di utilizzo, con particolare attenzione all'integrazione di modelli basati su sistemi vision-language. Attraverso esempi applicativi e casi di studio, l'articolo discute le potenzialità e i limiti di questi approcci rispetto ai metodi tradizionali, evidenziando come le reti neurali possano supportare l'interpretazione, l'analisi e la gestione di contesti complessi e unici, tipici del patrimonio storico.

In the field of digital documentation of built heritage, integrating established surveying techniques with advanced neural models opens new perspectives for use, with particular attention to vision-language systems. Through application examples and case studies, the article discusses the potential and limitations of these approaches compared to traditional methods, highlighting how neural networks can support the interpretation, analysis and management of complex and unique contexts typical of historical heritage.

Keywords

approcci neurali, documentazione digitale, vision transformer.

neural approaches, digital documentation, vision transformer.

Introduzione

Negli ultimi anni gli strumenti basati sull'intelligenza artificiale (IA) hanno conosciuto una diffusione senza precedenti in numerosi settori, influenzando profondamente il rapporto degli utenti con la tecnologia, tanto nelle pratiche quotidiane quanto nelle attività professionali più complesse. Questa trasformazione non riguarda soltanto l'automazione di processi già consolidati, ma introduce nuove modalità di analisi, interpretazione e interazione con i dati, parzialmente ridefinendo il ruolo stesso degli strumenti digitali all'interno dei flussi di lavoro. L'IA non è più percepita come una tecnologia specialistica riservata a contesti di ricerca avanzata, ma come infrastruttura cognitiva diffusa, capace di supportare e spesso trasformare le attività di acquisizione, gestione e interpretazione delle informazioni.

Nel campo della documentazione e del rilievo digitale del patrimonio costruito, questa evoluzione assume un significato particolarmente rilevante. Le tecniche basate su immagini e laser scanning consentono oggi di acquisire enormi quantità di informazioni geometriche e radiometriche, generando dataset ad altissima densità informativa. Tali dati non costituiscono semplicemente una rappresentazione del reale, ma possono diventare, se opportunamente filtrati, organizzati e strutturati, la base per l'addestramento di reti neurali in grado di apprendere modelli e relazioni complesse. Il rilievo digitale si configura come punto di avvio di una nuova catena cognitiva, nella quale i dati grezzi vengono progressivamente trasformati in conoscenza strutturata e operativa. L'integrazione tra rilievo e modelli neurali permette infatti di andare oltre la logica della rappresentazione geometrica.

Le reti non solo ricostruiscono l'oggetto, ma incapsulano e astraggono una possibile conoscenza incorporata nei dati, creando una nuova forma di interazione tra utente e modello digitale. Da oggetto statico, il modello diventa così uno strumento attivo di comprensione, capace di assistere l'operatore nelle attività di interpretazione, classificazione e diagnosi. L'utente, a sua volta, è un interlocutore che interagisce con il sistema, attivando un vero e proprio dialogo uomo-macchina.

Un passaggio chiave in questa evoluzione è rappresentato dall'introduzione dell'architettura dei transformer e del meccanismo di attenzione (*attention mechanism*) [Vaswani et al. 2017]. Tali modelli hanno modificato radicalmente il modo di trattare sequenze e strutture complesse, consentendo l'individuazione di relazioni non locali fra elementi apparentemente distanti. Il successivo sviluppo dei *vision transformer* ha esteso questo paradigma al dominio delle immagini e dei dati spaziali.

Parallelamente, si stanno affermando nuovi paradigmi di rappresentazione 3D basati su reti neurali, che superano le strutture classiche quali nuvole di punti e mesh poligonali. In questi approcci, la geometria non è esplicitamente memorizzata come insieme di coordinate, superfici, solidi, o altri modelli "tradizionali", ma codificata all'interno della rete stessa, che funge contemporaneamente da modello, archivio e strumento di rendering. Questa trasformazione comporta implicazioni profonde: da un lato introduce flessibilità e nuove capacità di generalizzazione; dall'altro solleva interrogativi sui criteri di validazione e sull'affidabilità dei modelli neurali quando applicati a beni culturali.

L'applicazione di tali tecnologie al settore del patrimonio pone però sfide significative. I beni culturali sono infatti oggetti complessi, stratificati e unici. Le reti neurali sono invece generalmente addestrate su dataset standardizzati e ripetitivi, orientati a contesti di larga scala. Ne deriva la necessità di sviluppare strategie di adattamento e fine-tuning che consentano di trasferire le potenzialità dei modelli generici verso contesti altamente specialistici e con una base di dati spesso limitata.

Un'ulteriore prospettiva di ricerca nel campo della conservazione riguarda l'integrazione di dati di diversa natura (geometrici, materici, storici, etc.) che potrebbero essere messi in relazione attraverso modelli semantici, non solo con l'obiettivo di ottenere modelli tridimensionali più ricchi, ma anche di costruire sistemi capaci di supportare decisioni informate durante i processi di diagnosi, gestione e restauro, superando i limiti della semplice visualizzazione e memorizzazione, avvicinandosi a una forma di dialogo cognitivo tra esperto e modello digitale.

L'obiettivo di questo contributo è discutere criticamente tali sviluppi, analizzando se e in che misura i nuovi strumenti basati sull'IA possano supportare le attività di documentazione, conservazione e valorizzazione del patrimonio costruito, attraverso esempi applicativi e riflessioni metodologiche che richiedono un atteggiamento prudente, consapevole e scientifico.

2. Nuove tecnologie e pratiche consolidate: continuità o cambiamento nei processi di documentazione digitale?

Un momento di svolta in questo settore della ricerca è rappresentato dalla pubblicazione dell'articolo *Attention Is All You Need*, che ha introdotto l'architettura dei transformer e il concetto di attenzione [Vaswani et al. 2017]. Questo meccanismo ha rivoluzionato il modo in cui gli algoritmi elaborano sequenze di dati, permettendo di individuare relazioni tra elementi non necessariamente contigui. Si pensi, ad esempio, alla traduzione automatica dei testi: un traduttore umano non lavora parola per parola né si limita all'applicazione meccanica delle regole grammaticali, ma interpreta il contenuto,

riconosce relazioni e, solo successivamente, produce la traduzione. I transformer consentono ai modelli computazionali di avvicinarsi, almeno in parte, a questo tipo di analisi, estendendo la loro “memoria” e facilitando l'individuazione di correlazioni complesse all'interno del testo.

Nel 2021 si è registrato un ulteriore avanzamento, legato all'estensione dei principi dei transformer all'analisi delle immagini digitali [Dosovitskiy et al. 2020]. Oggi l'IA è in grado non solo di riconoscere il contenuto di un'immagine, ma anche di descriverlo, modificarlo e persino generare nuove rappresentazioni visuali. Questa convergenza tra dati testuali e visivi risulta particolarmente rilevante per il patrimonio culturale. L'adozione di tali tecnologie non dovrebbe limitarsi alla semplice sostituzione degli strumenti tradizionali, ma dovrebbe stimolare l'esplorazione di nuove forme di analisi e gestione dei dati. Discipline come la fotogrammetria e il laser scanning, che hanno ormai consolidato un approccio basato su grandi volumi di dati digitali, potrebbero essere integrate con modelli di IA, non solo per generare modelli tridimensionali di elevata accuratezza, ma anche per estrarre informazioni, quali le anomalie geometriche o i fenomeni di degrado, gestendo dati multiscala.

Oggi è possibile sviluppare alcune applicazioni utilizzando la tecnologia disponibile, anche integrata in soluzioni commerciali; in altri casi il processo di sviluppo non è ancora completamente concluso, ma esistono prime versioni di software operativi, seppur con alcune limitazioni.

Per quanto riguarda i nuovi metodi di rappresentazione digitale del patrimonio, non solo in termini di acquisizione dei dati, ma soprattutto di nuove modalità di elaborazione, si stanno sviluppando modelli tridimensionali basati su reti neurali, in cui la l'informazione geometrica dell'oggetto è incapsulata nella rete e la visualizzazione del modello deriva direttamente dalla rete stessa. Si può dunque affermare che ci troviamo di fronte a una nuova modalità di rappresentazione dei dati geometrici, con importanti implicazioni per le applicazioni pratiche nei progetti di documentazione e conservazione del patrimonio costruito.

Sebbene molte di queste piattaforme non possano ancora considerarsi completamente mature, offrono opportunità interessanti, come l'integrazione del linguaggio naturale nei processi di elaborazione e interpretazione dei dati. Ciò consente, ad esempio, di modificare modelli tridimensionali mediante istruzioni espresse in linguaggio umano, oppure di estrarre informazioni senza ricorrere necessariamente a complessi processi di classificazione o segmentazione, che oggi rappresentano operazioni di uso comune. In questo senso, l'integrazione di sistemi in grado di interpretare automaticamente il linguaggio umano durante la fase di addestramento di reti neurali impiegate per rappresentare geometria 3D può aprire la strada allo sviluppo di soluzioni innovative.

3. Nuove soluzioni per la rappresentazione 3D, alcune considerazioni.

Tra i metodi di ricostruzione tridimensionale basati su approcci neurali sviluppati negli ultimi anni, due si sono distinti per rilevanza scientifica e applicativa: NeRF (Neural Radiance Fields) [Mildenhall et al. 2020] e Gaussian Splatting [Kerbl et al. 2023]. Entrambi condividono una base concettuale comune con la fotogrammetria tradizionale, in quanto richiedono insiemi di immagini corredate da parametri di orientamento e da una corretta calibrazione della camera, ottenibili attraverso procedure analoghe a quelle adottate nei software fotogrammetrici convenzionali.

Il processo di ricostruzione, tuttavia, si fonda su principi profondamente diversi. A differenza dei metodi classici, che producono modelli tridimensionali espliciti basati su nuvole di punti, mesh triango-

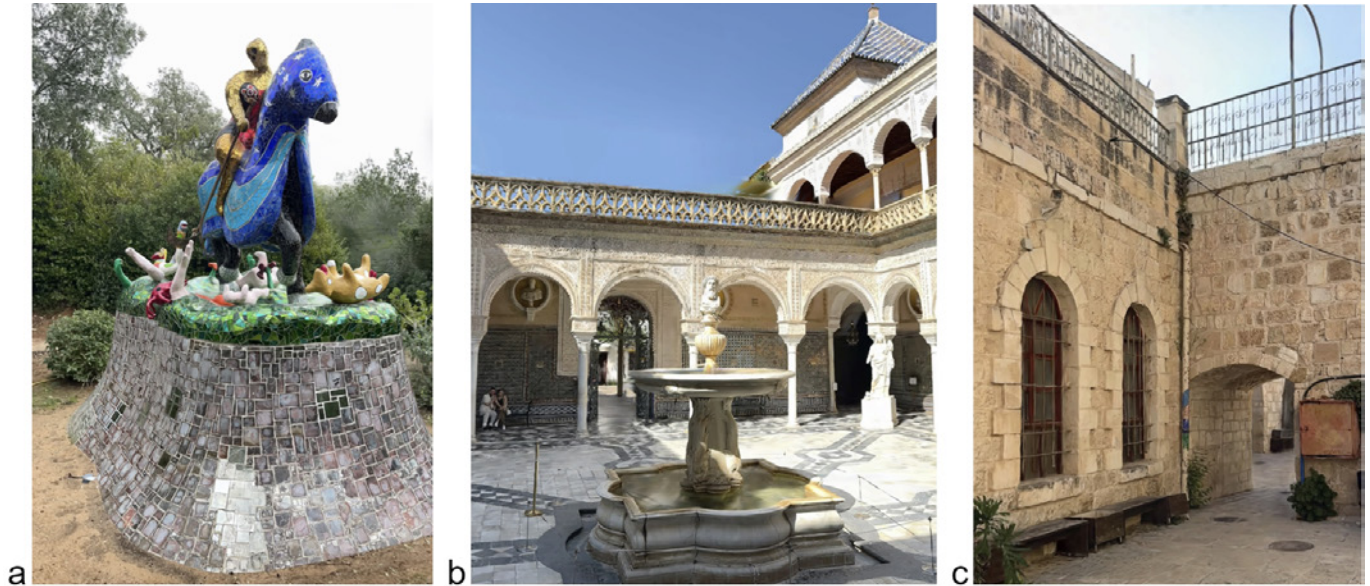


FIG. 1. (a) un modello tramite splats nel caso di superfici riflettenti; (b) ricostruzione del “soggetto principale” e del suo intorno; (c) parte del secondo cortile sullo sfondo viene ricostruita ed è visibile, nonostante una geometria di ripresa fotogrammetrica non favorevole.

lari con texture o modelli 3D per superfici o solidi, gli approcci neurali generano una nuova tipologia di rappresentazioni della scena o dell’oggetto.

I test eseguiti utilizzando la tecnica Gaussian Splatting (FIG. 1) hanno mostrato, rispetto alla NeRF, un vantaggio significativo in termini di efficienza computazionale, di qualità e tempi di elaborazione. L’output di questo metodo non è un modello tridimensionale tradizionale, bensì un insieme di primitive gaussiane, comunemente denominate *splats*, che permettono una rappresentazione realistica e dipendente dal punto di vista di scene complesse. Questa caratteristica risulta particolarmente rilevante in contesti nei quali la fotogrammetria tradizionale evidenzia limiti strutturali. Un caso emblematico è illustrato in Figura 1a, dove viene analizzata una statua rivestita da superfici riflettenti. In tali condizioni, la fotogrammetria classica incontra notevoli difficoltà a causa dell’impossibilità di individuare corrispondenze stabili tra immagini, poiché le riflessioni variano al variare del punto di osservazione. Il Gaussian Splatting, invece, consente di modellare tali superfici tenendo conto della variazione della *radiance* in funzione della posizione dell’osservatore, permettendo una ricostruzione coerente anche in presenza di riflessioni complesse.

La Figura 1b mostra un secondo caso di studio relativo alla ricostruzione di un cortile interno. In questo esempio non solo viene ricostruito il “soggetto principale”, rappresentato dalla fontana centrale, ma anche lo spazio circostante, incluso il cielo visibile dal cortile. Questo aspetto risulta di particolare interesse, poiché la ricostruzione di elementi ambientali aperti o parzialmente delimitati, come il cielo, rappresenta una criticità per molte tecniche fotogrammetriche tradizionali. La Figura 1c presenta la ricostruzione di parte della seconda corte visibile attraverso il corridoio voltato, molto complessa dal punto di vista fotogrammetrico. Anche in questo caso, l’approccio neurale dimostra una maggiore robustezza operativa, consentendo anche la modellazione di questo spazio porticato, che sarebbe risultato vuoto in una ricostruzione fotogrammetrica.

Nel loro insieme, questi esempi evidenziano come i metodi basati su processi neurali possano fornire risultati efficaci in situazioni in cui gli approcci tradizionali mostrano delle limitazioni. Ciò assume

particolare importanza nel contesto della documentazione e della digitalizzazione del patrimonio architettonico e dei siti storici. Non si propone una sostituzione delle tecniche consolidate, che rimangono centrali, ma piuttosto una integrazione sinergica tra metodi tradizionali e nuovi approcci, sfruttandone le rispettive potenzialità. Gli esperti di digitalizzazione tridimensionale possono riconoscere il valore aggiunto di questi metodi nella ricostruzione di contesti complessi, quali superfici con proprietà riflettenti, presenza di acqua, elementi metallici di piccole dimensioni o situazioni in cui è necessario ricostruire non solo l'oggetto principale, ma anche il suo intorno.

Attualmente, alcuni software di modellazione consentono già l'integrazione dei risultati basati su Gaussian Splatting all'interno di flussi di lavoro di modellazione, visualizzazione e animazione 3D; tuttavia, un'ulteriore integrazione con altre piattaforme risulterà fondamentale per consentire un utilizzo operativo di questi modelli in ambito scientifico e professionale.

4. Verso una nuova interazione uomo-macchina?

L'introduzione dei Vision Transformers all'interno del processo di rappresentazione tridimensionale consente di instaurare una vera e propria interazione dialogica tra l'utente e il sistema, superando l'approccio puramente descrittivo o visuale. In questo scenario l'utente interagisce attivamente con nuove forme di rappresentazione, mentre la rete neurale risponde in modo dinamico agli input ricevuti.

Un esempio applicativo è rappresentato dalla Casa di Arianna a Pompei, dove questa soluzione è stata impiegata per sviluppare una rete neurale interattiva (FIG. 2).

Il lavoro ha preso avvio dall'acquisizione di immagini sferiche, caratterizzate da un campo visivo di 360°, che costituiscono una modalità di documentazione digitale particolarmente rapida rispetto

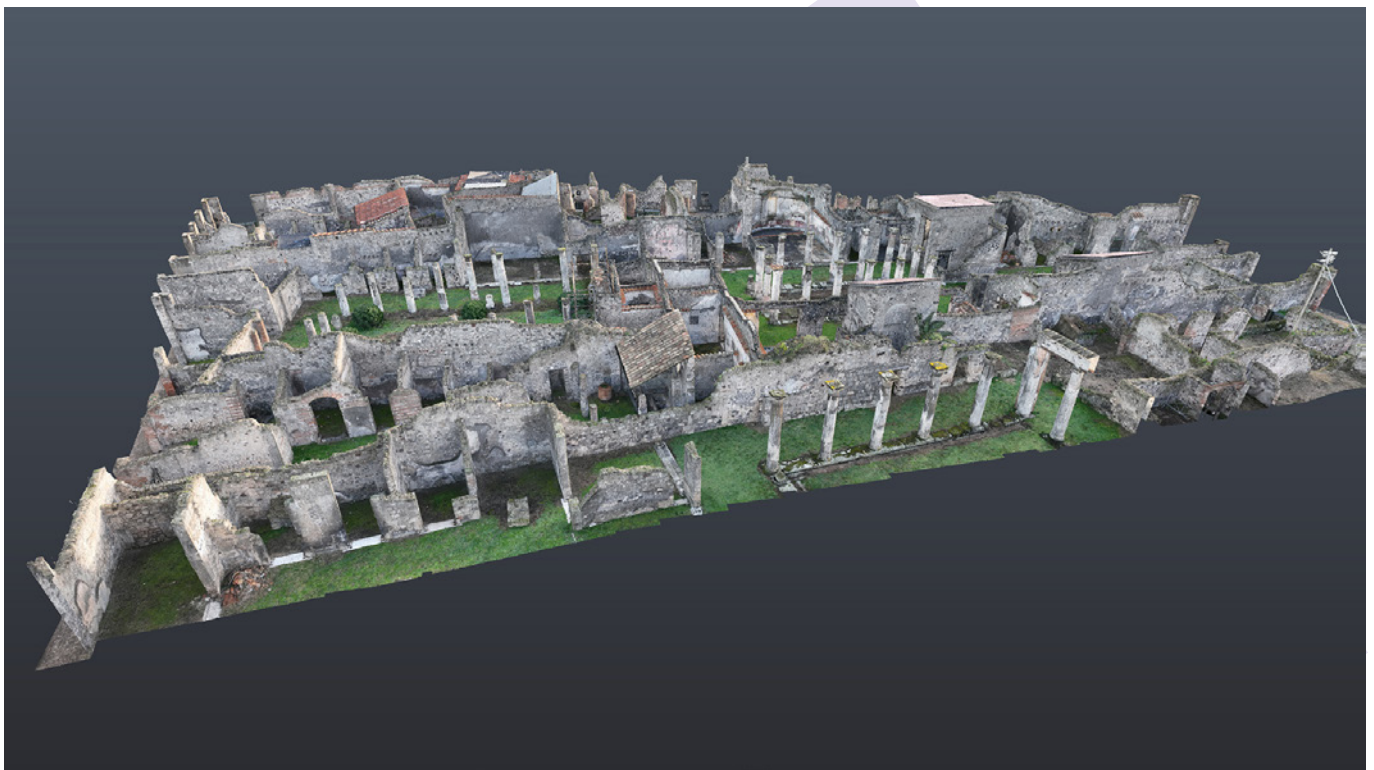


FIG. 2. Nuvola di punti della Casa di Arianna a Pompei ottenuta con drone e laser scanner terrestre.

all'acquisizione tradizionale basata su geometria prospettica centrale. Le immagini sferiche sono state successivamente elaborate e convertite in immagini prospettiche convenzionali; ciascuna immagine sferica è stata suddivisa in quattro immagini a proiezione centrale, idonee al trattamento fotogrammetrico. Le immagini acquisite all'interno della Casa sono state quindi orientate mediante procedure di orientamento fotogrammetrico tradizionale. Il processamento è proseguito con l'addestramento del modello attraverso un'architettura basata su LERF [Kerr et al. 2023], che introduce informazione semantica e linguistica nella rappresentazione neurale della scena. In questo caso, non viene addestrata una nuova rete da zero, ma si parte da una rete pre-addestrata, che viene adattata e raffinata utilizzando informazioni specifiche del caso di studio.

Questo approccio ha consentito di ottenere una rete di questa porzione del sito archeologico, che può fornire, come primo risultato, viste renderizzate dello spazio osservabile da differenti punti di vista. Tali render risultano fondamentali, poiché permettono all'utente umano di interpretare informazioni che, altrimenti, rimarrebbero interne e opache alla rete neurale. La rete agisce quindi come un mediatore, producendo visualizzazioni comprensibili in tempi prossimi al tempo reale.

L'impiego dei Vision Transformers introduce inoltre un ulteriore livello di interazione, poiché durante il processo di addestramento la rete è in grado di generare automaticamente una classificazione semantica degli elementi presenti nella scena. Al termine dell'addestramento, l'utente può inserire semplici istruzioni testuali, come ad esempio *muri*, *colonne* o *vegetazione*, e la rete restituisce l'individuazione degli elementi corrispondenti all'interno del sito (FIG. 3). Tradizionalmente, tali operazioni vengono eseguite in una fase successiva, in modo manuale oppure mediante algoritmi dedicati applicati a nuvole di punti, modelli mesh o rappresentazioni tridimensionali discrete. Nel caso in esame, invece, queste capacità sono integrate direttamente nel processo di addestramento, determinando un cambiamento concettuale significativo. Le reti utilizzate sono già state esposte a immagini di diversi contesti, inclusi alcuni siti storici, anche se non specificamente al caso della Casa di Arianna. Tuttavia, il bagaglio di conoscenze acquisite consente di processare elementi architettonici senza necessità di istruzioni esplicite.

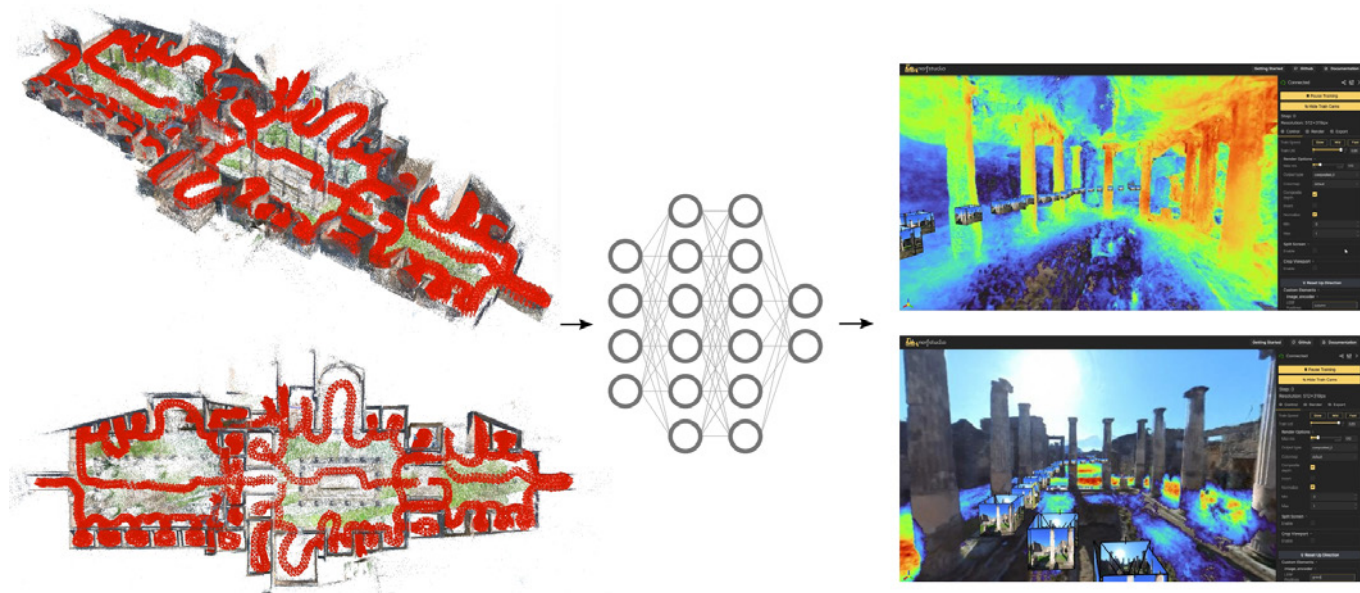


FIG. 3. Esempio di elaborazione mediante interrogazioni semantiche basate su vision transformers, capaci di identificare automaticamente le murature all'interno della scena.

È evidente che gli edifici storici presentano una complessità elevata e che ogni sito costituisce, di fatto, un caso unico. Le reti impiegate non sono state sviluppate specificamente per applicazioni di tale tipo, poiché tali contesti non rappresentano l'obiettivo principale di queste tecnologie. Nonostante ciò, i risultati preliminari sono significativi, poiché la rete risulta già in grado di identificare diversi elementi. Questo approccio apre la strada a interrogazioni più avanzate, come la determinazione del numero di colonne presenti, la distinzione tra diverse tipologie di capitelli, la presenza di fuori piombo, o l'individuazione di schemi architettonici ricorrenti. Attualmente, tali funzionalità non sono ancora operative e l'interazione con la rete si basa prevalentemente su comandi testuali semplici. Tuttavia, l'evoluzione dei sistemi conversazionali suggerisce che questo tipo di dialogo potrà essere progressivamente ampliato. Si apre inoltre la possibilità di sviluppare nuovi livelli di interazione, nei quali il modello può essere modificato automaticamente sulla base di istruzioni testuali fornite dall'utente. Ad esempio, nel caso della progettazione di una copertura all'interno di un sito archeologico, la rete potrebbe simulare diverse soluzioni secondo le istruzioni testuali dell'utente, suggerire configurazioni alternative e supportare il processo decisionale.

Il lavoro presentato si basa su algoritmi sperimentali, non ancora disponibili come soluzioni commerciali mature. Il loro utilizzo richiede competenze avanzate nell'ambito della programmazione e del controllo dei processi computazionali. Le prospettive future risultano però particolarmente interessanti, poiché questi sistemi consentiranno di integrare non solo immagini orientate in 3D, ma anche altri tipi di dati, sfruttando la capacità delle reti neurali di individuare correlazioni complesse tra informazioni eterogenee.

In questo contesto, il ruolo dell'utente esperto rimane centrale, poiché è chiamato a controllare, validare e interpretare i risultati, soprattutto quando si utilizzano algoritmi non concepiti specificamente per contesti complessi come quelli archeologici. Come già avvenuto storicamente nei progetti di documentazione del patrimonio, sarà lo specialista a definire le modalità più efficaci di utilizzo di questi strumenti, adattandoli a casi di studio che, nella maggior parte delle situazioni, sono unici e non ripetibili.

Conclusioni

Il risultati e le considerazioni presentati in questo lavoro mostrano come l'integrazione tra rilievo digitale e modelli neurali avanzati rappresenti un passaggio significativo nella documentazione del patrimonio culturale. Le tecniche tradizionali rimangono strumenti fondamentali per l'acquisizione accurata dei dati geometrici; tuttavia, l'introduzione di rappresentazioni neurali apre nuove modalità di interazione con i dati.

In particolare, i Neural Radiance Fields e le loro estensioni semantiche dimostrano la capacità di affrontare situazioni complesse in cui i metodi convenzionali possono incontrare difficoltà, come superfici riflettenti, spazi ristretti o contesti caratterizzati da forte complessità geometrica. L'integrazione di Vision Transformers e modelli vision-language permette inoltre di associare significato e contesto alle rappresentazioni 3D, rendendo possibile l'interrogazione dei modelli tramite linguaggio naturale e avviando un dialogo cognitivo tra l'utente e il sistema.

Nonostante il potenziale dimostrato, tali approcci si collocano ancora in una fase sperimentale e presentano limiti legati alla complessità dei workflow, alla necessità di competenze specialistiche e alla difficoltà di adattare modelli generalisti a contesti unici e altamente specifici, come quelli del

patrimonio storico. In questo scenario, il ruolo dell'utente esperto rimane centrale, non solo nella validazione dei risultati, ma anche nell'interpretazione critica e nell'integrazione di questi strumenti all'interno dei processi decisionali di conservazione e restauro. In generale, più che sostituire le pratiche consolidate, le tecnologie neurali analizzate in questo contributo si configurano come strumenti complementari, capaci di arricchire e potenziare i processi di documentazione digitale. La loro evoluzione futura dipenderà dalla capacità di sviluppare modelli più avanzati e trasparenti, adattabili e integrabili nei flussi di lavoro esistenti, nonché dalla collaborazione tra ricerca accademica e applicazioni professionali. In tale prospettiva, l'IA non rappresenta solo un nuovo insieme di strumenti, ma un paradigma nel modo di concepire, analizzare e gestire il patrimonio costruito.

Bibliografia

- DOSOVITSKIY, A., BEYER, L., KOLESNIKOV, A., WEISSENBORN, D., ZHAI, X., UNTERTHINER, T., DEGHANI, M., MINDERER, M., HEIGOLD, G., GELLY, S., USZKOREIT, J., HOULSBY, N. (2020). *An Image is Worth 16×16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale*, arXiv:2010.11929 [cs.CV]. [arxiv.org](https://arxiv.org/abs/2010.11929)
- KERBL, B., KOPANAS, G., LEIMKÜHLER, T., DRETTAKIS, G. (2023). *3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering*, arXiv:2308.04079 [cs.GR]. [arxiv.org](https://arxiv.org/abs/2308.04079)
- KERR, J., KIM, C. M., GOLDBERG, K., KANAZAWA, A., TANCİK, M. (2023). *LERF: Language Embedded Radiance Fields*, arXiv:2303.09553 [cs.CV]. [arxiv.org](https://arxiv.org/abs/2303.09553)
- MILDENHALL, B., SRINIVASAN, P. P., TANCİK, M., BARRON, J. T., RAMAMOORTHY, R., NG, R. (2020). *NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis*, arXiv:2003.08934 [cs.CV]. [arxiv](https://arxiv.org/abs/2003.08934)
- VASWANI, A., SHAZEER, N., PARMAR, N., USZKOREIT, J., JONES, L., GOMEZ, A. N., KAISER, Ł., POLOSUKIN, I. (2017). *Attention Is All You Need*, arXiv:1706.03762 [cs.CL]. [arxiv.org](https://arxiv.org/abs/1706.03762)

I Large Language Models per l'analisi stratigrafica e il supporto al restauro: una sperimentazione sull'anfiteatro romano di Avella

Large Language Models for stratigraphic analysis and restoration support: an experimental study on the Roman amphitheatre of Avella

Valeria Cera

Università degli Studi di Napoli
"Federico II"
valeria.cera@unina.it

Abstract

Il contributo presenta una sperimentazione sull'uso di modelli linguistici di grande scala (LLM) e tecniche di AI per supportare l'analisi stratigrafica archeologica e il restauro, applicata all'anfiteatro romano di Avella. A partire da ortomosaici da rilievo TLS, sono testate due *pipeline* di interpretazione semantica delle murature. I risultati mostrano come l'integrazione tra visione artificiale e LLM possa rendere più tracciabile l'interpretazione del patrimonio costruito.

Keywords

smart archaeology, segmentazione semantica, LLM, Intelligenza Artificiale.

The paper presents an experimental study on the use of Large Language Models (LLMs) and AI techniques to support archaeological stratigraphic analysis and restoration processes, applied to the Roman amphitheatre of Avella. Starting from orthomosaics from TLS surveys, two pipelines for semantic interpretation of masonry structures are tested. The results show how the integration of computer vision and LLMs can make the interpretation of historic heritage more transparent and traceable.

Smart archaeology, semantic segmentation, LLM, Artificial Intelligence.

Introduzione

L'analisi stratigrafica delle murature costituisce uno dei principali strumenti metodologici dell'archeologia dell'architettura e rappresenta oggi una pratica consolidata nello studio e nella conservazione del patrimonio costruito. A partire dall'elaborazione teorica proposta da Edward Harris e dalla formalizzazione della matrice stratigrafica come dispositivo di rappresentazione delle relazioni temporali tra unità stratigrafiche [Harris, 1989], la lettura dei paramenti murari si è progressivamente affermata come metodo rigoroso per l'interpretazione delle sequenze costruttive degli edifici storici.

Questo approccio si fonda sul riconoscimento delle discontinuità materiche e costruttive, sull'individuazione delle Unità Stratigrafiche Murarie (USM) e sulla ricostruzione delle relazioni di precedenza, copertura o interferenza tra le diverse fasi edilizie. La stratigrafia muraria consente quindi di comprendere la storia costruttiva di un edificio e di interpretare le trasformazioni che ne hanno modificato nel tempo la configurazione. In ambito architettonico e nel campo del restauro, tale metodo assume un ruolo particolarmente rilevante, poiché permette di distinguere le diverse fasi costruttive e di orientare le scelte progettuali sulla base di una conoscenza critica della materia storica [Sanseverino & Giovannini, 2026].

Nonostante la solidità teorica e metodologica del metodo stratigrafico, il processo di analisi rimane tuttavia fortemente dipendente dall'esperienza dell'analista e dalla sua capacità di osservazione diretta. L'identificazione delle USM e la definizione delle relazioni stratigrafiche richiedono infatti una

valutazione attenta delle tessiture murarie, delle variazioni nei materiali e nei giunti, nonché delle tracce lasciate dalle diverse fasi costruttive. Questa dimensione interpretativa implica inevitabilmente un certo grado di soggettività, legato alla formazione e alla sensibilità dell'operatore.

Negli ultimi anni, l'evoluzione delle tecniche di rilievo digitale ha profondamente trasformato le modalità di documentazione e analisi delle architetture storiche. Il rilievo laser scanner terrestre (*Terrestrial Laser Scanner*, TLS) e la fotogrammetria digitale consentono oggi di acquisire modelli tridimensionali ad altissima risoluzione delle superfici murarie, dai quali è possibile derivare ortomosaici planari con precisione millimetrica. In tali rappresentazioni le tessiture murarie e le discontinuità materiche risultano leggibili con un livello di dettaglio estremamente elevato, aprendo nuove prospettive per l'analisi delle murature storiche e per l'applicazione di strumenti automatici di riconoscimento delle texture [Arena & Lax, 2026; D'Agostino & Minelli, 2021].

Parallelamente, l'Intelligenza Artificiale ha conosciuto negli ultimi anni un rapido sviluppo anche nel campo delle scienze del patrimonio. Tecniche di visione artificiale e apprendimento automatico sono state applicate con successo alla classificazione dei materiali da costruzione, al riconoscimento delle tessiture murarie e all'individuazione dei fenomeni di degrado nelle superfici architettoniche [El-Behairy et al., 2026; Garcia-Molsosa et al., 2021]. Più recentemente, l'introduzione dei modelli linguistici di grande scala (*Large Language Models*, LLM) ha aperto nuove prospettive nell'analisi e nell'interpretazione dei dati complessi, grazie alla loro capacità di integrare informazioni eterogenee e di individuare relazioni semantiche tra elementi differenti [Hariri et al., 2026; Ciccone, 2024].

La ricerca presentata in questo contributo si colloca all'intersezione tra questi ambiti di sviluppo e si propone di indagare se e in quale misura l'integrazione tra tecniche di segmentazione automatica delle superfici murarie e modelli linguistici di grande scala possa formalizzare e coadiuvare l'analisi stratigrafica muraria e supportare i processi di restauro del patrimonio costruito. L'obiettivo non è sostituire l'interpretazione dell'esperto, ma fornire strumenti capaci di assistere e rendere più sistematico il processo di lettura delle murature, contribuendo a ridurre i tempi di analisi e a rendere più tracciabili le scelte interpretative.

Il caso studio dell'anfiteatro romano di Avella rappresenta un contesto particolarmente adatto a questa sperimentazione. Il monumento presenta infatti una stratificazione costruttiva complessa, caratterizzata dalla compresenza di diverse tecniche murarie e da numerosi interventi di trasformazione nel corso del tempo. Questa articolazione rende il sito un banco di prova significativo per verificare le potenzialità dell'integrazione tra rilievo tridimensionale, analisi automatica delle texture e modelli di ragionamento linguistico applicati allo studio delle murature storiche.

Sperimentazione di un LLM per l'analisi stratigrafica dell'anfiteatro romano di Avella: approccio metodologico

La scelta di un caso studio è stata fondamentale per l'esecuzione della sperimentazione nonché per una discussione dei risultati più ponderata e operativamente fondata. A tal scopo, l'anfiteatro di Avella presenta caratteristiche significative e particolarmente adeguate alla ricerca (FIG.1).

La struttura, di epoca romana, rappresenta uno dei principali monumenti dell'antica Abella, centro di rilevanza strategica nell'ambito campano nell'età compresa tra la fine del I secolo a.C. e il I secolo d.C. [Iandoli, 2005]. L'anfiteatro, destinato agli spettacoli pubblici, in particolare ai combattimenti tra



Fig. 1: Area archeologica dell'anfiteatro romano di Avella, immagini del Ministero della cultura, <https://cultura.gov.it/luogo/area-archeologica-dell-anfiteatro-romano-di-avella>.

gladiatori e alle *venationes*, presenta una pianta ellittica e fu realizzato con tecniche costruttive tipiche dell'architettura romana, tra cui l'uso dell'*opus reticulatum* e blocchi di pietra locale. Sebbene oggi siano visibili solo parte delle strutture murarie e delle gradinate, il monumento consente ancora di leggere chiaramente l'organizzazione degli spazi destinati al pubblico e all'arena [Tosi, 2003].

La complessità delle murature e la presenza di interventi successivi rendono il sito un banco di prova significativo per verificare la possibilità di automatizzare il riconoscimento delle USM e la formalizzazione delle loro relazioni tramite l'uso di modelli linguistici.

La *pipeline* sperimentale si è articolata in una sequenza di operazioni che integrano acquisizione, segmentazione, interpretazione linguistica e validazione esperta.

Il punto di partenza è stata la verifica della capacità di un LLM, non precedentemente addestrato per assolvere a tale compito, di riconoscere, per la struttura archeologica selezionata come caso studio, le diverse tessiture a partire da una fotografia, fornendo una segmentazione ed etichettatura della stessa. Il modello testato è ChatGPT 5-2, versione Plus, di OpenAI, scelto per la sua massiccia diffusione che lo rende, pertanto, versatile, con un ecosistema ricco e una discreta qualità del ragionamento complesso.

Dinanzi all'errore di interpretazione da parte del modello linguistico, di cui si dirà più avanti, la sperimentazione è stata strutturata impiegando come base per il riconoscimento semantico, gli ortomosaici ottenuti da una apposita campagna di rilievo tridimensionale. La digitalizzazione è stata condotta impiegando un TLS a modulazione di fase, impostando una griglia di acquisizione a ricoprimento dell'intera estensione dell'anfiteatro e tale da assicurare mediamente una risoluzione delle

range-maps di 6 mm a 10 m. 43 stazioni di scansione sono state predisposte consentendo la generazione di un modello discreto tridimensionale ad alta densità di punti, successivamente trasformato in ortoimmagini planari ad alta risoluzione (FIG.2).

A partire, quindi, dalla elaborazione di tali ortoimmagini, è stata sperimentata una *pipeline* che opera su queste rappresentazioni planari delle superfici murarie, caratterizzate da differenti tecniche costruttive. Al fine di ridurre le distorsioni dovute a condizioni di illuminazione non uniformi, gli ortomosaici sono stati sottoposti a procedure di normalizzazione cromatica e filtraggio del rumore. Successivamente, il *workflow* ha previsto il confronto tra due linee operative.

Nella prima, la segmentazione degli ortomosaici e l'analisi semantica delle regioni estratte sono state effettuate dal LLM, così come attualmente addestrato, senza vincoli strutturali. Il modello non ha ricevuto descrizioni di alcun tipo ed è stato invitato a proporre una lettura stratigrafica e a generare una matrice di Harris. La seconda, invece, ha previsto le medesime attività eseguite dal LLM, al quale però sono state fornite descrizioni strutturate di tessitura e materiali tramite apposito *prompt*. Il modello, in entrambi i casi, ha interpretato tali informazioni in chiave archeologica, proponendo relazioni di precedenza e copertura tra le unità murarie e generando automaticamente un diagramma di Harris coerente. I due esiti sono stati confrontati tra di loro nonché sottoposti all'analisi di un esperto di dominio. L'archeologo, infatti, ha potuto validare e correggere le relazioni suggerite, creando la base informativa per attivare un ciclo di apprendimento interattivo utile a perfezionare la base di conoscenza del sistema. L'obiettivo, come premesso, dello studio non è sostituire l'esperto, ma potenziare la capacità di analisi e ridurre i tempi di lettura delle stratigrafie complesse.

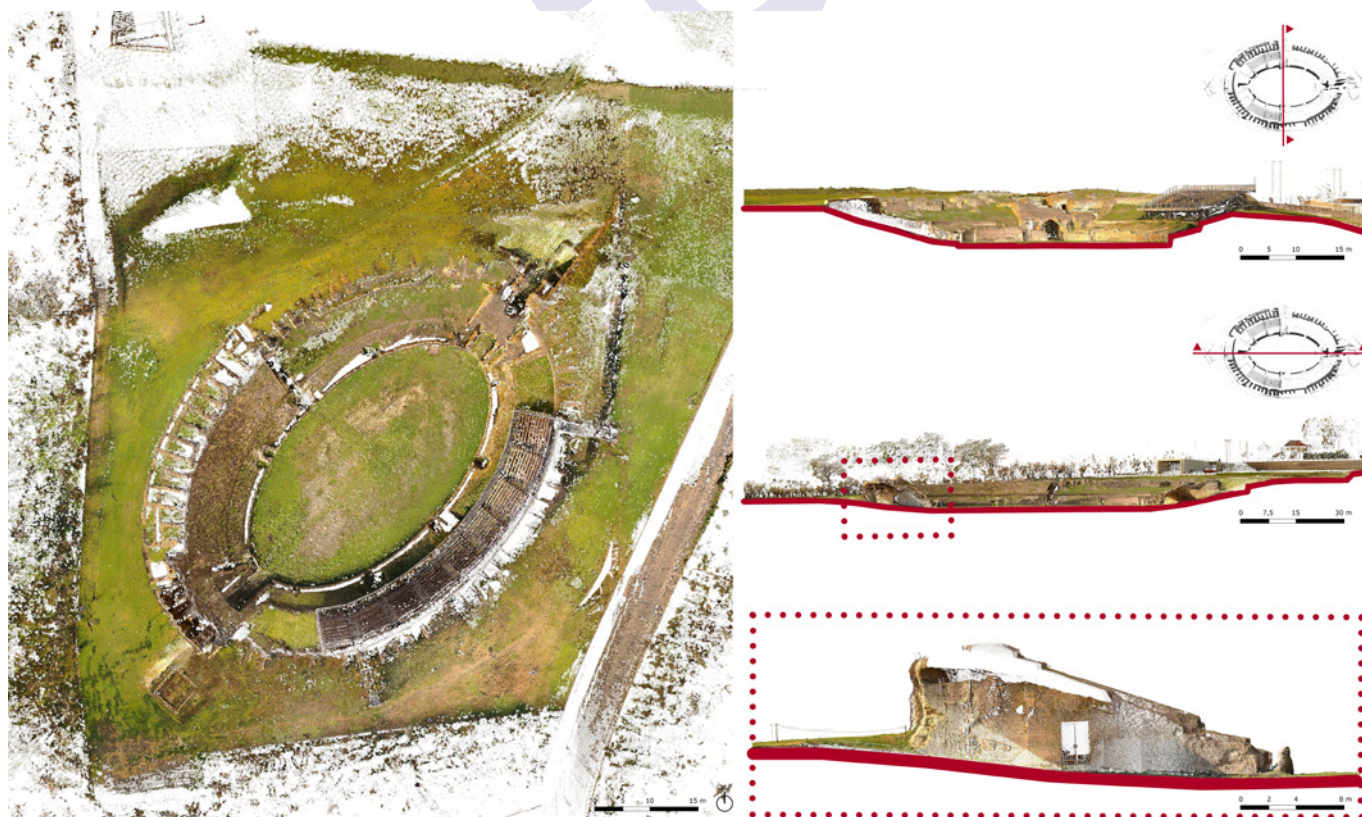


Fig. 2: Viste ortografiche del modello discreto a nuvola di punti derivate da rilievo TLS dell'anfiteatro di Avella, con attenzione ad una porzione di ortoimmagine relativa alla Porta Trimphalis, elaborazione a cura dell'autore.

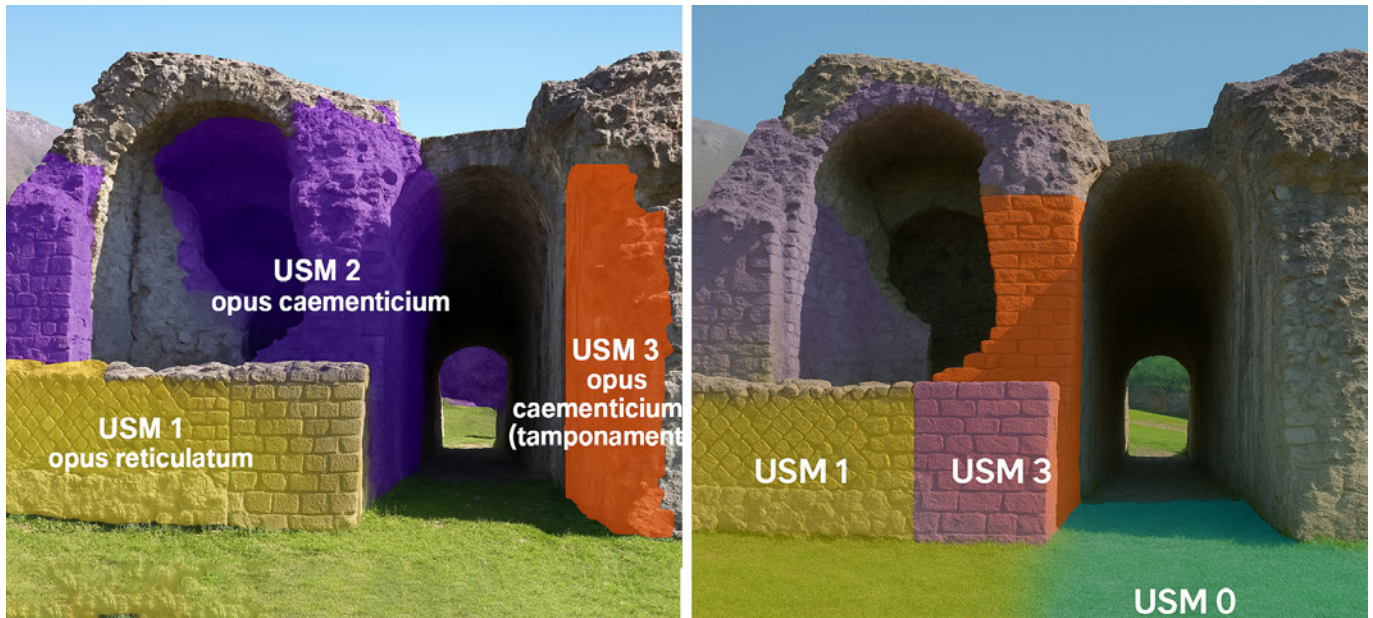


Fig. 3: Composizione degli esiti – erronei – dell’annotazione semantica delle opere murarie su una fotografia non orto-rettificata dell’anfiteatro di Avella eseguita da un LLM, non addestrato, elaborazione a cura dell’autore.

Segmentazione semantica e lettura stratigrafica di Avella secondo l’LLM: risultati e analisi comparativa

La capacità del modello linguistico prescelto di annotare semanticamente le diverse opere murarie del sito di Avella è stata valutata, in una prima fase, fornendo come input all’LLM, non addestrato, una fotografia non orto-rettificata. L’immagine, relativa all’ingresso nord-est dell’arena – *porta Triumphalis* –, si connota per la presenza di differenti tecniche costruttive che l’LLM non è stato in grado di riconoscere correttamente, confondendo addirittura il manto erboso con una USM (FIG. 3).

Sospettando che l’errore del ragionamento linguistico sia in parte dovuto alla distorsione della inquadratura che non favorisce una distinzione netta delle componenti costruite e che, allo stesso tempo, non restituisce una risoluzione adeguata del dato, si è deciso di sostituire la fotografia, come base della annotazione, con proiezioni ortografiche. Queste rappresentazioni bidimensionali, pur derivando dal modello di rilievo tridimensionale, costituiscono un valido supporto operativo per l’analisi automatizzata, poiché permettono di applicare tecniche di riconoscimento e segmentazione delle texture con maggiore stabilità, eliminando distorsioni e mostrando dati ad alta risoluzione. Una volta normalizzato cromaticamente un ortomosaico di riferimento, restitutivo della parete orientale dell’*aditus* di cui prima, è stato richiesto al modello linguistico di distinguere i diversi pattern caratteristici delle tecniche costruttive romane. Nessuna ulteriore indicazione è stata fornita per facilitare il riconoscimento. Il risultato di questa prima linea di sperimentazione mostra un ortomosaico segmentato in cui l’individuazione dei diversi *opus* è incompleta (non risulta annotata la porzione di parete alla destra del vano chiuso da cancello) ed erronea nella etichettatura come *opus latericium* di una area di rifacimento che è stata realizzata in blocchetti di tufo (FIG. 4). L’esito è quindi una segmentazione preliminare in cui LLM ha associato a ciascuna regione che è riuscito ad individuare, una classificazione tecnica probabilistica.

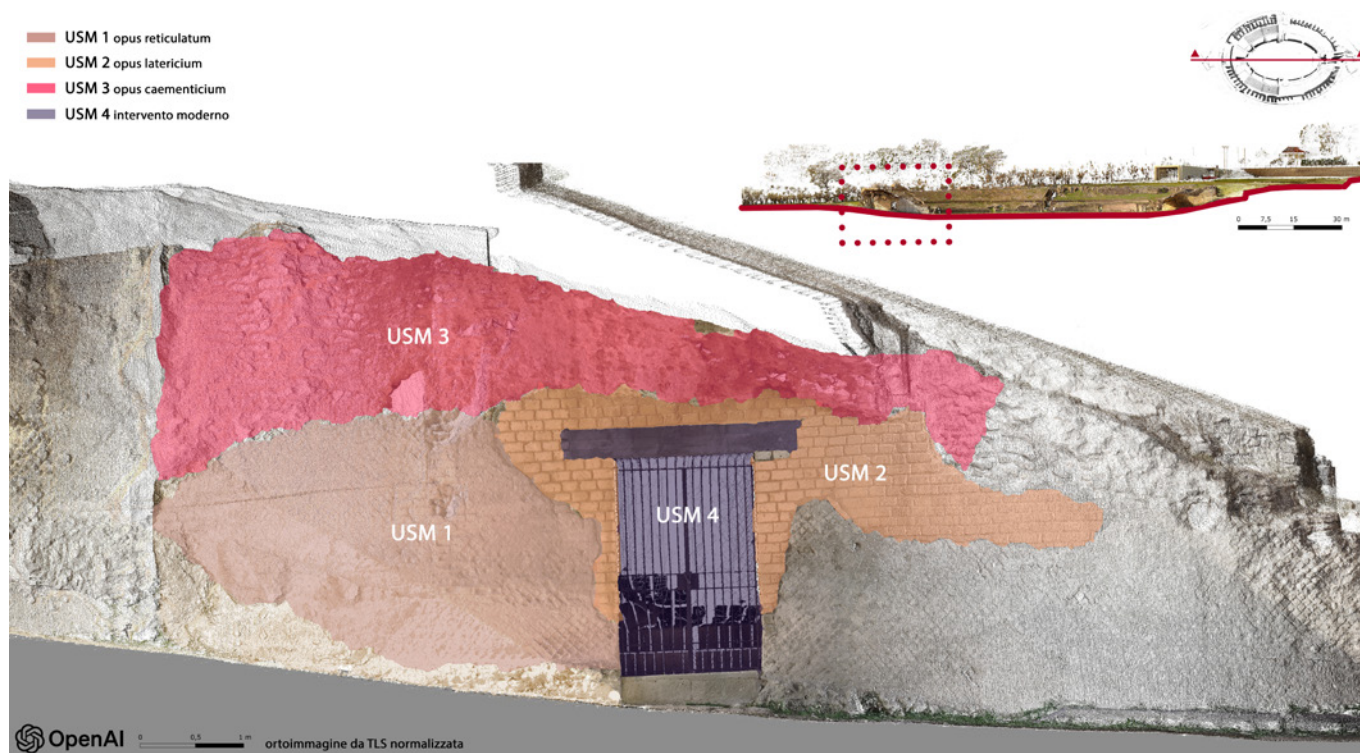


Fig. 4: Risultato della segmentazione con individuazione delle USM su ortoimmagine da rilievo TLS dell'anfiteatro di Avella eseguita da un LLM, non addestrato, elaborazione a cura dell'autore.

Tale output non costituisce evidentemente ancora un'interpretazione stratigrafica coerente, pertanto è stata testata una seconda linea operativa in cui l'LLM è stato guidato attraverso un *prompt* strutturato che ha incluso informazioni più formalizzate su materiali e orientamento delle tessiture, del tipo: "texture_pattern": "reticolato romboidale", "orientation": "45°", "material": "tufo".

In questo caso il modello non ha operato su un *input* generico, ma su dati organizzati in una forma semi-strutturata che ha ridotto il margine di ambiguità interpretativa. Difatti, l'output mostra una segmentazione semantica dell'ortoimmagine più coerente, con l'individuazione di una USM 1 e una USM 2 relative alle porzioni di paramento realizzate in *opus reticulatum* e riconosciute come il nucleo più antico della struttura; una USM 3 classificata come *opus caementicium* relativa all'area di intradosso della volta di copertura dell'*aditus*, anche questa afferente al nucleo originario come le USM 1 e USM 2; una USM 4 stavolta correttamente inquadrata come opera di rifacimento successiva alle precedenti USM; infine una USM 5 individuata nella grata di chiusura del vano e relativa piattabanda (FIG. 5).

La successiva proposta di relazioni stratigrafiche con generazione automatica di una matrice in linea con i dati forniti dimostra una buona capacità interpretativa dell'LLM che è stato in grado di codificare i rapporti stratigrafici che seguono: equivalenza tra USM 1 e USM 2; USM 4 che si imposta su / sostituisce localmente USM 1, USM 2 e USM 3 nell'area del vano (possibile "taglio" del paramento preesistente per regolarizzare l'apertura); USM 5 che si addossa/si sovrappone a USM 4 in quanto è posteriore a tutte le USM antiche (FIG. 6).

La lettura si è basata, come riportato dallo stesso LLM, sul riconoscimento delle tessiture (in base a modulo, orientamento, regolarità, tipo di elemento: *cubilia*, conglomerato); individuazione di giunti/

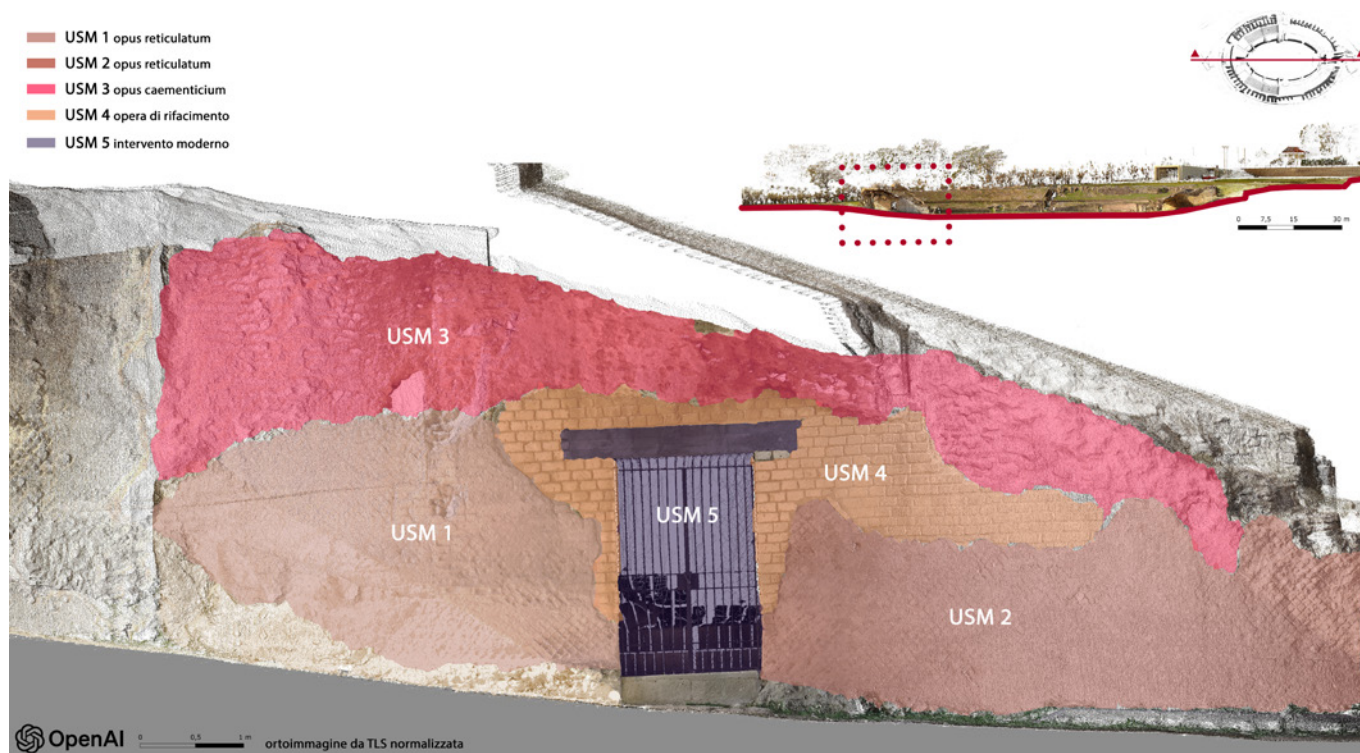


Fig. 5: Risultato della segmentazione con individuazione delle USM su ortoimmagine da rilievo TLS dell'anfiteatro di Avella eseguita da un LLM, dopo indicazioni strutturate fornite con apposito prompt, elaborazione a cura dell'autore.

linee di discontinuità (cambi di apparecchio, cambi di materiale, variazione di malta/colore, lesioni e superfici di frattura); classificazione degli interventi recenti (elementi metallici, zoccolature).

Tutti gli esiti sono stati sottoposti a un archeologo esperto, che ha valutato la correttezza delle inferenze segnalando gli errori residui e fornendo un modello stratigrafico usato come *ground truth*, in cui figurano sette USM, comprensive della USM di taglio che separa le USM 1, USM 2, USM 3 e che, pur essendo visibile nell'ortoimmagine, LLM non ha etichettato.

Breve discussione metodologica ed epistemologica: riflessioni sulle ricadute per il restauro archeologico

I risultati ottenuti dalle diverse linee di sperimentazione aprono a riflessioni su tre livelli: metodologico, epistemologico e applicativo.

Dal punto di vista tecnico, la sperimentazione ha dimostrato che l'LLM non può essere considerato uno strumento autonomo di interpretazione stratigrafica. Senza un adeguato sistema di vincoli, infatti, il modello tende a colmare le lacune informative con inferenze plausibili ma non verificabili. Un esempio lampante è l'individuazione presunta di un *opus latericium* identificato per la disposizione regolare dei corsi orizzontali ma non coerente con i materiali impiegati (tufo e non laterizio). Questo comportamento, spesso definito "*hallucination*", rappresenta un limite strutturale dei modelli generativi.

L'introduzione di *prompt* strutturati, invece, trasforma il modello in un sistema di inferenza controllata. L'LLM diventa un mediatore tra dati formali e interpretazione, piuttosto che un generatore libero di

USM 1 opus reticulatum	USM 2 opus reticulatum	USM 3 opus caementicium	USM 4 opera rifacimento	USM 5 interv. moderno
				
Descrizione: paramento a reticolo di cubilia disposti a 45°, tessitura abbastanza regolare; leggibile in ampia porzione del prospetto (soprattutto nel settore inferiore destro e parte inferiore sinistra).	Descrizione: paramento a reticolo di cubilia disposti a 45°, tessitura abbastanza regolare; leggibile in ampia porzione del prospetto (soprattutto nel settore inferiore destro e parte inferiore sinistra).	Descrizione: zone superiori e marginali con conglomerato irregolare e inclusi lapidei affioranti; superficie disomogenea e fratturata.	Descrizione: paramento in tufo regolare che definisce il contorno del varco: stipiti, risega/imbotte e fascia superiore sotto un elemento orizzontale (architrave o ricostruzione).	Descrizione: grata metallica e zoccolo/cordolo inferiore in materiale diverso; possibili riprese localizzate attorno al vano.
Materiali/tecnica: cubilia in tufo (o litotipo poroso simile) con allettamento in malta; modulo medio regolare.	Materiali/tecnica: cubilia in tufo (o litotipo poroso simile) con allettamento in malta; modulo medio regolare.	Materiali/tecnica: conglomerato (malta + caementa) con inclusi di pezzame.	Materiali/tecnica: conci di tufo posti in corsi orizzontali con giunti leggibili; apparecchio più regolare rispetto alle aree in reticolato.	Materiali/tecnica: metallo + materiali lapidei.
Stato di conservazione: discreto; localmente abraso; in alcune aree il reticolo appare "sfumato" per erosione o incrostazioni.	Stato di conservazione: discreto; localmente abraso; in alcune aree il reticolo appare "sfumato" per erosione o incrostazioni.	Stato di conservazione: degradato; evidente erosione; bordi irregolari di lacuna.	Stato di conservazione: buono; leggibilità elevata.	Stato di conservazione: buono; leggibilità elevata.
Interpretazione funzionale: rivestimento esterno di setto murario (verosimilmente su nucleo in conglomerato).	Interpretazione funzionale: rivestimento esterno di setto murario (verosimilmente su nucleo in conglomerato).	Interpretazione funzionale: nucleo portante della struttura (muratura piena/riempimento strutturale).	Interpretazione funzionale: riorganizzazione/rafforzamento di un accesso (realizzazione o ripresa del vano).	Interpretazione funzionale: protezione/chiusura del varco per sicurezza e controllo accessi.
Cronologia relativa: fase antica di impianto (compatibile con I sec. a.C.–I sec. d.C., con riserva).	Cronologia relativa: fase antica di impianto (compatibile con I sec. a.C.–I sec. d.C., con riserva).	Cronologia relativa: coeva o immediatamente associata a USM 1 e USM 2 (come nucleo strutturale dell'impianto).	Cronologia relativa: fase successiva rispetto al paramento in reticolato (USM 1 e USM 2), poiché introduce un diverso apparecchio e una geometria del varco più "definita".	Cronologia relativa: fase più recente; si sovrappone funzionalmente e fisicamente al varco definito da USM 4.

Fig. 6: Schede stratigrafiche delle USM dell'anfiteatro di Avella così come elaborate da un LLM, dopo indicazioni strutturate fornite con apposito prompt, elaborazione a cura dell'autore.

narrazioni. Con questo approccio il modello di ragionamento linguistico è stato in grado di distinguere correttamente pattern caratteristici dell'*opus reticulatum*, riconoscibile per la maglia romboidale inclinata di 45°, anche in aree di maggior degrado. Ciò suggerisce che l'efficacia dell'AI in ambito archeologico dipende in larga misura dalla qualità della formalizzazione preliminare dei dati.

L'esperimento solleva interrogativi sulla natura stessa dell'interpretazione archeologica. Se parte del processo stratigrafico può essere formalizzata e tradotta in regole computazionali, allora l'analisi muraria possiede una dimensione strutturabile più ampia di quanto tradizionalmente ritenuto. Tuttavia, la valutazione del grado di confidenza e la gestione delle ambiguità restano prerogative dell'esperto umano. In questo senso, l'AI non sostituisce l'archeologo, ma rende espliciti i passaggi logici dell'interpretazione, favorendo trasparenza e replicabilità. Conseguentemente, dal punto di vista operativo, l'integrazione tra segmentazione automatica e LLM ha mostrato una riduzione significativa dei tempi necessari alla lettura preliminare delle murature. Inoltre, la produzione automatica di matrici e schede USM standardizzate consente una documentazione più uniforme.

Conclusioni

La sperimentazione sull'anfiteatro di Avella dimostra che la combinazione tra rilievo tridimensionale, segmentazione automatica e modelli linguistici di grande scala può supportare in modo significativo l'analisi stratigrafica muraria, consentendo di uniformare i criteri interpretativi, documentare in modo tracciabile le scelte e creare una base digitale condivisibile per la progettazione del restauro.

Entrando nel merito, l'approccio guidato tramite *prompt* strutturato si è rivelato più affidabile rispetto all'uso non vincolato dell'LLM, evidenziando l'importanza della formalizzazione dei dati. In questo approccio, l'esperto resta figura centrale nel processo, ma il sistema consente di potenziare le capacità analitiche, ridurre i tempi e aumentare la tracciabilità delle scelte interpretative.

L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale nei processi di documentazione e progettazione del restau-

ro rappresenta, pertanto, non una sostituzione della competenza umanistica, ma una sua evoluzione metodologica.

In prospettiva, la possibilità di integrare LLM nei processi di documentazione rappresenta un passo verso una progettazione del restauro assistita dall'AI, capace di fornire uno strumento operativo non solo per la conservazione preventiva ma anche per un monitoraggio predittivo allorquando il modello venga implementato e addestrato nella previsione dell'andamento degenerativo di particolari fenomeni. Studi recenti sull'AI per il monitoraggio del patrimonio suggeriscono che tali applicazioni sono tecnicamente plausibili.

In conclusione, la sperimentazione sull'anfiteatro di Avella dimostra come l'uso combinato di rilievo tridimensionale e AI possa favorire un approccio scientifico e replicabile all'analisi dei paramenti murari, rafforzando il dialogo tra tecnologia e competenza umanistica nella tutela del patrimonio.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare la prof.ssa Angela Bosco coinvolta nello studio come esperta del dominio archeologico.

Bibliografia

Arena, M., Lax, G. (2026). *Automated Recognition and Segmentation of Bricks Wall in Sicilian Monasteries*, in *Representation Across Boundaries. Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction* a cura di A. Giordano, M. Russo, R. Spallone, R., Springer, Cham, pp. 615-629.

Ciccone, G. (2024). *ChatGPT as a digital assistant for archaeology: Insights from the Smart Anomaly Detection Assistant development*, in «Heritage», vol. 7, n.10, pp. 5428-5445.

D'agostino, P., Minelli, F. (2021). *Automated Modelling of Masonry Walls: a ML and AR Approach*, in *Representation Challenges. Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain* a cura di A. Giordano, M. Russo, R. Spallone, R., Milano, FrancoAngeli, pp. 185-190.

Elbehairy, A., El-nasr, N. A. A., Grimberg, P., Said, L. A. (2026). *A comprehensive review of deep learning methods in damage classification, detection, and segmentation of cultural heritage sites*, in «Journal of Cultural Heritage», n. 78, pp. 228-237.

Garcia-molsosa, A., Orengo, H.A., Lawrence, D., Philip, G., Hopper, K., Petrie, C.A., (2021). *Potential of deep learning segmentation for the extraction of archaeological features from historical map series*, in «Archaeol Prospect.», vol. 28, n. 2, pp. 187-199.

Hariri, A., Jean, S., Baron, M. (2026). *Towards Automating RDF Extraction for Archaeological Knowledge Graphs with LLMs*, in *Database and Expert Systems Applications*, a cura di R. Wrembel, G. Kotsis, A.M. Tjoa, I. Khalil, Springer, Cham, 16046.

Harris, E.C. (1989). *Principles of archaeological stratigraphy*. London, 2nd edition, Academic Press.

Iandoli, M. (2005). *L'anfiteatro di Avella: analisi tecnica e strutturale*, in *Atlante tematico di topografia antica*, n. 14, pp. 169-184.

Sanseverino, A., Giovannini, E. C. (2026). *EM-BIM: VPL interoperable processes for paradata management in archaeological virtual reconstructions using Extended Matrix (EM) and bSDD as knowledge representation systems*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», n. 48, pp. 423-430.

Tosi, G. (2003). *Gli edifici per spettacoli nell'Italia romana*, Roma, pp. 122-123.

3D reconstructions and the philological approach in conservation-restoration. For a shared heritage on how this might have been

Ricostruzioni 3D e l'approccio filologico in restauro. Per un patrimonio materiale e immateriale condiviso. How this might have been

Julius Hach

TUM Munich, MA student

Christian Kayser

Kayser+Böttges Ingenieure und Architekten GmbH München

Roberta Fonti

TUM Munich, reference author

Abstract

The use of 3d-rendered computer graphic in the humanities was opening up new horizons in the way how to return objects of knowledge – lost in the chain of history – for the future generations to experience culture. These methods are widely ranging from historical accurate reconstructions to building information models able to embrace a large amount of data. This article will illustrate challenges and possibilities of these methods by using the small Court Theatre at the Monrepos Palace of Ludwigsburg as a case study.

Keywords

Small Court Theatre, Philological approach in restoration, 3D hypothetical reconstructions.

L'uso della grafica 3D nel campo delle discipline umanistiche sta aprendo nuovi orizzonti nel modo in cui guardare al restauro ed alla restituzione di beni andati perduti nel tempo. Questi metodi spaziano da ricostruzioni storiche accurate, alla creazione di modelli architettonici informativi in grado di integrare una grande quantità di dati. Il presente articolo illustrerà criticità e potenzialità di tali metodi, utilizzando come caso studio il Teatrino di Corte del Palazzo reale di Monrepos a Ludwigsburg.

Teatrino di Corte, Restauro Filologico, ricostruzione 3D.

1. Introduction

The use of augmented reality and 3d-rendered computer graphic was opening up new horizons in the way how to return objects of knowledge – lost in the chain of history – for the future generations to experience culture.

Exploring new horizons in the field of architectural conservation meaning to go against orthodoxy and presenting new methods of representation able to reproduce missing works of art. These methods are widely ranging from historical accurate reconstructions of buildings' features – how these might have been looking like [Kelly 2014; Bellini, Carbonara, Casiello, Cecchi, Dezzi Bardeschi, Fancelli, Marconi, Spagnesi Cimbolli, Torsello 2005], or parts of them – to building information models able to embrace together a large amount of data. This can support immersive documentation of forms and spaces to be interactive explored – so to overcome geographical and cultural barriers and the ones given by time [Sandron & Tallon 2020].

On the one hand, these representations are making heritage accessible to a much larger public, all the while providing an idea of the great achievements of human beings in the history of construction and returning habits and costumes of a society that is not existing anymore.

On the other hand, these are necessarily produced with a set level of inaccuracy that might or might not be accepted by the scientific community. This debate well-known in the reference literature under the name of the so-called problem of the historic forgery [Boito 1884; Boito 1893; Giovannoni

1929, 114-115] possesses ancient roots. And it is facing the timeless dychotomy between scholars and the public, arguing on whether monuments are intended for the public or they should serve for the sole enjoyment of those, who can appreciate them as objects of knowledge [Giovannoni 1929, 121].

This article will illustrate challenges and possibilities given by the 3D hypothetical reconstruction of a building destroyed in the XIX century – intended for ephemeral use, yet designed to accommodate a specific function – thus, conceived according to a specific typology in building constructions and unique in its conception at the same time. This is the case of the small Court Theatre at the Lakesee Palace of Monrepos in Ludwigsburg (Germany) to be virtually reconstructed by taking advantage from the methods of the philological approach in restoration [Bellini, Carbonara, Casiello, Cecchi, Dezzi Bardeschi, Fancelli, Marconi, Spagnesi Cimbolli, Torsello 2005, 45] – thus, using archival resources and reference literature coming from different eras, all the while having a limited amount of information available – thus, completing “objects as they might have been” [Kelly 2014].

2. The *Teatrino di Corte*

Court Theatres are architectural spaces conceived to provide leisure and delight to prominent members of the aristocracy and their court members; and intended to be inserted into the built of residencial complexes.

For the sake of our argumentation, we can distinguish two types of court theatres – a building intended to play as a core facility for entertaining a restricted group of people (the court) and often complementing royal palaces and luxurious residences along with ball-halls [Bayerische Verwaltung

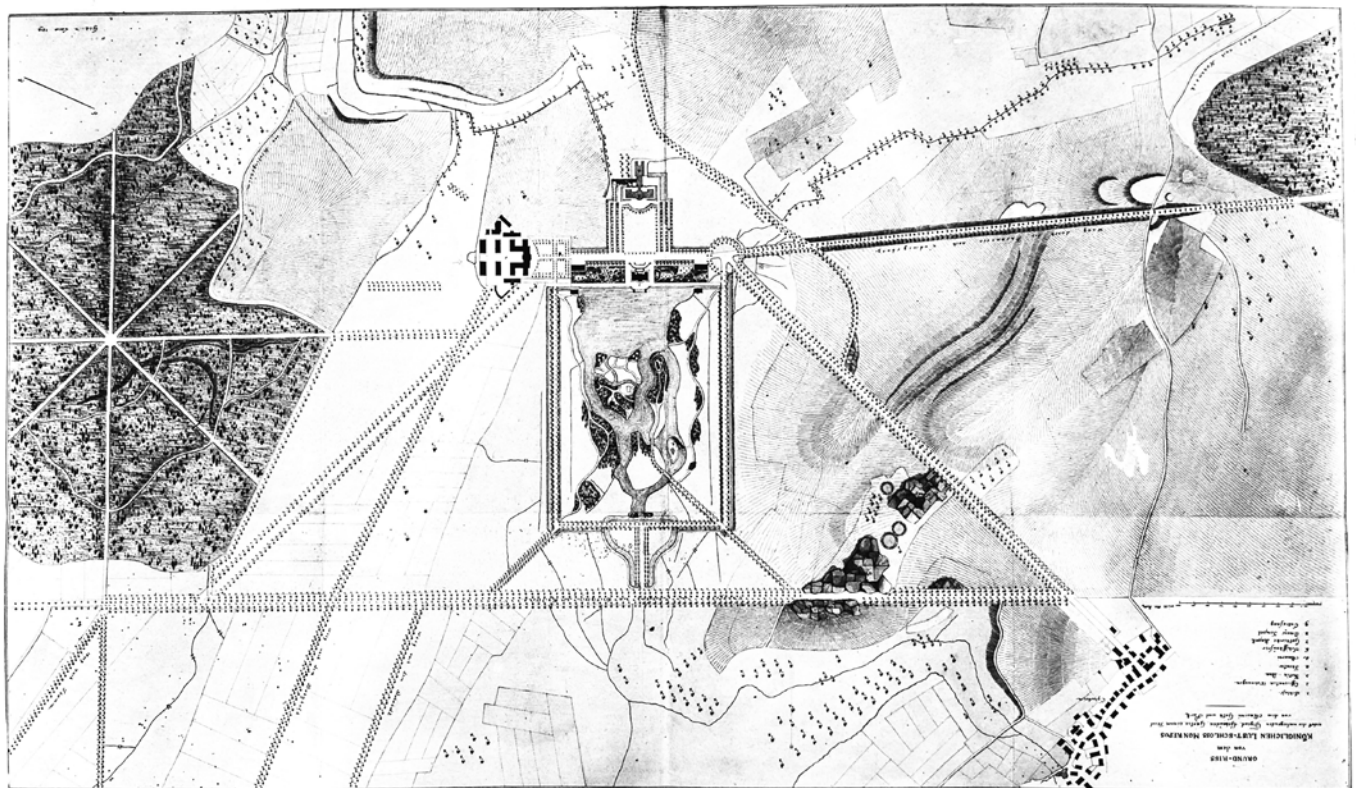


Fig. 1: August Gottlieb Loew, Site plan of Monrepos and its gardens, 1819, Landesdenkmalamt Stuttgart, Bd 2, S. 417.

der Staatlichen Schlösser, Gärten und Seen 1958]. And the *Teatrino di Corte* – a rather small Theater intended to accommodate a more intimate number of people.

Court Theaters and *Teatrini di Corte* were commonly inserted into the pattern of the existing built, at times, standing alone as a proper building by extending residencial palaces or redeveloping existing spaces so to accommodate a small Theater intended for personal enjoyment. This is the case of the *Teatrino di Corte* of the royal palace of Naples [Gambardella 1999; Gravagnuolo 2010]. This is also the case of the *Teatrino* at the Ducal Palace of Lucca, destroyed in 1872. This was probably also the case of the *Teatrino di Corte* at the royal palace of Monrepos in Ludwigsburg, seemingly originally designed as an ending extension of another Palace, and moved in 1808 to Monrepos, where it was adapted and redeveloped to suit the needs of King Frederick I of Württemberg [Paulus 1889, 346]. This small Theater was able to accommodate about 200 persons. And opposite to the above-mentioned cases, it was installed as an independent building and merged into the greenery (FIG. 1) serving one of the most exclusive residencial palaces ever constructed by the House of Württemberg.

3. Ephemeral architecture and Greenery

Ludwigsburg is a city located in Baden-Württemberg, north of Stuttgart, alongside to the river Neckar. Although having ancient history, the city flourished and benefited very much from the installation of a large residencial complex by Duke Eberhard Ludwig von Württemberg (1676 – 1733) [Wenger 2004; Deiseroth, Neumann, Hanke, Schneider 2004]. The baroque Palace, in a short time, was complemented by other two Palaces. These are: Schloss Favourite (1713 – 1728) and the Lakesee Palace of Monrepos (1764 – 1768, and 1804 – 1808). Particularly, the latter was built in a area used by the House of Württemberg as an hunting ground, where a small hunting lodge was located. This was turned down and transformed into a baroque Palace designed by the French architect Philippe de La Guépière (1715 – 1773) in a late baroque style and redeveloped in a classic one by the court Architect Nikolaus Friedrich von Thouret (1767–1845) under the reign of Duke Friedrich II (1754 – 1816), who, in 1806, became King Friedrich I of Württemberg.

He established his summer residence in Ludwigsburg and implemented further this Palace by considering this as a place for retreat – thus the ephitet of *Monrepos*.

The site, designed with a large terrace conceived in an harmonic equilibrium with the surrounding greenery and possessing a delicate sequence of arches opened towards the lake, was equipped with an English garden and an intricate alternation of greenery and built including artificial islands and bridges (FIG. 1).

The built, which was inserted in a form of “inhabitated” ruins scattered around into the greenery, was coming from other Palaces and residencial complexes in the property of the family. This was redeveloped so to accommodate the idea of an English garden conceived by Thouret (FIGG. 1 and 2). Especially, the king moved from the Palace of Hohenheim in Stuttgart, some “inhabitable” remains – as this is reported by Patricia Peschel in her text *Die Wiederverwertung der Garten-architekturen aus dem »Englischen Dörfle« unter König Friedrich I. von Württemberg* [Peschel 2016, 73–81].

In Hohenheim, Carl Eugen of Württemberg (1728–1793) possessed a Palace having a large garden with a planted greenery, exotic plants in a form of a botanic garden, complemented with artificial remains dated back to the XVIII century and designed to adorn outdoor spaces.

Remains were of different kinds possessing an ephemeral nature, and, ideally, intended for tempo-



Fig. 2: Friedrich Weber, Schloss Monrepos, 1810, Städtisches Museum Ludwigsburg, Photo Landesmedienzentrum BW.

rary use. According to the study conducted by Peschel, King Frederick moved from Hohenheim to Monrepos the “Town Hall”, which stood in the lower part of the park at Hohenheim, along with the “Dianenbau” and the “Boudoir”, which were serving as a “breakfast room” during hunting at Monrepos until 1838. A copy of a “Gothic Church” was also moved from the park and installed into one of the artificial islands at the lake – located right in front of the main terrace of the Palace – and still standing there (FIG. 2 a). A Monopteros from the “Small Roman Baths” was also relocated in one of the islands at the lake of Monrepos [Peschel 2016, 77-78].

It is interesting to observe that opposite to what observed by Patricia Peschel, who links this idea of the ephemeral to a continuous transformation of outdoor spaces driven by fashion or a change in the ownership in the family – and goes along with the use of materials perishable to make copies of architectural works – copies are also designed in natural stones – thus, intended for lasting longer in time.

Then, while, it is possible to share the idea of a change according to ownership and fashion, one might speculate on the temporary conception of some of these garden installations. Similar to the

Gothic church and other inhabitable small-scale copies, the small theatre was installed in the garden – thus, intended for “performing” for the time being other conceived for a long-term use.

It is also interesting to observe how materials were reused and buildings moved according to needs rather than wasted. The small theatre (*Teatrino di corte*) at Monrepos, which was installed there by reusing the members of another theatre, yet demolished, and its members used once again to design new constructions, was made out of natural stones and timber – thus, debatable this can be considered suitable for standing the test of time with deferred maintenance.

In this respect, it is interesting to observe the short life of the theatre (1808 – 1818) and the listing of the Palace in 1889, along with the surviving garden installations (the Gothic church), into the register of monuments of the Kingdom of Württemberg over the XIX century [Paulus 1889].

4. Monument care in Germany over the XIX century. The case of Baden-Württemberg

The historian Gerard Baldwin Brown (1849 – 1932) in his book on *The care of ancient monuments* (1905) is debating the case of Germany united under the leadership of Prussia [Baldwin Brown 1905]. This book can be considered one of the first attempt to provide the public with an history of legislative acts, or other measures, adopted by European countries to protect their heritage over the XIX century. Specifically, on the Württemberg, he is reporting the great deal of attention paid by its rulers and he is citing the work by Eduard Paulus (1837 – 1907) and related publication. Watching at this publication in details [Paulus 1889], the Monrepos Palace stood a dominant position along with its church that is reported in it with a map. He is also reporting about the destruction of the Theater



Fig. 3: 3d hypothetical reconstruction of the court theatre of Monrepos, 2025.

(1819) and it is providing us with a understanding of the use of the small theatre to impress Alexander of Russia with a removable background open towards the greenery – thus, able to include elements of the landscape and living animals into the play (FIG. 3).

Then, one can speculate on a different understanding of the reuse of these elements – redeveloped by Thouret – into a more comprehensive architectural concept of ephemeral architectural elements intended for a temporary use, yet expected to perform for a long while. And now, reevaluated by a later societal consciousness for monument care as an integral part of a narrative that made Monrepos to strike consciousness in people as earlier as in the late XIX century [Paulus 1889, 346]. Thus, the significance of returning these missing bodies for a larger public to experience this united conception of greenery and built.

5. The royal Palace of Monrepos and its lost Teatrino di Corte

Then, this Palace was settled in a remotely located area, equipped with a planted greenery and a lake having islands with imitations of ruins, and a theatre installed, along with a complex of buildings featuring a ball-hall (FIG. 4) and a passageway detached from the Palace – rather than complementing this into its body structure – and positioned in a dominant location, right in front of its main entrance (FIG. 1).

In 1806, the ball hall (Festinsbau) was built, first. This hall was entirely dedicated to ceremonial purposes and provided with architectural distinct features especially for banquets, balls and other celebrations. A few years later, in 1808, the building was supplemented with a small theatre commissioned in 1806.

Following the death of King Frederick I (1816), his successor William I (1781 – 1864) decided to demolish the ancillary structures, which were regarded as costly to maintain and therefore superfluous. By 1818, this ceremonial complex had almost completely disappeared. Today, the sole physical remain of this complex is the built topography (FIG 4 b) over which the building stood in opposition to the main building.

After 220 year, a digital reconstruction offers the opportunity of returning this part of history by taking a fresh look into the architectural features of these missing bodies. This was achieved by analysing the rediscovered surviving plans and written sources at the private archive of the House of Württemberg.

5.1. The 3D reconstruction. Archival resources and basic hypothesis

The existing plans of the theatre are the most significant documents used as a base for the reconstruction. These are consisting in two sets of plans dated back to 1809 (FIG. 5 a) and 1814 (FIG. 5 b). The first set of drawings, dated back to 1809, is depicting a plan of the foundation system, a ground floor plan and a detailed longitudinal section (FIG. 5 a). The plans preserved in the State Archive of Ludwisburg are probably drawn by Thouret himself or his assistants, and show handwritten notes as well as small sketches that illustrate the executive nature of the drawings or an early stage of the design.

The second set of plans is dated back to 1814 and it is referred to as “Monrepos Survey” (FIG. 5 b). It comprises ground floor and upper floor plans as well as an elevation. Unfortunately, no cross-section of the building had been handed down by time up to us.

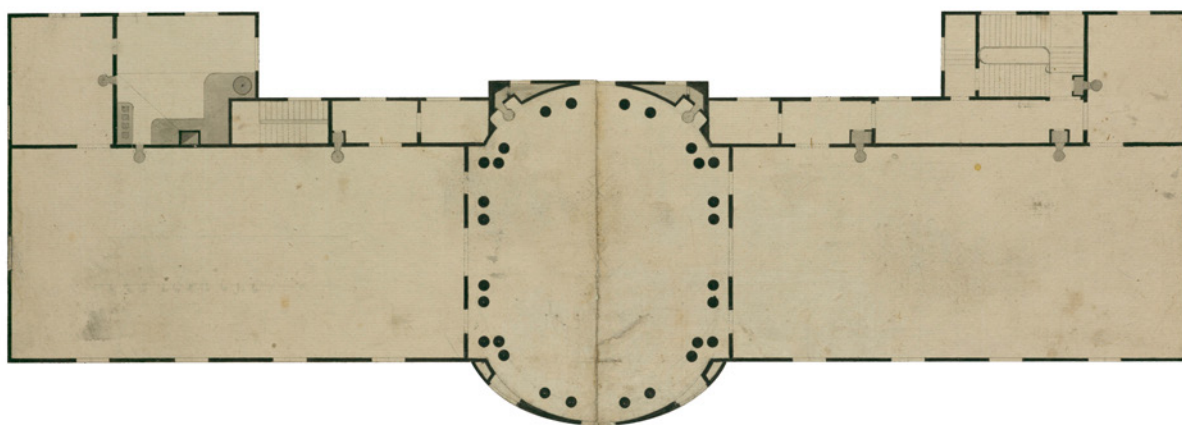
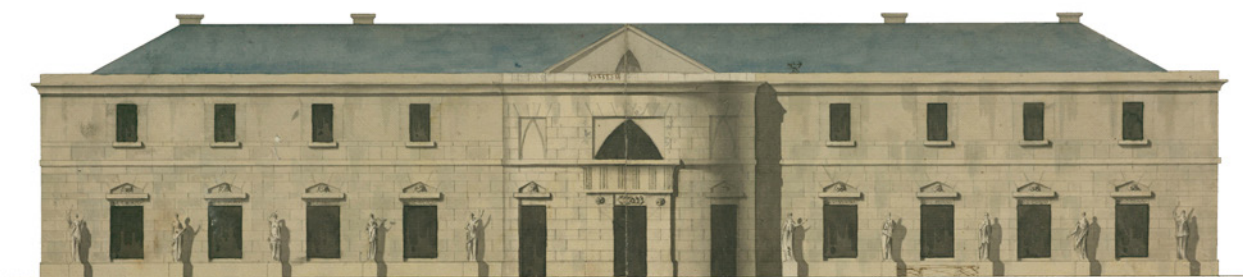


Fig. 4: a Nikolaus Friedrich von Thouret, 1804, Festinbau, supposedly the original drawings of the Ball-Hall, main façade – designed in a dialogue with the main façade of the Palace – and floorplan, Stadtarchiv Ludwigsburg, Sammlung Baumgärtner V 3/33 017; b. Remains of the built topography.

A comparison between plans reveals differences between the design and its implementation. For instance, the foundation plans from 1809 do not fully correspond to the ground floor plan of 1814. However, one cannot exclude a lack of accuracy in the measurement's tools used to survey the building. While, it seems apparent the difference in the design of the area of the proscenium where the floor plans and section drawn in 1809 are showing the arch of the proscenium having a semicircular outline and a solid elevation; whereas the floor plan of 1814 depicts columns progressing in pairs instead than a strip pillar. Columns are reported on both sides.

As reported above, unfortunately, no sections exist dated back to the 1814 survey. However, one might speculate on a possible design of the columns conceived so to match the overall design of the theatre hall – thus, progressing aligned with columns at the area reserved for the audience. Because of this, the spring of the arch might supposedly be moved up to a set height – thus, depicting an outline of the proscenium arch equal to the one of a flat or a segmented arch.

Flat arches are typical architectural features of Classic Architectural styles. A similar solution can be found in the *Teatrino di Corte* of Naples. Greatest similarities can also be found by comparing the design of the Schlosstheater in Monrepos with the one of the Neues Palais (1763-69) in Potsdam designed for the king of Prussia.

It is also interesting to observe that, on the 1809 drawings, columns are vaguely drawn in a form of a sketch. Observations can also be drawn especially for the design of capitals at columns and for many other details. However, this article will present solutions found for the proscenium arch, only. Further, written sources especially related to the survey can be found, along with some other texts describing interiors. For instance, Johann Daniel Georg Memminger (1773 – 1840) wrote a text describing the pleasure complex, and reporting his experience towards spaces and the atmosphere created by architecture, while walking through the buildings [Memmingen 1817, 445]. However, in his writing, he mostly concentrated on the description of the Ball Hall. Regarding the theatre, he merely noted the connection between the two buildings accommodate by colonnades built in the “*schönsten klassizistischen Stil*”.

He also highlights the existence of this peculiar distinctive feature of the open back stage. Memminger explains that despite the small size featured by the building, large-scale plays could be performed “*indem es nach hinten geöffnet und mit dem freyen Felde in Verbindung gesetzt werden kann*”. Unfortunately, the surviving plans do not reveal exactly how the stage mechanics worked at that time. However, some interesting observations, based on a deep understanding of the design of theatre in the XVIII and XVIII Century in Europe and in Germany can be drawn as well as the still well-preserved Ludwigsburg Schlosstheater can serve as a model.

This theatre was redeveloped in the same years by Thourt in a classic revival style and this is, here, used as a base for the virtual reconstruction. Especially, the existing backgrounds of the theatre are used in the virtual reproduction as well as the overall mechanical equipments as this was described in details in a recent text published by the Staatsanzeiger Stuttgart to celebrate the 250 years of the theatre [Kultur geschichte BM 2008].

Although the design of the stage, and its roof are of a crucial significance for the understanding and reconstruction of the theatre, this specific topic is beyond the scope of this article. More details on this can be found upon the following article *Die virtuelle Rekonstruktion des klassizistischen Theaters von Schloss Monrepos* [Hach, Fonti, Kayser 2026, 24-31].

Other important source are the inventory lists wrote down before destruction. These are namely Queen Charlotte's dowry inventory and a list of furnitures dated back to December 1816. According to archival sources, the listed items were transferred to the Ludwigsburg residencial Palace, on November 1818. It is further interesting to observe that in this sources it is also mentioned a potential reuse of timber members and the removal of the ashlar masonry work located at the base of the building. Indirectly, these documents provided us with crucial information on the building materiality – thus, on the building techniques.

In the argument for building techniques, plans report a small sized thickness of walls – thus, potentially suggesting a timber-framed construction having infill. However, opposite to this, the elevation shows a massive stone-like façade (FIG 5 b). This could be a plaster finishing imitating an elaborate masonry pattern or an half-timber construction embedded into a masonry pattern (e.i. *Casa Baraccata*). The latter is a technique introduced in Europe in the XVII and XVIII century, according to countries, however, consider by us with restriction due to the thickness of walls reported on drawings. On the other hand, it is not possible to exclude the use of lightweight natural stones set in rows of square-shaped elements – as walls are always drawn with full hatches. And also on account of its compact size, approximately 45m x 15 m.

5.2. The 3D reconstruction. The proscenium arch

The auditorium and stage were united under a single hall, yet distinguishable from the outside on account of a difference in height due to the lifting devices intended for the different backgrounds to be on display.

The top level of the auditorium housed separated seats, ideally intended for the Duke, and behind these, there was a small gallery equipped with two additional rooms. A separate entrance for royal members appears to have been planned initially, yet subsequently rejected revealing the very intimate nature of the theatre. The digital reconstruction of the Monrepos theatre also reveals, the modest dimensions of this having passageways, at times, lower than 2,5m causing the issue related to the design of the proscenium arch.

Due to a lacking in archival documents (i.e. cross-sections and a paring longitudinal section in the 1814 survey) reconstruction of the design of the proscenium arch features one of the greatest uncertainty in the virtual representation of the theatre. Comparisons with other projects by Thouret were conducted leading to the hypothesis that a flat or segmental arch may have been set.

An unbuilt design by Thouret for a small theatre (1817) featuring a proscenium having columns exists and this is crowned by a flat arch. A similar solution with respect to the design of the proscenium pillars can be found in the court theatre at the Ludwigsburg Palace. This was redeveloped by Thouret, in 1811, in a Classical revival style [Scholderer 1994; Reihe kultur geschichte BM 2008]. Here, columns located at the main hall align with an arch positioned at the opposite side of the proscenium arch and depicting a semicircular outline of the arch – similar to the one design by Thouret in its 1809 solution (FIG. 5 a).

By changing the design of the strip pillars in our reconstruction, all the while keeping the design info of the longitudinal section dated to 1809 still solid, and turning the strip pillars into two columns at the proscenium arch, these misalign with the columns of the main hall (FIG. 6 a). Thus, providing us with a problem of harmony that is, here, considered to a set extent typical of the way how to design architecture by Thouret, who found himself always working with existing members and making history out of them by redeveloping these.

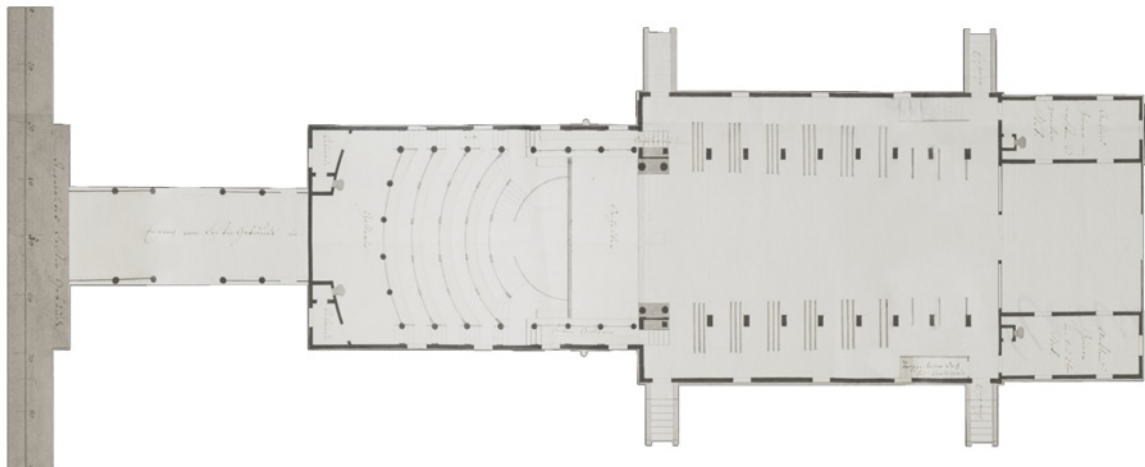
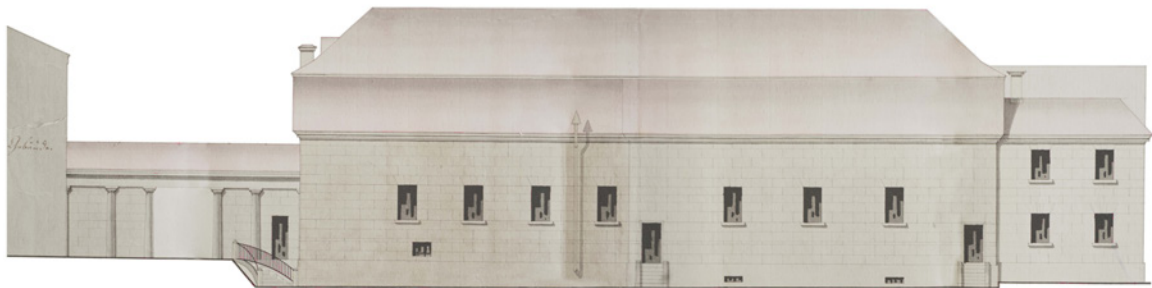
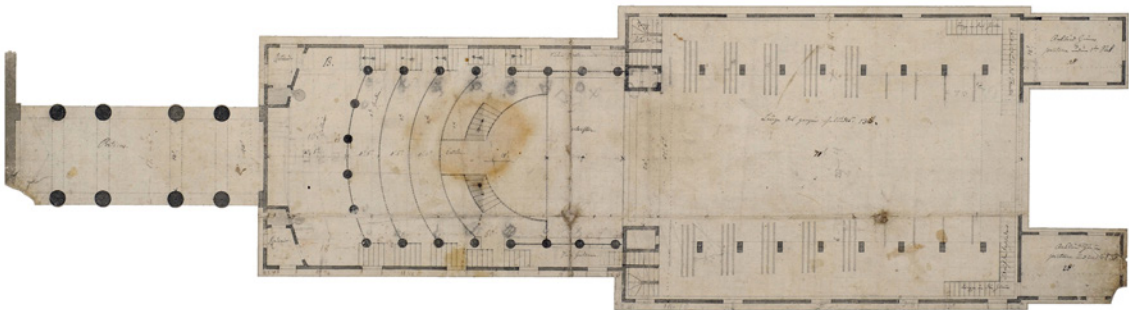
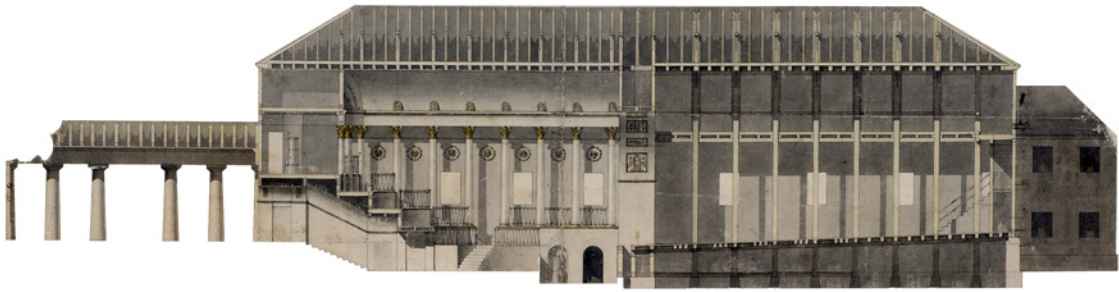


Fig. 5: a. Nikolaus Friedrich von Thouret, 1809, Schlosstheater in Monrepos, supposedly the original drawings of the small theatre, Stadtarchiv Ludwigsburg, Sammlung Baumgärtner V 3/33 020-21; b. Anonymous, 1814, survey of the property, private archive Duke of Württemberg (with the courtesy of the House of Württemberg).

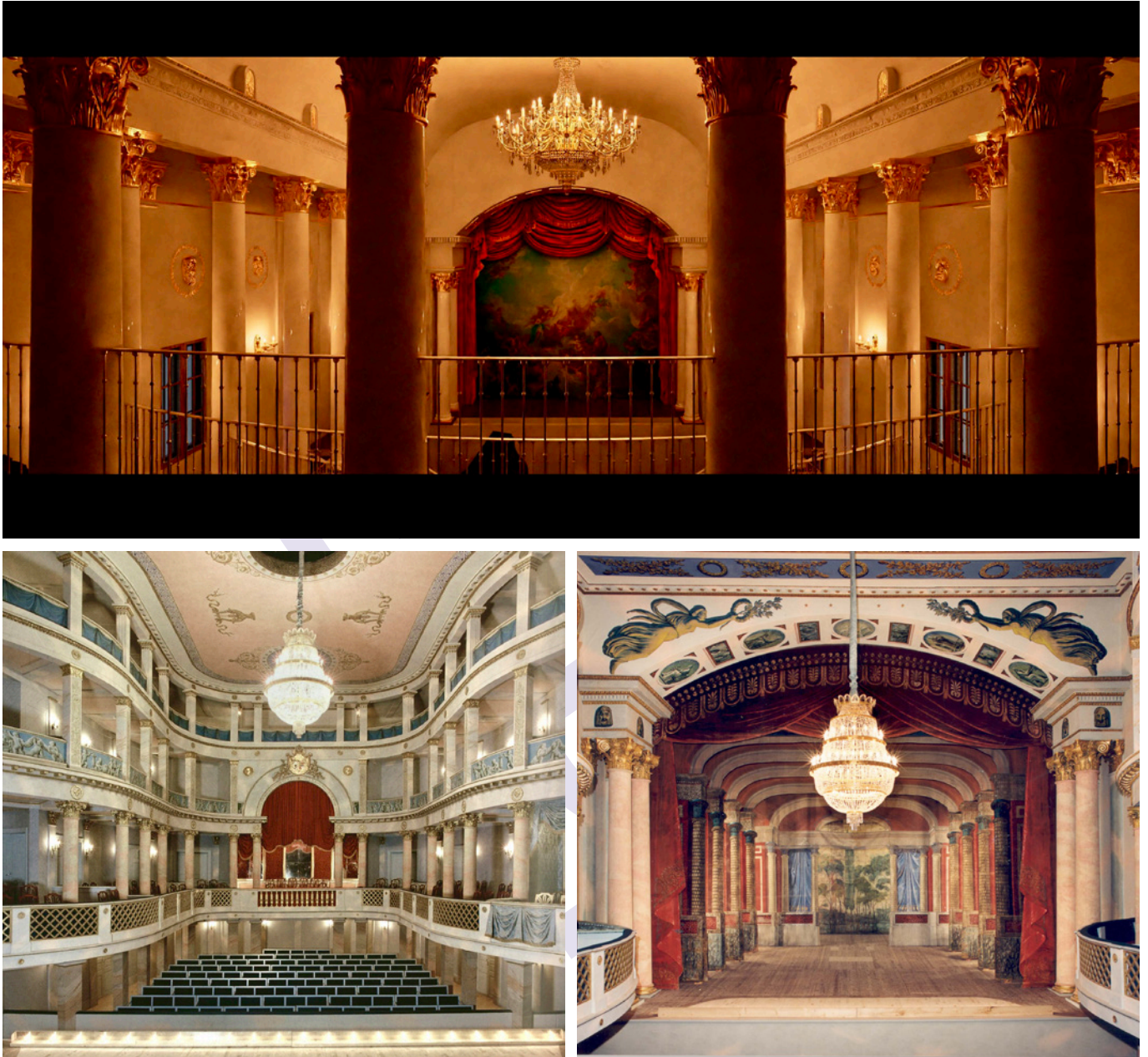


Fig. 6: a. 3d reconstruction of the proscenium arch having columns; b. Nikolaus Friedrich von Thouret, first half of the XIX century, Ludwigsburg Schlosstheater, picture [Kultur geschichte BM 2008, 49]; c. Nikolaus Friedrich von Thouret, first half of the XIX century, Ludwigsburg Schlosstheater, picture of the proscenium arch.

Most probably, the solution implemented, it is the one still visible in the Ludwigsburg Schlosstheater, but for the opposite arch series, where side columns possess flat arches spanning between capitals and spring lines are designed at a much lower height so to meet at the arch opposing the proscenium and having a double order of flat arches (FIG. 6 b). However, one cannot exclude the possibility of having a disconnection between columns at the auditorium and the ones at the proscenium (FIG. 6 c).

6. Conclusions

The Monrepos Theatre existed for some years before its destruction. Today, only plans and reports are preserving the material and immaterial knowledge standing behind this innovative and original type of theatre, which is using nature as an integral part of the design.

The virtual reconstruction of this is, here, not intended for substituting the lost building. Rather, this intends to transmit this knowledge for the future generations to experience culture by using this as a means to present multiple hypothetical solutions of forms and spaces how these might have been. This, opposite to classic reconstruction, which unavoidable calls for a single solution to be implemented as a physical model, allows for making the larger public aware of the diverse design solutions that might have been adopted by the designer.

This is also returning a typology of a small court theatre that has remained unknown, in its basic conception, for centuries, and, now, it has been revealed as part of our history in the design of theatres – lost in the chain of history.

Further, this article was hoping to provide a contribute into the debate around the use of temporary architectural features intended for lasting in time, yet part of a comprehensive architectural program that is strictly dependent from its ephemeral architectural features in the theatrical architectural design context of late Baroque.

Acknowledgments

This research was conducted within the framework of a collaboration between the Technical University of Munich, Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft, and the House of Württemberg in collaboration with Kayser+Böttges Design Office of Munich. Particular gratitude is expressed to Duke Wilhelm von Württemberg, Rainer Setzer, Thomas Bachmann at the Hofkammer des Hauses Württemberg as well as to Maïke Steidler and Tobias Neufeld at Kayser+Böttges Design Office of Munich.

References

- BAYERISCHE VERWALTUNG DER STAATLICHEN SCHLÖSSER, GÄRTEN UND SEEN, a cura di (1958) *Festschrift Zur Eröffnung Des Alten Residenztheaters (Cuvilliés-Theater)*. [Weideraufbau der Residenz München], München, Brend'amour, Simhart & Co.
- BELLINI, A. CARBONARA, G. CECCHI, R. CASIELLO, S. DEZZI BARDESCHI, M. FANCELLI, P. MARCONI, P. SPAGNESI CIMBOLLI, G. TORSELLO, B.P., a cura di (2005). *Che cos'è il restauro? Nove studiosi a confronto*, da un'idea di B.P. Torsello, Venezia, Marsilio Editore.
- BOITO, C. (1884). *I restauratori. Conferenza tenuta all'Esposizione di Torino il 7 giugno 1884*, Firenze, G. Barbera Editore.
- BOITO, C. (1893). *Questioni pratiche di belle arti. Restauri, concorsi, legislazione, professione, insegnamento*, Milano, Hoepli Editore.
- BALDWIN BROWN, G. (1905). *The care of ancient monuments*, Cambridge, Cambridge University Press.
- DEISEROTH, W. NAUMANN, D. HANKE, A. SCHNEIDER A. (2004). *Regierungsbezirk Stuttgart. 8., Landkreis Ludwigsburg. Stadt Ludwigsburg*, Stuttgart, Konrad Theiss Verlag.
- GAMBARDELLA, A., a cura di (2001) *Convegno internazionale di studi "Ferdinando Fuga 1699-1999 Roma, Napoli, Palermo" Naples, Italy*, Edizioni scientifiche italiane.

- GIOVANNONI, G. (1929). *Questioni di architettura nella storia e nella vita: edilizia, estetica architettonica, restauri, ambiente dei monumenti*, Roma Biblioteca d'arte editrice.
- GRAVAGNUOLO, B. (2010). *Architettura Del Settecento a Napoli: Dal Barocco Al Classicismo*. Napoli, Guida Editori.
- HACH, J. FONTI, R. KAYSER, K. (2026) Bretter, die die Welt bedeuten Die virtuelle Rekonstruktion des klassizistischen Theaters von Schloss Monrepos in « Denkmalpflege In Baden-Württemberg », n. 55, vol. 1, pp. 24-31.
- KELLY, M., a cura di (2014). *Encyclopedia of Aesthetics*, Oxford, Oxford University Press.
- MEMMINGER, J. D. G. (1817) *Stuttgart und Ludwigsburg mit ihren Umgebungen*. Stuttgart/Tübingen in der g. B. Eotta'faen Budhandlung.
- PAULUS, E. (1889) *Die Kunst- Und Altertumsdenkmale Im Königreich Württemberg*. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, Neff.
- PESCHEL, P. (2016). *Die Wiederverwertung der Garten-architekturen aus dem »Englischen Dörfle« unter König Friedrich I. von Württemberg in Zeugnisse Eines Gartentraums: Die Hohenheim-Gouachen Aus Dem Besitz Herzog Carl Eugens Von Württemberg*, Regensburg, Schnell & Steiner, pp. 73 – 81.
- SANDRON, D., TALLON, A. (2020). *Notre Dame Cathedral: nine centuries of history* (L. Cook, Trans.), USA, Penn State University Press.
- WENGER, M. (2004). *Ludwigsburg The Entire Complex*, München | Berlin Deutscher Kunstverlag.
- SCHOLDERER, H.-J. (1994). <<Das>> *Schlosstheater Ludwigsburg: Geschichte, Architektur, Bühnentechnik, mit einer Rekonstruktion der historischen Bühnenmaschinerie*, Berlin, Gesellschaft für Theatergeschichte.
- REIHE KULTUR GESCHICHTE BM, a cura di (2008). *Schlosstheater Ludwigsburg. 250 Jahre Von der Hofoper zum lebendigen Theaterdenkmal*, Stuttgart, Staatsanzeiger—Verlag in Zusammenarbeit mit Vermögen und Bau Baden—Württemberg, Amt Ludwigsburg und den Staatlichen Schlössern und Gärten Baden—Württemberg.

Websites

<https://bawue.museum-digital.de/object/106356> (November 2025)

<https://mdz-nbn-resolving.de/details:bsb10020512> (December 2025)

Città in transizione. Traffico viario e trasformazione dello spazio urbano a Ostia nel II secolo d.C.

City in Transition. Urban Traffic and the Transformation of Urban Space in 2nd Century AD Ostia

José Alejandro Beltrán-Caballero

Universitat Rovira i Virgili, Tarragona

Ricardo Mar

Universitat Rovira i Virgili, Tarragona

Abstract

Il contributo analizza il ruolo del traffico viario nella definizione della forma urbana di Ostia tra I e II secolo d.C. Attraverso lo studio dell'area centrale, dei sistemi annonari e dei grandi programmi edilizi traianeo-adrianei, si propone una rilettura della città come spazio strutturato dai flussi commerciali e dalla gerarchia delle vie pubbliche. Il traffico emerge come fattore determinante nella trasformazione del paesaggio urbano ostiense.

The paper examines the role of urban traffic in shaping Ostia's urban form between the 1st and 2nd centuries AD. Through the analysis of the central area, the annona system and the Trajanic-Hadrianic building programmes, the city is reinterpreted as a space structured by commercial flows and street hierarchy. Traffic appears as a decisive factor in the transformation of Ostia's urban landscape.

Keywords

Ostia; traffico urbano; spazio pubblico.

Ostia; urban traffic; public space.

Introduzione

Le rovine dell'antica città di Ostia costituiscono uno dei più straordinari paesaggi urbani conservatisi nell'Occidente romano. Sebbene le sue origini risalgano all'età repubblicana, l'immagine oggi percepibile è in larga misura il risultato delle trasformazioni imperiali avviate con la costruzione dei porti di Claudio e di Traiano, che modificarono profondamente la scala e la concezione dello spazio urbano. In poco più di un secolo la città fu quasi interamente ricostruita e nel II secolo d.C. si definì attraverso una nuova architettura in laterizio, articolata su più piani e organizzata secondo modelli tipologici innovativi. Questo sviluppo, parte dell'evoluzione dell'architettura "urbana" imperiale maturata a Roma a partire da Nerone – la cosiddetta *brick-faced vaulted architecture* – affonda le sue radici nella razionalizzazione costruttiva tardo-ellenistica ed è strettamente connesso all'evoluzione dell'idea di spazio urbano nella cultura civica romana.

Comprendere tale trasformazione implica richiamare un principio fondamentale della cultura urbana romana: *Inter omnes mensurae ritus, limitum constitutio maximi momenti est* ("Tra tutti i riti di misurazione, la costituzione dei limites è di massima importanza": Hyginus, *Constitutio limitum* 131). La delimitazione dello spazio non era un atto tecnico, ma un momento fondativo che trasformava lo spazio geometrico in ordine politico e religioso. La città romana si definiva attraverso una gerarchia di luoghi pubblici e privati che rifletteva una concezione simbolica oltre che funzionale dello spazio [Gros 1996, 45-52].

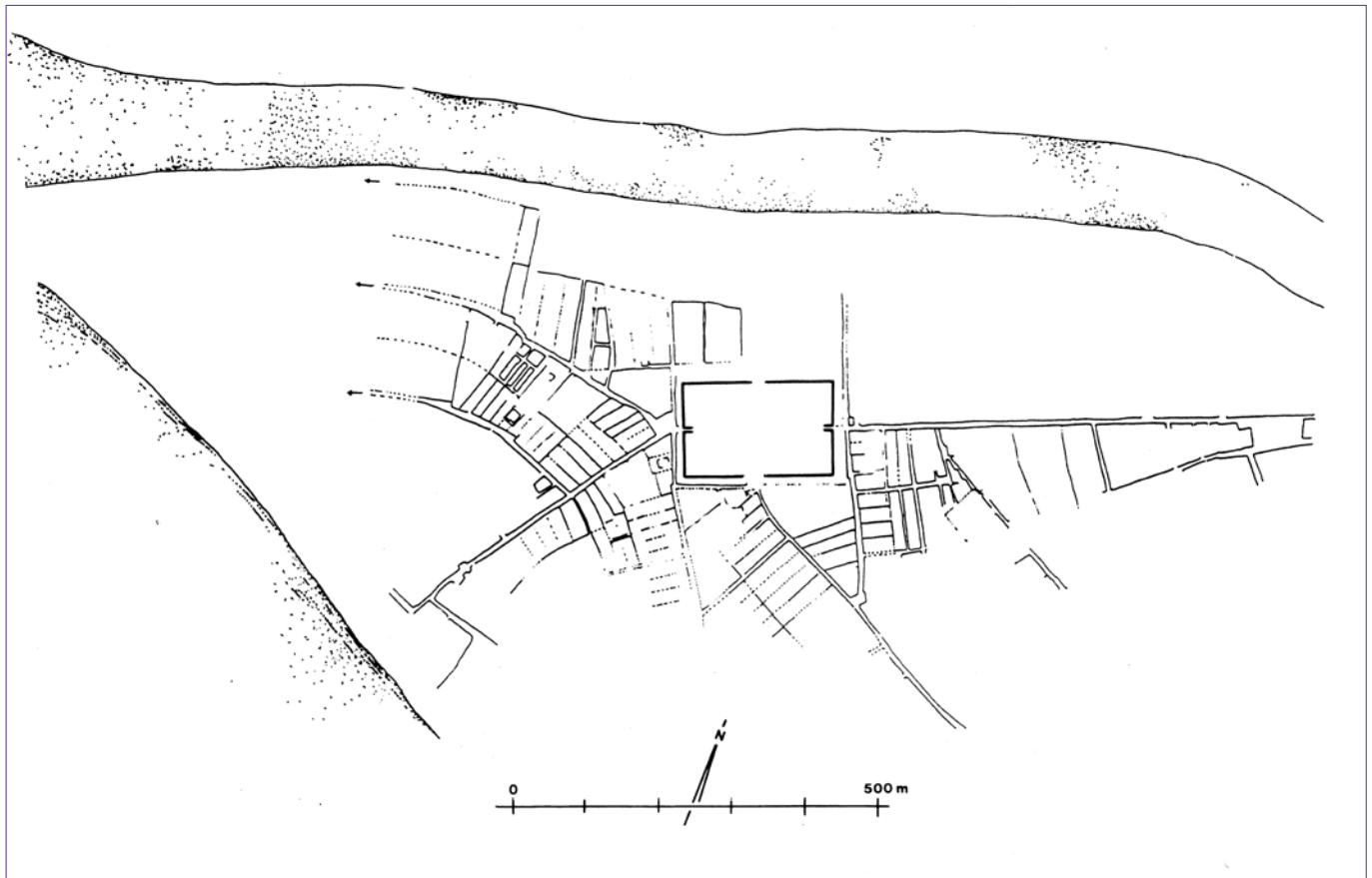


FIG. 1: La configurazione topografica della foce del Tevere nella fase fondazionale. Il castrum come matrice generativa dell'assetto urbano di Ostia. La permanenza delle particelle agrarie, fossilizzate nel processo di urbanizzazione e trasformate in praedia urbani, testimonia la continuità tra organizzazione territoriale e crescita dell'insediamento oltre il perimetro originario (disegno degli autori).

1. La formazione dello spazio urbano nella città di Ostia

Le indagini stratigrafiche condotte al di sotto dei livelli della prima età imperiale hanno dimostrato che alle origini della città vi fu un insediamento militare destinato al controllo della foce del Tevere e del litorale circostante. Questo primo nucleo (FIG.1), un «fortino» rettangolare protetto da una cinta muraria in *opus quadratum*, identificato dalla letteratura come *castrum*, si inserisce nel quadro delle *coloniae maritimae* fondate a partire dal IV secolo a.C. lungo la costa tirrenica.

Il *castrum* rappresenta dunque il primo orizzonte topografico: un dispositivo militare chiuso, impiantato per controllare un territorio strategico. La sua trasformazione in una vera città romano-repubblicana avvenne progressivamente, quando le costruzioni civili oltrepassarono la cinta muraria originaria. Le antiche particelle agrarie si consolidarono come maglia parcelaria urbana, mentre la ridefinizione giuridica dello spazio come autentica *civitas* fu segnata dalla costruzione delle mura sillane e dalla formazione del primo impianto forense nel centro dell'antico recinto militare.

In età augustea (FIG.2) il foro fu monumentalizzato con la costruzione di due templi sul lato settentrionale della piazza, tra cui il cosiddetto Capitolium [Becatti 1953, 104-110; Meiggs 1973, 352]. La loro disposizione prospettica rispetto al decumano rifletteva una concezione scenografica coerente con i principi vitruviani (*De arch.* V,1,2) [Gros 1996, 132-145]. Con il tempio di Roma e Augusto in età

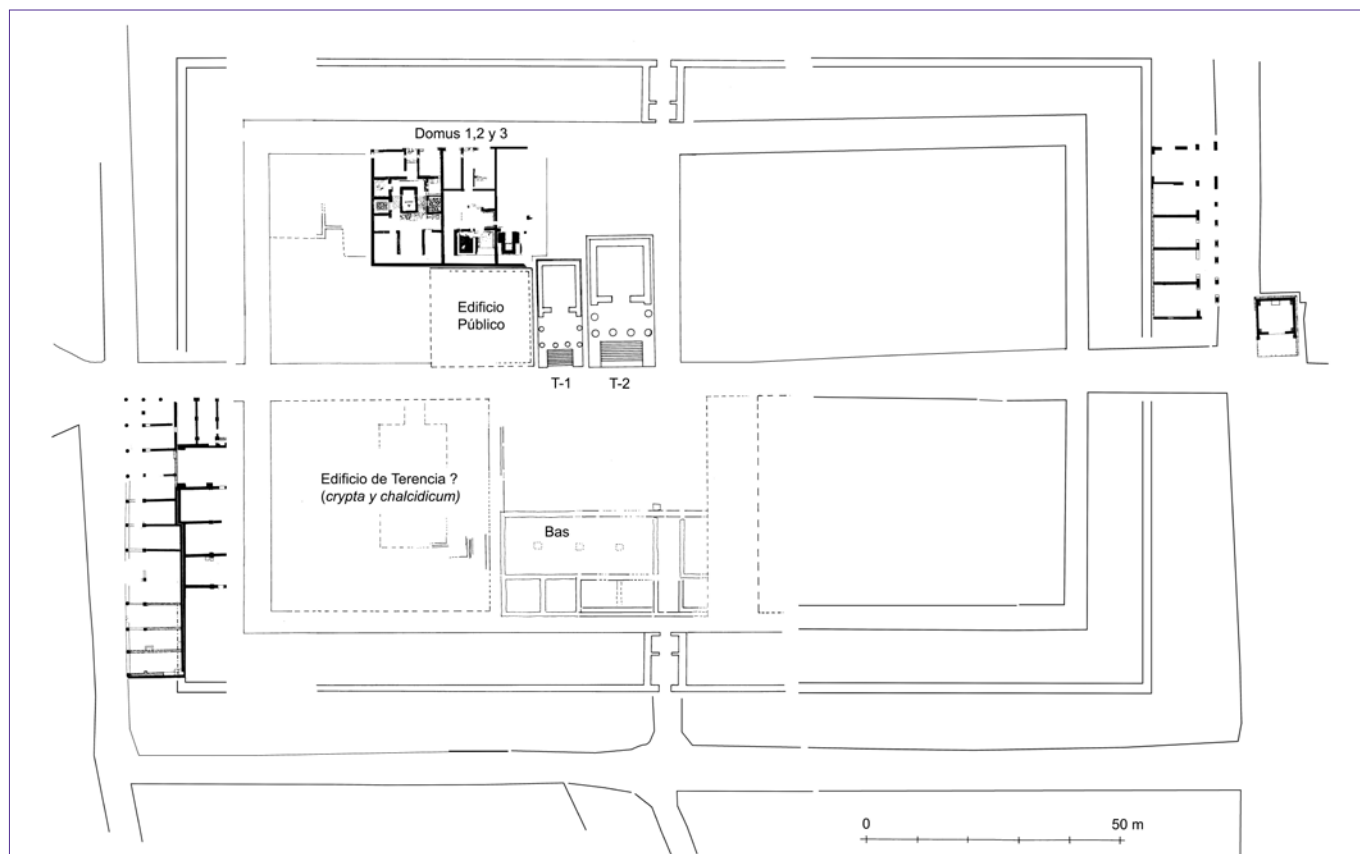


FIG. 2: Pianta dell'interno del castrum in età augustea. In questa fase l'antica muraglia risultava già in parte obsoleta. Sono documentate tre case ad atrio, nonché la cripta e il chalcidicum di Terentia. Il foro inizia ad assumere una configurazione monumentale con due templi su un lato e un edificio con portico interno (forse una basilica) sul lato opposto (disegno degli autori).

tiberiana (FIG.3), disposto assialmente al Capitolium, la piazza assunse una configurazione definitiva che esprimeva la compresenza di culto capitolino e culto imperiale. Il sistema viario partecipava a tale organizzazione come dispositivo monumentale e spazio cerimoniale.

A tali fattori si aggiunsero condizioni topografiche determinanti, in particolare l'innalzamento generale del piano urbano di circa due metri. Gli scavi nel quartiere adrianeo attorno alle Terme di Nettuno, alle Terme del Nuotatore, al santuario di Ercole, nell'area dei magazzini repubblicani presso la Porta Romana e nel santuario di Serapide documentano il carattere diffuso del fenomeno. La sopraelevazione, probabilmente connessa al controllo delle piene del Tevere [Bloch 1938, 248; Mar 1991, 96-102], comportò una ristrutturazione estesa del tessuto edilizio. Va inoltre considerato che, dopo l'incendio di Roma del 64 d.C., Nerone dispose che le navi impegnate nel trasporto del grano scaricassero a Ostia le macerie degli edifici distrutti, contribuendo verosimilmente al rialzamento del suolo urbano (Tac., *Ann.* 15, 43).

2. Sistema portuale e horrea nella ridefinizione della gerarchia urbana

Nel corso del I e del II secolo d.C., tuttavia, l'equilibrio tra funzione rappresentativa e funzione circolatoria si modificò. L'intensificarsi delle attività portuali comportò un addensamento di strutture commerciali lungo il decumano e nelle aree limitrofe [Rickman 1971, 64-69; Pavolini 1986, 17-25],

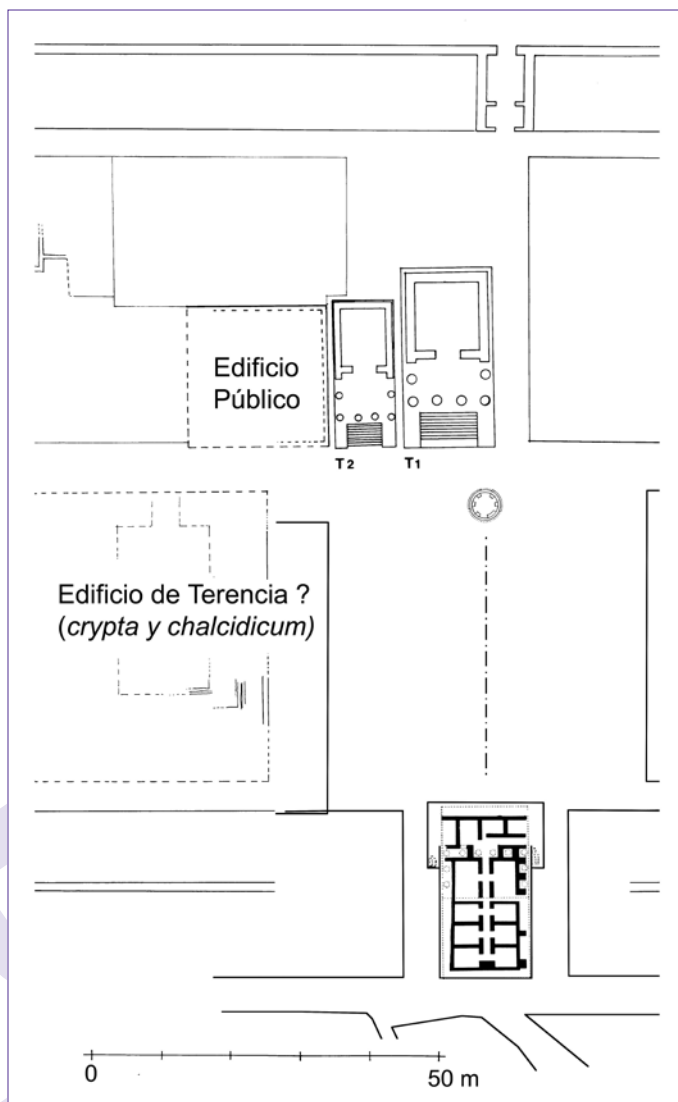
FIG. 3: L'ampliamento del foro in età tiberiana. La piazza viene estesa verso est e probabilmente affiancata da due portici laterali. Il tempio dedicato a Roma e Augusto, con un edicola circolare (monopteros) in asse, si contrappone al Capitolium augusteo (disegno degli autori).

conferendo al *decumanus maximus* una duplice natura: asse di attraversamento e spazio economico lineare.

La trasformazione della gerarchia viaria ostiense nel II secolo d.C. va interpretata alla luce dell'impatto strutturale del sistema portuale romano. La costruzione del porto di Claudio e del bacino esagonale di Traiano riorganizzò profondamente le dinamiche commerciali dell'area tirrenica [Keay et al. 2005; Keay 2012, 33-58; Boetto 2010], ridefinendo spazi pubblici e gerarchie urbane. Pur distinta fisicamente da Portus, Ostia rimase il principale nodo amministrativo e residenziale del sistema integrato, progressivamente inserito nell'approvvigionamento di Roma e divenuto nel II secolo d.C. snodo essenziale del sistema metropolitano Roma-Portus [Meiggs 1973, 279-310; Rickman 1980, 85-112; Paroli, Rizzo 2014].

L'intensificazione dei traffici comportò un ampliamento e una razionalizzazione degli *horrea*, come ha mostrato Rickman [Rickman 1971, 85-112; Rickman 1980, 124-140]. La loro distribuzione rispondeva a una logica funzionale legata ai percorsi di smistamento delle merci, organizzati attraverso assi secondari diretti verso i moli fluviali ed evitando l'attraversamento del foro (FIG.4). Già nel I secolo d.C. complessi come i Grandi Horrea e gli *horrea* di Hortensius si collocarono in posizione strategica tra il Tevere e il *decumanus maximus*; nel II secolo il sistema fu ulteriormente potenziato con gli *horrea* dei Menses e altri complessi lungo la Via della Foce, probabilmente promossi dall'amministrazione dell'*annona* [Heinzelmann 2002, 82-95; Bloch 1938; Mar 1991, 101-109].

L'effetto cumulativo di tali interventi fu la progressiva specializzazione funzionale di interi settori urbani: le aree prossime al fiume si configurarono come distretti annonari, mentre foro e Capitolium conservarono un ruolo simbolico. La pressione dei traffici contribuì tuttavia a integrare la centralità forense in una struttura più articolata, nella quale magazzini, mercati e impianti termali assumevano crescente rilievo. Le merci provenienti da Portus o risalenti il Tevere venivano convogliate attraverso percorsi dedicati, consolidando una rete di assi secondari funzionali al traffico pesante e accentuando la distinzione tra spazi rappresentativi e spazi logistici.



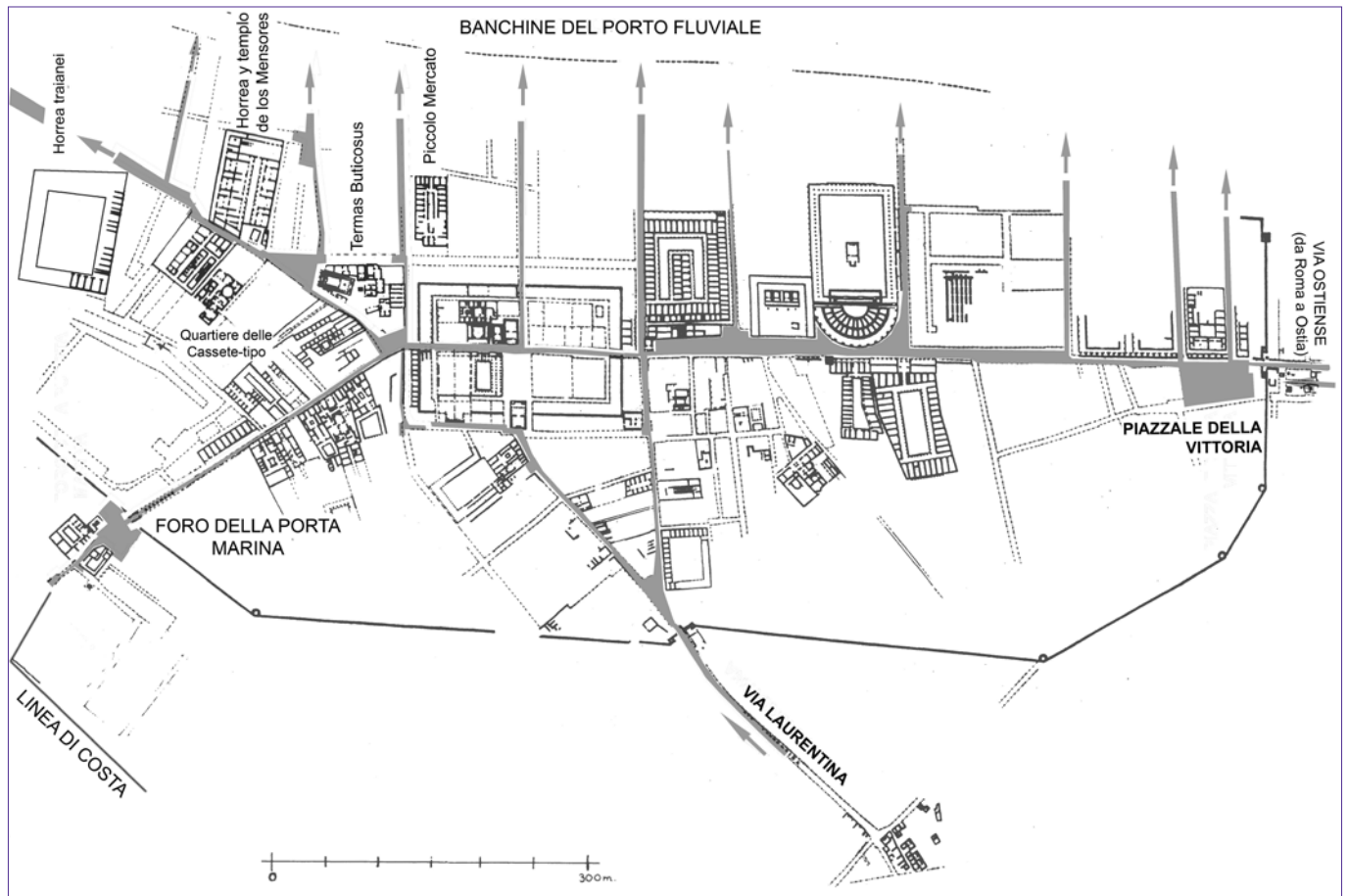


FIG. 4: Pianta della città di Ostia in età traianea. Si osserva la persistenza della muraglia del castrum nella maglia parcellaria urbana. La posizione delle porte determina inoltre il tracciato delle vie Laurentina e Ostiense. La logica della circolazione attorno al centro civico, in direzione dei moli fluviali, struttura l'organizzazione del sistema viario secondario (disegno degli autori).

3. Il “piano regolatore” traiano-adrianeo

Negli ultimi anni del regno di Traiano e nei primi di Adriano, Ostia fu oggetto di un programma edilizio di tale ampiezza e coerenza da poter essere interpretato come un vero e proprio piano regolatore. La concentrazione cronologica degli interventi, l'omogeneità delle tecniche costruttive e la ricorrenza dei medesimi bolli laterizi indicano l'esistenza di un progetto coordinato [Bloch 1938; Mar 1991, 101-109]. L'area centrale fu profondamente trasformata. La costruzione del nuovo Capitolium, dei portici retrostanti (Portici di Pio IX), del cosiddetto Caseggiato del Larario e di altri edifici connessi comportò modifiche sostanziali al tracciato urbano, fino alla demolizione di tratti della muraglia repubblicana del *castrum*, con conseguente ridefinizione dei limiti simbolici e funzionali del centro [Zevi 1996-97, 61-111].

Il Capitolium adrianeo non rappresentò una semplice sostituzione culturale, ma riorganizzò l'intero settore retrostante, definendo un asse monumentale orientato verso le aree portuali. Tale disposizione suggerisce la volontà di integrare simbolicamente il centro civico con il sistema annonario e commerciale [Heinzelmann 2002, 82-95].

Significative furono anche le modifiche al tracciato viario. In alcune *insulae*, come nel Caseggiato del Larario, l'ampliamento della sede stradale avvenne a scapito di precedenti linee di proprietà, segno

di un intervento pubblico volto a ridefinire le gerarchie spaziali [Mar 1991, 104-107]. La strada divenne oggetto di progettazione autonoma, fenomeno che trova un precedente nella riorganizzazione di Roma dopo l'incendio del 64 d.C. (Tac., *Ann.* 15.43).

Il programma traiano-adrianeo rappresenta dunque un momento di transizione nella concezione dello spazio urbano. Se in età augustea il foro costituiva il fulcro esclusivo della rappresentazione civica, nel II secolo la centralità si articolò in modo più complesso, con il consolidarsi di poli funzionali – complessi termali, distretti annonari, quartieri residenziali – che delineano una struttura tendenzialmente policentrica [Pavolini 1986, 45-63].

La partecipazione di differenti attori istituzionali – *ordo* locale, autorità religiose e amministrazione imperiale – conferisce ulteriore rilievo a questa fase. La presenza di materiali marmorei riconducibili a officine imperiali suggerisce un sostegno diretto del potere centrale, in relazione al ruolo strategico di Ostia nel sistema annonario.

La ridefinizione dell'area centrale non fu dunque mera operazione di ornato urbano, ma adeguamento strutturale di una città pienamente integrata nella logistica mediterranea dell'Impero. Il piano traiano-adrianeo segna così un passaggio decisivo: la città non è più soltanto spazio simbolico organizzato secondo principi scenografici, ma organismo complesso modellato dalla circolazione di merci, persone e poteri. Monumentalità e funzionalità si intrecciano in un equilibrio dinamico che definisce la nuova identità urbana di Ostia.

4. Santuari urbani, residenza e frammentazione funzionale dello spazio

La trasformazione della gerarchia viaria e dei poli annonari nel II secolo d.C. si accompagna a un mutamento più profondo nella concezione dello spazio urbano. La città tende progressivamente a frammentarsi in ambiti funzionali relativamente autonomi, nei quali il rapporto diretto tra spazio pubblico e monumentalità si attenua.

Un osservatorio privilegiato di questo processo è costituito dai santuari urbani. Il santuario di Ercole, di origine tardo-repubblicana, nacque come complesso aperto e paesaggisticamente integrato nel tessuto urbano [Mar 1990b, 137-160]. Nel corso del I e soprattutto del II secolo d.C., tuttavia, esso venne progressivamente trasformato in un recinto più chiuso, con edifici disposti secondo una logica interna al *temenos*. L'inserimento delle cosiddette terme del Buticosus, probabilmente connesse a un collegio di cultori, testimonia l'intreccio tra culto, sociabilità e infrastrutture private [Pavolini 1986, 92-95; Mar 1990a].

Analoga dinamica si osserva nel Serapeo ostiense [Mar 2001]. L'accesso monumentale e la disposizione degli spazi interni – culminanti nel cosiddetto Largo del Serapeo – configurano un complesso organizzato secondo una propria gerarchia interna, relativamente indipendente dalla maglia viaria circostante. Il santuario non si presenta come fondale prospettico di un asse urbano, ma come sistema autonomo, quasi introverso.

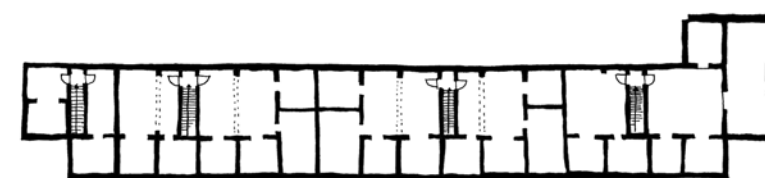
Questo fenomeno non riguarda soltanto gli spazi culturali. Anche la residenza conosce una trasformazione significativa. Le grandi insulae del II secolo, dotate di cortili interni accentuano la dimensione introspettiva dell'abitare [DeLaine 2002, 123-148]. L'abbandono progressivo della tipologia centrata sull'atrio, sostituita da schemi articolati attorno a peristili o corti interne, riflette una diversa relazione tra edificio e strada: la facciata perde parte del suo ruolo rappresentativo, mentre la vita domestica si concentra nello spazio interno.

FIG. 5: Il caseggiato del Portico del Tetto Spiovente. Il piano terra è occupato da una fila di tabernae tabulae, con la scala di accesso alle unità abitative in affitto collocata lateralmente rispetto all'ingresso principale. La logica dei muri portanti e la distribuzione delle scale consentono di proporre un'ipotesi ricostruttiva dell'articolazione interna degli alloggi (disegno degli autori).

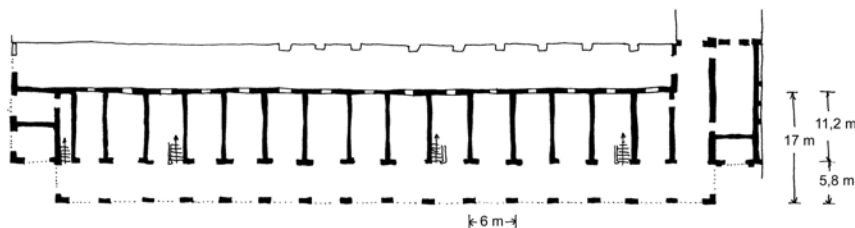
FIG. 6: La trasformazione del Portico di Nettuno in mercato coperto.

A: stato iniziale del portico al momento della costruzione in età adrianea.

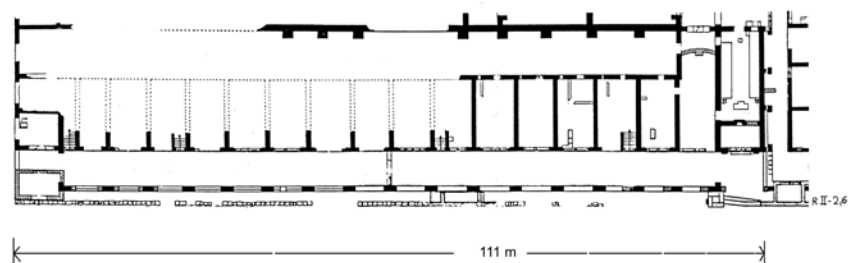
B: configurazione alla fine del II secolo d.C., con la progressiva costruzione di una fila di locali commerciali addossati alla facciata verso il Decumanus Maximus. La precoce trasformazione del portico adrianeo in spazio mercantile coperto anticipa tipologie che troveranno pieno sviluppo nei mercati coperti (sūq, bazar) dell'urbanistica delle medine islamiche (disegno degli autori).



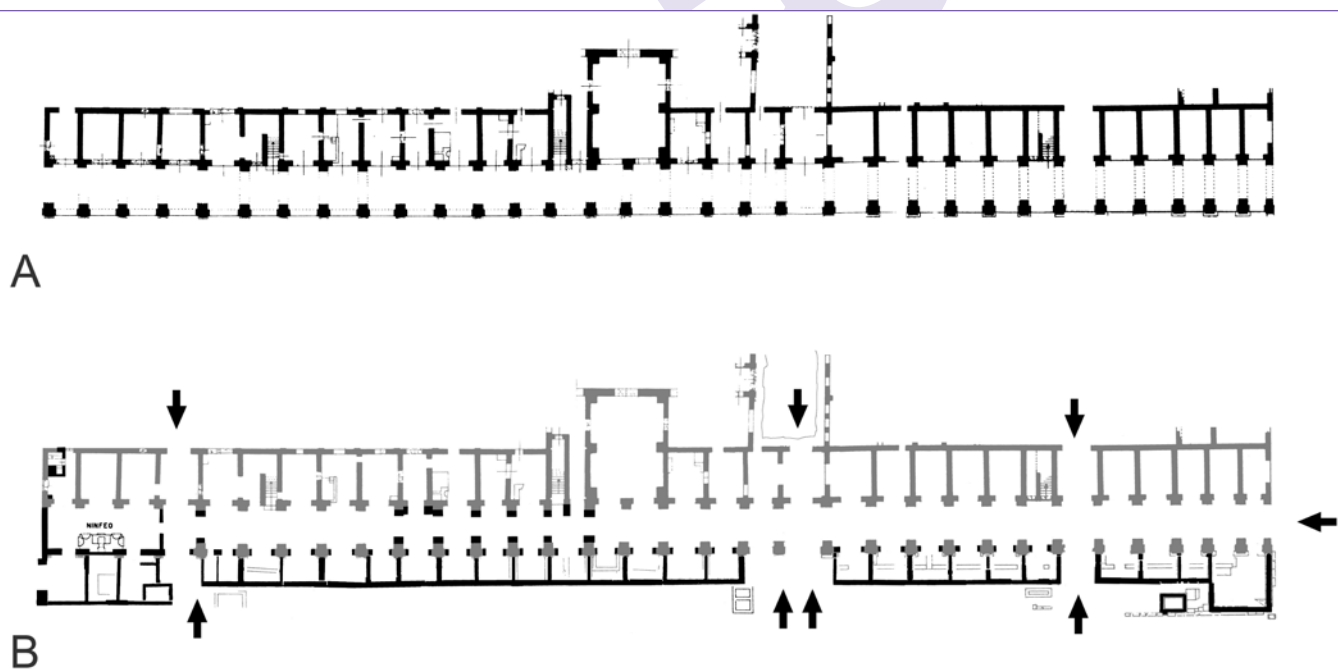
Reconstr. Secondo Piano.



Pianoterra.



Caseggiato del Portico del Tetto Spiovente



Parallelamente, la diffusione di complessi termali inseriti all'interno delle *insulae* o di quartieri specifici contribuisce alla creazione di micro-poli di aggregazione. Le terme del Nettuno e quelle del Foro, in età adrianea e antonina, non sono semplicemente servizi pubblici, ma elementi strutturanti di interi settori urbani [Mar 1990a, 31-63]. La loro collocazione non sempre coincide con gli assi principali, ma risponde a logiche di quartiere.

Tale evoluzione comporta una ridefinizione del ruolo della strada. Se in età augustea e giulio-claudia lo spazio viario costituiva parte integrante della scenografia urbana, nel II secolo esso tende a configurarsi come spazio prevalentemente circolatorio. Le grandi arterie mantengono una funzione rappresentativa, ma la maggior parte delle vie assume un carattere più funzionale, definito dal flusso piuttosto che dalla prospettiva monumentale (FIGG.5-6).

Questo processo trova riscontri anche in altre città dell'Impero, dove nel II secolo si osserva una crescente articolazione policentrica e una maggiore autonomia dei complessi edilizi rispetto alla maglia stradale [Gros 1996; Heinzelmann 2002, 75-98]. Ostia, tuttavia, rappresenta un caso particolarmente significativo, poiché tale trasformazione è strettamente connessa all'intensità dei traffici annonari e alla mobilità di una popolazione legata al commercio e alle attività portuali.

La città in transizione che emerge da questo quadro non è più definita esclusivamente dalla contrapposizione tra foro e periferia, ma da una costellazione di poli funzionali interconnessi. Il traffico, sia commerciale sia pedonale, attraversa questi ambiti secondo percorsi differenziati, contribuendo a modellare un paesaggio urbano più complesso e meno rigidamente gerarchico rispetto alla fase precedente.

Conclusioni

La trasformazione urbana di Ostia nel II secolo d.C. mostra come il traffico viario nelle città antiche non possa essere considerato un semplice fenomeno funzionale subordinato alla monumentalità civica. Esso si configura piuttosto come fattore strutturante della forma urbana, capace di incidere sulla distribuzione delle funzioni, sulla gerarchia degli assi e sulla percezione dello spazio pubblico. In età augustea il rapporto tra foro, *decumano* ed edifici monumentali rispondeva a una concezione scenografica e simbolica della città, coerente con i principi vitruviani e con la tradizione ellenistico-romana. La strada era parte integrante del dispositivo rappresentativo, definendo prospettive e centralità civica. A partire dalla metà del I secolo d.C., e con maggiore evidenza nel II, l'intensificazione dei traffici legati al sistema portuale di Claudio e Traiano determinò una ridefinizione delle priorità spaziali. La crescita degli horrea, la riorganizzazione delle quote urbane e l'emergere di percorsi alternativi al foro testimoniano l'affermarsi di una logica dei flussi che progressivamente si sovrappone alla pura monumentalità dello spazio civico. Parallelamente, la trasformazione dei santuari, delle *insulae* e dei complessi termali accentuò la differenziazione funzionale del tessuto cittadino. Ostia appare così come una città in transizione: da spazio ordinato secondo principi simbolico-monumentali a organismo complesso modellato dall'intensità dei flussi economici e dalla mobilità sociale.

La trasformazione dello spazio urbano ostiense nel II secolo non costituisce un episodio locale, ma un indicatore delle dinamiche che interessarono le città romane in età imperiale. L'analisi della gerarchia viaria e dei programmi edilizi consente di cogliere il passaggio da una città concepita come scena monumentale a una città definita dalla circolazione: una città, appunto, in transizione.

Bibliografia

- Becatti, G. (1953). Il Foro, in *Scavi di Ostia I. Topografia Generale*, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato, pp. 97-150.
- Bloch, H. (1938). *I bolli laterizi e la storia edilizia romana*, Roma, Istituto di Studi Romani.
- Boethius, A. (1937). Appunti sul carattere razionale dell'architettura domestica di Roma imperiale, in *Scritti in onore di Bartolomeo Nogara*, Città del Vaticano, pp. 21-32.
- Boetto, G. (2010). Le port de Rome impériale et ses navires, in *MEFRA*, 122, pp. 189-214.
- Calza, G. (1953). Topografia generale, in *Scavi di Ostia I. Topografia Generale*, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato, pp. 1-96.
- Delaine, J. (2002). Building activity in Ostia in the second century Ad, in C. Bruun (a cura di), *The Roman Middle Republic and the Mediterranean*, Roma, Institutum Romanum Finlandiae, pp. 123-148.
- Gros, P. (1996). *L'architecture romaine du début du IIIe siècle av. J.-C. à la fin du Haut-Empire. 1. Les monuments publics*, Paris, Picard.
- Heinzelmann, M. (2002). Bauboom und urbanistische Entwicklung in Ostia im 2. Jh. n. Chr., in *RM*, 109, pp. 75-98.
- Keay, S., Millett, M., Paroli, L., Strutt, K. (2005). *Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome*, London, British School at Rome.
- Mar, R. (1990a). Las termas de tipo medio de Ostia y su inserción en el espacio urbano. Estudio preliminar, in *Italica*, 18, pp. 31-63.
- Mar, R. (1990b). El santuario de Hércules y la urbanística de Ostia, in *Archivo Español de Arqueología*, 63, pp. 137-160.
- Mar, R. (1991a). La formazione dello spazio urbano nella città di Ostia, in *RM*, 98, pp. 81-109.
- Mar, R., ed. (2001). *El santuario de Serapis en Ostia*. Universitat Rovira i Virgili, 2001.
- Mar, R. (2002). Ostia, una ciudad modelada por el comercio: la construcción del Foro, in *MEFRA*, 114, 1, pp. 1000-1070.
- Meiggs, R. (1973). *Roman Ostia*, Oxford, Clarendon Press.
- Paroli, L., Rizzo, G. (2014). Ostia e Portus nel sistema portuale romano, in *Bollettino di Archeologia Online*, 5, pp. 1-20.
- Pavolini, C. (1986). *La vita quotidiana a Ostia*, Roma-Bari, Laterza.
- Purcell, N. (1990). The ports of Rome: evolution of a façade maritime, in A. Gallina Zevi, A. Claridge (a cura di), *Roman Ostia Revisited*, London, British School at Rome, pp. 267-280.
- Rickman, G. (1971). *Roman Granaries and Store Buildings*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Rickman, G. (1980). *The Corn Supply of Ancient Rome*, Oxford, Clarendon Press.
- Zevi, F. (1996-97). Costruttori eccellenti per le mura di Ostia, in *Rivista di Archeologia*, III serie, 19-20, pp. 61-111.

Museo del Mare Vecchio di Avola.

Progetto e narrazione

The Old Maritime Museum of Avola. Project and storytelling

Leopoldo Repola

DiSTAR – University of Naples
Federico II
leopoldo.repola@unina.it

Maria Alessandra Letizia

DiSTAR – University of Naples
Federico II
mariaalessandra.letizia@unina.it

Chiara Camilli

Architetto
chiara.camilli@gmail.com

Marco Lombardini

Architetto
m.lombardini@hotmail.it

Rossana Cannata

Comune di Avola
sindaco@comune.avola.sr.it

Bruno Ventura

Comune di Avola
b.ventura@comune.avola.sr.it

Abstract

Lo studio della città storica e delle sue stratificazioni ha trovato nell'evoluzione delle tecnologie informatiche un alleato fondamentale, passando dalla semplice catalogazione del dato alla costruzione di modelli semantici complessi. Tuttavia, la sfida contemporanea non risiede più soltanto nella conservazione del manufatto fisico, ma nella capacità di riattivare il patrimonio immateriale e le relazioni sociali che lo sottendono. Il progetto del Museo del Mare Vecchio di Avola si inserisce in questo quadro metodologico, proponendo un approccio integrato in cui il rilievo fotogrammetrico, la modellazione e la narrazione immersiva convergono per trasformare un edificio dismesso in un dispositivo di conoscenza e rigenerazione territoriale.

The study of historic cities and their stratifications has found a fundamental ally in the evolution of information technology, moving from simple data cataloguing to the construction of complex semantic models. However, the contemporary challenge no longer lies solely in the conservation of physical artefacts, but in the ability to reactivate the intangible heritage and social relationships that underlie them. The Old Maritime Museum of Avola project fits into this methodological framework, proposing an integrated approach in which photogrammetric surveying, modelling and immersive storytelling converge to transform a disused building into a device for knowledge and territorial regeneration.

Keywords

Exhibit design, Digitalizzazione, data visualization, spazi immersivi, Museo del mare. XXX.

Introduzione

Siamo in un punto della storia in cui la complessità cela i suoi processi in forme di espressione, contenuti, prodotti dall'apparente semplicità, epurati dalle relazioni che li collocano in un orizzonte di senso, banalmente corrispondenti al messaggio che si vuole produrre, veicolati in un flusso di uniformità che lo strumento di divulgazione genera per la stessa natura del suo algoritmo. È l'epoca del digitale, è il tempo della comunicazione breve, o meglio istantanea, in cui è possibile mistificare la realtà, miselare le informazioni per fini stabiliti, e in questo gioco ricadono i dati della storia, in qualche misura gli stessi ricordi. In questo tempo si è pensato a un piccolo museo, accanto ad un'antica tonnara e al suo borgo, come un archivio interattivo delle storie dei luoghi, un luogo dei ricordi raffigurati sui muri, sui pavimenti, in schermi come cornici per sequenze di foto, di volti, di cose, di lavori [Smith 2006].

1. Metodologia. Dal dato rilevato alla narrazione semantica

La metodologia ha seguito un approccio tradizionale, ricercando nelle tracce delle storie, tra i documenti di archivio messi in ordine dalla Prof.ssa Francesca Gringeri Pantano [Gringeri Pantano 1996], tra antiche cartografie e carte IGM, tra le foto e i ricordi degli abitanti di Avola, tra i modelli digitali dei luoghi e l'osservazione di quei muri erosi dal mare. Il progetto del museo è stato concepito come una sovrapposizione, intesa come un processo che scompone la storia da una struttura normativa ("maggiore") in un divenire minoritario [Bene, Deleuze 2002], non omologato, ma più prossimo a quanto si dispiega nello scorrere degli eventi. Si è pensato di produrre uno spazio virtuale narrativo all'interno dell'edificio dell'ex "Caserma Marina", nodo nevralgico dell'antico borgo marinaro di Avola, un tessuto urbano segnato dalla presenza monumentale della Tonnara. L'iter progettuale ha superato la tradizionale dicotomia tra restauro architettonico e allestimento museale, adottando il dato digitale come elemento unificatore. Attraverso campagne di rilievo fotogrammetrico da drone è stato generato un gemello digitale del borgo e dell'edificio (FIG. 1), elaborato in superfici NURBS [Bevilacqua, Trotta, Brunetti 2017], che ha accolto e verificato simultaneamente le soluzioni di progetto, interventi fisici di restauro e schemi narrativi ricomposti in linguaggi grafici e digitali. Tale approccio ha permesso di gestire aspetti tecnici e piani di visualizzazione di luoghi, persone, eventi, integrando modelli numerici, foto, documenti in software parametrici, in motori di rendering e in strumenti di AI, verificati su diversi livelli di veridicità, i più rigidi riferiti al restauro architettonico, allo sviluppo della banca dati di archiviazione e gestione dei dati, i più elastici connessi al linguaggio espressivo del digitale [Repola 2018]. Si sono così rappresentati le architetture "anfibia" delle tonnare, le rotte commerciali sommerse e i relitti storici [Lo Curzio 1992; Sposito 2007; Lentini 2018; Tusa, Li Vigni 2003], come quello del galeone spagnolo del 1718, visualizzati sovrapponendo dati di archivio e simulazioni virtuali.



Fig. 1: Leopoldo Repola, modello fotogrammetrico del borgo marinaro, elaborazione dell'autore.

2. Il progetto espositivo. Spazio fisico e spazio aumentato

La rifunzionalizzazione dell'edificio ha avuto come obiettivo la realizzazione di una 'sequenza di narrazioni', in cui la tecnologia non è un elemento di decoro ma costituisce l'essenza dell'esperienza conoscitiva. Il percorso espositivo si articola per livelli di immersività sovrapposti. Il museo, infatti, è stato immaginato come possibile promotore dell'intesa tra saperi pratici tradizionali, i mestieri legati alla pesca del tonno [Li Vigni, Tusa 2011; Purpura 1982], e innovazione tecnologica: laboratorio per lo studio e la composizione di suoni e immagini, anche attraverso la sperimentazione di tecniche creative ed inclusive che mettano in relazione i giovani con il proprio patrimonio culturale. La sfida è quella di promuovere lo sviluppo del territorio attraverso il racconto del paesaggio come risultato di secoli di contaminazioni, scambi e intrecci di popoli diversi attraverso un linguaggio creativo, immediato e tecnologico facendosi portavoce delle trasformazioni della società, avvicinando le generazioni future ad un patrimonio culturale che rischia di andare perduto [Repola, Leidwanger, Greene 2020]. Il museo intende quindi sviluppare un percorso espositivo in cui sovrapporre i tempi e i luoghi delle storie qui trascorse mediante l'utilizzo di reperti archeologici provenienti dal mare (seppur in numero ridotto) e contenuti multimediali resi attraverso schermi, *video mapping*, *soundscape*, isole tattili e olfattive, anche a supporto di una fruizione universale e inclusiva del patrimonio culturale. Il percorso si articolerà a partire dall'ingresso in senso orario. Nella prima sala saranno protagonisti le storie più antiche di Avola, il ruolo del paesaggio nelle dinamiche insediative: dai primi ricoveri rupestri al castrum, dai corsi d'acqua alle colture di cannamele, dalla Cavagrande del Cassibile alla fertile piana verso il mare, dove, dopo la distruzione del terremoto del 1693, risorse Avola in forma di esagono. Qui grafiche pre-spaziate (FIG. 2) e supporti multimediali di vario formato illustreranno lungo le pareti l'assetto agricolo e idrografico pre-sisma, per poi focalizzarsi sul rilancio produttivo e sul progetto urbanistico di frate Angelo Italia. A fare da sfondo ai contenuti testuali e iconografici è lo *skyline* stilizzato dei rilievi e della costa avolese. Tale profilo è stato ottenuto attraverso l'elaborazione dei DTM tradotti in modelli tridimensionali, le cui sezioni sono state successivamente proiettate e adattate ai piani di giacitura delle pareti della sala.

Nella seconda sala avrà luogo la vita della tonnara in acqua, la mattanza, i pescatori di tonni con i loro volti, gesti, canti. In una sorta di sovrapposizioni narrative il visitatore passerà tra le reti, sulle quali prenderanno forma i movimenti indotti dei tonni, per poi riemergere tra gli scafi scuri degli *scieri* e delle *muciare* (tipi di imbarcazioni utilizzate per la mattanza) [Sarà 1998], sospesi tra la rete di fondo della camera della morte e il velo del mare increspato dagli ultimi istanti della cattura. L'allestimento prevede proiettori e teli disposti a voler stilizzare le reti della tonnara, su cui video proiezioni mappate

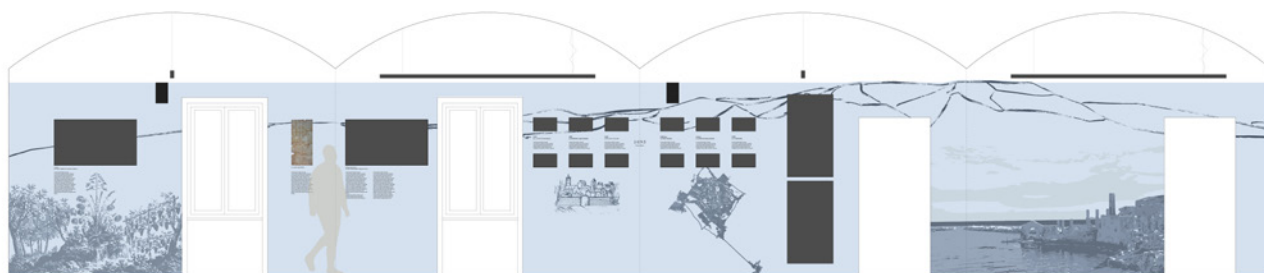


Fig. 2: Maria Alessandra Letizia, proposta grafica per i pannelli della Sala 1, elaborazione dell'autrice.



Fig. 3: Maria Alessandra Letizia, rendering Sala 2, elaborazione dell'autrice.

e suoni rappresenteranno le fasi della mattanza come vissute dai tonni: l'ingresso nelle camere, la salita costretta, l'aria, le barche, i volti e le loro grida, la mattanza; intorno, poi, immagini dei pescatori di ritorno dal mare, la lavorazione delle carni negli edifici di pietra della tonnara.

A supporto delle fasi di progettazione e per favorire una più efficace interazione con la committenza, è stato sperimentato un innovativo processo di produzione iconografica basato sull'uso dell'AI. Dal punto di vista metodologico, il flusso di lavoro ha previsto l'estrazione di render a partire da modelli 3D accurati dello spazio fisico reale. Tali viste di base sono state successivamente elaborate tramite modelli generativi avanzati (Gemini Pro), governati da rigidi parametri di controllo e *prompt* testuali rigorosamente calibrati sulle specifiche di progetto. In questa fase, il supporto dell'AI non è intervenuto sugli aspetti spaziali e compositivi — già compiutamente definiti in sede progettuale — bensì si è rivelato fondamentale per enfatizzare la resa grafica 'emozionale' dell'allestimento (FIG. 3). Nello specifico, ha permesso di restituire con elevato realismo e forza suggestiva gli effetti luminosi, le trasparenze e le percezioni visive legate agli schermi e al *videomapping*.

A seguire la visita si aprirà alla piccola sala centrale, la numero 3, in cui sound spazializzati e uno schermo comporranno ambientazioni sonore unite a immagini di contestualizzazione dei suoni riferite a paesaggi subacquei e marini; sullo sfondo, gli echi degli antichi canti intonati dai tonnaroti e dalle donne prese a lavorare il pescato provenienti dalla sala 2. Proseguendo si potrà accedere alla sala 4, l'ultima del piano verso il lato nord-est dell'edificio, dove si prevede la realizzazione di un allestimento relativo al paesaggio sommerso e al sito di rinvenimento del relitto di uno dei galeoni spagnoli perduti durante la Battaglia di Capo Passero del 1718, evento significativo della Guerra della



Fig. 4: Maria Alessandra Letizia, rendering Sala 5, elaborazione dell'autrice.

Quadruplice Alleanza. Il rinvenimento e le attività di recupero condotte nel 2012 dalla Soprintendenza del Mare della Regione Sicilia, anch'essa partner del progetto insieme all'Università di Stanford e all'Università Brock per l'elaborazione dei piani espositivi dei reperti archeologici marini, permisero di individuare con esattezza il luogo del relitto nei pressi della spiaggia di Avola in località "Gallina", che restituì cinque cannoni in ferro e due affusti, stoviglie di bordo, armi e parte del fasciame del galeone. L'allestimento vorrà valorizzare tali reperti collocandoli in una ricostruzione virtuale dello scenario di rinvenimento, anche attraverso la digitalizzazione 3D ad opera del DiSTAR, seguendo un percorso di tipo didattico-emozionale. Dal mare, raccontato come luogo delle storie e del lavoro dell'uomo, il visitatore si muoverà verso il piano superiore del museo dove la sala 5, sita sul lato nord-ovest dell'edificio, ospiterà le storie del borgo marinaro, della vita della tonnara e della comunità di Avola. Animazioni da modelli virtuali della tonnara e cartografie digitali rappresentative delle fasi di trasformazione del borgo saranno proiettate sul pavimento, a cui saranno associati immagini e video storici visualizzati su schermi (FIG. 4).

Accanto alla sala della storia del borgo del secondo livello saranno allestiti due spazi interattivi: un archivio-biblioteca digitale del mare e uno spazio laboratorio per la raccolta, la catalogazione e l'editing di materiali storici e documentali. La biblioteca e il laboratorio digitali si offriranno come luogo per le scuole locali dove raccogliere le tracce delle effimere storie della comunità dei pescatori di Avola, e mettere in atto esperienze di comunicazione, di raffigurazione dei materiali raccolti, in tal modo mettendo in atto forme di conservazione attiva della memoria mediante gli strumenti tecnologici offerti dal museo. Si ritiene, infatti, che il ruolo cardine dei piccoli musei locali sia quello di aggregare la

comunità e offrire un luogo di apprendimento non ordinario per i più giovani, fornendo loro strumenti e luoghi dove esperire il valore fondante della loro identità e nello stesso tempo avere accesso ai processi e alle conoscenze per la produzione e la gestione di contenuti ad alto valore culturale.

3. Tecnologie, infrastruttura e design dell'esperienza espositiva

L'evoluzione dei linguaggi espositivi nella museografia contemporanea ha progressivamente incorporato strumenti digitali e multimediali come elementi costitutivi dell'esperienza di visita, superando la funzione meramente illustrativa che tali tecnologie rivestivano in contesti tradizionali [Cameron, Kenderdine 2007]. Il progetto di allestimento multimediale del Museo di Avola si inserisce in questo quadro di riferimento, ogni ambiente è pensato come elemento di narrazione continua all'interno dello spazio, dotato però di un proprio apparato tecnologico calibrato sulle specifiche esigenze comunicative e funzionali, pur convergendo verso un'unica infrastruttura di controllo e gestione centralizzata. Nella prima sala il sistema di visualizzazione principale è composto da quattro monitor da 52 pollici con risoluzione 4K, la cui sincronizzazione dei contenuti è garantita da un player multimediale BrightSign XT, dotato di quattro uscite HDMI 2.0, che assicura la coerenza narrativa e visiva dell'installazione. Inoltre la sala prevede dodici tablet Android da 15 pollici configurati in modalità Kiosk, corredati ciascuno di connettori mini-jack femmina per una fruizione personale, autonoma, mediante cuffie audio cablate, particolarmente efficace in contesti in cui la compresenza di più visitatori richiede percorsi di fruizione differenziati. Il sistema audio della sala è composto da due monitor attivi montati a parete mediante supporti dedicati, e connessi al player tramite una DI box passiva con controllo del volume. Il cablaggio audio prevede cavi mini-jack stereo per il collegamento dal BrightSign alla DI box e cavi XLR o jack per il collegamento ai monitor attivi, con tutti i percorsi canalizzati o protetti e resi invisibili al pubblico.

La Sala 2 rappresenta l'intervento di maggiore complessità scenografica e tecnica dell'intero allestimento. L'impianto di videoproiezione è strutturato su sei proiettori Optoma UHD35STx con risoluzione 4K e ottica corta (throw ratio ~0,5), ciascuno gestito da un player BrightSign. La peculiarità distintiva di questa sala risiede nell'utilizzo di teli semitrasparenti in tulle come superfici di proiezione frontale. I tessuti, ispirati alle geometrie e ai movimenti delle reti della tonnara in mare, saranno orientati a una progressione cromatica dal bianco verso il rosso, a simboleggiare il movimento dei tonni dall'imbocco delle reti, *vucca foraticu*, alla camera della morte. L'impianto audio della sala si avvale di sei monitor attivi, distribuiti uniformemente nello spazio per garantire un'esperienza sonora immersiva, collegati a tre DI box passive secondo uno schema che abbina a ciascuna DI box una coppia di monitor in configurazione stereo. La connettività di rete è assicurata mediante cavi Cat.6 che collegano tutti i dispositivi BrightSign a uno switch centrale, consentendo il controllo unificato e la sincronizzazione dei contenuti sull'intera sala.

Le Sale 3 e 4 condividono una medesima configurazione tecnologica, progettata per rispondere a esigenze di approfondimento tematico in ambienti di dimensioni contenute. Ciascuna sala è equipaggiata con un monitor 4K da 55 pollici, installato a parete e collegato a un player BrightSign per la riproduzione autonoma dei contenuti, con medesimo sistema audio della sala 1.

La Sala 5 costituisce l'ambiente tecnologicamente più articolato dell'intero museo, integrando due sistemi di videoproiezione distinti che operano su piani spaziali differenti: la retroproiezione su schermi sospesi e la proiezione a pavimento. Il primo sistema si avvale di quattro schermi rigidi o semirigidi di

dimensioni 2×1 metri, sospesi a soffitto mediante cavi in acciaio ancorati al solaio. Ciascun schermo riceve il segnale da un proiettore BenQ TH671ST Full HD a ottica corta (throw ratio 0,83:1), collegati a un player BrightSign. Il secondo sistema di proiezione è orientato verso il pavimento e utilizza due proiettori Optoma UHD35STx con risoluzione 4K e ottica ultra-corta (throw ratio 0,51:1), installati anch'essi a soffitto. I due dispositivi, ciascuno pilotato da un player BrightSign dedicato, sono progettati per lavorare in sincronizzazione, generando una superficie proiettiva continua e coerente sul piano di calpestio. Questa soluzione trasforma il pavimento e l'intero spazio della sala in elementi attivi dell'esperienza visiva, in cui le proiezioni a terra del tracciato viario del borgo in rapporto alle trasformazioni urbane della città esagonale, immagini storiche dei pescatori nella tonnara e accanto agli scieri, insieme ai suoni rimodulati da antichi canti e registrazioni dell'epoca, tracciano linee di connessione tra i luoghi reali e perduti, tra esperienze individuali e memoria collettiva. Il sistema audio della Sala 5 replica la configurazione adottata per la Sala 2: sei monitor attivi distribuiti uniformemente, collegati a tre DI box passive in schema 1:2 (una DI box per ogni coppia di monitor), con cablaggio audio e percorsi di rete Cat.6 verso lo switch centrale (FIG. 5).

L'intero museo è stato concepito come un luogo di scambio tra la storia e la comunità, come uno spazio esteso in cui da un lato raffigurare le storie dei luoghi, delle persone, dall'altro registrare ricordi del passato, mediante la raccolta e la catalogazione di materiali storico-documentali, e del presente, attraverso attività di editing e di produzione di nuovi contenuti multimediali per le diverse sale. A tal



Fig. 5: Marco Lombardini e Chiara Camilli, schema dell'impianto elettrico dell'allestimento, elaborazione degli autori.

fine i sistemi tecnologici sono stati concepiti secondo uno schema di connessione multilivello, tenuti insieme da un'infrastruttura di rete che connette l'insieme dei player multimediali BrightSign a uno switch centrale posizionato nel laboratorio multimediale a piano superiore. Questa architettura consente il controllo centralizzato dell'intero impianto multimediale, la sincronizzazione dei contenuti tra le diverse sale, oltreché l'aggiornamento da remoto dei materiali espositivi senza necessità di accesso fisico ai singoli dispositivi.

La progettazione sala per sala ha consentito di calibrare le soluzioni tecnologiche in funzione delle specificità contenutistiche e spaziali di ciascun ambiente, senza rinunciare a un'architettura di controllo unitaria e facilmente gestibile. Il principio dell'invisibilità tecnologica — perseguito attraverso la canalizzazione sistematica dei cablaggi, l'integrazione delle alimentazioni e la scelta di componenti a montaggio professionale — garantisce la piena leggibilità degli spazi e la centralità della dimensione narrativa dell'esposizione.

Conclusioni

Il progetto del Museo di Avola restituisce, nella sua complessità metodologica e tecnica, una riflessione più ampia sul ruolo che l'architettura e il digitale possono svolgere nella conservazione e nella trasmissione del patrimonio culturale materiale e immateriale. La tonnara, il borgo marinaro, i volti dei pescatori e le acque del Mediterraneo non sono qui oggetti di musealizzazione passiva, ma elementi vivi di una narrazione stratificata, in cui il passato non viene semplicemente esposto ma riattivato nell'esperienza del visitatore.

L'integrazione tra rilievo fotogrammetrico, modellazione 3D, sistemi di videoproiezione immersiva e archivi digitali interattivi ha consentito di superare la tradizionale separazione tra restauro e allestimento, tra documento e racconto, tra memoria individuale e identità collettiva. Il dato tecnico si è fatto strumento narrativo, e la tecnologia ha assunto il ruolo non di sovrastruttura decorativa ma di linguaggio con cui restituire senso agli spazi e alle storie che li abitano.

In questo senso il museo non si configura come un punto di arrivo, ma come un processo aperto: un luogo in cui la comunità di Avola può continuare a depositare, rielaborare e trasmettere la propria memoria, sottraendola alla dispersione che caratterizza l'epoca della comunicazione istantanea evocata in apertura. La biblioteca digitale, il laboratorio multimediale e i dispositivi interattivi non sono semplici attrattori tecnologici, ma infrastrutture culturali destinate a crescere nel tempo, alimentate dal contributo delle scuole, dei pescatori, degli abitanti.

Se la complessità della storia tende oggi a dissolversi nell'uniformità degli algoritmi, questo piccolo museo sul mare di Avola propone una resistenza silenziosa e concreta: quella di chi sceglie di custodire le tracce, di renderle visibili e di affidarle alle generazioni future non come reliquie, ma come risorse vive per comprendere chi si è stati e immaginare chi si potrà essere.

Bibliografia

BENE, B., DELEUZE, G. (2002). *Sovrapposizioni*, Macerata, Quodlibet.

BEVILACQUA, V., TROTTA, G., BRUNETTI, A. (2017). *Photogrammetric mesh and 3D points cloud reconstruction: a generic algorithm optimization procedure*, in *Advances in Artificial Life, Evolutionary Computation, and Systems Chemistry*, a cura di F. Rossi, S. Piatto, S. Concilio, Cham, Springer, pp. 65-76.

- CAMERON, F., KENDERDINE, S., a cura di (2007). *Theorizing Digital Cultural Heritage: A Critical Discourse*, Cambridge, MIT Press.
- GRINGERI PANTANO, F. (1996). *La città esagonale*, Palermo, Sellerio editore.
- LENTINI, R. (2018). *Profilo storico delle tonnare siciliane in età moderna*, in *La pesca in Campania e Sicilia*, a cura di F. Pirolo, Ogliastro Cilento (SA), Licosia Edizioni, pp. 115-176.
- LI VIGNI, V.P., TUSA, S. (2011). *Dal Garum alle tonnare. Il rapporto tra la lavorazione del pescato nell'antichità e le tonnare moderne in Sicilia e nel Mediterraneo*, in *Atti del 4° Convegno Nazionale di Etnoarcheologia*, Roma, 17-19 maggio 2006, a cura di F. Lugli, A.A. Stoppiello, S. Biagetti, Oxford, BAR Publishing, pp. 80-87.
- LO CURZIO, M. (1992). *L'architettura delle tonnare*, Messina, EDAS.
- PURPURA, G. (1982). *Pesca e stabilimenti antichi per la lavorazione del pesce in Sicilia. San Vito lo Capo (Trapani) – Cala Minnola (Levanzo)*, in «Sicilia Archeologica», n. 48, pp. 45-60.
- REPOLA, L. (2018). *Spazi coesistenti / Coexisting spaces*, in *Rappresentazione / Materiale / Immateriale. Drawing as (in) tangible representation*, a cura di R. Salerno, Roma, Gangemi Editore International, pp. 781-788.
- REPOLA, L., LEIDWANGER, J., GREENE, E.S. (2020). *Digital models for the analysis and enhancement of hybrid spaces: Architecture of the mattanza*, in «ISPRS-Archives», vol. XLIV-M-1-2020 – HERITAGE2020, pp. 443-450.
- SARÀ, R. (1998). *Dal mito all'aliscafo. Storia di tonni e di tonnare. Migrazioni e biologia, leggende, tradizioni e socialità*, Palermo, Arti grafiche siciliane.
- SMITH, L. (2006). *Uses of Heritage*, New York, Routledge.
- SPOSITO, C. (2007). *L'architettura delle tonnare*, in *Le tonnare: storia e architettura*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, pp. 23-34.
- TUSA, S., LI VIGNI, V.P. (2003). *Il lavoro del mare. Lo stabilimento Florio di Favignana*, Palermo, Regione Siciliana.

I danni e la ricostruzione delle chiese umbre, tra metodo, progetto e ricomposizione del frammento

The damage and reconstruction of Umbrian churches, between method, design and recomposition of the fragment

Alfonso Ausilio

Sapienza Università di Roma

Andrea Califano

Sapienza Università di Roma

Abstract

I sismi del 2016 hanno prodotto cancellazioni di considerevoli parti di fabbriche liturgiche, costituenti rilevanti punti di riferimento per il territorio umbro e per la storia dell'architettura. La reintegrazione delle membrature e degli apparati artistici è intimamente connessa alla restituzione della leggibilità figurativa e della fruibilità, ora compromesse.

Da una giusta conoscenza dei luoghi e dalla lezione brandiana, anche e soprattutto in relazione al tema del frammento e della 'unità potenziale' dell'opera, si può innescare una riflessione sui criteri metodologici ed operativi da seguire. Il restauro della basilica di Assisi è un ottimo esempio da cui prendere spunto per ragionare su come, partendo dalla storia delle fabbriche e dalla realtà architettonica odierna, si possa, anche con il contributo delle tecnologie digitali, individuare strategie consapevoli per restituire l'immagine dopo il danno.

The 2016 earthquakes destroyed significant portions of liturgical buildings, which constituted important landmarks for the Umbrian region and for the history of architecture. The reintegration of the structures and artistic features is closely linked to restoring the figurative readability and usability of the buildings, which have now been compromised.

From a thorough understanding of the site and Brandi's teachings, especially in relation to the theme of the fragment and the 'potential unity' of the work, we can spark a reflection on the methodological and operational criteria to follow. The restoration of the Basilica of Assisi is an excellent example from which to draw inspiration to consider how, starting from the history of the buildings and the current architectural reality, we can, also with the contribution of digital technologies, identify informed strategies for restoring the image after the damage.

Keywords

Terremoto, Frammento, Reintegrazione.

Earthquake, Fragment, Reintegration.

Introduzione

Nel quadro della ricostruzione post-sismica delle chiese umbre colpite dagli eventi tellurici del 2016-2017, il tema del *come* e del *dove* ricostruire si colloca al centro di un dibattito ampio e stratificato, che coinvolge istanze storiche, teoriche, strutturali e paesaggistiche, ampiamente affrontate dalla letteratura scientifica [Carbonara 2017; Esposito, Vitiello 2021; Ambrogio, Cocchi, Letizia, Libro, Tomba 2025]. I casi delle chiese della Madonna Bianca in Sant'Angelo di Ancarano e di San Salvatore in Campi, entrambe frazioni del comune di Norcia, costituiscono esempi emblematici per riflettere sulle differenti strategie di intervento adottabili in funzione del grado di danno della fabbrica e del valore testimoniale attribuito sia alla materia sopravvissuta sia all'evento che ne ha determinato la perdita. La distruzione non rappresenta soltanto un danno materiale, ma introduce una cesura nella continuità storica del manufatto, imponendo una scelta critica tra la conservazione dello *status quo*, quale documento della catastrofe, e la ricostruzione della figuratività e dell'unità architettonica, volta alla restituzione del bene alla comunità a cui appartiene.

Prima di addentrarsi in aspetti operativi è necessario riflettere dunque su come il pensiero moderno e contemporaneo, anche filosofico ed estetico, si sia interessato al tema del frammento e della «uni-

tà potenziale» dell'opera, pur se mutilata. L'argomento è stato analizzato vagliando le posizioni odierne nel campo della psicologia, dell'arte, della realtà architettonica considerata nel suo rapporto fra materia, forma e memoria, e, inoltre, nel confronto con approcci di tipo cognitivista [Esposito 2021, 168-169]. Si prenda come esempio gli studi estetici di Georg Simmel (1858-1918) riuniti nell'antologia *Philosophische Kultur* del 1911, dove nel breve saggio *Die Ruine* emergono in nuce alcune delle tematiche che saranno successivamente sviluppate dal pensiero brandiano.

Infatti, l'importanza dello studio sulla reintegrazione del frammento, inteso nel suo significato fenomenologico, ovvero come parte formale sopravvissuta alla disgregazione della materia dell'opera architettonica, ha trovato, nell'ambito del restauro, una sua definizione nelle meditazioni di Cesare Brandi e Paul Philippot, ma ha comunque interessato gli studiosi e coinvolto operatori e artisti di ogni epoca [Esposito 2021, 168-169]. L'opera architettonica di cui sia riconosciuto il valore storico-artistico, se ridotta in frammenti continuerà dunque a «sussistere potenzialmente come un tutto in ciascuno dei suoi frammenti». Da questa considerazione di Cesare Brandi deriva la conseguenza che «ove materialmente l'opera d'arte risulti divisa, si dovrà cercare di sviluppare la potenziale unità originaria che ciascuno dei frammenti contiene, proporzionalmente alla sopravvivenza formale ancora superstita in essi», una «potenzialità» esigibile «in una proposizione direttamente connessa alla traccia formale superstita» [Brandi 1977, 16].

La distinzione tra parti da restaurare, da consolidare o eventualmente da integrare con nuovi apporti architettonici assume quindi un ruolo centrale nella definizione dell'intervento, soprattutto nei contesti paesaggistici di alto valore come la Valnerina (FIG. 1), dove l'edificio rappresenta un segno territoriale profondamente radicato nella memoria collettiva e nella percezione del paesaggio rurale. Qui più che altrove, la ricostituzione dell'unità architettonica deve contribuire alla ricomposizione di un equilibrio visivo e simbolico compromesso dal sisma, con differenti gradi di unità figurativa, criticamente motivati, che devono in ogni caso rafforzare la consapevolezza storica del trauma e della fragilità del patrimonio. E questi gradi permettono, attraverso lo studio della Madonna Bianca e di San Salvatore in Campi, un'esemplificazione concreta.

A partire da un approccio teorico comune, attraverso ipotesi progettuali differenti, il testo intende riflettere anche sull'utilizzo delle nuove tecnologie di rappresentazione e fruizione digitale, come altra modalità di interazione tra la fabbrica e la comunità, sia come soluzione univoca, sia come supporto progettuale per l'intervento di ricostruzione. In entrambi i casi l'ausilio del virtuale può essere lo strumento "leggero" capace di aggiungere tasselli narrativi, figurativi e di memoria alle scelte dell'intervento di restauro.

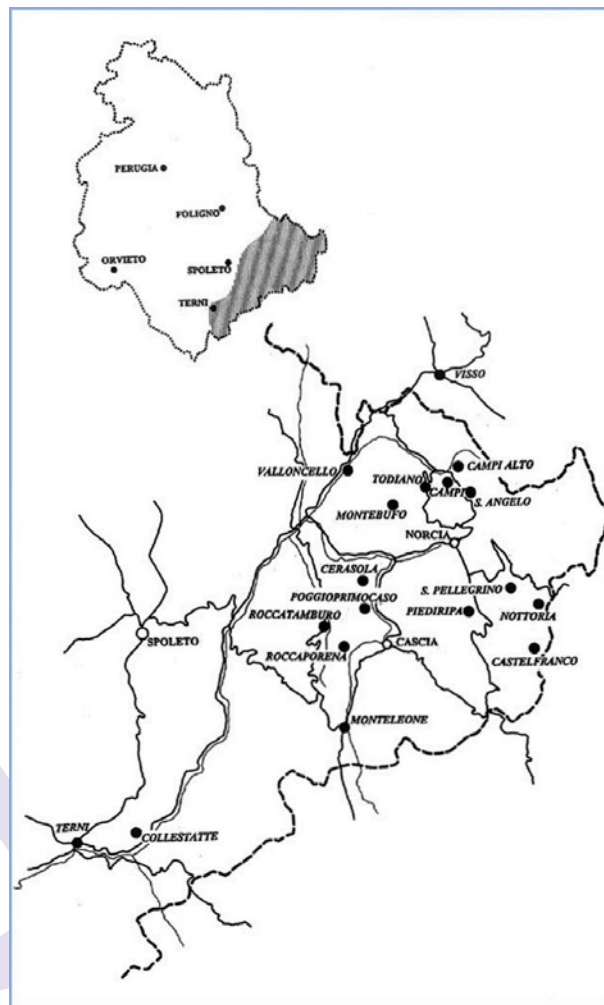


Fig. 1. La Valnerina.

1. L'analisi dei caratteri delle fabbriche

Le prime fonti documentarie sulla Madonna Bianca si rintracciano in un documento del 1361; nel 1415 una bolla del Vescovo Giacomo di Teramo sancisce l'indipendenza della chiesa dall'abbazia di S. Eutizio di Preci; tale diritto fu confermato con un decreto emanato il 27 aprile 1549 da Giovanni Orlandi di Pescia che poneva la chiesa e la parrocchia sotto la diretta dipendenza della Basilica Lateranense in Roma [Pirri 1960, 125-132].

L'analisi metrologica degli apparecchi murari e i motivi presenti nei capitelli fanno collocare la fondazione in un periodo compreso tra l'ultimo quarto del XIV e l'inizio del secolo XV.

L'impianto planimetrico della fabbrica con la sua conformazione bipartita è frutto di un progetto unitario. L'organismo architettonico risulta diviso in due navate di eguali dimensioni da un setto murario, impostato su tre archi ad andamento lievemente acuto e sostenuto da due grosse colonne e due semicolonne in pietra calcarea, sui quali poggia il tetto ligneo a due falde. Il presbiterio, bipartito da un arco con profilo a tutto sesto su semicolonne e con pareti di fondo rette, risulta coperto da due volte a crociera costolonate e rialzato di circa un palmo rispetto all'aula.

Nell'impianto spaziale si notano forti affinità con la chiesa di S. Liberatore (o della S. Croce) a Collestatte di Terni edificata dal

1514, anch'essa originariamente concepita a due navate. L'analogia è molto evidente nel sistema di copertura, in entrambe le fabbriche realizzato con un tetto a due falde poggiante su setti centrali impostati su arconi. Tuttavia, i presbiteri sono notevolmente differenziati. Molto simile a quello S. Salvatore in Campi, con le volte a crociera e l'arco di separazione, risulta S. Maria la Bianca; quello di Collestatte si sostanzia soltanto in due absidole semicirculari sulla parete di fondo senza alcuna conformazione tettonica (FIG. 2).

Il lessico formale adottato per la Madonna Bianca denota un progetto del secolo XIV-XV e tale attribuzione temporale è riscontrabile anche negli affreschi, raffiguranti le storie della Vergine, presenti sulla parete

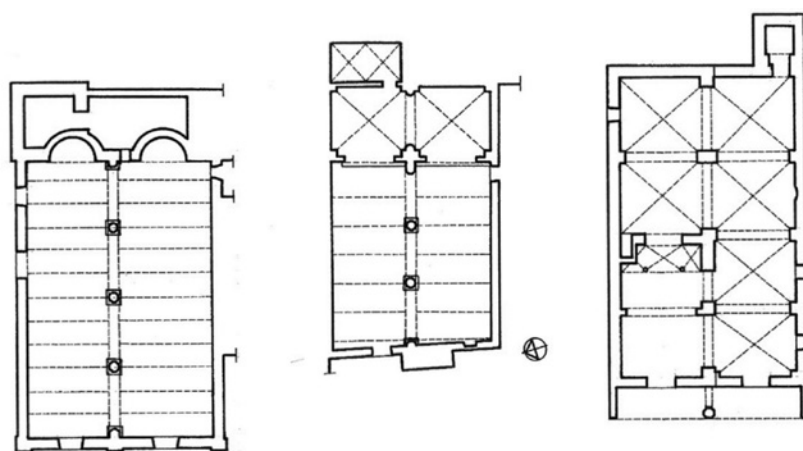


Fig. 2. Comparazione tipologica tra S. Liberatore a Collestatte di Terni, la Madonna Bianca di Ancarani di Norcia e S. Salvatore in Campi di Norcia, rielaborazione da D'Avino 1999; viste degli interni delle tre chiese.

destra della [Fabbi 1963, 207-209; Cordella 1995, 114-115]. Le finestre che si rilevano nella parete destra sono frutto di un intervento successivo del XVI-XVII secolo che ha sostituito le preesistenti monofore, le cui tracce si ritrovano ancora nella parte superiore di entrambe le pareti laterali.

Sul fondo della navata destra vi sono i resti un'edicola incorniciata da un arco con profilo a tutto sesto impostato su di un fregio con decorazione in bassorilievo zoomorfa poggiante, a sua volta, su esili pilastrini; qui era posto il bassorilievo raffigurante la Madonna Bianca. Alla parete sinistra sono i ruderi dell'altare dedicato ai SS. Rocco e Sebastiano del XVI secolo.

Una porta incorniciata da un arco acuto consente il passaggio dal presbiterio al portico laterale, esposto a sud, coperto da volte a crociera ribassate impostate su archi sorretti da colonnine e attribuibili alla fine del Quattrocento. Al XV secolo si deve anche la realizzazione del fronte con il portale ad arco acuto, che introduce alla navata di sinistra, caratterizzato da una marcata strombatura e il cui apparato decorativo, costituito da colonnine tortili, rimanda ai motivi plastici rinascimentali di ispirazione marchigiana [D'Avino 1999, 38].

Al primo quarto del XVI secolo sono da ricondurre il portico antistante la chiesa, la cui costruzione ha pesantemente alterato i caratteri formali originali, e la torre campanaria, eretta, come testimonia la data incisa in un concio lapideo collocato alla sua base, nel 1515; simmetricamente disposte sui lati vi sono due piccole edicole, entrambe coperte con volte a botte ribassate sostenute, sul lato destro, da esili colonnine [Fabbi 1963, 207; Cordella 1995, 114]. Significativa è infine l'adozione per il paramento murario del campanile, dell'unità di misura fondamentale costituita dal "cubito di Norcia" (pari a m. 0,5026) riscontrabile ogni due ricorsi, il cui uso si diffuse in quest'area solo a partire dal 1500, diversamente dal piede rinascimentale che "misura" la facciata, il cui impiego è invece documentato nella regione sin dal XIV secolo [Silvestri 1861, 18; D'Avino, Salvatori 1998, 18-28].

Nell'area su cui insistono i resti della chiesa di San Salvatore si ergeva, fin dal XII secolo, la pieve di Santa Maria, censita tra le dipendenze dell'abbazia di Sant'Eutizio. Essa fu eretta sull'area in cui sorgeva l'antico centro di Campi, in una zona pianeggiante al margine della viabilità e adiacente il cimitero del paese. La pieve originaria si innalzava probabilmente sul sedime di un antico edificio romano, il cui materiale di spoglio è stato reimpiegato nell'edificazione del luogo di culto. La pieve, ad unica navata con volta a botte, doveva elevarsi sull'attuale navata sinistra, con motivi architettonici mutuati da Sant'Eutizio.

L'asimmetria della facciata rivela le due diacroniche epoche di costruzione della chiesa. Verso la fine del sec. XIV la fabbrica fu ampliata, furono costruite quattro campate simmetriche coperte da volte a vela, impostate sulla parete sinistra e su pilastri della parete destra al fine di edificare una seconda navata. Nel fondo della navata fu elevato il presbiterio sorretto anteriormente da due colonne su cui fu impiantata l'iconostasi nel secolo successivo. La facciata fu arricchita con un nuovo portale con l'agnello crucifero di San Benedetto.

Nel sec. XV la chiesa fu di nuovo estesa con la navata destra e dotata di un ulteriore portale nel 1491 e decorato, come nella Madonna Bianca, con colonnine tortili che si raccordano nell'archivolto ogivale sopra le mensole. Con l'ultima addizione si configurò un organismo a due navate, il cui prospetto con due porte e due rosoni fu reso unitario dal portico e dal coronamento a spioventi. Il campanile, realizzato in pietra e impostato su un basamento modanato su cui si innalzano tre ordini, fu iniziato da maestri locali sul finire del '400 ma fu portato a termine da maestri lombardi nel 1538. Nel 1493 fu ufficialmente dedicata e donata, con il titolo di San Salvatore, dai monaci di Sant'Eutizio alla comunità locale.

2. Un approccio avanzato

La reintegrazione delle membrature e degli apparati artistici è intimamente connessa alla restituzione della leggibilità figurativa e della fruibilità, ora compromesse. Oggi, per questi edifici, a dieci anni di distanza dagli eventi calamitosi, vi è ancora molto da realizzare, sia per l'entità e l'estensione dei danni prodotti, sia per la complessità delle scelte tecniche e di metodo.

Occorre dunque porsi con momenti alterni di riflessione dalla parte della lacuna e dalla parte di ciò che resta, valutando al contempo il testo architettonico e il difficile legame interrotto tra la fabbrica e i suoi abitanti. L'atto del progetto di restauro diviene così quell'azione ancestrale che Cacciari identifica nella pulsione alla vita, che tende a risaldare ciò che si è rotto senza ripartire dall'origine [Cacciari 1990].

Si deve meditare su *come*, avendo presente quanto espresso nell'introduzione, si possano individuare strategie consapevoli e di rapida attuazione per la ricostruzione. Si devono restituire questi luoghi di culto, di aggregazione e di vita agli abitanti, anche attraverso la loro partecipazione al processo di restauro dei beni superstiti. La scelta del minimo intervento – declinato tra ricostituzione dell'unità architettonica e permanenza dello stato di rudere – si configura come esito di un processo critico fondato sulla conoscenza, sulla normativa vigente e sulle acquisizioni teoriche maturate nel dibattito scientifico, confermando il ruolo del progetto di restauro come atto culturale prima ancora che tecnico. Questa, tuttavia, può scontrarsi con i desiderata delle comunità che vivono e a cui – in prima istanza – appartengono tali luoghi; per questo solo un attento progetto può permettere di individuare, caso per caso, la strada da intraprendere.

A tal punto, può essere utile individuare una serie di interventi già realizzati per reintegrare siti che a seguito di eventi traumatici e azioni d'abbandono avevano subito pesanti menomazioni materiche e figurative. Un caso come quello della *Südhalle*, l'aula meridionale del battistero facente parte del complesso basilicale di Aquileia, egregiamente ricostruita ad opera degli architetti Giovanni Tortelli e Roberto Frassoni sui suoi resti murari archeologici e sulle antiche fondamenta, in una terra sismica come il Friuli, mostra una strada che andrebbe sviluppata e percorsa anche per i centri abitati fortemente scossi dal sisma del 2016 [Carbonara 2017, 64-65]. Un altro esempio di intervento è quello relativo al complesso della cattedrale di Norwich, capoluogo dell'Anglia orientale in Inghilterra. Nel 2004 è stato inaugurato il nuovo refettorio, progettato da Hopkins Architects e Buro Happold, edificato sul sedime della mensa originaria, al lato sud del chiostro. All'interno della rinnovata struttura sono stati realizzati anche uno spazio per esposizioni temporanee ed una sala conferenze.

Un caso in cui la ricucitura delle lacune, pur mantenendosi visibile, elabora relazioni più sofisticate è quello attuato da Sergio Sebastián, architetto spagnolo, nella ricomposizione dell'eremo de San Juan de Ruesta (Aragona) (FIG. 3). Si tratta non di un rudere causato da eventi naturali, ma frutto di un'operazione predatoria, perché l'edificio era stato abbandonato dopo che furono strappati gli importanti affreschi interni, di età medievale, oggi conservati a Barcellona. Poiché l'edificio non riscuoteva alcun interesse, è stato lasciato alla totale dimenticanza. Nella mancanza di elementi concreti su cui poter fare affidamento per una ricostruzione attendibile, Sebastián è intervenuto con conci lapidei che seguono la geometria dell'edificio ma si adattano alle irregolarità dell'impianto. E i frammenti rinvenuti in loco per i quali non è stato possibile riconoscere la collocazione precedente, sono divenuti parte di un giardino di pietra che nel rigore della griglia artificiale che si staglia nello spazio circostante hanno la capacità di esaltare il valore sia del nuovo intervento, sia di tutte le parti superstiti.

La distinguibilità è netta e inequivocabile, eppure non si può parlare di contrasto di linguaggi, ma di una riedizione che si pone a servizio del testo interrotto.

Altro esempio di ricostituzione dell'unità è quello condotto da Gabrio Furani nel 2015 nella chiesa di San Giacomo nel complesso di San Domenico a Forlì (FIG. 3), che sembra ripartire dalla sensibilità e dall'agire di Pier Luigi Cervellati per l'Oratorio di San Filippo Neri di Bologna. Realizza una neutra soluzione stereometrica della parete interna destra, laddove c'era stato il grande crollo, e una copertura leggera, pienamente contemporanea e al contempo fondata sulla storia della fabbrica. Entrando nel



Fig. 3. Dall'alto: Aquileia, l'aula meridionale del battistero; Norwich, complesso della cattedrale, nuovo refettorio; Ruesta (Aragona), eremo de San Juan prima e dopo gli interventi di Sergio Sebastián; Forlì, complesso di San Domenico prima e dopo gli interventi di Gabrio Furani.

nuovo museo, la prima cosa che si nota è la preesistenza; non altro. L'intervento restituisce la spazialità dell'edificio ecclesiastico facendo emergere le tracce superstiti senza dissimulare alcuna continuità materiale tra le parti ma lasciando immaginare le parti perdute. In egual modo e con un agire quasi in punta della stessa matita si possono citare gli interventi della chiesa di S. Pietro a Siracusa di Emanuele Fidone o della ricostruzione di José Ignacio Linasazaro per la chiesa di San Lorenzo a Valdeamqueda, Madrid.

3. Proposte operative

Nel caso della chiesa di San Salvatore, caratterizzata da un avanzato stato di rovina conseguentemente al sisma, il tema della permanenza è in diretta correlazione con il senso e il valore del rudere come elemento identitario del paesaggio e come memoria stratificata sia dell'abbandono che dell'evento sismico. Al contrario, per la chiesa della Madonna Bianca, dove la fabbrica, seppur caratterizzata da profonde ferite all'apparato tecnico costruttivo e decorativo, conservava una unità spaziale e potenziale, la reintegrazione strutturale finalizzata e il restauro appaiono maggiormente coerenti con le teorie del restauro critico e con le esperienze consolidate.

In entrambi i casi, la scelta progettuale non può prescindere da un'analisi diretta e approfondita del manufatto, delle sue tecniche costruttive, delle trasformazioni storiche e delle vulnerabilità strutturali, secondo un approccio conoscitivo che la letteratura scientifica individua come fondamento imprescindibile di ogni intervento sul costruito storico. Tale impostazione trova un preciso riscontro normativo nel Codice dei beni culturali e del paesaggio (D. Lgs. 42/2004), che, agli articoli dedicati alla tutela e alla conservazione, ribadisce il principio del minimo intervento e la necessità che ogni azione di restauro e consolidamento sia finalizzata alla salvaguardia dell'autenticità materiale e dei valori culturali del bene. In questo senso, le strategie di adeguamento o miglioramento sismico, individuate dalle NTC 2018 e applicate ai beni di valore culturale secondo quanto chiarito anche dalle Linee Guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, devono essere calibrate caso per caso.

Le necessità degli abitanti volgono tuttavia, in entrambi i casi, verso la ricostituzione di un testo architettonico che può significare ripresa di luoghi di vita e di aggregazione; tali richieste sono difficili da eludere in realtà già vessata da fenomeni di abbandono e spopolamento dei piccoli centri urbani. Qualche considerazione può tuttavia essere fatta sui metodi e gli strumenti del progetto, anche in relazione alle nuove tecnologie che possono mediare tra le istanze conservative e della cittadinanza, garantendo una completa fruizione, narrazione e valorizzazione di questi luoghi.

La chiesa della Madonna Bianca, giunta nella sua interezza formale, presenta ingenti danni sia al patrimonio artistico che decorativo degli apparati interni, nonché un quadro fessurativo che rivela la necessità di interventi di consolidamento sul fronte longitudinale, sui corpi annessi, posti nella parte tergale e sul campanile (FIG. 4). Tali dissesti, che affliggono anche l'apparato decorativo delle *Storie della Vergine* posto sul lato interno del medesimo fronte e gli altari del XVI secolo (FIG. 5), aggiunti sul lato opposto della navata, non impediscono azioni di integrazione delle lacune secondo i metodi d'intervento avviati dalla teoria brandiana e confluiti nel restauro critico [Carbonara 1976].

Come dimostra l'esperienza di autentico restauro, architettonico e pittorico, della basilica di Assisi, un monumento parzialmente distrutto può essere reintegrato e riparato. Ciò consolidando e conservando accuratamente le porzioni superstiti e aggiungendo quanto l'evento catastrofico ha sottratto.



Fig. 4. Ancarani di Norcia. La chiesa della Madonna Bianca prima e dopo gli eventi sismici del 2016-2017.

Il fine è stato quello di una migliore conservazione futura del manufatto, ma anche di restituirgli la dovuta leggibilità e fruibilità, artistica e iconografica. Ne è seguito lo sforzo, compiuto sotto la direzione di Giuseppe Basile, di reintegrare 'scientificamente' anche le pitture, partendo dallo studio e dal rilievo delle migliaia di frammenti raccolti e catalogati [Carbonara 2017, 60].

Diverso è invece ciò che riguarda San Salvatore in Campi in cui la fabbrica si trova allo stato di rudere e l'unità figurativa è oramai perduta (FIG. 6). Le fonti storiche, iconografiche e la documentazione a disposizione degli enti ecclesiastici e di tutela forniscono i dati per la riconfigurazione della fabbrica, anche grazie a un'accurata numerazione dei reperti di crollo secondo quanto stabilito dalla Direttiva del 17/07/2017 relativa alla «procedura di rimozione e recupero delle macerie di Beni Tutelati e di edilizia storica»; tuttavia tali integrazioni non possono identificarsi con una "semplice" reintegrazione della lacuna. Occorre infatti notare come la storia e il carattere materiale della fabbrica fossero esito di successivi interventi di restauro e consolidamento sia per ampliamenti, sia per il susseguirsi di eventi tellurici; pertanto, lo stato ante sisma mostrava una stratificazione tecnica e culturale, visibile anche sul paramento di facciata, oramai perduta. Non si tratta quindi di reintegrare porzioni in continuità materiale e formale ma di ricostruire elementi stratificati, materia lavorata e rilavorata in tempi e modi differenti. Nel cantiere di San Salvatore si presentano dunque questioni di irriproducibilità tecnica, materiale e figurativa più articolate rispetto alla chiesa della Madonna Bianca, che rendono complessa l'azione di ricostituzione voluta dagli abitanti. Dato che gli indirizzi operativi non propendono per la permanenza del complesso allo stato di rudere, occorre rimarcare la domanda posta in apertura di tale contributo in merito al come intervenire. Le ricostruzioni operate in occasione di precedenti eventi calamitosi e incuria già descritti possono



Fig. 5. Ancarani di Norcia. Chiesa della Madonna Bianca. L'uso delle tecniche digitali per valutare l'entità del danno e per supportare il progetto di reintegrazione riferiti agli altari di S. Rocco e della Madonna Bianca.

fare da guida per proporre azioni conservative su questi fabbricati. Risarcendo la lacuna ma ripartendo dal frammento e dalla sensibilità contemporanea per ottenere interventi staticamente sicuri, distinguibili e capaci di raccontare la storia e le ferite della fabbrica; aggiungendo e non sottraendo l'ultimo momento della sua storia. Per gli apparati artistici sarà opportuno eseguire un accurato restauro ricompositivo e, dove necessario, reintegrativo, sulla scorta della precedente esperienza di Assisi. Per quanto relativo alle membrature della chiesa si è dinanzi ad un caso in cui la distruzione è praticamente totale. Sarebbe doveroso considerare che non si può parlare più solo di restauro ma anche di ricostruzione, in forme sensibili e non imitative, valutando se edificare, anche solo parzialmente, qualcosa di nuovo [Carbonara 2017, 60].

La leggerezza e l'essenzialità delle integrazioni che per contrasto permettono di ricostituire il corpo mutilo sono una delle possibilità sicuramente attuabili nel caso di San Salvatore in Campi. Tali operazioni permetterebbero di ricomporre l'unità dell'edificio ma rendendo distinguibili le nuove operazioni di ricostruzione, creando probabilmente un corpo più complesso nell'immagine rispetto alla chiesa precedente, più difficile da accettare dalla cittadinanza ma capace di perpetrare la storia della fabbrica conservandone tutte le memorie.



Fig. 6. Campi di Norcia. La chiesa di San Salvatore prima e dopo gli eventi sismici del 2016-2017.

Le possibilità offerte dal virtuale in tal senso permettono di completare la comprensione delle scelte architettoniche, di perpetrare la memoria della rovina e di rievocare le parti non più esistenti. Un uso delle proiezioni digitali e della strumentazione virtuale che, in caso si realizzi l'ipotesi della ricostruzione delle parti perdute, potrebbe così non limitarsi alle visualizzazioni di fasi costruttive ed elementi decorativi ante sisma, ma potrebbe essere volto alla rappresentazione di tutte le fasi della fabbrica non più esistenti; non ultima quella della rovina. Una fruizione del monumento su più tempi, che in complessi progetti di ricostruzione, come quello di San Salvatore, può costituire un interessante strumento sia per la valorizzazione dei beni culturali, sia come strumento di studio e di monitoraggio nel tempo da parte di esperti della conservazione e del restauro; anche in ottemperanza alla normativa del nuovo Codice degli Appalti [Orecchio 2023]. Un uso molteplici dei nuovi elementi architettonici, integrabili con le proiezioni digitali o con visori e realtà aumentate potrebbero così, in più casi, rendere le superfici neutre di un nuovo intervento elementi narranti di tutte le memorie della fabbrica, sia per la Madonna Bianca, sia per la chiesa di San Salvatore in Campi.

L'uso del virtuale potrebbe altresì essere applicato nel caso si optasse per la permanenza allo stato di rudere, ipotesi in cui, la fruizione dei resti come luogo di culto non sarebbe più perpetrabile ma la fruizione del monumento, così come trasmesso dagli eventi tellurici, porterebbe a una narrazione cronologica della storia della fabbrica.

Come chiaramente espresso da Giovanni Carbonara (1942-2023), il restauro è nella sua essenza azione critica e filologica svolta utilizzando lo stesso linguaggio dell'opera. Esso è «ipotesi critica» esercitata in concreto e destinata perciò ad avvalersi di un metalinguaggio ricco di strumenti, segni e codici diacritici atti a distinguere testo e integrazioni [Carbonara 2013, 15]. La preesistenza costituisce un 'valore', compiuto, ricco di significato, unico e irripetibile. Un intervento di restauro per definirsi riuscito dovrebbe suggerire più che di raccontare, essere capace di coniugare invenzione, riguardo storico e senso della misura, rispondendo alle sollecitazioni provenienti delle preesistenze e dal sito, traducendo tutto in una solida costruttività [Carbonara 2013, 68-70].

Fonte di ispirazione in una materia così delicata può provenire dal pensiero di Cesare Brandi, il quale in merito alla riproposizione dei monumenti distrutti, sottolineava che il rifacimento, quando è una copia piuttosto che un rifacimento può funzionare per l'ambiente urbanistico che va a completare, ma ripropone il problema della legittimità della copia collocata al posto dell'originale scomparso. Ora, né in sede storica, né in sede estetica si può legittimare la sostituzione con una copia, se non dove l'opera d'arte sostituita ha mera funzione integrativa di elemento. La copia è un falso storico e un falso estetico e pertanto, pur avendo una giustificazione puramente didattica e rimemorativa, non comunque può sostituirsi senza danno storico ed estetico all'originale [Brandi 1977, 46-47].

Bibliografia

Ambrogio, K., Cocchi, E., Letizia, B., Libro, A., Tomba, F. (a cura di) (2025), *Sisma. Il Restauro architettonico di fronte alla grande lacuna Teorie e prassi a confronto*, Centro stampa Regione Emilia-Romagna, Bologna.

Azzollini, C., Carbonara, G. (2016). *Ricostruire la memoria. Il patrimonio culturale del Friuli a quarant'anni dal terremoto*, Forum, Udine.

Bertini Calosso, A. (1939). *Le chiese a due navate e S. Croce a Collestatte presso Terni*, in "Atti del II Convegno nazionale di storia dell'architettura, Assisi, 1937", Roma, C. Colombo, pp. 266-272.

- Bianchi, A. (2002). *Castella et Guaita abbatie. Tracce di un itinerario storico e artistico da S. Eutizio a Preci (sec. XI – XIX)*, Comune di Preci e Soprintendenza Archivistica per l'Umbria, Perugia.
- Blasi, C. (a cura di) (2013). *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, Milanofiori Assago, Wolters Kluwer Italia, (in particolare si veda: Blasi Carlo, Capitolo I, *Conoscenza empirica e analisi delle strutture*, pp. 1-15).
- Brandi, C. (1977). *Teoria del Restauro*, Einaudi, Torino, (1a ed. Roma, Edizioni di Storia e Letteratura, 1963).
- Cacciari, M. (1990). *Dell'inizio*, Adelphi, Milano.
- Cardani, G. (2003). *La vulnerabilità sismica dei centri storici: il caso di Campi Alto di Norcia. Linee guida per la diagnosi finalizzata alla scelta delle tecniche di intervento per la prevenzione dei danni*, tesi di dottorato, Politecnico di Milano-Facoltà di Architettura, relatore Luigia Binda, correlatori Stefano della Torre, Antonella Saisi.
- Carbonara, G. (1976). *La reintegrazione dell'immagine*, Bulzoni, Roma.
- Carbonara, G. (2013). *Il restauro non è conservazione...*, Sapienza Editrice, Roma.
- Carbonara, G. (2015). *Una trasformazione che conserva e tutela*, in *L'aula meridionale del battistero di Aquileia. Contesto, scoperta, valorizzazione*, in *L'aula meridionale del battistero di Aquileia contesto, scoperta, valorizzazione*, a cura di L. Fozzati, Fondazione Aquileia-Electa, Milano.
- Carbonara, G. (2017). *Il restauro fra conservazione e modificazione. Principi e problemi attuali*, Paparo, Napoli.
- Commissario Straordinario Sisma 2016 (2021). *Ordinanza speciale di Preci n. 10 del 15 luglio 2021, Relazione istruttoria*, Roma.
- Cordella, R. (1995). *Norcia e territorio*, Norcia.
- D'avino, S. (1999). *Origini e matrici dello schema tipologico bipartito in Valnerina*, in «Opus», n. 6, 1999, pp. 7-70.
- De Angelis D'Ossat, G. (1995). *Danni di guerra e restauro dei monumenti*, in Atti del V convegno nazionale di Storia dell'architettura (Perugia, 23 settembre 1948), in *Scritti sul restauro dei monumenti architettonici. Concetti, operatività, didattica*, Roma, Bonsignori.
- Esposito, D. (2021). *La reintegrazione come tema di restauro. Spunti per un'aggiornata riflessione sul ' frammento architettonico'*, in *Architetture per il restauro: L'anastilosi*, a cura di R. Mancini, R. Dal Mas, M. G. Putzu, Sapienza Editrice, Roma, pp. 167-173.
- Esposito, D., Vitiello, M. (a cura di) (2021). *Il sisma e la guerra. Interventi di ricostruzione sulla città violata. Quadro storico*, Roma, Quasar.
- Fabbi, A. (1963). *Preci e la Valle Castoriana*, Spoleto, Arti grafiche Panetto & Petrelli.
- Guarino, F., Melelli, A. (2008). *Abbazie benedettine in Umbria*, Perugia, Quattroemme.
- Orecchio, M.G. (2023). *Possibili applicazioni delle tecnologie e dei processi BIM e dell'ACDat (Ambiente di Condivisione Dati) per la gestione digitale e innovativa di siti archeologici in ottemperanza anche ai nuovi obblighi normativi del Codice Appalti*, in *Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, coord. a cura di S. Della Torre, V. Russo, 7. *Metodologie digitali per la gestione degli interventi*, a cura di S. Della Torre, Quasar, Roma, pp.1291-1298.
- Piacentini, M. (1941). *Le chiese a due navate*, in «Palladio», a. V, pp. 126-132.
- Pirri, P. (1960). *L'Abbazia di Sant'Eutizio in Val Castoriana presso Norcia e le chiese dipendenti*, in «Studia Anselmiana», n. 45, Roma, Herder, pp. 125-segg.
- Russo, V. (2019). *Catastrofi, patrimonio costruito e restauro: l'intervento sull'esistente e i riflessi della storia*, in *Storia dell'arte e catastrofi. Spazio, tempi, società*, a cura di C. Belmonte, E. Scirocco, G. Wolf, Kunsthistorisches Institut in Florenz, Venezia, Marsilio, pp. 153-169.
- Simmel, G. (1911). *Die Ruine in Philosophische Kultur*, Leipzig, Verlag von Dr. Werner Klinkhardt.
- Valli, G. (1957). *Le chiese a due navate nella regione di Norcia e comuni limitrofi*, in Atti del V convegno nazionale di storia dell'architettura (Perugia 23 settembre 1948), Firenze, pp. 539-542.

Fonti archivistiche

Spoletto. Archivio Arcivescovile di Spoleto (Aas). *Visita Pastorale di Mons. Giacinto Lascaris*, 2 voll., ms. I, pp. 173-174.

Aggregati storici e ricostruzione post-sisma: prassi tecniche correnti e prospettive future al passo con l'evoluzione della normativa

Historical aggregates and post-earthquake reconstruction: current technical practices and future prospects according to standards evolution

Francesco Cortesi

ingegnere libero professionista
cortesi@resingegneria.it

Laura Ludovisi

ingegnere libero professionista
ludovisi@resingegneria.it

Abstract

Gli aggregati storici italiani, vulnerabili per eterogeneità cronologica-materica (sismi Abruzzo 2009, Emilia 2012, Centro Italia 2016), richiedono analisi US (NTC 2018) estesa alle interazioni contigue, ostacolate da frammentazione proprietaria. Casi studio post-sisma (Norcia, Corporeno) validano interventi calibrati. Proponiamo protocollo coordinamento obbligatorio, Fascicolo digitale (Digital Humanities: HBIM, Web-GIS) e piani urbanistici per resilienza sistemica.

Italian historic aggregates, vulnerable due to chronological-material heterogeneity (Abruzzo 2009, Emilia 2012, Central Italy 2016 earthquakes), require extended SU analysis (NTC 2018) accounting for adjacent interactions, hindered by ownership fragmentation. Post-quake case studies (Norcia, Corporeno) validate calibrated interventions. We propose mandatory coordination protocol, digital Building File (Digital Humanities: HBIM, Web-GIS), and urban plans for systemic resilience.

Keywords

Aggregati storici, Ricostruzione post-sismica, Digital Humanities.

Historic buildings, Post-earthquake reconstruction, Digital Humanities.

Introduzione

I centri storici italiani si distinguono per una peculiarità intrinseca e critica: la loro composizione da aggregati di più corpi di fabbrica, realizzati con tecniche costruttive simili ma in epoche spesso diverse. Queste difformità temporali, aggravate da successivi interventi di manutenzione straordinaria, determinano irregolarità materiche e geometriche, sia in pianta sia in elevazione.

Tali anomalie possono attivare meccanismi fragili, inducendo rotture che, sotto azioni eccezionali compromettono la sicurezza strutturale e l'utilizzabilità dell'intero aggregato o di sue porzioni significative.

Stato Dell'arte

Le criticità strutturali che caratterizzano il costruito storico degli aggregati nei centri storici italiani sono emerse a seguito degli eventi sismici recenti. In tali contesti si è riscontrata una marcata predisposizione al danno, che si manifesta non solo attraverso quadri fessurativi diffusi ma anche attraverso lo sfollamento significativo della popolazione. Tale spostamento ha riguardato migliaia di abitanti evacuati dalle proprie abitazioni dichiarate inagibili dalle autorità competenti, con la creazione di soluzioni temporanee. Ciò ha generato impatti sociali ed economici rilevanti, inclusa la perdita di identità; emblematico è il caso di interi centri come Amatrice e Accumoli, dove si è registrato uno spopolamento quasi totale. Alcune di tali inagibilità non derivano da danni diretti sull'unità strutturale



FIG.1 Danneggiamento edifici in cortina caratterizzati da solai sfalsati

specifica dell'aggregato, ma anche per "induzione": ovvero la condizione di danno delle costruzioni attigue compromette infatti il livello di sicurezza di altri corpi di fabbrica (FIG.1).

In tale contesto, appare imprescindibile che la proprietà privata — nella sua duplice veste di detentrica del bene e cittadinanza attiva — e gli Enti Pubblici convergano verso una strategia di pianificazione coordinata. Risulta infatti necessaria la redazione di strumenti urbanistici di "*resilienza sismica*", finalizzati non solo alla prevenzione del rischio, ma alla conservazione dei centri storici.

Tali strumenti devono mirare alla mitigazione delle criticità strutturali intrinseche al patrimonio architettonico, garantendo un equilibrio sostenibile tra le istanze di sicurezza e la tutela del costruito storico stratificato. Un approccio sismico alla pianificazione urbana non rappresenta solo un atto di salvaguardia tecnica, ma un impegno verso la valorizzazione dell'ambiente antropico italiano.

In questo contesto, la gestione del percorso della conoscenza non può più essere affidata esclusivamente a elaborati specialistici isolati, ma richiede piattaforme digitali in grado di integrare dati storici, costruttivi, strutturali e normativi. Le *Digital Humanities* offrono oggi strumenti metodologici utili a trasformare il sapere tecnico in un sistema interrogabile, condiviso e aggiornabile nel tempo, superando la frammentazione informativa che caratterizza gli aggregati edilizi storici.

Cosa è fattibile attualmente

L'inquadramento degli interventi su edifici esistenti non può prescindere da una rigorosa delimitazione del campo d'indagine minimo, che le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018, §8.7.1) individuano nell'Unità Strutturale (US). Definita come un corpo di fabbrica continuo da cielo a terra, delimitato da spazi aperti, giunti strutturali o edifici contigui strutturalmente indipendenti, la US rappresenta il "minimo riferimento" dell'analisi. Tuttavia, l'applicazione di tale concetto negli aggregati edilizi complessi rivela una profonda asimmetria tra la linearità teorica della norma e la complessità della prassi operativa.

Il disaccoppiamento analitico di una porzione di aggregato è subordinato alla valutazione delle interazioni con le unità adiacenti. Il progettista ha l'onere di stimare le azioni che le US confinanti possono trasmettere al corpo oggetto d'intervento. Tale valutazione richiede inevitabilmente una campagna di rilievo e ispezione che travalichi i confini della singola proprietà. È in questa fase che il "percorso della conoscenza" si scontra con ostacoli di natura non tecnica.

L'ispezione dei corpi di fabbrica limitrofi è imprescindibile per identificare correttamente la reale scatola muraria. Eppure, l'iter di miglioramento sismico in "tempo di pace" — ovvero al di fuori di una gestione emergenziale — è spesso rallentato da controversie tra le proprietà o da una mancata sincronia tra i tecnici coinvolti. Tali attriti non rappresentano solo una complicazione burocratica, ma si riflettono sulla qualità della progettazione strutturale: la carenza di dati costringe i tecnici ad assunzioni semplificate o cautelative che possono snaturare o vanificare l'efficacia dell'intervento.

Il confronto con i contesti di ricostruzione post-evento sismico evidenzia ulteriormente questa criticità. In ambito emergenziale, la necessità "superiore" di ripristino dei centri abitati, unita alla compartecipazione economica dello Stato e a quadri normativi speciali (come i Consorzi obbligatori), permette di superare le resistenze dei singoli proprietari.

Al contrario, nell'ambito della manutenzione straordinaria o degli incentivi ordinari, la mancanza di un coordinamento trasforma la struttura edilizia in un campo di negoziazione privata. In questi casi, il "limite" della proprietà finisce per prevalere sulla continuità fisica dell'organismo strutturale. I dissaccordi e i dispetti tra confinanti rallentano le tempistiche e riducono il necessario percorso della conoscenza.



FIG.2 Edificio d'angolo nel centro storico di Norcia

Esempi di intervento di ripristino post sisma

Al fine di tradurre le considerazioni teoriche in evidenze progettuali, si riportano di seguito due casi studio affrontati dagli autori in regime di ricostruzione post-sismica. Gli esempi permettono di ana-

lizzare come la posizione dell'Unità Strutturale (US) all'interno dell'aggregato e l'estensione condizionano sia il comportamento sismico sia le valutazioni numeriche e di rinforzo. Da questi esempi si comprenderà come le assunzioni di calcolo debbano derivare da una attenta valutazione delle condizioni al contorno.

1. L'Unità Strutturale di Angolo: Norcia (PG)

L'immobile oggetto di studio, situato nel centro storico di Norcia, è stato classificato con esito di inagibilità "E" a seguito del sisma del 2016 (FIG.2). L'Unità Strutturale presenta una pianta trapezoidale sviluppata su quattro livelli, di cui uno interrato. La compagine muraria è costituita da conci sbozzati, mentre l'orditura degli orizzontamenti risulta eterogenea: solai voltati al piano terra e solai in latero-cemento ai livelli superiori.

L'unità si configura come cellula d'angolo di due aggregati edilizi, condizione che ha influenzato significativamente il quadro fessurativo rilevato. I sopralluoghi hanno evidenziato lesioni verticali, riconducibili a fenomeni di compressione concentrata, e fessurazioni diagonali, espressione di sollecitazioni di taglio indotte sia dall'azione sismica sia dalle spinte trasmesse dagli aggregati adiacenti.

La definizione degli interventi di miglioramento sismico è stata preceduta da un approfondimento del livello di conoscenza dell'immobile. L'analisi delle opere post sisma del 1979 ha rivelato l'esecuzione di allargamenti fondali e la sostituzione dei solai originali con impalcati in latero-cemento. Sebbene tali strutture garantiscano un comportamento rigido nel piano, introducono masse elevate; una criticità accentuata in copertura, dove la configurazione a due falde rischiava di trasmettere forti concentrazioni di carico sullo spigolo libero.

Le indagini sono state estese ai fabbricati adiacenti, rilevando una sostanziale omogeneità degli interventi pregressi (solai in latero-cemento a quote analoghe). Questa configurazione ha minimizzato il rischio di cinematismi locali dovuti a disallineamenti altimetrici o a marcate differenze di rigidità tra unità contigue. Tale assunzione è stata verificata tramite studi documentali e sopralluoghi mirati, escludendo la necessità di ulteriori valutazioni d'insieme. In seguito sono state condotte prove con martinetti piatti e videoendoscopie su muri e solai.

Sulla base delle informazioni acquisite, è stato redatto un modello di calcolo che include gli allineamenti murari delle cellule adiacenti, integrando manualmente i carichi di interazione dei solai limitrofi per una verosimile rappresentazione dell'effetto aggregato.

L'intervento è stato progettato per garantire un livello di sicurezza superiore al 60% rispetto al sisma previsto da norma, in conformità con le prescrizioni dell'Ufficio Speciale Ricostruzione. Le soluzioni adottate prevedono:

- applicazione di intonaco armato con rete in fibra di vetro GFRP sui muri fuori terra.
- sostituzione del solaio di copertura con una struttura leggera composta da puntone metallico, arcarecci e doppio assito in legno.

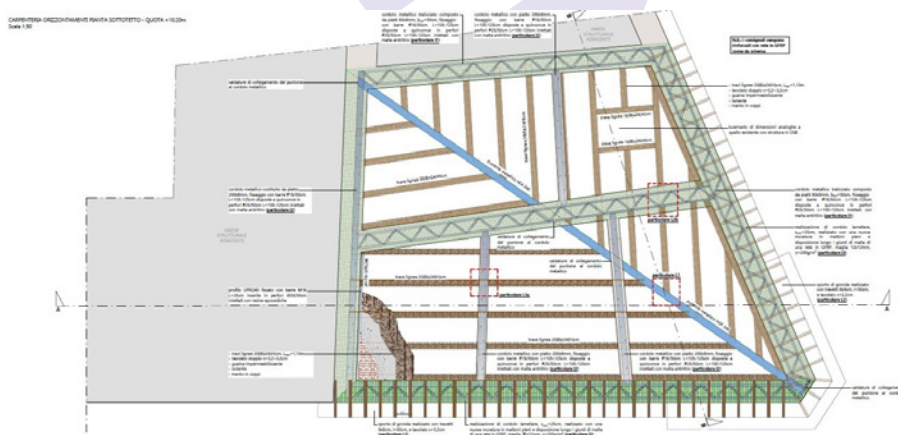


FIG.3 Nuova copertura in legno con eliminazione cordolo pesante in c.a.

- sostituzione della cordolatura in C.A. con una soluzione in muratura “lamellare” (mattoni pieni e rete in GFRP nei giunti di malta), sormontata da un cordolo metallico reticolare (FIG.3).

La modellazione delle opere di progetto ha permesso di verificare il comportamento globale e locale della costruzione. L'analisi ha evidenziato un passaggio dell'indice di sicurezza sismica da un valore ante-operam di 0,388 a un valore post-operam di 0,612, soddisfacendo i requisiti normativi.

2. L'Intervento Globale su Tipologie Eterogenee: Cento (FE)

Il secondo caso analizzato (FIG.4) rappresenta un esempio di gestione unitaria applicata a un complesso monumentale vincolato, caratterizzato da un'elevata eterogeneità morfologica e costruttiva. L'aggregato si compone di tre Unità Strutturali distinte, riconducibili alle categorie del DPCM 2011:

- L'Oratorio: struttura senza solai intermedi (§5.4.3).
- La Canonica: edificio con solai intermedi (§5.4.2).
- La Torre Campanaria: struttura snella (§5.4.4).



FIG.4 Complesso oratorio di Corporeno (FE) prima degli interventi post sisma 2012.

L'indagine storica ha rivelato una stratificazione complessa. Ad esempio il campanile, edificato in epoca successiva, poggia parzialmente su allineamenti murari “*in falso*” sostenuti da incavallature lignee (FIG. 5); la canonica ha subito negli anni '50 pesanti modifiche, tra cui la sopraelevazione (FIG.6) e l'ampliamento, che hanno alterato la geometria e la distribuzione originaria dei carichi.

Il quadro fessurativo rilevato ha evidenziato criticità specifiche per ogni corpo di fabbrica:

- Canonica: presenza di lesioni diagonali da taglio e collasso localizzato dell'ultimo impalcato.
- Campanile: fessurazioni riconducibili all'inflessione delle incavallature lignee.
- Oratorio: degrado delle volte legato alla carenza di connessioni con le pareti perimetrali.

Il progetto richiede anche l'individuazione di vulnerabilità nel sistema strutturale. Nell'oratorio l'eterogeneità delle volte sottotetto (in arelle e in mattoni in foglio) introduce asimmetrie di massa e rigidità. La copertura inoltre, frutto di varie modifiche, presentava un colmo non coincidente con la sommità delle capriate storiche, inducendo una ridistribuzione irregolare delle sollecitazioni sulle murature sottostanti. Nella canonica le vulnerabilità principali sono le eccentricità torsionali derivanti dall'ampliamento e l'incremento delle sollecitazioni indotto dalla sopraelevazione.

Operando simultaneamente su tutte le unità del complesso, è stato possibile calibrare interventi volti ad armonizzare la risposta dinamica globale, minimizzando l'impatto sul bene vincolato e garantendo un incremento significativo della capacità resistente.

A completamento del quadro conoscitivo, è stata condotta una mirata campagna di indagini in situ volta a determinare le caratteristiche meccaniche esistenti sia su murature sia su legno.

Le informazioni hanno permesso di calibrare la strategia di modellazione numerica (FIG.7); seguendo le indicazioni del §5.4.3 del DPCM 2011, si è riscontrato che un modello globale unitario dell'intero complesso sarebbe risultato fuorviante: la presenza dell'Oratorio (tipologia ad aula) avrebbe distor-



FIG.5 Foto storica dell'oratorio di Corporeno (FE)

è stato improntato alla conservazione materica e alla reversibilità, agendo puntualmente sulle vulnerabilità rilevate. Su tutte le US è stato previsto un consolidamento diffuso tramite scarnitura e ristilatura dei giunti con malta di calce, al fine di ripristinare la coesione della compagine muraria. Nello specifico della Canonica, le scelte progettuali hanno mirato al ripristino dell'organismo architettonico originario tramite la rimozione delle superfetazioni del XX secolo. La loro eliminazione ha permesso una significativa riduzione delle masse sismiche e delle eccentricità, determinando da sola un notevole incremento della capacità resistente della cellula.

Gli orizzontamenti sottotetto e di copertura sono stati ricostruiti in legno con doppio assito incrociato, una soluzione volta a garantire un comportamento a diaframma semi-rigido, pur minimizzando i carichi permanenti. La sommità delle murature è stata regolarizzata mediante l'adozione di un cordolo in muratura lamellare.

Infine si è affrontata la criticità degli allineamenti murari *"in falso"* della Torre Campanaria. L'incavalatura lignea esistente è stata rinforzata con profili metallici, atti a limitare i fenomeni di inflessione rilevati.

Per quanto concerne l'Oratorio, l'intervento si è focalizzato sul rinforzo delle volte mediante la realizzazione di cappe a ridotto spessore in malta di calce, armate con reti in GFRP e debitamente connesse alle murature perimetrali per garantirne la collaborazione. La struttura di copertura è stata consolidata preservando le capriate lignee originali, integrate con profili metallici di rinforzo e vincolate a un cordolo metallico perimetrale continuo. L'approccio unitario e la calibrazione degli interventi sulle specifiche vulnerabilità delle tre US hanno permesso di conseguire un incremento sostanziale dei livelli di sicurezza globale dell'aggregato. L'analisi numerica post-operam ha registrato un passaggio dell'indice di sicurezza da un valore ante-operam di 0,205 a un valore post-operam di 0,636. Tale risultato assume

to l'analisi dinamica, richiedendo di considerare un numero eccessivo di modi di vibrare, snaturando i risultati per gli altri corpi di fabbrica. Si sono quindi redatti due modelli di calcolo: uno con la canonica e la torre e l'altro con l'oratorio, in entrambi i casi considerando le debite interazioni in termini di peso e rigidezza.

È stato inoltre verificato che tale disaccoppiamento costituisse un'assunzione in favore di sicurezza rispetto a un'ipotetica modellazione globale, garantendo una rappresentazione più fedele e conservativa.

In accordo con gli organi di tutela, l'intervento è

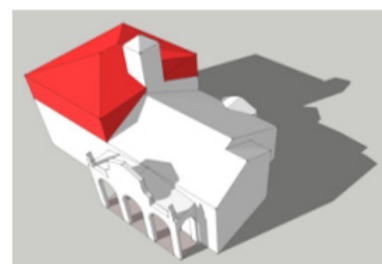


FIG.6 Fase della sopraelevazione della canonica

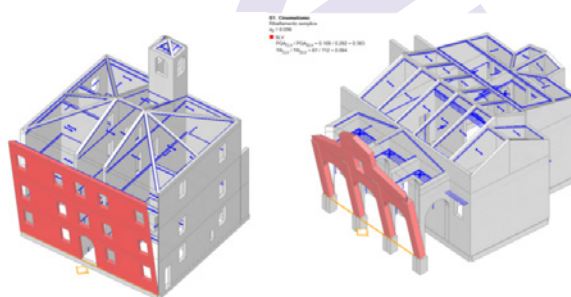


FIG.7 Modelli di calcolo distinti per unità strutturali

una rilevanza particolare poiché il valore raggiunto si attesta in prossimità del limite superiore imposto dalla verifica alla liquefazione specifica del contesto geologico. Questo dato attesta una progettazione consapevole che non mira a un irrigidimento indiscriminato, ma a un'ottimizzazione della risposta strutturale.

Conclusioni

L'analisi esposta evidenzia come il miglioramento sismico degli aggregati edilizi non possa essere affrontato come una mera sommatoria di interventi puntuali sulle singole Unità Strutturali. La natura fisica dell'aggregato impone un cambio di paradigma fondato su coordinamento, conoscenza condivisa e strumenti normativi adeguati. Di seguito si riportano i principi fondamentali su cui la programmazione di intervento su aggregati edilizi deve basarsi.

Il primo pilastro è rappresentato dall'obbligatorietà del coordinamento tecnico. Nei tessuti storici l'ipotesi di separare gli edifici mediante giunti strutturali risulta spesso impraticabile, sia per limiti geometrici e costruttivi, sia per vincoli architettonici e di tutela. Ciò dimostra che l'interazione tra le US non è una scelta progettuale, ma un vincolo fisico. La collaborazione tra proprietà e tecnici diventa pertanto un obbligo strutturale e non una facoltà discrezionale: in assenza di un tavolo tecnico comune, l'intervento sulla singola unità rischia di risultare inefficace o addirittura dannoso per l'aggregato. Il secondo pilastro riguarda la semplificazione normativa e l'accesso alla conoscenza. L'attuale assetto non garantisce al tecnico la possibilità di ispezionare le parti comuni e di confine tra le US, ostacolando la corretta valutazione delle interazioni strutturali. Ne deriva un impoverimento del percorso della conoscenza che si riflette direttamente sulle scelte progettuali. È pertanto necessario che la normativa riconosca esplicitamente il diritto all'ispezione e alla condivisione delle informazioni strutturali, superando una lettura frammentata della proprietà privata in nome della pubblica incolumità. In tale contesto si inserisce la proposta del "*Fascicolo di Fabbricato di Aggregato*", quale strumento tecnico-amministrativo in grado di superare la frammentazione informativa, creando una base conoscitiva condivisa indispensabile per la progettazione consapevole e per una gestione preventiva del rischio.

In una prospettiva evoluta, tale Fascicolo può essere concepito come un *archivio digitale strutturato*, capace di raccogliere e correlare dati eterogenei – rilievi, indagini diagnostiche, fonti storiche, modelli di calcolo, esiti degli interventi – secondo una logica diacronica. In tal senso, esso si configura come uno strumento ascrivibile all'ambito delle *Digital Humanities* applicate al patrimonio costruito, in grado di supportare sia la ricerca sia i processi decisionali.

A completamento di questo quadro emerge con forza il tema della governance urbanistica e, in particolare, la necessità di integrare la pianificazione comunale con una lettura sismica del costruito storico. In tempo di pace, il Piano può e deve diventare lo strumento attraverso cui valutare lo stato dell'arte delle tipologie edilizie ricorrenti e delle singolarità degli aggregati, fornendo indirizzi tecnici e procedurali finalizzati alla mitigazione delle criticità.

Questo approccio non rappresenta un'innovazione assoluta, ma piuttosto un recupero consapevole di pratiche storiche di comprovata efficacia. I regolamenti edilizi di Norcia (1859), così come le normative introdotte a seguito del sisma del 1783 in Calabria e a Messina, avevano già compreso la necessità di fornire indicazioni costruttive calibrate sull'esposizione sismica del territorio. Tali norme,

fortemente operative e tipologicamente orientate, hanno contribuito per decenni a ridurre la vulnerabilità del costruito e a limitare i danni degli aggregati edilizi.

L'abrogazione di queste disposizioni a seguito dell'Unità d'Italia ha progressivamente dissolto una cultura normativa attenta alla specificità sismica dei luoghi, sostituendola con un impianto regolativo uniforme ma non aderente alle reali condizioni del costruito storico.

In conclusione, la sicurezza sismica degli aggregati edilizi storici non può essere affidata a interventi isolati né demandata a logiche individuali. Essa richiede un approccio integrato, fondato su coordinamento obbligatorio, accesso alla conoscenza, strumenti di incentivazione a scala di comparto e una pianificazione urbanistica capace di governare il rischio in modo preventivo. Solo attraverso questa visione sistemica sarà possibile trasformare il miglioramento sismico da risposta episodica all'emergenza a strategia strutturale di tutela.

L'integrazione di modelli HBIM, sistemi Web-GIS e database open-access consentirebbe di restituire una lettura multilivello degli aggregati edilizi, mettendo in relazione la scala dell'Unità Strutturale con quella urbana e territoriale. Tali strumenti, tipici dell'approccio delle Digital Humanities, rappresentano un supporto fondamentale per la narrazione delle trasformazioni post-sisma e per la costruzione di una memoria condivisa del patrimonio resiliente.

Bibliografia

BORRI A., a cura di (2011). *Manuale delle murature storiche*, Collana Centro Studi Sisto Mastrodicasa, Dei Editore.

CIRCOLARE DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 21 gennaio 2019, n. 7. *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

CORTESI F., LUDOVISI L. (2019). *Interventi locali su edifici esistenti. Interventi su edifici in muratura in calcestruzzo armato e acciaio. Casi svolti con applicazione Sisma Bonus*, Sant'Arcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore.

CORTESI F., LUDOVISI L., MARANI V. (2020). *La progettazione strutturale su edifici esistenti. Interventi locali, di miglioramento e adeguamento sismico secondo le NTC2018 cap. 8, II edizione ampliata e aggiornata alla Circolare applicativa n.7/2019*, Sant'Arcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore.

CORTESI F., LUDOVISI L. (2023). *Costruzioni in muratura. Progettazione strutturale di nuovi edifici e di interventi sull'esistente ai sensi delle NTC2018*, Sant'Arcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore.

DECRETO LEGISLATIVO 22 gennaio 2004, n. 42. *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137.

DECRETO MINISTERIALE 17 gennaio 2018. *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*.

DIRETTIVA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 9 febbraio 2011. *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*.

GIURIANI E. (2012). *Consolidamento degli edifici storici: tecniche, immagini, dettagli*, UTET.

MARIANI M. (2004). *Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio*, Collana Centro Studi Sisto Mastrodicasa, Roma, Dei Editore.

MARIANI M. (2014). *Particolari costruttivi nel consolidamento e restauro*, Roma, Dei Editore.

Monitoraggio preventivo e soluzioni IoT per la resilienza urbana: il caso della città storica de L'Aquila

Preventive monitoring and IoT solutions for urban resilience: the case of the historic city of L'Aquila

S. Falciano

Gran Sasso Science Institute

L. Iovino

Gran Sasso Science Institute

E. Stagnini

Gran Sasso Science Institute

A. Fedeli

Gran Sasso Science Institute

E. De Panfilis

Gran Sasso Science Institute

Abstract

La ricostruzione post-sisma de L'Aquila offre la possibilità di innestare nuove buone pratiche per il patrimonio culturale della città storica tramite le nuove tecnologie. Con il progetto CHANGES, il GSSI ha proposto una rete urbana di sensori per il monitoraggio preventivo *indoor* e *outdoor* dei beni culturali, coordinata attraverso una *Control Room*. La soluzione integra dimensione storica, quadro normativo e innovazione tecnologica, tramite un modello multi-scalare di conservazione preventiva.

The post-earthquake reconstruction of L'Aquila offers the opportunity to introduce new best practices for the historic city's cultural heritage through new technologies. With the CHANGES project, GSSI has proposed an urban network of sensors for preventive indoor and outdoor monitoring of cultural heritage, coordinated through a Control Room. The solution integrates historical dimension, regulatory framework and technological innovation through a multi-scale model of preventive conservation.

Keywords

Patrimonio culturale, Conservazione preventiva, Internet of things.

Cultural heritage; Preventive conservation; Internet of things.

Introduzione

Il tema della resilienza urbana a seguito di eventi sismici sollecita oggi una riflessione che intreccia dimensione storica, normativa e tecnologica. Le distruzioni provocate dai terremoti hanno storicamente favorito lo sviluppo di strategie di ricostruzione sempre più aggiornate, alimentando la definizione di competenze tecniche e progettuali orientate alla prevenzione e alla gestione delle città a seguito delle catastrofi naturali. La città storica de L'Aquila ne è un esempio straordinario e la recente ricostruzione [Belmonte, Scirocco, Wolf 2019], in parte ancora in corso, offre la possibilità di innestare nuove buone pratiche per la città storica tramite le nuove tecnologie.

Viene presentato in questa sede uno dei risvolti del progetto di ricerca CHANGES¹ in seno al Gran Sasso Science Institute (GSSI): un sistema di monitoraggio su scala urbana tramite una rete di sensori *indoor* e *outdoor* per il monitoraggio preventivo dei beni culturali diffusi. L'approccio, ben consolidato in ambito museale, risulta ancora sperimentale se applicato al paesaggio urbano, ma è di fatto cruciale per una conservazione preventiva e – sempre più – programmata, in grado di ridurre i rischi connessi alla vulnerabilità di edifici storici e manufatti in essi custoditi [Petraroia 2017, 93-95].

¹ Finanziato dalla Unione Europea – Next Generation EU, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 (Istruzione e ricerca), Componente 2 (Dalla Ricerca all'Impresa), Investimento 1.3 (Partenariati Estesi), Tematica 5 (Cultura umanistica e patrimonio culturale come laboratori di innovazione e creatività), CUP D53C22002560006.

La raccolta e l'analisi dei dati viene coordinata all'interno di una *Control Room*, resa accessibile agli enti preposti alla tutela del territorio, ma anche – in forma ridotta – ai cittadini tramite un'interfaccia dedicata, che racconti le molteplici cure che il patrimonio culturale richiede. La *Control Room*, quale spazio aperto di discussione e confronto fra Soprintendenze e Università, fra tutela e ricerca, favorirà la stesura di protocolli di monitoraggio, differenziati per scale d'intervento, coinvolgendo beni immobili e mobili di particolare rilevanza storico-artistica e identitaria. La città, ricostruita “dov'era, com'era”, potrà disporre di strumenti ulteriori e di nuove piattaforme dinamiche, ma anche di nuovi modelli di racconto della città e del suo patrimonio culturale.

1. Il sistema “opera d'arte-ambiente”

Le condizioni ambientali interne hanno un impatto significativo sui beni culturali, in particolare nei siti storici, nei musei, nelle gallerie e negli archivi dove sono conservate ed esposte opere d'arte e manufatti di valore storico o artistico. Com'è noto, prolungate condizioni di umidità elevata, scarsa qualità dell'aria, sbalzi termoigrometrici, possono alterare lo stato di conservazione dei beni o accelerarne i fenomeni di degrado. In particolare, il microclima *indoor* nei siti storici [Balzarotti 2005] – si pensi ad esempio a edifici religiosi [Aste *et al.* 2019] – svolge un ruolo significativo nella conservazione delle opere ivi esposte alla devozione e alla fruizione di tutti, quali dipinti su tela o su tavola, cicli d'affreschi, sculture, pannelli lignei, oggetti sacri, ecc. [Aste *et al.* 2016]. Talvolta, nella scala dell'edificio, si rende persino necessario effettuare misurazioni multi-parametro dei microclimi. Tuttavia, difficilmente vengono forniti dati in tempo reale e su lunga scala temporale, in modo da attuare per tempo azioni correttive e preventive, prima che il fenomeno di degrado insorga.

Grazie all'integrazione della tecnologia Internet of Things (IoT), è possibile rilevare le condizioni ambientali e microclimatiche di un determinato sito d'interesse culturale e attuare azioni correttive, studiate *ad hoc* per garantire le condizioni ottimali per la conservazione dei manufatti lì contenuti, migliorare la gestione degli ambienti interni, dunque del sistema “opera d'arte-ambiente” [Petraroia 2014, 303-304], prevenendo così il deterioramento del bene o, quanto meno, rallentandolo. I sistemi automatizzati possono regolare il controllo del clima, l'illuminazione e la ventilazione sulla base di dati in tempo reale, riducendo il rischio di danni irreversibili ai manufatti. Inoltre, le soluzioni IoT aiutano a ottimizzare l'uso dell'energia, a migliorare gli sforzi di conservazione e a garantire ambienti più salubri sia per le collezioni che per i visitatori, preservando in ultima analisi il patrimonio culturale per le generazioni future.

1.1. Stato dell'arte di soluzioni IoT per il Patrimonio Culturale

IoT, acronimo di “Internet of Things”, si riferisce allo sviluppo tecnologico grazie al quale, attraverso Internet, ogni oggetto acquisisce una propria identità nel mondo digitale. Pertanto, l'IoT si basa sull'idea di oggetti “intelligenti” interconnessi tra loro al fine di scambiarsi le informazioni che possiedono, raccolgono e/o elaborano. Una delle applicazioni più importanti, in crescita negli ultimi anni, è quella relativa al monitoraggio del patrimonio culturale. La valutazione ambientale delle strutture storiche richiede un'indagine meticolosa e ben strutturata per mantenere le condizioni di conservazione il più stabili possibile. In particolare, le norme di riferimento europee relative alla misurazione dei parametri microclimatici nel contesto dei beni culturali [EN 2012] non prescrivono una metodologia definitiva, ma procedure generali adattate ai particolari fenomeni oggetto di studio [UNI 1999].

Le infrastrutture IoT sono abbinate a sistemi software con protocolli di comunicazione specifici che puliscono, aggregano e pubblicano i dati provenienti dai sensori. Oggi esistono molte tecnologie candidate all'implementazione della rete di sensori interni; alcune di esse offrono un'ampia gamma di sensori che possono essere collegati a unità di controllo (microcontrollori) e programmati con software personalizzati. Con questa "personalizzazione" modulare è possibile misurare: la qualità dell'aria attraverso l'indice IAQ (indice di qualità dell'aria interna); la pressione dell'aria in hPa, l'umidità in %RH, la temperatura in °C, combinati con altri parametri, e calcolare l'indice IAQ finale. I microcontrollori possono essere programmati per fungere da *broker* o per comunicare con un *broker ad hoc* e riutilizzare l'intera infrastruttura. È possibile, ad esempio, costruire un'architettura basata su un protocollo standard *publish-subscribe* che, utilizzando un broker MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), riceve i dati e li memorizza in un database di serie temporali.

L'inclusione delle moderne ICT, come l'Internet of Things (IoT), nel monitoraggio degli ambienti del patrimonio culturale ha già dimostrato l'enorme potenziale [Maksimović, Ćosović 2019]. In particolare, si è utilizzato per monitorare lo stato di salute strutturale degli edifici, nonché per migliorare l'esperienza degli utenti dell'ambiente culturale [Chianese, Piccialli 2015], dimostrando la loro versatilità nell'affrontare sfide ambientali, strutturali e di analisi dati, per il patrimonio tangibile e intangibile.

Taluni studiosi [Maksimović, Ćosović 2019] propongono un'architettura IoT a tre livelli per preservare il patrimonio culturale, concentrandosi sulle condizioni delle chiese ortodosse orientali, per monitorare e gestire quei fattori ambientali che influiscono in modo significativo sulla conservazione delle strutture antiche. Allo stesso modo [Gribaudo *et al.* 2017] il monitoraggio basato sull'IoT nel sito UNESCO di Matera ha consentito alle autorità di intraprendere azioni preventive prima che si verificassero danni: ciò dimostra l'importanza delle soluzioni IoT nella gestione di grandi siti culturali con dinamiche ambientali e antropiche complesse, quali l'afflusso di grandi folle. Nel contesto della gestione museale [Chianese, Piccialli 2014] l'IoT è stato utilizzato per progettare musei "intelligenti", in cui sensori e dispositivi consentono la regolazione dinamica di fattori ambientali quali temperatura, umidità e intensità luminosa per ottimizzare la conservazione dei reperti.

Inoltre, l'IoT può essere impiegato per l'analisi predittiva dello stato di conservazione del bene: Perles *et al.* [Perles *et al.* 2018] introducono un'architettura IoT finalizzata alla conservazione preventiva, utilizzando sensori a basso impatto come LoRa e Sigfox, progettati per un monitoraggio di lunga durata con un impatto minimo sui manufatti. Tale architettura scalabile integra l'elaborazione basata su *cloud* per analizzare e visualizzare i dati, supportando strategie di conservazione proattiva. Inoltre, è stato esaminato come [Piccialli *et al.* 2020] l'analisi dei dati generati dall'IoT sul comportamento dei visitatori nei musei, possa contribuire a migliorare il loro coinvolgimento e, nel complesso, la gestione museale. Un altro sviluppo significativo dell'IoT, combinato con tecniche di apprendimento automatico [Lee, Lee 2019] e modelli di *deep learning* come LSTM e GRU, consente di prevedere e prevenire i danni ai monumenti, dimostrando come le reti neurali ricorrenti (RNN) possano utilizzare dati IoT di serie temporali per prevedere problemi strutturali e facilitare così interventi tempestivi di prevenzione.

Dunque l'integrazione di tecnologie IoT per il patrimonio culturale si afferma come strumento utilissimo alla salvaguardia dei beni culturali a fronte delle crescenti sfide, ambientali e antropiche.

2. Il progetto URBIS (*Urban control Room for Built heritage Integrated Safe-guard*)

URBIS è un progetto multidisciplinare e incrementale per un monitoraggio preventivo e continuativo della città storica de L'Aquila. Il suo nome "URBIS" (dal latino *Urbs, urbis*; lett. "della Città") richiama la dimensione della città "vivente": non già come "centro storico", musealizzato, ma come città storica, che mantiene il binomio ossimorico di una coesistenza fra patrimonio storico-artistico e la sua vivibilità. Il progetto mira allo sviluppo di un sistema integrato per la gestione sostenibile del patrimonio culturale diffuso mediante l'uso di reti di sensori IoT distribuite su scala urbana. L'obiettivo è estendere le pratiche di conservazione preventiva, tradizionalmente limitate agli ambienti museali, all'intero tessuto urbano e territoriale, affrontando la complessità del monitoraggio diffuso dei beni storico-artistici. La creazione di una Control Room centralizzata consente di raccogliere, analizzare, visualizzare e trasmettere in tempo reale i dati ambientali e strutturali provenienti dai siti monitorati, offrendo un modello scalabile e replicabile per la tutela proattiva e preventiva del patrimonio culturale.

I parametri ambientali, naturali e antropici, monitorati in ogni sito sono: temperatura, umidità, umidità relativa, CO₂, particolato atmosferico, pressione e qualità dell'aria, OX (qualità dell'aria in funzione della quantità di ossigeno presente), illuminanza e radiazione solare, accelerazione, VOC (Volatile Organic Compounds), pressione del suono; numero di presenze umane tramite sensori bluetooth.

Il sistema sviluppato al GSSI consente di consultare i dati in tempo reale e di adottare misure proattive per proteggere gli oggetti sensibili al degrado causato dalle fluttuazioni dei parametri ambientali. Le istituzioni possono monitorare costantemente i parametri ambientali chiave quali temperatura, umidità, CO₂, particolato e composti organici volatili.

2.1. Il caso studio della Chiesa di S. Maria della Misericordia

Il primo e prototipale caso studio è stato quello della Chiesa di Santa Maria della Misericordia a L'Aquila, ove la scoperta di affreschi di XVI secolo di straordinario valore storico-artistico ha fatto emergere uno dei restauri più significativi della ricostruzione post-sisma dell'Aquila. Le specificità planimetriche e altimetriche rendono la Chiesa un contesto ideale per lo sviluppo di una metodologia puntuale e replicabile per il monitoraggio delle condizioni microclimatiche.

Le soluzioni IoT per il monitoraggio ambientale sono le più adeguate al fine di analizzare il microclima della chiesa e l'impatto di quest'ultimo sugli affreschi, che presentano non poche caratteristiche di unicità in termini conservativi: tornati alla luce nella loro sostanza materica originaria (e senza sovrapposizioni di sorta), sono oggi esposti, dopo 500 anni, a condizioni atmosferiche – e ad agenti inquinanti – del tutto assenti al momento fino alla loro copertura, avvenuta nel XVIII secolo; le stratificazioni costruttive dell'edificio, lasciate visibili dal restauro recente, determinano condizioni microclimatiche all'interno delle nicchie, in contrasto con il macroambiente della chiesa a navata unica.

2.2. Metodologia adottata

Le misurazioni devono essere effettuate per un periodo di tempo che consenta una conoscenza sufficientemente approfondita dell'andamento temporale dei valori delle grandezze stesse nei vari punti significativi dello spazio. Proprio per la sua complessità non è possibile partire da uno standard metodologico di riferimento, ma sono necessari adeguamenti che tengano conto delle specificità del bene [UNI 1999; 2023]. Sono stati individuati sensori con caratteristiche adeguate all'accuratezza

necessaria, ma cercando di evitare costi troppo elevati; tale approccio mira a rendere il progetto replicabile, anche da parte di uffici pubblici e agenzie di conservazione del patrimonio.

Si è avviata un'analisi dettagliata del sito e delle sue problematiche di conservazione. Data la delicatezza degli affreschi e le condizioni microclimatiche uniche delle nicchie sopra descritte, è stata scelta una metodologia di monitoraggio a lungo termine per acquisire dati ambientali coerenti su un periodo prolungato. A tal fine, è necessario innanzitutto avviare una fase preliminare, per poi dare inizio al monitoraggio a lungo termine. Ciò consente di identificare i punti di maggiore interesse e più significativi in termini di qualità e chiarezza dei dati, al fine di ottenere il massimo livello di informazioni con il minor numero possibile di sensori.

I seguenti sensori sono stati selezionati in conformità con gli standard di conservazione del patrimonio culturale [UNI 2013]: termoigrometri per monitorare la temperatura e l'umidità relativa; fotometri per misurare l'esposizione alla luce; sensori PMx per valutare i rischi di inquinamento e contaminazione; contatori di persone, che consentono di stabilire correlazioni tra l'attività antropica e le fluttuazioni ambientali.

Per la prima installazione dei sensori, le circostanze di cantiere di restauro hanno agevolato l'installazione provvisoria, consentendo di effettuare vari test e di dialogare direttamente e costantemente con i restauratori al lavoro. I dati sono stati trasmessi tramite una rete di comunicazione LORAWAN, che li indirizza a un server, per essere poi elaborati con piattaforme di sviluppo low-code (LCDP) oppure attraverso modelli di apprendimento automatico per identificare tendenze, prevedere potenziali rischi e generare informazioni utili ai gestori del sito.

È stata creata la sala di controllo centralizzata che mostra visualizzazioni in tempo reale per le parti interessate, tra cui specialisti della conservazione e urbanisti. Sebbene i dati siano stati raccolti in un breve periodo di tempo e quindi non siano perfettamente adatti per monitorare lo stato di conservazione complessivo della Chiesa della Misericordia, questa misurazione iniziale è servita a valutare il potenziale di questa infrastruttura di sensori nel lungo periodo.

3. Risultati

L'analisi ambientale preliminare consente di ipotizzare che la chiesa e i suoi spazi interni siano interessati da variazioni significative dei parametri microclimatici, in particolare nelle piccole nicchie che ospitano gli affreschi. Le variabili monitorate includono: fluttuazioni di temperatura; umidità relativa; temperatura e umidità superficiali; intensità luminosa; presenze umane.

I dati a lungo termine forniscono informazioni utili per adeguamenti in tempo reale alle attività di restauro e manutenzione, come l'ottimizzazione della ventilazione e la limitazione dell'esposizione alla luce. A tal fine, si sta sviluppando un sistema di *Alert* che si attivi quando i parametri superino determinate soglie, consentendo interventi preventivi per ridurre al minimo i rischi di degrado. Convergen-
do tutti i dati nella sala di controllo, a disposizione di professionisti addetti alla tutela, il modello per un monitoraggio integrato della città storica dell'Aquila potrebbe essere sempre più completo e utile alla prevenzione dei rischi, in linea con la necessità di promuovere un approccio interdisciplinare che tale disciplina richiede.

Conclusioni

Le sperimentazioni condotte presso la Chiesa della Misericordia consentono di trarre considerazioni sul ruolo che le tecnologie IoT possono assumere nei processi di tutela del patrimonio culturale in un contesto post-sisma. L'implementazione di soluzioni IoT per il monitoraggio microclimatico e ambientale non si configura unicamente come un avanzamento strumentale, ma come un cambio di paradigma: dalla conservazione reattiva, fondata sull'intervento a danno avvenuto, a una conservazione preventiva, basata sulla raccolta sistematica di dati, l'analisi predittiva e la gestione programmata del rischio.

L'integrazione di sensori *indoor* e *outdoor*, a ridotto impatto visivo e compatibili con il decoro dei beni culturali, consente di monitorare in modo continuativo parametri determinanti quali temperatura, umidità relativa, qualità dell'aria, particolato, radiazione solare e flusso di visitatori. La disponibilità di dati in tempo reale, associata alla definizione di soglie di allerta, rende possibile l'attivazione tempestiva di misure di mitigazione, contribuendo alla salvaguardia dei beni mobili e immobili. Al contempo, lo storico dei dati consentirà di costruire serie temporali utili alla comprensione dei fenomeni di degrado nel lungo termine.

La realizzazione della Control Room urbana presso i laboratori del GSSI consente la centralizzazione dei dati provenienti dalla rete estesa di sensori, configurando un'infrastruttura conoscitiva su scala urbana. La visualizzazione multilivello, dalla mappa della città alla modellazione tridimensionale del singolo edificio, fino al dettaglio dell'opera d'arte, traduce la complessità del patrimonio con uno strumento operativo, capace di connettere analisi del dato, scelte e interventi preventivi.

L'introduzione di *dashboard* accessibili agli enti di tutela, unitamente alla progressiva applicazione di algoritmi di intelligenza artificiale per il monitoraggio predittivo, apre alla possibilità di una *governance* condivisa del patrimonio. Inoltre, la dimensione interdisciplinare del progetto non costituisce elemento accessorio, ma la condizione necessaria per l'efficacia del modello proposto, in un punto d'equilibrio tra studio dell'ambiente, gestione e cura dei siti culturali e loro fruizione.

I prossimi sviluppi, dalla completa installazione dei sensori nei siti individuati alla definizione di protocolli replicabili, mirano a consolidare una metodologia trasferibile ad altri contesti urbani, in particolare a quelli segnati da eventi catastrofici. In tal senso, l'esperienza aquilana si configura come laboratorio avanzato di strategie sostenibili di tutela post-disastro, laddove il processo di ricostruzione arricchisce il territorio di strumenti innovativi capaci di garantire non solo il ripristino dell'identità materiale, ma anche la costruzione di nuovi sistemi permanenti di prevenzione, monitoraggio e corresponsabilità nella gestione del patrimonio culturale diffuso.

Bibliografia

- ASTE, N., ADHIKARI, R.S., BUZZETTI, M., DELLA TORRE, S., DEL PERO, C., HUERTO, H.E.C., LEONFORTE, F. (2019). *Microclimatic monitoring of the Duomo (Milan Cathedral): Risks-based analysis for the conservation of its cultural heritage*, in «Building and Environment», vol. 148, pp. 240-257.
- ASTE, N., DELLA TORRE, S., ADHIKARI, R. S., BUZZETTI, M., DEL PERO, C., LEONFORTE, F., MANFREN, M. (2016). *Sustainable church heating: The Basilica di Collemaggio case-study*, in «Energy and Buildings», vol. 116, pp. 218-231.
- BALZAROTTI R. (2005). *L'analisi dei dati ambientali e delle misure correttive*, in *Gestione e cura delle collezioni*, Firenze, pp. 57-64.

- BELMONTE, C., SCIROCCO, E., WOLF, G. (2019), *Storia dell'arte e catastrofi. Spazio, tempi, società*, Kunsthistorisches Institut in Florenz, Max Planck Institut, Venezia, Marsilio editore.
- CHIANESE, A., PICCIALLI, F. (2014). *Designing a Smart Museum: When Cultural Heritage Joins IoT*, 2014, in *Eighth International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies*, Oxford, UK, pp. 300-306.
- CHIANESE, A., PICCIALLI, F. (2015). *Improving User Experience of Cultural Environment Through IoT: The Beauty or the Truth Case Study*, in *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services, Smart Innovation, Systems and Technologies*, DAMIANI E., GALLO L., HOWLETT R., JAIN L.C., Springer, International Publishing Switzerland, vol. 40, pp. 11-20.
- D'AMATO, F., GAMBA, P., GOLDONI, E. (2012). *Monitoring heritage buildings and artworks with Wireless Sensor Networks*, in *2012 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems, EESMS 2012 – Proceedings*, pp. 1-6.
- EN 16242 (2012). *Conservation of Cultural Heritage. Procedures and Instruments for Measuring Humidity in the Air and Moisture Exchanges between Air and Cultural Property*.
- GRIBAUDO, M., IACONO, M., LEVIS, A.H. (2017). *An IoT-based monitoring approach for cultural heritage sites: The Matera case*, in «Concurrency Computat: Practice and Experience»; vol. 29 (11). p. 4153 e ss.
- LEE, W., LEE, D. (2019). *Cultural Heritage and the Intelligent Internet of Things*, in «Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)», vol. 12, 3, n. 21, pp. 1-14.
- MAKSIMOVIĆ, M., ČOSOVIĆ, M. (2019), *Preservation of Cultural Heritage Sites using IoT*, in «2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)», East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 1-4.
- PERLES, A., PÉREZ-MARÍN, E., MERCADO, R., SEGRELLES, J.D., BLANQUER, I., ZARZO, M., GARCIA-DIEGO, F. J. (2018). *An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage*, *Future Generation Computer Systems*, vol. 81, pp. 566-581.
- PETRAROIA, P. (2014). *Carta del rischio: linee guida e normativa recente. Una lettura critica*, in «Economia della Cultura», Rivista trimestrale dell'Associazione per l'Economia della Cultura, n. 3-4, anno XXIV (2014), pp. 303-320.
- PETRAROIA, P. (2017). *Dall'emergenza alla normalità efficace: una sfida per il patrimonio culturale in Italia*, in «Kermes. restauro, conservazione e tutela del patrimonio culturale», n. 100 (2017), pp. 93-95.
- PICCIALLI, F., BENEDUSI, P., CARRATORE, L., COLECCHIA, G. (2020). *An IoT data analytics approach for cultural heritage*, in «Personal and Ubiquitous Computing, vol. 24, 3, pp. 429-436.
- UNI 10829 (1999). *Beni di interesse storico e artistico: Condizioni ambientali di conservazione*.
- UNI 17820 (2023). *Conservazione del Patrimonio Culturale – Norme per la gestione delle collezioni di opere d'arte mobili*.
- UNI 16242 (2013). *Procedure e strumenti per misurare l'umidità dell'aria e gli scambi di vapore tra l'aria e i beni culturali*.

Stratificazioni e complessità nella Basilica dello Spirito Santo in Napoli. Costruzione e ricostruzione della volta della navata centrale (XVIII-XX sec.)

Stratifications and complexity in the Basilica dello Spirito Santo in Naples. Construction and reconstruction of the central nave vault (18th-20th centuries)

Antonio Festa

Dottorando in Heritage Science
Sapienza Università di Roma, Università
degli Studi di Napoli Federico II
antonio.festa@uniroma1.it

Abstract

I sismi che hanno colpito il Vicereame e poi Regno di Napoli tra il XVII e il XVIII secolo hanno orientato la ricostruzione verso la sperimentazione di soluzioni, che hanno favorito, in molti casi, la sostituzione delle gravose volte murarie con più leggere strutture lignee. In tale ambito, il contributo approfondisce il caso della Basilica dello Spirito Santo a Napoli, indagando sia il 'restauro' settecentesco che ha previsto la costruzione della grande «lamia finta» a copertura della navata, sia le trasformazioni della volta realizzate nella seconda metà del XX secolo. Attraverso un approccio diacronico e multimaterico, dunque, lo studio analizza l'evoluzione delle tecniche costruttive, con particolare attenzione alla gestione digitale della complessità delle informazioni provenienti dalla fase della conoscenza.

The seismic events that struck the Vice Kingdom and the Kingdom of Naples between the 17th and 18th centuries guided reconstruction efforts toward the experimentation with devices, which often encouraged the replacement of heavy masonry vaults with lighter timber structures. Within this context, the paper examines the case of the Basilica of Spirito Santo in Naples, investigating both the 18th-century 'restoration', which featured the construction of the large «lamia finta» (mock vault) over the nave, and the transformations of the vault carried out during the second half of the 20th century. Through a diachronic and multi-material approach, the study analyses the evolution of construction techniques, with a specific focus on the digital management of the complex information derived from the knowledge phase.

Keywords

palinsesto, restauro, digitalizzazione.

palimpsest, restoration, digitisation.

Introduzione

Nell'ambito della cultura tecnica partenopea precedente al XIX secolo, un momento significativo di riflessione in materia di ricostruzione e consolidamento delle fabbriche esistenti, rispetto alle problematiche di dissesto, può individuarsi soprattutto nel periodo successivo ai sismi del 1731 e 1732¹ [Russo 2005]. A partire dalla seconda metà del XVIII secolo, infatti, si è assistito alla diffusione di sistemi costruttivi volti ad assicurare il comportamento monolitico delle pareti murarie e ad attenua-

¹ Il presente lavoro di ricerca si inserisce nell'ambito del Progetto di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN 2022) *Learning from the Past. Historical Memory, Material Culture, Seismic Damage Prevention in Buildings and Towns in Southern Italy: Skills and Experiences between the 17th and 18th centuries* (PI: prof. arch. Valentina Russo), finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (2025-2027), che coinvolge quali Unità di ricerca le Università degli Studi di Napoli Federico II (capofila), Palermo, Parma e Mediterranea di Reggio Calabria (CUP: E53C24003380006).

re i carichi e le spinte sulle strutture verticali. Nello specifico, tali accorgimenti consistono tanto nel giusto proporzionamento delle parti murarie e nel miglioramento delle connessioni tra gli elementi strutturali, quanto nel generale alleggerimento delle strutture voltate, nella messa in opera di catene metalliche e nella realizzazione di elementi di contrasto [Russo 2005; Romano 2021]. In tale ambito, il contributo approfondisce la questione inerente alla graduale ed estesa sostituzione del pesante sistema delle volte murarie con il «più leggero, meno spingente ma decorativamente valido», sistema delle volte a incannucciata [Russo 2005, 153].

Il ricorso alle volte leggere si diffonde maggiormente tra il XVII e il XVIII secolo, sia nell'ambito delle architetture civili, sia di quelle religiose. Il Settecento, infatti, è stato un secolo fondamentale per l'avvio delle prove sperimentali sui materiali, andando ad affinare le conoscenze in campo statico e – anche se solo in parte – dinamico, ponendo le basi per i successivi sviluppi ottocenteschi relativi al comportamento meccanico dei materiali [Romano 2021, 14]. Nei cantieri napoletani, in particolare, si osserva un largo impiego di volte con ossatura lignea, rivestite poi da canne, «cerchie» o tavolati, anche se la trattatistica coeva testimonia solo una parziale conoscenza di questa tecnica costruttiva [Russo 2005; Russo, Romano, Marulo 2020]. Di fatto, per una maggiore consapevolezza riguardo alle volte a incannucciata, bisogna attendere la fine del XVIII secolo e gli inizi del XIX, allorché il radicale mutamento d'approccio nella trattatistica partenopea inizia a porre l'attenzione sugli aspetti pratici della costruzione. Ciò nonostante, pur seguendo un approccio ancora fondato sull'esperienza, le sperimentazioni sei-settecentesche inerenti all'impiego del legno per l'alleggerimento di murature o per la costruzione di volte, apre a interessanti riflessioni circa il suo utilizzo quale presidio antisismico [de Martino, Russo 2005; Russo 2005; Russo, Romano, Marulo 2020; Romano 2021].

A partire da tali premesse, dunque, lo studio del cantiere settecentesco di «migliorazione, e riparazione»² della Basilica dello Spirito Santo a Napoli si presenta, in tale sede, quale osservatorio privilegiato per un affondo sui temi suddetti e, specialmente, in riferimento alla realizzazione della grande «lamia finta»³ a copertura della navata della chiesa [Catalani 1845; Celano 1858; D'Engenio Caracciolo 1623; Galante 1873; Strazzullo 1953; Di Mauro *et al.* 1995; De Fusco 2002; Gravagnuolo 2010; Russo 2005; Sansò 2016].

«Riguardo alla lamia finta da farsi nella nave». Il progetto di Mario Gioffredo e il cantiere di costruzione della volta lignea (1754-1761)

Nel 1758, sotto la direzione del regio architetto Mario Gioffredo [Gioffredo 1768; Carlino 2002; Gravagnuolo 2002; Jappelli 2002], disegnatore del progetto risultato vincitore al bando di concorso emanato dai governatori della Real Casa e Banco dello Spirito Santo nel 1754⁴, prende l'avvio un'estesa campagna di lavori di 'restauro' della Basilica omonima, protrattasi fino al 1775 [Strazzullo 1953; De Fusco 2002; Russo 2005]. Il progetto di Gioffredo sembra focalizzarsi su due aspetti principali: da un lato, egli si premura di consolidare e inglobare le strutture cinquecentesche della basilica nella nuova *facies* settecentesca e neoclassica (FIG. 1); dall'altro, invece, il regio architetto propone la riparazione

2 Napoli. Archivio di Stato. *Casa dello Spirito Santo*. F.lo 48, f. 3r.

3 Ivi, f. 68v.

4 Ivi, f. 5.



FIG. 1. Napoli, Basilica dello Spirito Santo. Vista della navata e della volta a botte verso la controfacciata, foto di Antonio Festa 2024.

delle strutture di copertura e la realizzazione di una nuova crociera, fondata su «un telaro quadro tutto unito»⁵, coperta superiormente da una grande cupola [Strazzullo 1953; De Fusco 2002; Russo 2005; Milano *et al.* 2026]. Dalla riparazione del tetto «colla sua lamia di stucco»⁶, al «disegno della crociera con lasciar la cupoletta che trovasi nel presbiterio»⁷, fino alla costruzione della nuova Cupola con sua lanterna e cupolino, dunque, gli interventi di Gioffredo si dimostrano di particolare interesse per approfondimenti sui materiali e le tecniche impiegate, e sulle loro ripercussioni nella cultura locale, anche in un'ottica di utilizzo di queste prassi costruttive per la mitigazione del danno in caso di eventi sismici [Russo 2005, 161-175].

Pertanto, la questione inerente all'alleggerimento delle strutture voltate sembra essere un aspetto precipuo del progetto di Mario Gioffredo, il quale, al fine di perseguire questo obiettivo fa ricorso all'utilizzo di differenti materiali da costruzione. Per la «volta che cuopre l'atrio dell'ingresso nella nuova crociera dal cortile del Banco», egli prevede la messa in opera di «fabbrica di tufo per l'altezza di palmi quattro dall'impostatura», mentre «il più dello sferico della volta è di pomici»⁸. Analogamente, tale combinazione di muratura in tufo e in pomici «d'Ischia, o di Pollena»⁹ ritorna sia nella costruzione dei «lamioni» a copertura del presbiterio, del coro e delle cappelle di S. Bartolomeo e del Crocifisso, con l'inserimento, però, di «catene di ferro di palmi 30 ogn'una co'loro traverse»¹⁰; sia nella realizzazione della grande cupola a copertura della nuova crociera¹¹. In quest'ultimo caso, inoltre, il regio architetto fa un largo utilizzo anche del mattone, come ad esempio: per gli arconi e per il tamburo della crociera stessa; per la costruzione del lanternino; per i rivestimenti e le decorazioni esterne; per la definizione dei costoloni all'estradosso della cupola [Strazzullo 1953; Russo 2005; Russo 2009]. Diversamente, per la realizzazione della grande volta a botte che copre la navata nella basilica, costruita per rimediare ai gravi problemi di infiltrazioni delle acque meteoriche causate dal tetto per la «maggior parte marcito, tanto che ne tempi piovosi vedesi quasi che tutta la chiesa bagnata»¹², viene pensata da Gioffredo una struttura lignea, opportunamente sostenuta dalle capriate soprastanti e finemente decorata all'intradosso. Anche in questo caso, l'uso del legno per la copertura a volta di ambienti ritorna in altre parti della basilica: infatti, lo si ritrova sia nella costruzione del cupolino della lanterna, poi sostituito nell'Ottocento, sia nella prima cappella laterale a destra della navata entrando dall'ingresso della basilica, ovvero quella dei della Monica [Russo 2005, 164]. Per quest'ultima, in particolare, il progetto prevede la realizzazione di una «ossatura con centine di larghezza ½ di palmo e restoni di legname di pioppo del Mastro», sostenuta al di sopra da una «contr'ossatura per freno della medesima con tre ginelle di lunghezza ogn'una palmi 7 ½»¹³.

5 Ivi, f. 287r. Così formata, la crociera «e le inferiori son ben salde, ed anno, come supponiamo saldissimi fondazioni, se pure il maggior peso in questo caso non concorra alla maggiore resistenza delli venti, e delle scosse» (ivi, f. 382r).

6 Ivi, f. 3r.

7 Ivi, f. 603r.

8 Ivi, f.lo 49, f. 937r.

9 Ivi, f.lo 48, ff. 87r-99r.

10 Ivi, f.lo 49, ff. 990r-1005r.

11 Ivi, f.lo 48, ff. 87r-99r.

12 Ivi, f.lo 49, f. 3r.

13 Per i lavori inerenti alla costruzione della volta a botte della cappella dei Signori della Monica (o del Monte della Monica), a opera del falegname N. Raimo, si rimanda a: ivi, ff. 1632rv. Per i lavori di «incannizzatura coll'imbratto sotto nella lamia» e per quelli di stuccatura, eseguiti dallo stuccatore G. Scarola, si veda: ivi, ff. 1497r-1498r.

Ritornando alla volta della navata, i lavori vengono eseguiti dai mastri falegnami Giovanni Donzelli e Nicola Raimo, i quali, nell'aprile del 1758, si obbligano «di fare ciascuna incavallatura» (capriata) del tetto, ognuna delle quali composta di «due Cavalli» (puntoni) con un «Monaco nel mezzo [...]», due poze (saette) lavorate a quattro facce, ed altre due poze [...] che fanno cavallo armato sotto le corree» (catene). Queste ultime, a loro volta, si compongono di tre pezzi ognuna, «impunate e fasciate con perni, e ferro del luogo», proporzionate tra loro, come i puntoni soprastanti, affinché possano sostenere «il curvo inferiore della lamina» con l'ausilio di «ginelle d'accetta». La struttura, poi, si completa di ulteriori due travi poste verticalmente in corrispondenza «delli capi delle corree»¹⁴. Al di sotto della nuova copertura della nave, Gioffredo disegna la grande volta 'leggera' composta da un doppio sistema di centine affiancate in legno «di pioppo di Cervinara [...]», con un'orditura secondaria definita da «restoni [...] che li formano tessitura [...] ammecciati nelle centine, e testoni (a) formar graticola di quadratura palmo uno, ed un quarto»¹⁵. La struttura della volta, quindi, è ancorata alle capriate superiori «da armaggio di ginelle d'accetta lavorate ad una faccia», distanti tra loro «palmi tre» e «impernate» alle catene delle capriate superiori¹⁶ (FIG. 2). Successivamente, nel 1759, il mastro stuccatore Giuseppe Scarola subentra nei lavori della volta per la realizzazione della «incannizzatura, et imbrattatura, così superiore, come inferiore» e per la successiva stuccatura e decorazione intradossale [Strazzullo 1953; De Fusco 2002; Russo 2005].

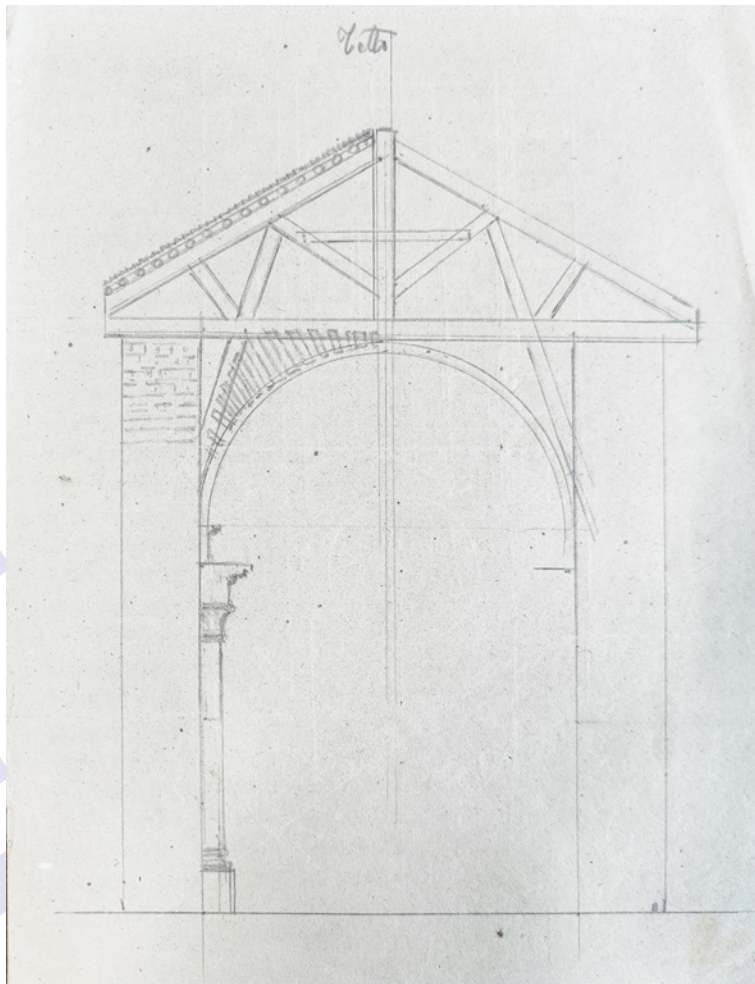


FIG. 2. F. Ventimiglia (?), *tetto (esempio di capriata preesistente nella Basilica dello Spirito Santo, prima degli interventi di sostituzione)*, Napoli, Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio. *Chiesa dello Spirito Santo*. B. 18/360. *Lavori di restauro e ricostruzione del tetto della chiesa monumentale dello Spirito Santo in Napoli*, Libretto delle Misure, Impresa M. Cappelli fu Pasquale, assistente tecnico F. Ventimiglia, 4 settembre 1944 (?).

¹⁴ Napoli. Archivio di Stato. *Casa dello Spirito Santo*. F.lo 48, ff. 49r-50r.

¹⁵ *Ibidem*.

¹⁶ *Ibidem*.

Una «armatura in ferro per la ricostruzione della volta di copertura sulla navata». I restauri della basilica nella seconda metà del XX secolo (1943-1981)

A partire dalla seconda metà del XX secolo, la Basilica dello Spirito Santo è nuovamente oggetto di interventi di restauro, prima per le riparazioni dei danni subiti a seguito dei bombardamenti della Seconda guerra mondiale, poi per quelle relative allo sciame sismico degli anni Ottanta. In tale ambito, di particolare interesse sono proprio gli interventi attuati nel Secondo dopoguerra per la ricostruzione delle coperture della nave, colpite direttamente dalle bombe. La volta settecentesca disegnata da Gioffredo, infatti, subisce ingenti danni, tanto da dover essere ricostruita: in tale occasione viene proposta la sostituzione del tetto ligneo con un altro composto da capriate metalliche e la realizzazione di una «armatura in ferro centinata, costituente struttura portante della grande volta»¹⁷.

Tuttavia, le vicende inerenti alla ricostruzione post-bellica delle coperture e della volta della navata appaiono ben più complesse. Un primo progetto redatto tra il 1944 e il 1945, infatti, prevede la realizzazione di una «armatura in legno costituita da centine collegate da correnti longitudinali», rivestita da una «tessitura con incannucciate» intonacata all'intradosso e decorata «a stucco, riprendendo l'antica»¹⁸. Per le strutture di copertura, invece, l'intervento è volto alla «rimessa a piombo di capriate in legno di abete, con sostituzione di elementi in cattivo stato», oltre alla messa in opera sia di «travi di legname castagno», sia di «nuova ferramenta per grossa armatura di tetto»¹⁹ (FIG. 3). Nel 1946 un nuovo progetto propone la realizzazione di una «armatura in ferro per la costruzione di volta semicilindrica a sezione circolare per sostegno di rete metallica», sulla quale vengono poi applicati gli intonaci e gli stucchi. Tale «armatura è costituita da una struttura reticolare di ferri profilati, completamente saldata», che si compone di una «ossatura principale di nove arconi reticolari a tre cerniere, binati», posti in corrispondenza dei pilastri. La struttura si completa di «un'orditura di arcarecci a traliccio a distanza assiale di m. 2.00 e di correntini di ferri ad L a distanza di m. 0.50»²⁰.

In un altro progetto del 1947 e nella correlata perizia di collaudo²¹, si riscontra, tra i lavori eseguiti, sia «la ricostruzione di incavallature in ferro di sostegno della copertura a tetto della navata», sia «la

17 Napoli, Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio. *Chiesa dello Spirito Santo*. B. 18/360. *Preventivo della spesa occorrente per la esecuzione di lavori di restauro della monumentale chiesa dello Spirito Santo in Napoli gravemente danneggiata da azioni belliche*, redatto dal Direttore dei Lavori ing. A. Calvanese, 1° dicembre 1947.

18 Ivi, *Preventivo di spesa per l'esecuzione di opere di ripristino di parti distrutte, per effetto di azioni belliche, della monumentale Basilica dello Spirito Santo in Napoli*, redatto dal Direttore dei Lavori ing. A. Calvanese, 1° giugno 1946. Si rimanda, inoltre, a: *Preventivo della spesa occorrente per la esecuzione di opere di preservazione della monumentale chiesa dello Spirito Santo in Napoli danneggiata da azioni belliche*, redatto dal Direttore dei Lavori ing. A. Calvanese il 15 marzo 1944; *Lavori di restauro e ricostruzione del tetto della chiesa monumentale dello Spirito Santo in Napoli*, Libretto delle Misure, Impresa M. Cappelli fu Pasquale, assistente tecnico F. Ventimiglia, 4 settembre 1944; *Preventivo per l'esecuzione dei lavori suppletivi urgenti per la preservazione della monumentale chiesa dello Spirito Santo in Napoli (danneggiata da azioni belliche)*, redatto dal Direttore dei Lavori ing. A. Calvanese, 1° ottobre 1945.

19 *Ibidem*.

20 Napoli, Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio. *Chiesa dello Spirito Santo*. B. 18/360. *Preventivo dei lavori di restauro della monumentale Basilica dello Spirito Santo in Napoli, danneggiata da azioni belliche. Armatura in ferro per la ricostruzione della volta a copertura della navata*, redatto dal Direttore dei Lavori ing. A. Calvanese, 1° marzo 1946.

21 Ivi, *Lavori urgenti necessari alla preservazione della monumentale chiesa dello Spirito Santo in Napoli, danneggiata da azioni belliche*, Verbale di visita e certificato di collaudo, Impresa M. Cappelli fu Pasquale, 16 luglio 1947.

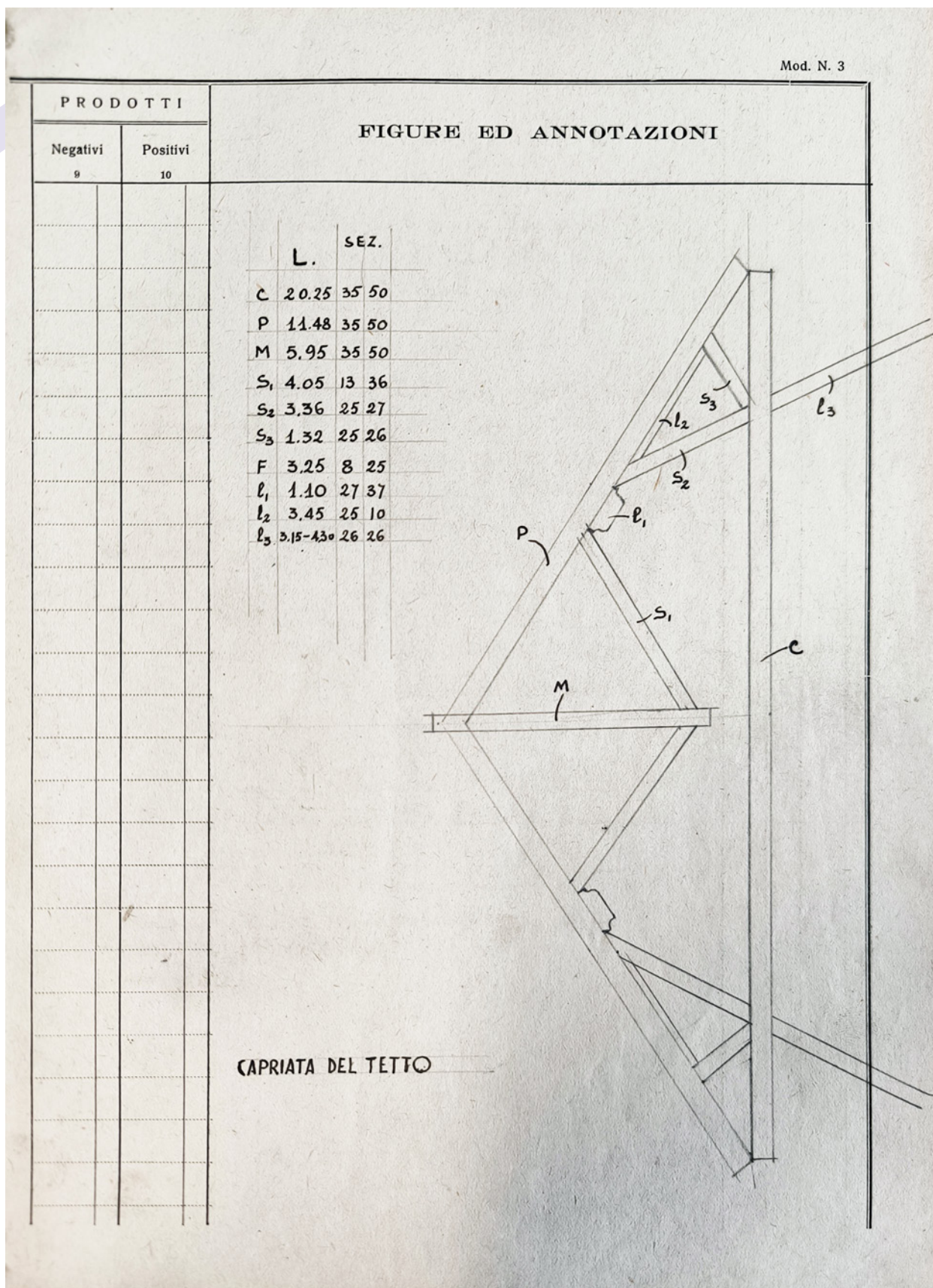


FIG. 3. F. Ventimiglia, *capriata del tetto*, Napoli, Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio. *Chiesa dello Spirito Santo*. B. 18/360. *Lavori di restauro e ricostruzione del tetto della chiesa monumentale dello Spirito Santo in Napoli*, Libretto delle Misure, Impresa M. Cappelli fu Pasquale, assistente tecnico F. Ventimiglia, 4 settembre 1944.

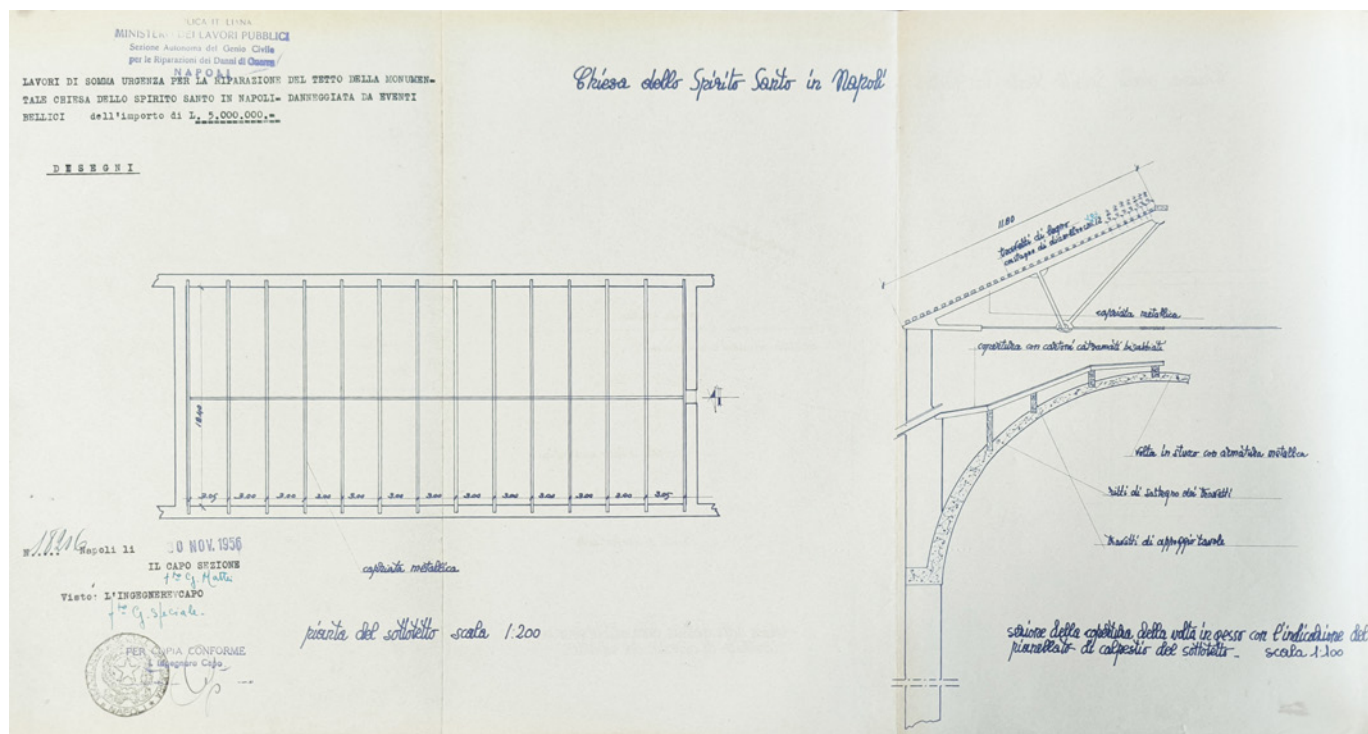


FIG. 4. G. Mattei, chiesa dello Spirito Santo in Napoli: pianta del sottotetto e sezione della copertura della volta in gesso con l'indicazione del pianellato di calpestio, Napoli, Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio. Chiesa dello Spirito Santo. B. 18/360. Lavori di somma urgenza per la riparazione del tetto della monumentale chiesa dello Spirito Santo, danneggiata da eventi bellici, Disegni, il Capo Sezione G. Mattei, 30 novembre 1956.

sostituzione di elementi in altre incavallature», lasciando ipotizzare, pertanto, il ricorso a una duplice soluzione per la riparazione delle coperture: la prima volta al restauro delle capriate lignee esistenti, l'altra, invece, destinata a incrementare la resistenza globale della struttura con l'integrazione di nuove capriate metalliche di tipo *Polonceau*²². Le coperture si completano di una piccola orditura composta da arcarecci in legno di castagno, sulla quale vanno a collocarsi il tavolato e il manto di tegole in laterizio alla napoletana. In merito alla sottostante volta, come già accennato, si prevede la messa in opera di rete metallica fissata «agli anelli esistenti sulla orditura in ferro» della stessa. La rete, poi, è rivestita da una «spalmatura di cemento liquido»²³, intonacata e decorata con gli stucchi all'intradosso.

Nel 1956, un ulteriore cantiere rivela l'effettiva configurazione delle strutture che coprono la navata. Il progetto, infatti, oltre a sostituire la piccola orditura in legno di castagno e il superiore manto in laterizio – attraverso la messa in opera di nuovi arcarecci della medesima essenza e nuove tegole – prevede, inoltre, la costruzione di un «pianellato poligonale» posto tra la volta e le capriate, ancorato sia agli arcarecci di sostegno della prima, sia alle sue centine metalliche, attraverso «staffoni sagomati» in ferro. Il pianellato, poi, si compone di «ritti di sostegno», ancorati alla sottostante volta, sui quali si posizionano i travetti di appoggio delle tavole in abete, il tutto rivestito con «cartoni catramati

²² *Ibidem*.

²³ Napoli, Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio. Chiesa dello Spirito Santo. B. 18/360. Preventivo della spesa occorrente per la esecuzione di lavori di restauro della monumentale chiesa dello Spirito Santo in Napoli gravemente danneggiata da azioni belliche, redatto dal Direttore dei Lavori ing. A. Calvanese, 1° dicembre 1947.



FIG. 5. Napoli, Basilica dello Spirito Santo. Vista dell'intradosso della cupola sulla crociera e della volta a copertura della navata, foto di Antonio Festa 2024.

bisabbiati» tra loro uniti attraverso giunti sovrapposti «catramati a caldo»²⁴ (FIG. 4). Infine, nel 1957, l'intero complesso dello Spirito Santo subisce ulteriori trasformazioni a seguito degli interventi attuati da Marcello Canino su commissione dell'allora direttore del Banco di Napoli. Il nuovo complesso, che oggi ospita il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, resta quasi del tutto invariato sotto il profilo tipologico, in quanto conserva delle strutture settecentesche: la chiesa, il fronte sul cortile del Banco alla cui sommità si trova il grande orologio e, di conseguenza, l'impianto a due corti [Sansò 2016; Milano *et al.* 2026].

Negli interventi fin qui descritti riguardanti la navata della basilica, è interessante notare che il ricorso a una tecnica tradizionale, cioè la volta leggera, la cui struttura è, però, rielaborata attraverso l'ausilio di materiali contemporanei – come, ad esempio, la rete metallica in sostituzione del canniccio – si presta, in tale sede, a rilevanti spunti di riflessione circa la reiterazione di una tecnica costruttiva ormai consolidata, anche in relazione al suo impiego rispetto alla questione sismica, come si evince dai danni subiti dalla basilica, e dalla nuova volta, a seguito del terremoto del 1980²⁵.

Da una perizia del novembre 1981, la Basilica dello Spirito Santo risulta nuovamente danneggiata. L'analisi, condotta a seguito del sisma, mette in evidenza lo stato di conservazione del tetto della navata centrale, il quale risulta fortemente dissestato²⁶. Le coperture, infatti, costituite da una «orditura principale con capriate in ghisa tirantate ed orditura secondaria con profilati NP», sulle quali poggia la «lamiera grecata [...] fortemente provata dal notevole sovraccarico di tegole», hanno subito «alcuni "movimenti" con conseguente danneggiamento della finta volta»²⁷. Gli interventi eseguiti, dunque, hanno previsto una duplice strategia: da un lato, infatti, si è sostituita l'orditura secondaria del tetto, ormai «pericolante e sconnessa», e la sovrapposta lamiera grecata; dall'altro lato, invece, sono state riparate le capriate metalliche esistenti, risultate «allo stato discretamente conservate»²⁸. Da questi interventi è possibile dedurre, quindi, che le strutture di copertura della basilica sono interamente costituite da capriate metalliche che reggono la volta finta, della quale, però, non se ne descrivono le caratteristiche costruttive. Se per la struttura portante è solo ipotizzabile un uso combinato di legno e metallo, ciò che può essere assunto per certo, però, è il rivestimento della volta stessa, realizzato con rete metallica rivestita da intonaco e stucchi²⁹.

Conclusioni

Le vicende di ricostruzione e restauro che hanno interessato la Basilica dello Spirito Santo nel corso dei secoli costituiscono un'esperienza fondamentale nel panorama architettonico partenopeo, offrendo spunti di riflessione circa l'impiego di talune tecniche costruttive quali soluzioni finalizzate al miglioramento del comportamento strutturale dell'edificio, anche in presenza di sollecitazioni dinami-

24 Ivi, *Lavori di somma urgenza per la riparazione del tetto della monumentale chiesa dello Spirito Santo, danneggiata da eventi bellici*, Computo metrico estimativo, il Capo Sezione G. Mattei, 30 novembre 1956; *Lavori di completamento alla chiesa monumentale dello Spirito Santo in Napoli, danneggiata da eventi bellici*, Computo metrico estimativo, il Capo Sezione G. Mattei, 30 novembre 1956.

25 Ivi, *Progetto di consolidamento e restauro della Basilica dello Spirito Santo in Napoli*, Relazione tecnica, ing. M. Di Stefano, maggio 1983.

26 *Ibidem*.

27 *Ibidem*.

28 *Ibidem*.

29 *Ibidem*.

che. Se da una parte, infatti, nella fase di rifazione settecentesca, il ricorso alle volte leggere sembrerebbe essere una prassi costruttiva molto diffusa, perlopiù fondata su saperi empirici, piuttosto che un intervento consapevolmente eseguito in risposta al sisma, dall'altra parte, i restauri alle coperture, eseguiti a partire dalla seconda metà del Novecento segnano, invece, un mutamento di prospettiva. Questi interventi, infatti, hanno riletto una tecnica costruttiva tradizionale attraverso l'impiego di materiali 'innovativi', riflettendo un approccio più consapevole alla salvaguardia del patrimonio e alla prevenzione strutturale. Inoltre, tali interventi realizzati a partire dalla seconda metà del secolo scorso divengono, oggi, parte integrante delle stratificazioni che contribuiscono alla definizione del palinsesto storico-artistico della basilica; palinsesto che diviene, a sua volta, contenitore di memorie e magisteri che hanno contraddistinto le diverse epoche con i relativi approcci alla conservazione e alla trasmissione al futuro del patrimonio culturale (FIG. 5).

In questo contesto, l'apporto delle *digital humanities* risulta di eccezionale valore per innescare processi virtuosi di gestione e disseminazione delle conoscenze: grazie a una metodologia transdisciplinare e collaborativa, supportata da tecnologie avanzate, è infatti possibile elaborare modelli digitali interrogabili e interoperabili, capaci di sistematizzare l'eterogeneità delle informazioni derivanti sia dalle indagini indirette che dai rilievi diretti sul manufatto.

Ritornando al caso studio indagato nel contributo, l'applicazione di tale approccio rappresenterebbe un traguardo significativo che potrebbe consentire di unificare la mole di dati archivistici con le analisi sullo stato di conservazione attuale, trasformando, così, una semplice rappresentazione geometrica in un database tridimensionale e dinamico. Pertanto, tale strategia si renderebbe utile non solo per l'accrescimento e la gestione delle conoscenze inerenti, nel caso specifico, alla volta della basilica dello Spirito Santo, ma anche e soprattutto per l'ampliamento della fruizione fisica e percettiva di spazi solitamente preclusi allo sguardo (come i sottotetti) e, più in generale, per il miglioramento dei processi di tutela e conservazione del patrimonio storico costruito [Russo 2020].

Bibliografia

- Carlino, N. (2002). *De Vita Mari Gioffredi*, in Mario Gioffredo, a cura di B. Gravagnuolo, Napoli, Guida, pp. 54-61.
- Catalani, L. (1845). *Le chiese di Napoli. Descrizione storica ed artistica*, Napoli, Tipografia fu Migliaccio.
- Celano, C. (1858). *Notizie del bello dell'antico e del curioso della città di Napoli*, vol. III, Napoli, Stamperia di Agostino De Pascale.
- D'Engenio Caracciolo, C. (1623). *Napoli sacra*, Napoli, per Ottavio Beltrano, ad istantia de Francesco Bonocore.
- De Fusco, R. (2002). *La chiesa dello Spirito Santo e il suo contesto*, in Mario Gioffredo, a cura di B. Gravagnuolo, Napoli, Guida, pp. 64-77.
- De Martino, G., Russo, V. (2005). *Structural damage prevention in the historical building site. Theory and praxis in the eighteenth century in Campania*, in *Structural analysis of historical constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques*, a cura di C. Modena, P.B. Lourenço, P. Roca, Atti del simposio internazionale (Padova, 10-13 novembre 2004), Leiden, A.A. Balkema Publishers, pp. 153-158.
- Di Mauro, L. et al. (1995). *Napoli sacra. Guida alle chiese della città*, 10° itinerario, Napoli, Elio De Rosa Editore.
- Galante, G.A. (1873). *Giuda sacra della città di Napoli*, Napoli, Stamperia del Fibreno.
- Gioffredo, M. (1768). *Dell'Architettura. Parte I nella quale si tratta degli Ordini dell'Architettura dei Greci e degli Italiani, e si danno le regole più spedite per disegnarli*, Napoli, per Pubblica autorità.
- Gravagnuolo, B. (2002). *Mario Gioffredo*, Napoli, Guida.

- Gravagnuolo, B. (2010). *Architettura del Settecento a Napoli dal barocco al classicismo*, Napoli, Guida.
- Jappelli, P. (2002). *Ricognizione storiografica. Profilo bibliografico*, in Mario Gioffredo, a cura di B. Gravagnuolo, Napoli, Guida, pp. 102-147.
- Milano, M. et al. (2026). *Microgravimetric and GPR surveying for the detection of building foundations: the case of the Basilica dello Spirito Santo in Naples (Italy)*, in « Journal of Applied Geophysics », n. 244, pp. 1-8.
- Romano, L. (2021). *Volte leggere. Saperi e magisteri costruttivi tra Napoli e l'Europa*, Firenze, Nardini Editore.
- Russo, V. (2005). *Esperienze Costruttive delle cupole napoletane nel tardo Settecento: Mario Gioffredo e il cantiere dello Spirito Santo*, in *Le cupole in Campania. Indagini conoscitive e problematiche di conservazione*, a cura di S. Casiello, Napoli, Arte Tipografica, pp. 153-188.
- Russo, V. (2009). *Aesthetic research and 'mixed' techniques in the eighteenth-century restoration work of Mario Gioffredo*, in *Protection of Historical Buildings*, a cura di F.M. Mazzolani, Londra, Taylor & Francis Group, pp. 1753-1758.
- Russo, V. (2020). *Construction History and Digital Heritage. Experimentations on renaissance domes in Campania (Italy)*, in *Architectural and Archaeological Heritage: Management and New Technologies*, a cura di C. Mileto et al., Valencia, Copernicus Publications, pp. 295-302.
- Russo, V., Romano, L., Marulo, F. (2020). *Volte ad incannucciato nel cantiere storico napoletano. Risultati da una ricognizione in progress*, in «Archeologia dell'Architettura», XXV, pp. 87-102.
- Sansò, C. (2016). *Il complesso dello Spirito Santo a Napoli: l'intervento di Marcello Canino*, in «EdA. Esempi di Architettura», pp. 1-9.
- Strazzullo, F. (1953). *Il restauro settecentesco alla chiesa dello Spirito Santo a Napoli*, Milano, Casa editrice d'arte e liturgia Beato Angelico.

Le alterne vicende del complesso di Santa Maria dei Raccomandati a L'Aquila, da monastero a sede museale. Il progetto Minissi-Ranellucci e la sua evocazione nel processo di ricostruzione post sisma.

The vicissitudes of the Santa Maria dei Raccomandati complex in L'Aquila, from monastery to museum. The Minissi-Ranellucci project and its evocation in the post-earthquake reconstruction process.

Antonio Mellano

Funzionario architetto presso le Residenze reali sabaude – Direzione regionale musei Nazionali del Piemonte, già funzionario architetto presso la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di L'Aquila e Teramo, Ministero della Cultura.
antonio.mellano@cultura.gov.it

Abstract

Il complesso di edifici denominato Santa Maria dei Raccomandati a L'Aquila si trova nel centro storico della città. Nel 1988 c'è un progetto di riallestimento e restauro a firma di Franco Minissi, portato avanti dopo la sua morte snaturandone l'impianto. Il sisma del 2009 ne impedì l'apertura e il materiale esposto spostato velocemente in altri musei. Nel 2017 il comune di L'Aquila ha affidato il progetto di restauro e consolidamento per riaprire il museo sotto la guida della Soprintendenza.

The complex of buildings known as Santa Maria dei Raccomandati in L'Aquila is located in the historic centre of the city. In 1988, Franco Minissi designed a renovation and restoration project, which was carried out after his death, distorting the original layout. The 2009 earthquake prevented its opening, and the exhibits were quickly moved to other museums. In 2017, the municipality of L'Aquila entrusted the restoration and consolidation project to reopen the museum under the guidance of the Superintendency.

Keywords

L'Aquila, museo civico, terremoto 2009.

L'Aquila, civic museum, 2009 earthquake.

Introduzione

Le complesse vicende che hanno interessato la città di L'Aquila a seguito degli eventi sismici del 2009 sono ampiamente documentate e oggetto di approfondimenti nel corso degli anni. L'approccio alla ricostruzione ha generato dibattiti e ha portato all'elaborazione di buone prassi per l'intervento e l'analisi dei manufatti edilizi. All'interno del centro storico, inteso come brano di città iscritto nella cinta muraria, numerosi complessi edilizi hanno subito un rallentamento degli interventi di ricostruzione, dovendo prioritariamente affrontare le esigenze dell'edilizia privata e pubblica essenziale. Il progetto per la realizzazione del Museo archeologico aquilano (MAA) risale al 1990, quando il Comune destinò l'ex complesso conventuale di Santa Maria dei Raccomandati a sede museale. Il programma di restauro e allestimento museale, condotto in collaborazione tra la Soprintendenza per

i Beni Archeologici dell'Abruzzo, l'Università degli Studi dell'Aquila e il Comune, si concluse nel 2009, poco prima del sisma del 6 aprile.

Nel 2017, il Comune ha ripreso il progetto, informando la Soprintendenza (all'epoca Soprintendenza Archeologia Belle arti e Paesaggio per la città dell'Aquila e i comuni del Cratere). Già dai primi incontri è emersa la volontà di istituire un tavolo di lavoro congiunto per la gestione delle fasi concorsuali e progettuali. A seguito di questi incontri, la Soprintendenza ha redatto un documento di lavoro, partendo dal lavoro di quegli anni della dott.ssa Deneb Teresa Cesana e concluso dagli architetti Antonio di Stefano, Antonio Mellano, dalla dott.ssa Giulia Pelucchini, sotto la direzione della Soprintendente arch. Alessandra Vittorini.

Il documento, denominato *Linee di indirizzo metodologico e progettuale* (prot. 4263/2020), ha esteso le considerazioni iniziali, focalizzate sul progetto museografico, all'intero complesso edilizio, che costituisce un isolato del centro storico aquilano. Queste linee di indirizzo hanno definito l'attuale progetto di ricostruzione e allestimento del bene, presentato nel 2022, autorizzato e in fase di realizzazione.

1. L'edificato storico

L'attuale configurazione del complesso architettonico è il risultato di secoli di trasformazioni, interventi di restauro, demolizioni e ricostruzioni a seguito di eventi calamitosi, adattamenti e ampliamenti [Anonimo 1830; Bonanni 1874; Spagnesi, Properzi 1972; Stockel 1981; Clementi, Piroddi 1988; Venanzio Fucinese 1991]. Non tutte le fasi sono documentate da fonti scritte, né si riflettono chiaramente nel palinsesto attuale.

Le prime notizie provengono da un manoscritto di Anton Ludovico Antinori (1704-1778, arcivescovo ed epigrafista aquilano), che attesta la fondazione del monastero al 1373 in una zona del quartiere di Santa Maria Paganica, integrando, come consuetudine, il tessuto medievale e dando avvio allo sviluppo dell'intero quartiere.

Le fasi di crescita del complesso edilizio sono illustrate da una serie di cartografie storiche già edite, che mostrano l'inserimento dell'isolato nella griglia urbana della città, saldato alla maglia urbana come perno tra la chiesa di Santa Maria di Paganica e il corso.

Nel XV secolo si assiste a un'ulteriore espansione, fino alla soppressione napoleonica (preceduta da incendi e dal terremoto del 1703), per poi diventare nel 1840 sede di uffici comunali. In questo periodo si susseguono diversi progetti, tra cui quello dell'ingegnere Alessandro Giustini, che prevede l'ingresso monumentale sul corso e che, insieme a successivi interventi, definisce la facciata neoclassica tuttora esistente.

Nel 1908, parte del complesso fu trasformata in museo, con importanti interventi di decorazione eclettica. Ulteriori interventi di riparazione seguirono il terremoto della Marsica del 1915. Nel 1942, il museo civico fu smantellato e le collezioni trasferite nel Museo nazionale d'Abruzzo [Persichetti, Mancini 1903; Persichetti 1908; Vaccaro 2020].

Nel 1988, fu presentato un progetto di riallestimento e restauro a cura di Franco Minissi, Giacomo Di Marco e Sandro Ranellucci, che prevedeva la trasformazione in Museo Civico. Il progetto, pur mantenendo alcuni elementi del complesso, ne demoliva altri ritenuti incongrui, introducendo nuove soluzioni progettuali e tecnologiche, come la tensostruttura a impluvio per coprire parzialmente il cortile [Minissi, Ranellucci 1992; Ranellucci 2019].

Tuttavia, il progetto subì modifiche sostanziali dopo la morte di Franco Minissi, snaturando l'impianto originale con scelte poco funzionali. La leggera tensostruttura del cortile fu sostituita da una copertura in pesante carpenteria metallica. Il sisma del 2009 ne impedì l'apertura, e il materiale esposto fu trasferito nei musei di Chieti e nel Museo nazionale d'Abruzzo, determinando la chiusura definitiva.

2. Il progetto Minissi-Ranellucci

Il contesto storico in cui si sono sviluppate le progettualità, a seguito di anni di abbandono, ha portato alla stesura di un progetto complesso che integra la struttura e la scansione degli ambienti con elementi contemporanei inseriti con discreta libertà [Minissi 1989; Minissi, Ranellucci 1992; Ranellucci 2019].

Inizialmente, il progetto prevedeva la sistemazione del Museo Civico, della Pinacoteca di arte contemporanea, del Museo archeologico e della sede dell'assessorato comunale alla Cultura. La relazione progettuale del 1988 definiva l'approccio metodologico del progetto, parlando di "restauro integrale", comprensivo di risanamento statico strutturale, con pannelli murari e orizzontamenti in buono stato, e recupero dei dettagli architettonici, pur sacrificando alcune parti eclettiche ritenute meno significative rispetto ai lacerti medievali. Nonostante ciò, l'approccio rimaneva conservativo, prevedendo l'inserimento di percorsi verticali a servizio dei visitatori e dei magazzini (nuovo blocco scala/ascensore). L'intento, come sempre negli interventi di Franco Minissi, era schietto e razionale, con particolare attenzione al nuovo percorso museale, al fine di creare itinerari di visita all'altezza di un grande museo contemporaneo. Nella relazione di accompagnamento al progetto, si dichiarava l'intento di progettare uno spazio non come un «museo specialistico e per specialisti [...] ma un museo utilizzabile da tutti i cittadini per la loro più generalizzata crescita culturale. Un istituto concepito come esposizione di un complesso di documentazioni storico – artistiche estese a più campi possibili e capace, perciò, di offrire ai frequentatori il massimo delle risposte ai vari loro diversi interessi». La chiarezza espositiva si concretizzò in un approccio culturale, distante dalla cultura positivista di alcuni allestimenti improntati sull'esposizione didattico/didascalica delle opere. Al di là del risultato formale, fu pensato uno spazio museale duttile, dotato di strutture capaci di modificare l'esposizione, rendendo aggiornati e aggiornabili i contenuti.

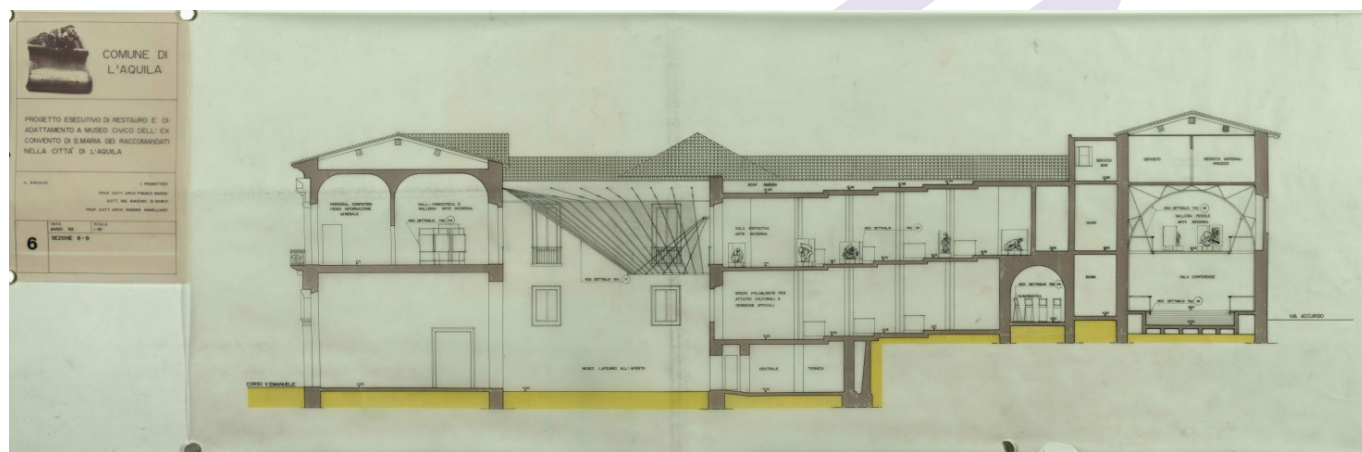


FIG. 1. Franco Minissi, Progetto di restauro e di adattamento a Museo Civico dell'ex convento di S. Maria dei Raccomandati L'Aquila, sezione longitudinale, Roma, Archivio Centrale dello Stato.

Le soluzioni architettoniche proposte erano di grande interesse, in particolare il soppalco inserito nella chiesa, coperto e sorretto da una trave reticolare con profilo curvilineo (FIG. 1), proiettata sullo spazio a doppia altezza, utilizzato come sala conferenze. Il sistema strutturale era tecnologicamente avanzato, con la carena metallica che supportava anche i tiranti del soppalco, creando un effetto di leggerezza. I disegni tecnici includevano indicazioni museologiche e museografiche relative agli allestimenti previsti, come nella grande sala rettangolare, parallela a via Bominaco, dove era prevista la collocazione delle opere della pinacoteca con un allestimento leggero, composto da montanti metallici e traversi, che integrava l'impianto di illuminazione a faretti.

Il cortile, in asse con l'ingresso principale dal corso, era uno spazio di risulta, derivante dalle vicende edilizie del complesso. I progettisti ne avevano previsto la copertura con una tensostruttura a *impluvium* convergente verso uno spigolo, con la duplice funzione di utilizzare uno spazio aperto all'interno del percorso museale e di regolarizzare la forma trapezoidale del cortile (FIG. 2). Il progetto fu autorizzato dalla Soprintendenza con poche prescrizioni (in particolare, il divieto di demolire sistemi voltati e di utilizzare la rete elettrosaldata all'esterno).

L'approccio progettuale subì un cambiamento radicale dopo la morte di Minissi nel 1996, con la ripresa dei percorsi e la modifica dei particolari costruttivi. La copertura del cortile divenne un pesante cono in carpenteria metallica, e fu realizzata una passerella nel salone della pinacoteca, demolendo il soffitto della sala. Ciò alterò il progetto iniziale e la ricerca di uno spazio museale organizzato all'interno di una struttura architettonica complessa, ma ancora leggibile e da valorizzare. Lo spazio espositivo, ricavato in edifici storici, dialoga necessariamente con le opere, in quanto è impossibile l'esistenza di un luogo perfettamente neutro. Lo spazio di esposizione deve permettere la fruizione delle opere, restituendo loro una collocazione storica e un significato, mediante scelte progettuali consapevoli [Mellano 2024]. Questo secondo progetto, a cura dell'ing. Di Marco e dell'arch. Sandro Ranellucci, partiva da considerazioni museologiche, su indicazione delle due Soprintendenze competenti, archeologica e architettonica, focalizzandosi sul patrimonio archeologico (escludendo la pinacoteca e i servizi aggiuntivi) e aumentando la superficie espositiva per ospitare un maggior numero di reperti. Nell'archivio della Soprintendenza di L'Aquila sono conservati i disegni di progetto, dalla relazione si evince che le nuove scelte progettuali hanno interessato prevalentemente aspetti di aumento delle superfici espositive, concetto già superato peraltro da decenni, andando di fatto a



FIG. 2. Franco Minissi, Progetto di restauro e di adattamento a Museo Civico dell'ex convento di S. Maria dei Raccomandati L'Aquila, particolare dell'impluvio a copertura del cortile, Roma, Archivio Centrale dello Stato.



FIG. 3. Cortile con la copertura del progetto Di Marco e stato del danno con i puntellamenti.

mistificare l'originario pensiero progettuale maggiormente incentrato sulla tutela del bene e su considerazioni museografiche di qualità (FIG. 3).

Il museo non fu mai aperto a causa degli eventi sismici del 2009, che danneggiarono murature e apparati decorativi. In particolare, l'impatto delle pesanti strutture degli ultimi lavori (compresi gli irrigidimenti in cemento armato) lasciò tracce significative su pannelli murari e strutture voltate (FIG. 4). Il Comune di L'Aquila ha affidato il progetto di restauro e consolidamento a un raggruppamento temporaneo di alto livello scientifico, con l'obiettivo di riaprire il museo, riallestendo nuovi reperti.

3. Il nuovo progetto

La città di L'Aquila ha riattivato l'iter per il completo recupero del complesso, comprensivo degli allestimenti museali, a distanza di dieci anni dal terremoto. La stesura delle *Linee di indirizzo metodologico*, ad opera dei Funzionari della Soprintendenza (che nel frattempo aveva unificato le competenze archeologiche, storico artistiche e architettoniche), ha portato alla redazione di un bando per l'affidamento dei servizi di progettazione. Il bando è stato vinto da un raggruppamento temporaneo di alta qualità scientifica, composto, oltre che da ditte di restauro, impiantisti e strutturisti, dal prof. Girolamo De Simone, dal dott. Antonio De Simone – entrambi archeologi – dal prof. arch. Fabio Man-



FIG. 4. Stato del danno all'interno del percorso museale.

gone e dall'arch. Silvia Neri. Il progetto, sviluppato in accordo con gli uffici della Soprintendenza, ha portato all'autorizzazione nel 2022 e alla successiva cantierizzazione¹.

Il nuovo progetto ha previsto una fase di indagine preliminare, con analisi, saggi stratigrafici per verificare apparati decorativi e consistenza delle murature, ricerca storica e archivistica. Questa fase, concertata e autorizzata, ha portato alla stesura di un progetto di restauro e allestimento rigoroso e rispettoso dell'esistente, pur pesantemente modificato dalle vicende storiche (FIG. 5). Sono stati previsti interventi tradizionali, come iniezioni di boiacca di calce e apposizione di catene metalliche, e soluzioni innovative, come il rinforzo degli spigoli con rete in fibra di vetro, il consolidamento strutturale degli orizzontamenti, la rimozione degli elementi incongrui e la demolizione della copertura in ferro del cortile, sostituita da una tensostruttura, più simile al progetto di Minissi, che si inserisce nel cortile di dimensioni m 12,70×11,70 circa con un ingombro planimetrico di circa m 10,70×9,70; costituita da un cono rovescio tessile, integrato ad una rete di funi che ne garantisce la stabilità. L'attacco alla struttura esistente avviene in maniera puntuale, in corrispondenza del secondo impalcato, mediante cavetti in acciaio zincato con anima metallica. Tale configurazione determina un impluvio che

¹ L'Aquila. Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle arti e Paesaggio per le province di L'Aquila e Teramo, *Fascicolo digitale contenente tutti gli atti*, MIC|MIC_SABAP-AQ-TE|16/11/2022|0017406-P| [34.43.01/231.2.2/2022]. I progetti risalenti agli anni Ottanta sono comunque raggiungibili partendo da questa segnatura archivistica.



FIG. 5. RTP di progetto, allestimento del piano primo, L'Aquila, archivio della Soprintendenza ABAP.



FIG. 6. RTP di progetto, restauro degli apparati decorativi delle facciate, L'Aquila, archivio della Soprintendenza ABAP.

raccoglie l'acqua piovana, la fa convergere verso un angolo della corte e la convoglia, mediante un pluviale tessile, anch'essa trasparente, in un pozzetto di raccolta delle acque meteoriche. La superficie membranale presenta lungo il bordo una tasca continua in cui è inserito un cavetto in acciaio zincato con anima tessile. Gli spigoli sono rinforzati con doppio piatto in alluminio. Dal punto di vista strutturale la superficie membranale sarà agganciata in maniera puntuale all'edificio preesistente. In tali punti saranno predisposti degli ancoraggi dimensionati in funzione delle caratteristiche della muratura. Rievocando di fatto la soluzione progettuale iniziale ma con tecnologie più efficaci. È prevista inoltre la rimozione della pesante passerella appesa alla struttura lignea del tetto per riportare l'ambiente a una corretta volumetria (FIG. 6).

Il complesso progetto di restauro comporta una serie di problematiche, che dovranno essere affrontate in corso d'opera, relative al trattamento delle lacune, agli interventi puntuali e alle modalità di approccio al rinforzo strutturale, dovute alla difficoltà di rilievo all'interno di un edificio ancora puntellato e alla sua complessità strutturale, compositiva e storica.

Conclusioni

«Se è vero che intervenire su un complesso edilizio esistente e di antica fondazione, il quale è il risultato di continue aggregazioni, modificazioni e interventi (come si è accennato anche sbagliati), comporta una precisa analisi distributiva degli spazi (in funzione sia delle destinazioni d'uso che dei² necessari adeguamenti normativi) e delle peculiarità storiche e culturali degli stessi» [Mellano 2024, 27]. È altrettanto vero che bisogna considerare le esigenze di sicurezza, delle persone e delle collezioni, e la completa fruibilità degli spazi museali. L'approccio scientifico al nuovo progetto di restauro e l'eco del progetto di Franco Minissi, mai realizzato compiutamente, convivono in un'operazione culturale che si auspica possa concludersi al più presto, per permettere a tutti di fruire di un patrimonio culturale di grande valore nel cuore di una città che merita di tornare a vivere e di essere vissuta.

Ancora una volta entrano in gioco tutte le competenze fondamentali per la rilettura di uno spazio storico, complesso, e il suo adeguamento (strutturale, impiantistico, museale). Non possiamo più pensare che per un intervento di tale portata basti una figura professionale, eventualmente aiutata per le tematiche specifiche. Come in questo caso bisogna impostare da subito un gruppo di lavoro interdisciplinare che converga verso un risultato finale che sia di qualità e che possa fare da esempio anche per approcci futuri.

Bibliografia

Anonimo (1830). *Esposizione delle regole, privilegi e precetti che si recitano nella Congregazione di Spirito eretta nella chiesa di S. Maria del Rifugio detta dei raccomandati di Aquila*, Aquila, Grossi.

Bonanni, T. (1874). *La guida storica della città dell'Aquila e dei suoi contorni*, L'Aquila, Grossi.

Clementi, A., Piroddi, E. (1988). *L'Aquila*, Bari, Laterza.

Mellano, A. (2024). *Il continuo dialogare dei musei*, in *Museo privato Giuseppe Tracanna*, a cura F. Lanci, Atri, Tipografia Hatria, pp. 24-27.

Minissi, F., Ranellucci, S. (1992). *Museografia*, Roma, Bonsignori.

2 Roma, Archivio Centrale dello Stato. *Progetto di restauro e di adattamento a Museo Civico dell'ex convento di S. Maria dei Raccomandati L'Aquila*. Progetto n. 326, rotoli 762, 763, 764, 765

Persichetti, N., Mancini, G. (1903). *Municipio di Aquila: Inventario degli oggetti antichi esistenti nella Sala del Museo municipale*, L'Aquila, Eliseo.

Persichetti, N. (1908). *L'arte in Aquila dai Sabini al Rinascimento: discorso pronunciato in Aquila il 15 settembre 1908 nell'inaugurazione del museo civico*, L'Aquila, Vecchioni.

Ranellucci, S. (2019). *Franco Minissi. Un maestro per il museo e per il restauro*, Roma, Gangemi.

Spagnesi, G., Properzi, P. (1972). *L'Aquila. Problemi di forma e di storia della città*, Bari, Dedalo.

Stockel, G. (1981). *La città dell'Aquila. Il centro storico tra il 1860 e il 1960*, L'Aquila, Gallo Cedrone.

Venanzio Fucinese, D. (1991). *Storiografia e restauro architettonico in Abruzzo*, Roma, Multigrafica.

Vaccaro, M. (2020). *Ritrovamenti di pittura romana in Abruzzo: dipinti di Marcantonio dal Forno, Giovan Battista Benci, Pietro Lucatelli e della bottega di Giacinto Brandi*, in *Amica veritas. Studi di Storia dell'arte in onore di Claudio Strinati*, a cura di A. Vannugli, Roma, Quasar, pp. 533-543.

Fonti archivistiche

L'Aquila. Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle arti e Paesaggio per le province di L'Aquila e Teramo. *Fascicolo digitale contenente tutti gli atti*, MIC|MIC_SABAP-AQ-TE|16/11/2022|0017406-P| [34.43.01/231.2.2/2022].

Roma. Archivio Centrale dello Stato. *Progetto di restauro e di adattamento a Museo Civico dell'ex convento di S. Maria dei Raccomandati L'Aquila*. Progetto n. 326, rotoli 762, 763, 764, 765.

«Robuste cinture, chiavi e tiranti»: conoscere per conservare i presidi antisismici moderni

Modern seismic protection methods: knowledge for preservation

Francesca Pasqual

Funzionario Architetto, Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le provincie di L'Aquila e Teramo
francesca.pasqual@cultura.gov.it

Paola D'Andrea

Funzionario Architetto, Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le provincie di L'Aquila e Teramo
paola.dandrea@cultura.gov.it

Abstract

Alcune chiese della città dell'Aquila conservano tuttora i presidi antisismici posti all'indomani del sisma della Marsica del 13 gennaio 1915, progettati in base alle peculiarità del manufatto e spesso celati alla vista esterna. Oggi, la loro conoscenza è necessaria non solo per conservarne la traccia fisica sul monumento ma anche per comprenderne le vulnerabilità costruttive e, di conseguenza, per indirizzare correttamente i futuri progetti di consolidamento.

Keywords

Presidi antisismici, normative sismiche storiche, consolidamento.

Several churches in the city of L'Aquila still preserve the seismic protection systems installed in the aftermath of the Marsica earthquake of 13 January 1915, designed according to the specific characteristics of each structure and often concealed from external view. Today, understanding these devices is essential not only to safeguard their physical traces on the monument, but also to identify inherent construction vulnerabilities and, consequently, to guide future consolidation projects.

Seismic protection systems; historical seismic regulations; structural consolidation.

Introduzione

Gli edifici conservano le tracce della storia sismica di un territorio: ne sono un esempio le lesioni tuttora visibili sulle strutture, così come i presidi inseriti nella costruzione. La cultura sismica ha definito modalità e tecniche degli interventi "antisismici" storicamente applicati nei luoghi a seguito di importanti danneggiamenti e diffusi a scala locale [Cecamore 2015; D'Alò 2017]. L'avvento del XX Secolo, e con esso del cemento armato – normato in Italia per la prima volta con le Norme Tecniche del 1907 –, ha modificato l'approccio al consolidamento dei monumenti italiani colpiti dal sisma, comportando l'abbandono di molte tecniche locali e privilegiando l'inserimento di strutture armate per il rinforzo sismico, spesso celate all'interno di cortine in materiali della tradizione.

Molti interventi sperimentali di consolidamento di architetture monumentali con tecniche moderne vennero svolti sulle chiese d'Abruzzo colpite dal noto terremoto del 1915, curati in prima linea dagli architetti ministeriali. Nel presente contributo sono brevemente presentati tre progetti seguiti dall'architetto Riccardo Biolchi della Soprintendenza, che è riconosciuto – insieme a Ignazio Carlo – il primo ad introdurre nel territorio interventi definiti sulla base dell'analisi storica e dell'analisi diretta sul manufatto nonché presidi in cemento armato per il restauro dei monumenti [Pezzi 2008] e che diventerà, a partire dal 1928, reggente, segretario e direttore dei lavori di molti interventi post-sisma [Pezzi 2015; Miarelli Mariani 1979, 73].

Il terremoto della Marsica e cenni normativi

Il noto e distruttivo terremoto del 13 gennaio 1915 colpì un ampio territorio del Centro Italia: l'epicentro fu registrato nella piana del Fucino [Oddone 1915], ma consistenti danni al patrimonio occorsero in tutto l'Abruzzo [Guidoboni *et al.* 2018; 2019]. L'ampia estensione del cratere sismico, l'alto numero delle vittime e la coincidenza dell'evento con l'entrata in guerra dell'Italia sono tre fattori che rendono complessa l'analisi del quadro delle normative emanate in seguito al terremoto della Marsica [Stati 1999].

Nonostante le prescrizioni introdotte ricalchino abbastanza fedelmente quelle del precedente Regio Decreto n. 193 del 1909¹, il Regio Decreto-Legge 29 aprile 1915, n. 573 *Riguardante le norme tecniche ed igieniche da osservarsi per i lavori edifizî nelle località colpite dal terremoto del 13 gennaio 1915*, emanato a pochi mesi dalla tragedia, introdusse un nuovo aggiornamento alla classificazione sismica italiana. L'elenco di circa 200 comuni allegato alla norma, definito sulla base dei danneggiamenti registrati, stabiliva dove erano obbligatorie le riparazioni, le ricostruzioni e le nuove costruzioni, sia di edifici privati sia di edifici pubblici: in Abruzzo si rilevano circa 120 località in provincia dell'Aquila. Una corposa parte della norma era dedicata alle modalità di riparazione "organica" degli edifici diffusi, attraverso alcune operazioni principali: per quanto riguarda le strutture di orizzontamento, era consentita la conservazione delle volte non lesionate attraverso l'inserimento di «robuste cinture, chiavi e tiranti» per eliminarne le spinte² e la riparazione dei tetti lesionati attraverso l'inserimento di catene per renderli non spingenti³. In generale, per gli edifici danneggiati e non intelaiati, veniva richiesta la realizzazione di un'ingabbiatura esterna con montanti verticali (in legno, ferro o cemento armato) a tutta altezza, collegati tra loro da "cinture" ad ogni quota⁴. Relativamente alle riparazioni degli edifici monumentali, quelli di valore artistico, storico ed archeologico, veniva richiesto di definire il consolidamento caso per caso⁵.

Ciò che emerge in generale dalla lettura della norma è che le riparazioni dovessero essere svolte attraverso l'eliminazione di interi macroelementi danneggiati, l'inserimento di presidi metallici per eliminare le spinte degli orizzontamenti e, quando possibile, tramite l'inserimento di un'intelaiatura per garantire un comportamento scatolare all'edificio. La conferma delle modalità di intervento ritenute adatte viene dalla lettura di fonti dell'epoca, dalle quali si evince una certa fiducia e disinvoltura nell'impiego dei materiali moderni quali risolutivi, a carattere permanente, delle vulnerabilità sismiche della costruzione. Sono oggi tristemente noti gli esiti di un impiego diffuso del cemento armato per le riparazioni, all'alba del 1915 auspicato per le riparazioni degli edifici monumentali per preservarli «da una lenta ma continua distruzione» [Gavini 1915, 240], che si sono spesso dimostrati inefficaci e causa dei danneggiamenti in occasione dei più recenti eventi sismici.

1 R.D. 18 aprile 1909 n. 193, portante norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei luoghi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri precedenti elencati nel R.D. 15 aprile 1909 e ne designa i Comuni (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.95 del 22 aprile 1909).

2 Vedi R. D.-L. 29 aprile 1915, n. 573, art. 31.

3 Ivi, art. 32.

4 Ivi, vedi art. 35.

5 «con riguardo alle disposizioni del precedente art. 3», riferito in particolare alle deroghe alle massime altezze giustificate – tra le altre – da ragioni di interesse artistico o di culto, nonché alle possibili destinazioni d'uso.

1. I danneggiamenti del patrimonio culturale dell'Aquila

A differenza dell'ampia trattazione dei crolli occorsi nella Marsica, le poche notizie riportate dai giornali consentono a fatica di ricostruire il quadro di ampi dissesti che ha subito il patrimonio culturale dell'Aquila. La città viene presentata come città fortemente compromessa dal sisma [Costantini 1915], anche nei suoi monumenti [Pieri 1915]: la maggior parte delle fonti si concentra sui danni alla Basilica di Collemaggio e a una torre medievale [AAVV 1915, 81-100; Munoz 1915; Regia Soprintendenza 1915], solamente alcune menzionano danneggiamenti a San Bernardino [Castrucci 1915] o ad altre architetture storiche.

Così come svolto in recenti studi con particolare riferimento al patrimonio culturale [Bartolomucci 2015], la ricostruzione dei danneggiamenti è possibile solamente attraverso l'attenta lettura dei documenti bibliografici ed archivistici. In tal senso, dalla documentazione conservata presso l'Archivio Storico dell'attuale Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio⁶, emerge che gli edifici di culto colpiti in vario modo dal sisma erano invece ben di più, come dimostra la richiesta di interventi urgenti per ben quattro chiese e conventi all'interno della città così come molti progetti di consolidamento vennero sviluppati e/o diretti dai funzionari della Soprintendenza allora competente [Pezzi 2015].

2. Tre esempi di progetti di intervento per le chiese de L'Aquila

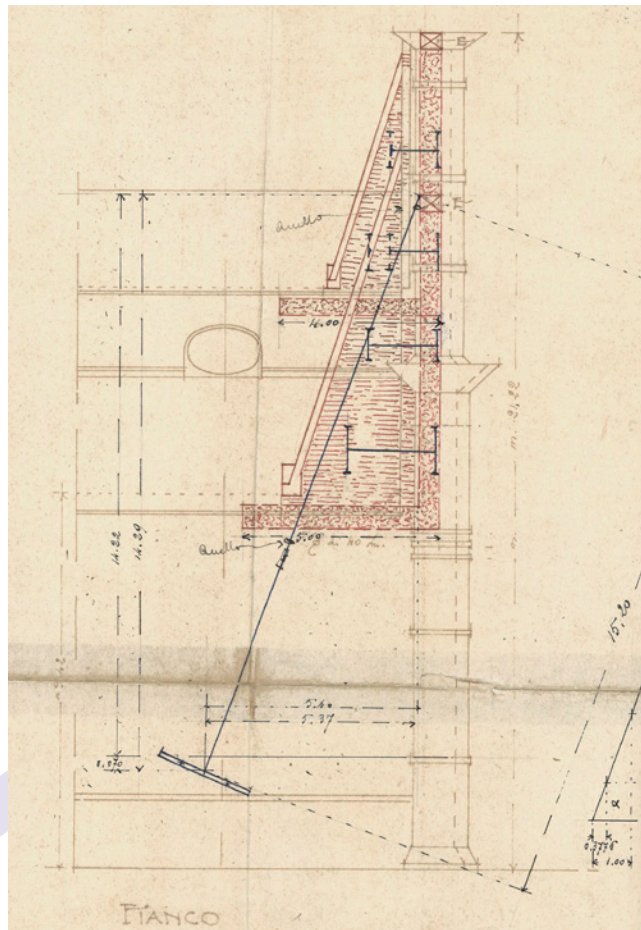
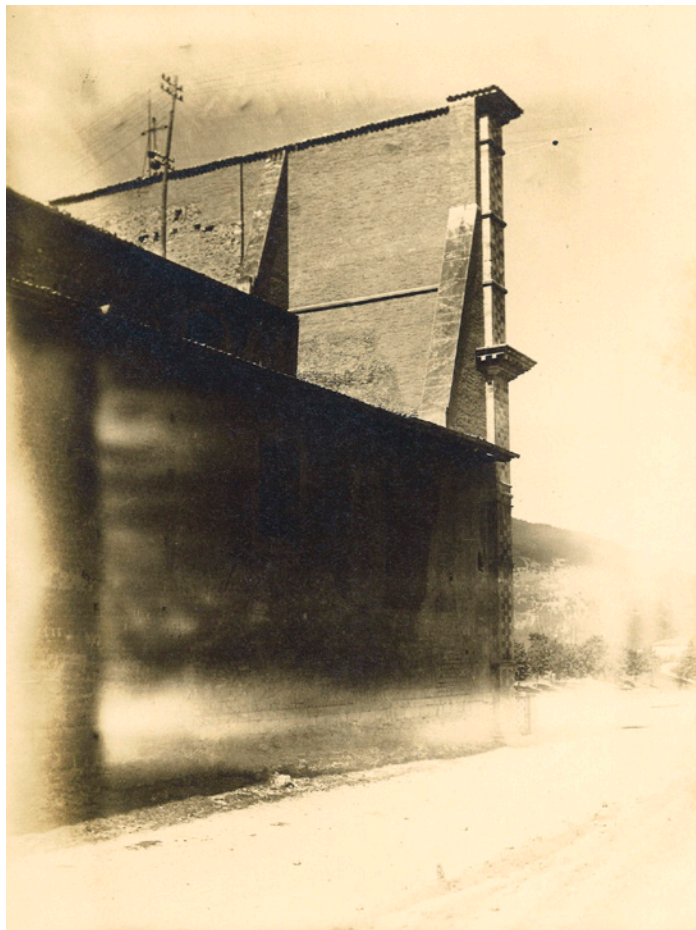
La più nota riparazione eseguita a L'Aquila post sisma 1915, su progetto dell'architetto Biolchi, è probabilmente quella relativa alla facciata di Santa Maria di Collemaggio, iniziata nei mesi successivi al sisma e ricostruita nel dettaglio in recenti contributi [Pezzi 2015].

Dalla relazione dell'architetto, datata 29 gennaio 1915⁷, è possibile evincere che il movimento sismico aveva comportato l'insorgenza di macro-lesioni e il conseguente fuori piombo di un'area di circa 100 mq porzione angolare e sommitale di sinistra della facciata; la parte destra rimase invece illesa, probabilmente per la presenza della torre in aderenza e di uno sperone preesistente. Il progetto di riparazione prevedeva la ricomposizione muraria della porzione lesionata, con parziale reimpiego del materiale lapideo del nucleo, e la realizzazione di una armatura interna in cemento armato, coperta da un paramento frontale in mattoni pieni e forati per abbassarne il baricentro ed eventualmente in blocchetti in cemento armato per la parte retrostante, e infine il successivo rimontaggio delle lastre in pietra policroma visibili in facciata e preventivamente smontate.

L'armatura antisismica era costituita da un «ritto d'angolo» e da uno in corrispondenza della «nave maggiore» debitamente armati, e collegati a due bracci orizzontali e a due traverse poste a quote diverse. I bracci erano funzionali a conferire base solida agli speroni di cemento armato, attraversati da tiranti connessi alle armature dei pilastri funzionali a contrastare il ribaltamento della facciata: il progetto ne prevedeva tre, uno angolare e gli altri due in corrispondenza dei setti delimitanti la navata centrale. I getti per la costruzione dell'ossatura erano contenuti da incassature lignee destinate

6 L'Aquila. Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di L'Aquila e Teramo, Archivio Storico Monumentale, (d'ora in poi Sabap AQ TE – ASM). F.lo R. *Soprintendenza ai Monumenti e Gallerie – Aquila, Manutenzione Monumenti Affari Generali, anni 1925-36, n. 82*, c. Elenco delle opere pubbliche: urgenti e necessarie per il restauro di edifici monumentali. Risposta a nota 17 dicembre 1925, n. 4562, del Provveditorato alle Opere Pubbliche per gli Abruzzi e Molise.

7 Sabap AQ TE – ASM. F.lo *Chiesa di Santa Maria di Collemaggio*, c. Relazione dell'arch. Biolchi, 29.01.1915.



Figg. 1-2. A sinistra, retro della facciata di Collemaggio al termine dei lavori, Sabap AQ TE - ASM. F.lo Santa Maria di Collemaggio, Restauri (eseguiti), c. 7. Facciata ricostruita lato posteriore, Consuntivo 1921; a destra, progetto dello sperone posto all'estremità della facciata, Sabap AQ TE - ASM. F.lo Santa Maria di Collemaggio, c. Disegno n. 1, Progetto di ricostruzione e consolidamento della facciata, disegno schematico, rappr. 1:100, 12.07.1919. Su Concessione del MiC - Soprintendenza ABAP per le province di L'Aquila e Teramo.

a rimanere all'interno della muratura stessa e vennero realizzati di pari passo all'operazione di rimontaggio delle lastre di finitura in pietra squadrata, debitamente numerate nel corso dello smontaggio preventivo, ancorate ad essa con delle grappe in ferro. Dalle fotografie *post operam* (FIG. 1) è evidente l'impiego dei mattoni in laterizio a vista per la chiusura del paramento sul lato retrostante e anche per i prospetti degli speroni; tale trattamento superficiale era già presente nelle scelte progettuali come desumibile dalla stima dei lavori approvata il 5 giugno del 1919⁸.

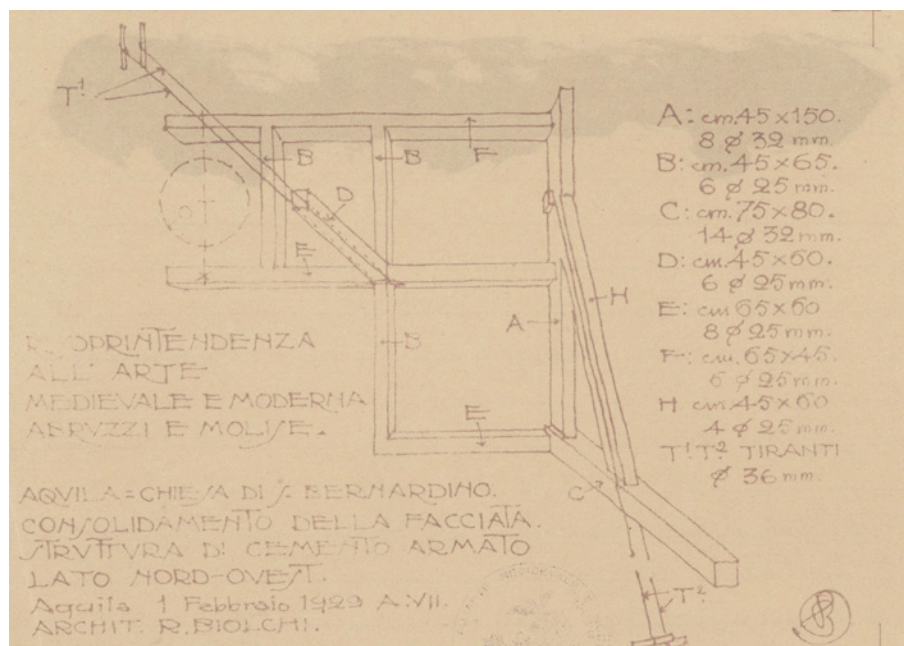
Un simile intervento venne proposto per la chiesa di San Bernardino, i cui danni comportati dalla scossa della Marsica sono meno citati nella bibliografia del periodo rispetto a quelli occorsi alla precedente, descritti brevemente in «cretti vari» nei contributi bibliografici [Pieri 1915].

I primi riferimenti a un progetto di riparazione compaiono nei carteggi del 1918, quando viene menzionato un necessario sussidio alla spesa per i lavori di restauro, allora in fase di progettazione⁹.

Pochi giorni dopo la pubblicazione di un breve articolo sull'ulteriore peggioramento delle condizioni

8 Ivi. Stima dei lavori, 05.06.1919.

9 Sabap AQ TE - ASM. F.lo *San Bernardino*, c. Lettera del Soprintendente Muñoz al Sindaco de L'Aquila, 19.09.1918.



Figg. 3-4. A sinistra, proposta di intervento per il consolidamento della facciata di San Bernardino dell'arch. Biolchi, Sabap AQ TE - ASM, vedi nota 14; a destra, immagine della facciata di San Bernardino che conserva ancora i danneggiamenti descritti nella relazione del 1922, ovvero lo spostamento del rocchio di colonna e le fessurazioni sullo spessore, all'alba del 1959, Sabap Archivio Fotografico, cassetto 35, L'Aquila, Chiesa di S. Bernardino – Facciata laterale – n. neg. 7046). Su Concessione del MiC - Soprintendenza ABAP per le province di L'Aquila e Teramo.

della facciata di San Bernardino sul «Giornale d'Italia»¹⁰, l'architetto Biolchi firma, precisamente il 28 febbraio 1922, la relazione sulla stabilità della facciata, importante testimonianza dei danneggiamenti subiti in occasione del sisma e di una preliminare ipotesi di consolidamento in confronto a quella della chiesa di Collemaggio¹¹. La descrizione dei danni sismici si concentra principalmente sull'angolo Sud-Est della facciata, dove erano visibili precedenti sconnessioni, già risarcite: il sisma del 1915, stando alle parole del funzionario, comportò lo spostamento di un rocchio posto nella metà inferiore della colonna più esterna, dovuto al mancato collegamento alla muratura su cui si impostava, la conseguente sconnessione delle pietre circostanti, nonché diffuse lesioni verticali prodotte dalle oscillazioni. Furono probabilmente la maggiore regolarità dell'apparecchiatura muraria, il maggiore spessore della muratura costituente le «ali», e il diverso orientamento rispetto alla scossa che fecero sì che la facciata di San Bernardino venne danneggiata meno della simile facciata – per dimensioni e tipologia a terminazione orizzontale – di Collemaggio, così come testimoniato dalle parole di Biolchi. La possibilità di una successiva scossa sismica spinse l'architetto a proporre un intervento del tutto simile a quello previsto per Collemaggio, consistente nella realizzazione di due speroni a contrastare la spinta «indietro», nella posa di tiranti agli spigoli e ancorati al corpo delle navatelle contro la spinta «in avanti» e nella posa di armature di travi in ferro nei pilastri d'angolo. Nella stessa relazione veniva vagliata anche l'ipotesi dell'inserimento di un telaio di c.a. interno alla muratura, tuttavia scartata perché «non agevole» in quanto avrebbe richiesto «l'incamerazione» nella pietra con notevole maggior lavoro. All'ipotesi del progetto non seguì alcun intervento negli immediati

¹⁰ Ivi, c. Lettera di trasmissione dell'articolo riguardante lo stato della facciata della chiesa di San Bernardino del sig. Manieri al Soprintendente di Roma, con allegato l'articolo di cui sopra, 05.02.1922.

¹¹ Ivi. Relazione sulla stabilità della facciata, 28.02.1922.

anni successivi, così come viene testimoniato da un nuovo progetto di consolidamento e restauro della facciata dell'aprile 1929¹², che modifica le ipotesi di intervento fino a lì formulate, ad opera dello stesso arch. Biolchi.

La nuova proposta di consolidamento della facciata di San Bernardino del 1929 (FIG. 3) prevedeva – a differenza di quanto auspicato nella relazione del 1922 – lo smontaggio di un intero ordine architettonico e delle campate estreme del secondo ordine per l'inserimento di un'ossatura in cemento costituita nonché da speroni rafforzati con saettoni, il tutto dotato di traversi orizzontali e tirantature direttamente inserite nell'armatura cementizia. Tale intervento, da realizzarsi con materiali moderni celati alla vista dalla ricomposizione attenta degli elementi murari, doveva prevedere inoltre – così come appare dalla voce 51 del Computo Metrico del 1927, poi modificato nel 1929 – l'inserimento di catene con estremità forgiate «a coda di rondine o a foglia di olivo o a giglio araldico», quindi con foggia antiquata.

Il termine dei lavori a San Bernardino riportato nella Relazione sull'attività della R. Soprintendenza ai Monumenti e alle Gallerie dell'Abruzzo e Molise tra le attività completate nel quadriennio 1942-1945 [R. Soprintendenza 1945], probabilmente si riferisce a interventi minori, non relativi al consolidamento e collegamento della facciata, così come testimoniano le foto storiche che, qualche anno dopo, mostrano ancora i dissesti del 1915 (FIG. 4). Dagli approfonditi studi relativi all'intervento effettivamente realizzato nei primi anni Sessanta [Bartolomucci 2023] emerge che effettivamente l'intervento di consolidamento dell'intera facciata venne realizzato molti anni più tardi.

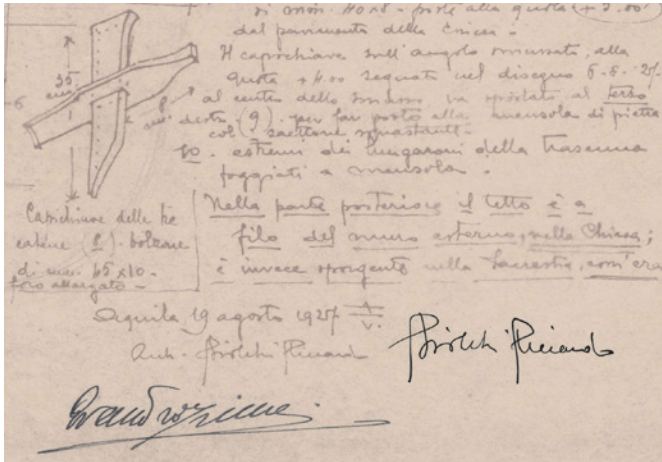
La presenza in cantiere dell'architetto Biolchi è significativa anche per una chiesa aquilana minore, dove – sebbene non ricopra il ruolo di progettista – pare avere indirizzato profondamente il progetto. La chiesa della Madonna del Ponte alla Rivera, sebbene non ritenuta di particolare interesse monumentale come si evince dalla corrispondenza tra il Soprintendente e la proprietà¹³, viene compresa, all'alba del 1915, tra gli edifici monumentali che necessitavano un restauro, in questo caso “generale”, per i danni sismici subiti¹⁴. Il carteggio relativo al quadro dei danni, alle numerose richieste di sovvenzionamento da parte della parrocchia, alle questioni di pubblica incolumità legate al passante ferroviario e all'avvio dell'intervento di restauro della chiesa, testimonia la complessità di un cantiere di scarso interesse monumentale ma di grande coinvolgimento da parte della Soprintendenza per le attività di sorveglianza. Biolchi venne coinvolto a partire dal marzo 1919, sia per la valutazione dello stato dei danni sismici sia per il reperimento dei fondi necessari ai lavori stessi. Alla prima perizia per i lavori di restauro redatta dal geometra Cordeschi su incarico del Parroco e datata 20 luglio 1919¹⁵ non fece seguito alcuna opera, a causa del riscontro negativo del Soprintendente allo stanziamento della spesa preventivata e solo a partire dal 1924 su commissione del parroco venne avviata la progettazione delle opere: la perizia di stima del 30 novembre 1924, redatta dal direttore dei lavori geometra Zimei, prevedeva consistenti demolizioni con conseguente rifacimento delle murature compromesse,

12 Ivi, c. Amplificazione del progetto 20 gennaio 1927, richiesta dal Consiglio Superiore LL.PP. – lavori di consolidamento e di restauro della facciata, danneggiata dal terremoto del 1915, e delle parti esterne, 04.04.1929.

13 Sabap AQ TE – ASM. F.lo *L'Aquila. Chiesa della Madonna del Ponte alla Rivera. Anni 1917-1930*, n. 1223, c. Lettera di risposta del Soprintendente al parroco di SS. Nicandro e Marciano. 14.11.1919.

14 Vedi nota 8.

15 Sabap AQ TE – ASM. F.lo *L'Aquila. Chiesa della Madonna del Ponte alla Rivera. Anni 1917-1930*, n. 1223, c. Perizia dei lavori di restauro da eseguirsi nella chiesa della Madonna del Ponte sita in Aquila in contrada Fuori Porta Rivera danneggiata dal terremoto del 13.01.1915, 20.07.1919.



Figg. 5-6. A sinistra, capochiavi previsti per la chiesa, Sabap AQ TE - ASM. F.lo L'Aquila. Chiesa della Madonna del Ponte alla Rivera. Anni 1917-1930, n. 1223, c. Tessitura del tetto e planimetria, rappr. 1:50 - dettaglio, firmato dall'arch. Biolchi; a destra, la chiesa nel corso dei lavori, Sabap Archivio Fotografico, cassetto 39, L'Aquila, Chiesa di S. Maria del Ponte - n. neg. 3379. Su Concessione del MiC - Soprintendenza ABAP per le province di L'Aquila e Teramo.

della copertura spingente, degli orizzontamenti. Nel 1925 il Ministero autorizzò un contributo per l'esecuzione delle stesse opere, imponendo alcune modifiche progettuali, tra cui la visibilità dall'interno della nuova struttura del tetto e l'abbassamento della quota dello stesso sino alla cornice originale da completare «a cemento»¹⁶.

Durante i lavori di restauro completati nel 1928¹⁷, il funzionario Biolchi compì di fatto una direzione dei lavori, testimoniata da numerosi disegni d'archivio e dalla corrispondenza con il direttore incaricato e con l'impresa esecutrice, dalla quale emerge una grande difficoltà nella corretta esecuzione degli interventi in ottemperanza alle prescrizioni impartite dalla Soprintendenza. Nel corso delle opere il livello sommitale della costruzione fu totalmente eliminato: al cordolo perimetrale in cemento armato venne unita una armatura sommitale ad arco per inserire un oculo sommitale in luogo di una finestra quadrata, che modificò notevolmente il prospetto storicizzato (FIG. 6).

La copertura, che nelle foto precedenti ai lavori ha terminazione lineare in facciata, venne modificata portando la doppia falda sino al prospetto principale e rendendola, come dichiarato nei computi metrici, non spingente: furono inoltre inseriti tre tiranti in prossimità della linea di gronda, con capo chiave antichi saldati (FIG. 5). Allo stesso modo, come prescritto dalla Soprintendenza, fu modificata la posizione del campanile mediante un'opera di smontaggio e rimontaggio in altra posizione, debitamente sorretto da una nuova soletta in cemento armato di collegamento tra le murature.

Conclusioni

I tre esempi brevemente descritti sulla base della documentazione d'archivio dimostrano che le tecniche di consolidamento degli edifici nel XX secolo hanno spesso unito l'impiego di nuovi materiali all'occasione per modificare l'immagine delle costruzioni, riportandone in luce una precisa fase storica. Nei tre casi analizzati, il nuovo materiale viene celato al di sotto di cortine lapidee, attentamente rimontate,

¹⁶ Ivi, c. Lettera del Soprintendente Venè al Parroco di S. Marciano, 25.11.1925.

¹⁷ Ivi, c. Certificato di collaudo rilasciato dal Corpo Reale del Genio Civile, Ufficio dell'Aquila, 28.11.1928.

o laterizie, di nuova realizzazione ma di forma antiquata. Seppur non rispondenti al più recente criterio della compatibilità materica, queste prime sperimentazioni di inserimento del cemento armato nei monumenti venivano formulate con l'intento di unire tecniche costruttive antiche ai materiali moderni.

Bibliografia

AA.VV. (1915). *Cronaca dei danni all'arte nei paesi battuti dal terremoto del 13 gennaio 1915*, Roma, E. Calzone Editore.

Bartolomucci, C. (2015). *Gli effetti del terremoto del 1915 nella città di Aquila: i danni e gli orientamenti per il restauro*, in *Avezzano, la Marsica e il circondario a cento anni dal sisma del 1915: città e territori tra cancellazione e reinvenzione*, a cura di S. Ciranna, P. Montuori, Consiglio Regionale dell'Abruzzo, pp. 151-161.

Bartolomucci, C. (2023). *Un restauro rinnegato: la ricostruzione della facciata della basilica di San Bernardino all'Aquila*, in «ArchHistoR», n. 19, pp. 130-161.

Bernardi, A. (1999). *Normativa e legislazione a seguito del terremoto del 13 gennaio 1915*, in *13 gennaio 1915: il terremoto nella Marsica*, a cura di S. Castenetto, F. Galadini, Roma, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, pp. 497-515.

Castrucci, S. (1915). *Triste censimento*, in «Arte e storia», a. XXXIV, n. 3, pp. 67-69.

Cecamore, S. (2015). *La ricostruzione aquilana, antichi e nuovi presidi*, in «ArchHistoR», n. 4, pp. 118-151.

Costantini, B. (1915). *I terremoti d'Abruzzo*, in «Rivista Abruzzese di Scienze, Lettere ed Arti», a. 30, fasc. 6, pp. 281-295.

D'Alò, G. (2017). *Sui presidi antisismici storici negli organismi architettonici in muratura: Primi esiti di un'indagine sul patrimonio costruito aquilano*, in «Opus: quaderno di storia dell'architettura e restauro: nuova serie», n. 1, pp. 27-42.

Gavini, I.C. (1915). *I terremoti d'Abruzzo ed i suoi monumenti*, in «Rivista Abruzzese di Scienze, Lettere ed Arti», a. 30, fasc. 5, pp. 235-240.

Miarelli Mariani, G. (1979). *Monumenti nel tempo: per una storia del restauro in Abruzzo e nel Molise*, Roma, Carucci Editore.

Muñoz, A. (1915). *I monumenti del Lazio e degli Abruzzi danneggiati dal terremoto*, in «Bollettino d'Arte del Ministero per la Pubblica Istruzione», p. 61.

Pezzi, A.G. (2008). *Il restauro in Abruzzo tra cultura romantica e rigore filologico*, in *Restauro e architettura. Omaggio al pensiero di Gaetano Miarelli Mariani. III ciclo di conferenze ICAR/19, aa 2008/2009*, Facoltà di Architettura "Biagio Rossetti", Ferrara.

Pezzi, A.G. (2015). *Restaurare dopo il 1915: figure e cantieri esemplari*, in *Marsica 1915 – L'Aquila 2009. Un secolo di ricostruzioni*, Atti del Convegno (Pescina 17 gennaio 2015), Roma, pp. 235-248.

Piccirilli, P. (1917). *Restauri di monumenti danneggiati dal terremoto del 1915*, in «Pagine d'arte», a. V, pp. 184-186.

Pieri, P. (1915). *Triste censimento*, in «Arte e storia», a. XXXIV, n. 2, pp. 35-37, 38, 41.

Serafini, L. (2009). *Terremoti e architetture in Abruzzo. Gli espedienti antisismici del cantiere tradizionale*, in *Muri parlanti: prospettive per l'analisi e la conservazione dell'edilizia storica*, Atti del convegno a cura di C. Vagnoli, ALINEA, Firenze, pp. 221-236.

R. Soprintendenza ai Monumenti di Roma e degli Abruzzi (1915). *Cronaca delle Belle Arti*, «Supplemento al Bollettino d'Arte», a. II, nn. 2-4.

R. Soprintendenza ai Monumenti e alle Gallerie dell'Abruzzo e Molise (1945). *Relazione sull'attività dell'Ufficio nel quadriennio 1942-1945*. L'Aquila.

Ruderi resilienti. L'abbazia della SS. Trinità sul Monte Sacro tra distruzioni sismiche e ricostruzioni

Resilient ruins. The Abbey of the Santissima Trinità on Monte Sacro between seismic destruction and reconstruction

Giandomenico Tartaglia

Università degli Studi "G. d'Annunzio",
Dipartimento di Architettura, Pescara
giandotart11@gmail.com

Abstract

Nel promontorio del Gargano, area storicamente segnata da eventi sismici, l'abbazia della SS. Trinità sul Monte Sacro rappresenta un caso emblematico di distruzioni e ricostruzioni. Il contributo analizza le trasformazioni architettoniche a seguito di ricostruzioni, evidenziando l'evoluzione di tecniche costruttive e strategie di adattamento statico. L'abbazia emerge come organismo resiliente, la cui storia sismica orienta oggi interventi di restauro consapevoli e rispettosi delle stratificazioni.

Keywords

resilienza, strategie antisismiche, tecniche costruttive.

On the Gargano promontory, long exposed to recurrent earthquakes, the Abbey of Santissima Trinità on Monte Sacro represents a significant case of destruction and renewal. This study explores the architectural changes triggered by seismic events, emphasizing the development of construction techniques and structural adaptation strategies. The complex appears as a resilient organism whose layered seismic history informs restoration practices attentive to material stratification and historical continuity.

resilience, seismic mitigation strategies, construction techniques.

Introduzione

Il contesto garganico, caratterizzato da una morfologia accidentata e da una posizione strategica lungo i percorsi devozionali diretti al santuario micalico di Monte Sant'Angelo, si configura da secoli come un territorio densamente stratificato sotto il profilo storico e culturale. La presenza diffusa di abbazie, monasteri ed eremi ha inciso profondamente sulla conformazione del paesaggio, attribuendogli una marcata connotazione spirituale e contribuendo, al contempo, alla strutturazione di reti economiche e sociali integrate con le comunità circostanti [Belli d'Elia 2003; Cavallini 2012; 2013; Calò Mariani, Pepe 2013]. Tuttavia, l'isolamento geografico e la difficoltà di accesso hanno esposto tali insediamenti a condizioni di particolare vulnerabilità, accentuate dall'instabilità geomorfologica e dalla ricorrenza di eventi sismici. In tale quadro si inserisce l'abbazia benedettina della Santissima Trinità sul Monte Sacro, che si presenta oggi come un complesso architettonico profondamente stratificato, assimilabile a un palinsesto materico e costruttivo. Le fasi di crollo e ricostruzione susseguitesi nel tempo, in particolare in seguito agli eventi sismici, non si limitarono a interventi di ripristino funzionale, ma determinarono una sostanziale ridefinizione degli spazi e delle tecniche edilizie. L'analisi del sito consente di interpretare il terremoto non esclusivamente come fattore distruttivo, bensì come agente propulsivo di innovazione tecnica e culturale: le sollecitazioni naturali stimolarono l'elaborazione progressiva di strategie antisismiche tradizionali, l'adattamento delle murature e la sperimentazione di soluzioni atte a incrementare la stabilità complessiva dell'organismo edilizio. Monte Sacro assume, pertanto, il valore di laboratorio conoscitivo, nel quale la conservazione delle



FIG.1. Facciata principale Abbazia della SS. Trinità sul Monte Sacro, foto di Giandomenico Tartaglia.

diverse fasi costruttive – incluse quelle segnate dalla distruzione – permette di indagare le dinamiche di resilienza architettonica e le modalità con cui i centri monastici operarono in contesti morfologicamente complessi, sviluppando risposte tecniche coerenti con le condizioni ambientali e con le esigenze funzionali della vita cenobitica (FIG. 1).

1. Il complesso abbaziale di Monte Sacro: assetto insediativo ed evoluzione storica

Nella porzione orientale del promontorio del Gargano, sulla sommità del Monte Sacro (817 m s.l.m.), ricadente nel territorio comunale di Mattinata (FG), si conservano i resti dell'abbazia benedettina della Santissima Trinità. Il complesso occupa una superficie di circa 6.622 mq ed è articolato in due nuclei funzionalmente distinti: il monastero, collocato nella parte sommitale, e la grangia, situata a quota inferiore lungo il versante sud-occidentale. L'assetto attuale corrisponde alla configurazione derivante dal progressivo abbandono avvenuto nel XVI secolo, cui fece seguito una lunga fase di degrado dovuta all'assenza di manutenzione sistematica, alla posizione isolata e all'esposizione agli agenti atmosferici. A tali condizioni si sommarono gli effetti dei ripetuti eventi sismici che interessarono l'area garganica, oltre a fenomeni di spoliazione e trasformazioni antropiche che compromisero la leggibilità dell'impianto originario. Nonostante ciò, il complesso conserva significative testimonianze della cultura costruttiva medievale, riconoscibili nelle murature superstiti, nelle variazioni degli apparecchi e nelle tracce delle diverse fasi edilizie. Le campagne di scavo condotte alla fine degli anni Novanta da studiosi tedeschi rappresentano il primo intervento sistematico di indagine archeologica su un complesso monastico della regione [Calò Mariani 2009]. L'integrazione tra fonti documentarie, dati stratigrafici e analisi materiche ha consentito di delineare una sequenza cronologica articola-

ta. La fondazione della prima cella monastica risale all'XI secolo; tra il 1128 e il 1138 si registra una significativa fase espansiva, culminata nella definizione di un organismo cenobitico strutturato. In questo periodo viene edificata la chiesa basilicale a tre navate absdate, preceduta da narteca e affiancata dagli ambienti conventuali organizzati attorno al chiostro [Fulloni 2006]. L'impianto si sviluppa in stretta relazione con la morfologia del pendio e secondo i principi distributivi della regola benedettina: il nucleo claustrale occupa la parte più elevata, mentre le funzioni produttive e di servizio si dispongono lungo il declivio. La grangia, probabilmente impostata su preesistenze, assume un ruolo funzionale definito quale centro produttivo a supporto dell'autosufficienza economica della comunità monastica. Il rapporto tra monastero e strutture agricole configura un sistema integrato, nel quale l'organizzazione spaziale risponde congiuntamente a esigenze spirituali e produttive. Le successive fasi edilizie non comportano una sostituzione integrale dell'esistente, bensì una progressiva riorganizzazione dell'organismo architettonico attraverso ampliamenti, ricostruzioni parziali e adeguamenti strutturali. Gli eventi sismici emergono come momenti di discontinuità all'interno di un processo evolutivo continuo, contribuendo in maniera determinante alla configurazione stratificata attualmente leggibile (FIG. 2).

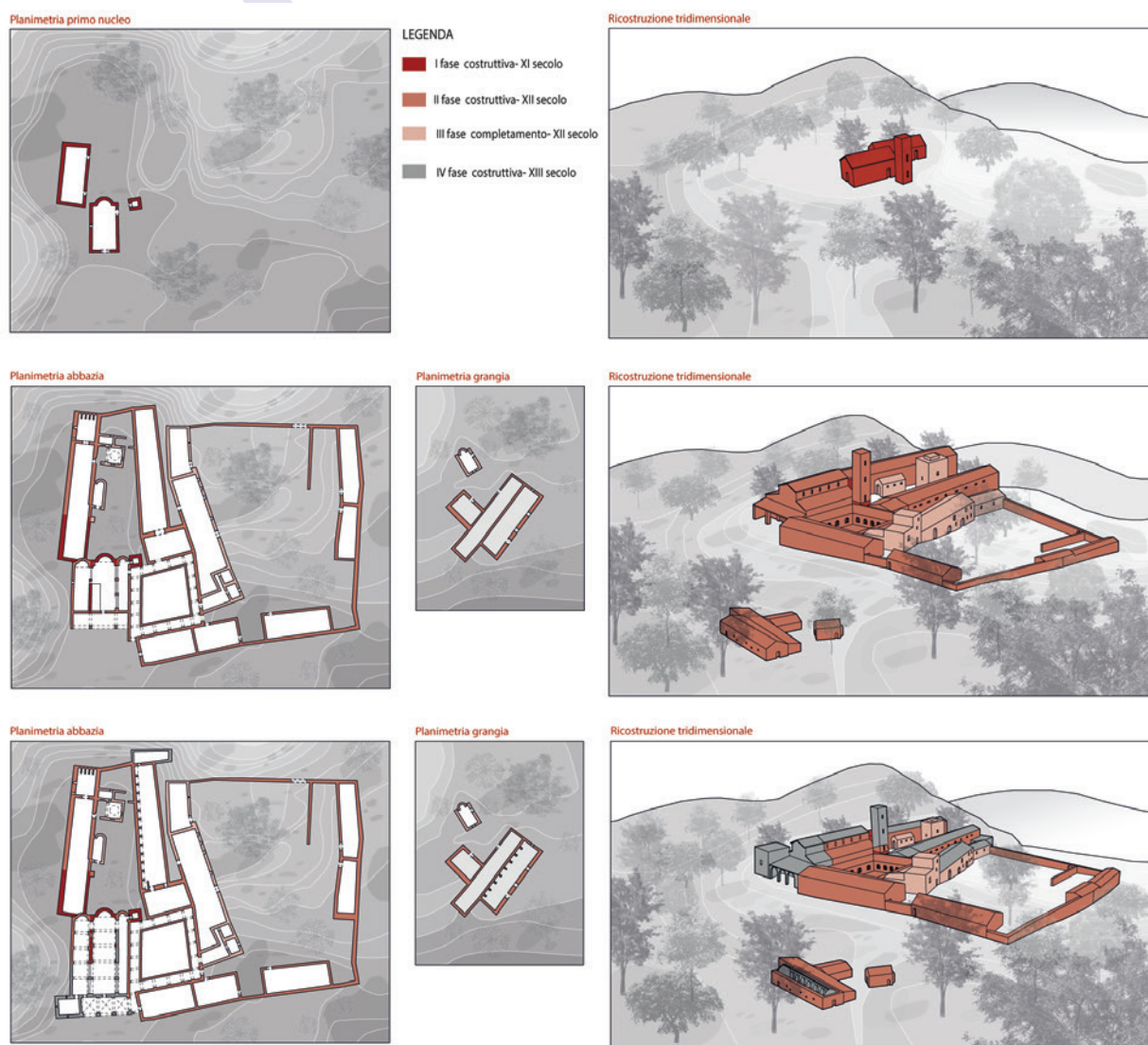


FIG.2. Fasi storiche e costruttive del complesso abbaziale, elaborazione dell'autore.

2. Riorganizzazione costruttiva e strategie antisismiche nel complesso monastico

L'abbazia della Santissima Trinità si configura come un organismo architettonico complesso, la cui lettura eccede quanto restituito dalle sole indagini archeologiche. L'analisi tipologico-materica delle murature, integrata dal rilievo architettonico e dalla documentazione storica – inclusi i rilievi fotografici del 1907 di Arthur Haseloff e Martin Wackernagel – costituisce uno strumento metodologico fondamentale per la ricostruzione dell'assetto originario e per la comprensione delle trasformazioni intervenute. In tale prospettiva, il complesso non va interpretato esclusivamente come rudere degradato, ma come palinsesto architettonico nel quale le discontinuità costruttive e le lacune materiche si configurano quali tracce leggibili di una storia edilizia segnata da adattamenti e riorganizzazioni successive. L'abbazia rappresenta un micro-sistema monastico isolato in cui le strategie di adattamento si concentrano sull'organismo edilizio e sulla sua relazione con la morfologia del sito. Il primo evento calamitoso documentato risale al 1125 [Fulloni 2006], quando si registrarono crolli significativi nella cella monastica e in ambienti annessi. La fase ricostruttiva successiva determinò l'assunzione di una configurazione triabsidata e l'ampliamento della chiesa di due campate verso occidente. La struttura originaria, impostata su pilastri con archi a tutto sesto e copertura lignea a capriate, evidenzia una concezione costruttiva leggera, successivamente modificata. Nella fase pre-sismica la struttura era impostata su pilastri collegati da archi a tutto sesto, destinati a sostenere una copertura a capriate lignee. La navata centrale presentava, lungo il lato nord, un tratto murario continuo nelle prime due campate, interrotto in prossimità del presbiterio da un arco a tutto sesto. All'interno di questa muratura è riconoscibile un portalino architravato che metteva in comunicazione gli spazi laterali. L'analisi della pavimentazione, caratterizzata in quel settore da lastre di dimensioni inferiori rispetto al resto dell'edificio, unitamente al rinvenimento di plutei, ha consentito di ipotizzare la presenza della *schola cantorum*, elemento coerente con l'assetto liturgico della fase iniziale. Il rinvenimento di reperti vitrei con evidenti alterazioni da shock termico ha inoltre suggerito l'occorrenza di un incendio, verosimilmente favorito dalla presenza di ampie strutture lignee di copertura. Tale circostanza conferma l'esistenza di una prima fase con tetto a capriate e finestre chiuse da vetri lavorati di qualità elevata. Un aspetto costruttivo di particolare rilievo riguarda l'adattamento dell'intero complesso alla morfologia del pendio. A differenza di quanto avveniva in grandi fondazioni come l'Abbazia di Montecassino, i dislivelli naturali non furono colmati mediante riporti di terra, ma governati attraverso una costruzione per terrazzamenti [Carbonara 1979; Mammarella 1989]. Le navate della basilica risultavano impostate a quote differenti, così come il chiostro e gli ambienti conventuali, generando un organismo articolato su più livelli. Nella stessa fase venne strutturato l'intero complesso monastico – chiostro, dormitorio, sala capitolare, refettorio, cucina, biblioteca, foresteria e ambienti di servizio. Un ampio recinto fortificato racchiudeva inoltre spazi destinati alla coltivazione e all'allevamento, svolgendo anche funzione difensiva. Ben più incisivo fu il terremoto del 1222, che provocò crolli diffusi e determinò una sostanziale ridefinizione strutturale del complesso. Le ricostruzioni, promosse sotto il governo dell'abate Gregorio *Magister* e attestate da un'epigrafe rinvenuta nel 1948, non si limitarono al ripristino delle parti lesionate, ma introdussero soluzioni costruttive orientate a una maggiore stabilità dell'organismo basilicale (FIG. 3).

La prima operazione consistette nello sgombero delle macerie dalla navata centrale e settentrionale, mentre nella navata meridionale si procedette a un livellamento del piano di calpestio. La trasforma-

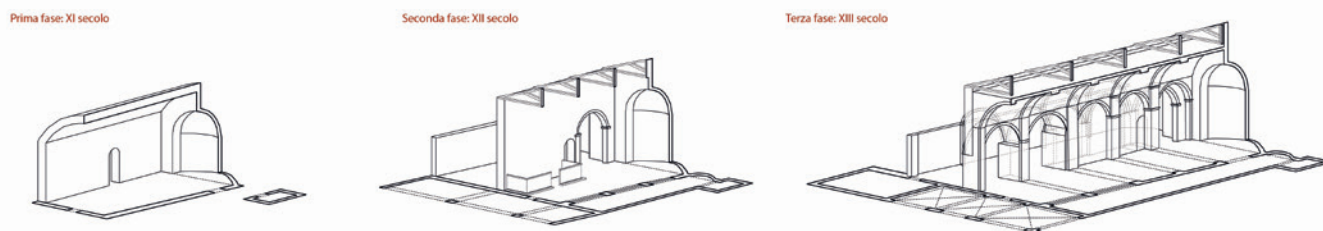


FIG. 3. Fasi storiche e costruttive della basilica, elaborazione dell'autore.

zione più significativa riguardò il sistema di copertura: nelle navate centrale e nord fu realizzata una volta a botte in muratura, mentre la navata sud, più stretta, mantenne una copertura lignea, probabilmente per contenere le spinte laterali in un settore morfologicamente più vulnerabile. L'inserimento delle volte comportò un riassetto statico complessivo. Gli archi di sostegno vennero impostati in posizione sfalsata rispetto a quelli precedenti, determinando uno slittamento dell'orditura muraria e una maggiore rigidità trasversale. Le arcate originariamente aperte furono in parte tamponate per incrementare la capacità portante dei setti murari, mentre tre pilastri addossati alla parete sostenevano arcate cieche funzionali all'imposta della nuova volta. L'abbassamento della copertura voltata fino a intercettare e occludere alcune monofore testimonia una scelta consapevole di privilegiare la stabilità strutturale rispetto alla continuità dell'illuminazione originaria. Le fotografie del 1907 documentano con chiarezza tali trasformazioni: le murature con monofore strombate risultano antecedenti alla costruzione delle volte, confermando la sovrapposizione di una nuova struttura spingente su un organismo preesistente concepito per coperture leggere. La differenza di quota tra navata centrale e laterali (0,70 m a nord e 0,98 m a sud) e l'eterogeneità degli apparecchi murari – opera quadrata nella facciata e nelle absidi principali, scapoli irregolari rinforzati da conci squadri nei punti critici – evidenziano un processo costruttivo per fasi successive, nel quale ogni intervento risponde a specifiche esigenze statiche e morfologiche. Anche il nartece, ampliato e articolato in tre campate voltate a crociera, subì modifiche e tamponamenti con probabile funzione difensiva. Interventi analoghi interessarono la sala capitolare, il refettorio e altri ambienti conventuali, nei quali furono introdotte volte a botte sostenute da archi ciechi addossati alle murature perimetrali. Nel settore sud-occidentale del complesso, l'adozione di arcate a sesto acuto come sostegno di coperture voltate testimonia un aggiornamento tecnico e stilistico, non disgiunto da esigenze di consolidamento. L'insieme di tali interventi dimostra come il sisma del 1222 abbia rappresentato un momento di svolta nella storia costruttiva dell'abbazia: non un semplice episodio distruttivo, ma un evento catalizzatore di una riorganizzazione strutturale che trasformò un organismo originariamente concepito con coperture leggere in una fabbrica più massiva e irrigidita, esito di una consapevole strategia di adattamento al rischio sismico.

3. La materia come testimonianza della resilienza strutturale

L'analisi materico-costruttiva dell'abbazia della SS. Trinità sul Monte Sacro costituisce uno strumento imprescindibile per la comprensione delle diverse fasi edilizie, con particolare attenzione alle ricostruzioni successive agli eventi sismici. L'intero complesso è realizzato prevalentemente in pietra

calcareo locale, oggi ingrigita dall'esposizione prolungata agli agenti atmosferici, legata mediante malta di calce e sabbia. Le murature mostrano un paramento esterno accuratamente lavorato a vista, mentre il nucleo interno è costituito da un conglomerato di malta e scaglie lapidee, soluzione che garantisce continuità e massa muraria limitando la lavorazione dei materiali. All'interno del complesso si distinguono chiaramente tipologie murarie differenti. In alcuni settori prevale un apparecchio in pietrame irregolare, tessuto in modo non uniforme; in altri, soprattutto nelle zone di rappresentanza – come facciata, absidi principali e elementi strutturali di rilievo – si osserva un apparecchio in conci regolari squadrate, definito “di rappresentanza”. In questi casi, i blocchi risultano lavorati solo sulla faccia esterna, mentre il retro è sommariamente sbizzato e immerso nella malta. Analoga logica si applica agli elementi decorativi e strutturali: capitelli, mensole e basi mostrano finitura accurata solo nelle superfici visibili, mentre i conci delle ghiera e delle nervature degli archi sono lavorati su tutti i lati, in ragione della funzione strutturale e della necessità di precisione geometrica [Gravina 2013, 17-38].

La stratificazione muraria rende leggibili le diverse fasi di intervento post-sismico. Le ricostruzioni successive ai terremoti si distinguono per l'uso di materiali trattati in modo differente: variazioni nella dimensione dei conci, nella regolarità dei corsi e nella composizione della malta permettono di identificare tamponamenti, ispessimenti funzionali e reintegrazioni murarie. In particolare, i tamponamenti realizzati dopo il sisma del 1222 si caratterizzano per tessitura meno raffinata rispetto alle murature originarie, ma spesso maggiore massa e compattezza, segno di un intervento orientato alla stabilità più che alla qualità formale (FIG. 4).

L'alternanza tra conci regolari e pietrame irregolare, insieme alle discontinuità nei giunti e nei filari, restituisce una mappa leggibile delle trasformazioni. La materia si configura così come documento strutturale: non semplice supporto, ma archivio delle soluzioni tecniche adottate nel tempo. Le differenze nel trattamento del lapideo non riflettono solo disponibilità economiche o maestranze diverse, ma documentano una progressiva rielaborazione delle tecniche costruttive in risposta ai danni sismici. Monte Sacro si presenta pertanto come un palinsesto materico in cui le fasi ricostruttive non cancel-



FIG. 4. Portale di ingresso della basilica, foto di Giandomenico Tartaglia.

lano le precedenti, ma si sovrappongono ad esse, rendendo leggibile la storia sismica del complesso e l'evoluzione di una resilienza strutturale basata sull'esperienza. Dal punto di vista meccanico, gli interventi post-terremoto contribuiscono a un comportamento più assimilabile a quello scatolare: le azioni orizzontali vengono trasmesse attraverso l'interazione tra pareti ortogonali e sistemi di copertura. L'aumento di massa e rigidità comporta forze sismiche maggiori, ma permette una distribuzione più uniforme delle sollecitazioni e una riduzione dei collassi locali, tipici delle strutture murarie prive di adeguati collegamenti trasversali. La configurazione risultante non è il frutto di un progetto unitario, ma di un processo adattivo per fasi successive, in cui l'osservazione dei danni ha guidato l'introduzione di dispositivi costruttivi volti a incrementare la stabilità complessiva. In questo senso, la stratificazione muraria documenta non solo una successione cronologica di interventi, ma anche l'evoluzione empirica di strategie antisismiche finalizzate alla conservazione dell'intero organismo edilizio.

Conclusioni

L'abbazia della Santissima Trinità sul Monte Sacro si configura come un caso paradigmatico di adattamento progressivo dei complessi monastici isolati dell'area garganica alle sollecitazioni ambientali e sismiche. L'analisi condotta dimostra come gli eventi tellurici, pur avendo generato crolli e trasformazioni radicali dell'impianto originario, abbiano innescato processi ricostruttivi fondati su un progressivo affinamento delle soluzioni tecniche e su una crescente consapevolezza strutturale. Il sisma, in questa prospettiva, non rappresenta esclusivamente un fattore di perdita, ma un momento di ridefinizione progettuale e di consolidamento dell'organismo edilizio. Le stratificazioni murarie, le variazioni negli apparecchi e le differenze materiche non restituiscono soltanto una sequenza cronologica di interventi, ma testimoniano un apprendimento empirico sedimentato nel tempo. Ogni ricostruzione introduce dispositivi capaci di incrementare la stabilità complessiva: dall'irrigidimento delle pareti mediante tamponamenti mirati, all'inserimento di strutture voltate, fino alla riorganizzazione delle connessioni tra i diversi corpi di fabbrica. Si tratta di un processo non unitario né pianificato secondo un progetto organico iniziale, bensì di una trasformazione incrementale, nella quale l'osservazione dei danni ha orientato scelte tecniche finalizzate alla mitigazione delle vulnerabilità emerse. In tale quadro, la gestione dei dislivelli e l'articolazione funzionale del complesso assumono un significato ulteriore: non solo risposta alla morfologia del sito, ma dispositivo di controllo statico e distributivo. Monte Sacro si propone, inoltre, come osservatorio privilegiato per lo studio delle strategie antisismiche tradizionali in contesti periferici, lontani dai grandi centri di elaborazione teorica ma non per questo privi di innovazione. La resilienza che emerge dall'analisi non è il risultato di tecnologie avanzate, bensì di una capacità di reinterpretazione delle tecniche costruttive esistenti, adattate alle condizioni locali attraverso una continua rielaborazione pratica. In questo senso, il complesso abbaziale offre un contributo significativo alla riflessione contemporanea sul rapporto tra patrimonio storico e rischio sismico, dimostrando come la memoria costruttiva possa costituire una risorsa conoscitiva ancora attuale. Il rudere, conservato nelle sue discontinuità e nelle sue lacune, assume pertanto un valore didattico e metodologico. La leggibilità delle sovrapposizioni, dei tamponamenti e delle trasformazioni volumetriche consente di ricostruire non solo le vicende edilizie del sito, ma anche le logiche decisionali che hanno guidato gli interventi successivi ai terremoti. La materia diviene archivio, e la stratificazione si configura come narrazione tangibile della relazione tra sismicità e costruzione. In conclusione, l'abbazia della Santissima Trinità sul Monte Sacro dimostra come la vulnerabilità non coincida necessariamente con fragilità strutturale per-



FIG. 5. Rilievo architettonico prospetto sud del complesso abbaziale, elaborazione dell'autore.

manente, ma possa costituire la condizione generativa di un sapere tecnico evolutivo. L'esperienza del danno, lungi dal produrre esclusivamente distruzione, ha alimentato un processo di adattamento che ha progressivamente rafforzato l'organismo edilizio, trasformando il complesso in una testimonianza materiale della resilienza storica. Tale consapevolezza invita a rileggere il patrimonio non come entità statica da preservare, ma come sistema dinamico, esito di interazioni continue tra ambiente, tecnica e comunità insediate (FIG. 5).

Bibliografia

- Belli D'Elia, P. (2003). *Puglia Romanica*, Milano, Edizioni di pagina.
- Calo' Mariani, M.S. (2009). *Note sul Tardo gotico in Capitanata*, in *Kronos 13. Scritti in onore di Francesco Abbate. Dipartimento dei Beni delle Arti e della Storia*, Università del Salento, pp. 254-257.
- Calo' Mariani, M.S., Pepe, A. (2013). *Luoghi di culto lungo la Via francigena. In cammino verso la grotta dell'Arcangelo*, Galatina, Congedo Editore.
- Carbonara, G. (1979). *Iussu Desideri. Montecassino e l'architettura campano-abruzzese nell'undicesimo secolo*, Roma, Università degli studi di Roma.
- Cavallini, A. (2013). *L'abbazia di Santa Maria di Pulsano sul Gargano. Breve guida storica ed artistica*, Monte Sant'Angelo.
- Cavallini, A. (2012). *Pascasio, asceta irlandese e monachesimo pre-pulsanese sul Gargano*, Foggia, Arti Grafiche Grilli.
- Fulloni, S. (2006). *L'abbazia dimenticata. La Santissima Trinità sul Gargano tra Normanni e Svevi*, Napoli, Liguori editori.
- Gravina, A. (2013). *33° Convegno Nazionale sulla Preistoria-Protostroria-Storia della Daunia. Scultura di epoca normanna in Capitanata: un'indagine preliminare*, in *San Severo: Archeoclub di San Severo*, a cura di G. Massimo, San Severo, pp. 17-38.
- Mammarella, L. (1989). *Abbazie e i monasteri benedettini in Abruzzo*, Cerchio (AQ), Adelmo Polla Editore.
- Serafini, L., Verazzo, C. (2017). *Fabbriche religiose e itinerari di culto. Temi di storia e recupero*, in «Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura», n. 11, pp. 456-475.

The city as we knew it: Pre-disaster memories of L'Aquila's historic centre before the 2009 earthquake

La città come la conoscevamo: memorie pre-disastro del centro storico dell'Aquila prima del terremoto del 2009

Sara Troiani

Gran Sasso Science Institute (GSSI)

Ugo Rossi

Gran Sasso Science Institute (GSSI)

Abstract

This contribution presents *Geographies of pre-disaster memories*, a project collecting residents' recollections of everyday social and cultural infrastructures in the historic centre of L'Aquila before the 2009 earthquake. Through semi-structured interviews and go-along walks, it reconstructs the city's pre-disaster social metabolism and explores how memory-based mapping can support symbolic re-appropriation and imaginaries for new socio-cultural infrastructures.

Questo contributo presenta Geografie delle memorie pre-disastro, un progetto che raccoglie le memorie degli abitanti sulle infrastrutture sociali e culturali della vita quotidiana nel centro storico dell'Aquila prima del terremoto del 2009. Attraverso interviste semi-strutturate e camminate go-along, la ricerca ricostruisce il metabolismo sociale pre-disastro ed esplora il potenziale delle pratiche di mappatura memoriale per favorire riappropriazione simbolica e nuovi immaginari socio-culturali.

Keywords

Memory-based mapping; pre-disaster memories; social metabolism.

Cartografia memoriale; memorie pre-disastro; metabolismo sociale.

Introduction

This paper presents *Geographies of Pre-Disaster Memories*, a project that engages residents of L'Aquila in documenting the social and cultural infrastructures of everyday life in the historic centre prior to the 2009 earthquake. Through semi-structured interviews and go-along walks, participants recall places central to daily routines and reflect on their functional, social, and emotional meanings. By situating these memories within the city's social metabolism, the project examines how pre-disaster urban life functioned before displacement, touristification, and the loss of essential services reshaped the historic centre. Using memory-based mapping and participatory methods, the research reconstructs the spatial and social organisation of pre-disaster life and explores memory as a resource for symbolic and spatial re-appropriation after urban trauma. The resulting digital archive and participatory workshops preserve intangible heritage while contributing to debates on liveability, habitability, and the future reconstruction of L'Aquila.

The paper is structured as follows. The first section provides an analysis of the city of L'Aquila, examining its historical and socio-spatial conditions before the 2009 earthquake, in the immediate aftermath of the disaster and in its current state. This section introduces and discusses the concepts of foundational liveability and habitability, central to understand the urban dynamics and everyday life of this case study. The second section details the methodological approach, highlighting walk-along interviews and the collection of geographies of memory. To conclude, in the third section, the outcomes of the projects are presented: the digital archive and ongoing participatory workshops. These activities not only foster community engagement and urban re-appropriation, but also inform

proposals for new social and cultural infrastructures, contributing to reflections on the contemporary city and intervening in the local debate on L'Aquila's ongoing reconstruction.

1. The context

On 6 April 2009, a devastating earthquake struck L'Aquila, severely damaging its historic centre, once animated by schools, shops, theatres, cinemas, cafés, and everyday encounters. The cost of the damage was estimated at 16 billion euros [UNIFI, 2009]. Due to the extent of destruction, the historic centre was cordoned off and declared a restricted zone until 2014 (FIG. 1)

In the aftermath, tens of thousands of residents lost access to the city centre, which was strictly controlled by the military. A lively university town was transformed into what residents described as a "ghost city" [Bock, 2016]. Social fragmentation, already partly present before the earthquake, was intensified by displacement and by the perceived lack of progress in reconstruction [OSCE, 2013]. Faced with the urgent need for shelter, the Italian Civil Protection Department adopted an emergency-led reconstruction strategy aimed at a rapid transition from homelessness to secure accommodation [Alexander, 2010]. In L'Aquila, this resulted in a paradigmatic top-down approach [Fois and Fiorino, 2014], implemented through two main relocation strategies: *Moduli Abitativi Provvisori* (MAPs) and the *Complessi Anti-Sismici Eco-compatibili* (C.A.S.E.) Project [Calvi and Spaziante,

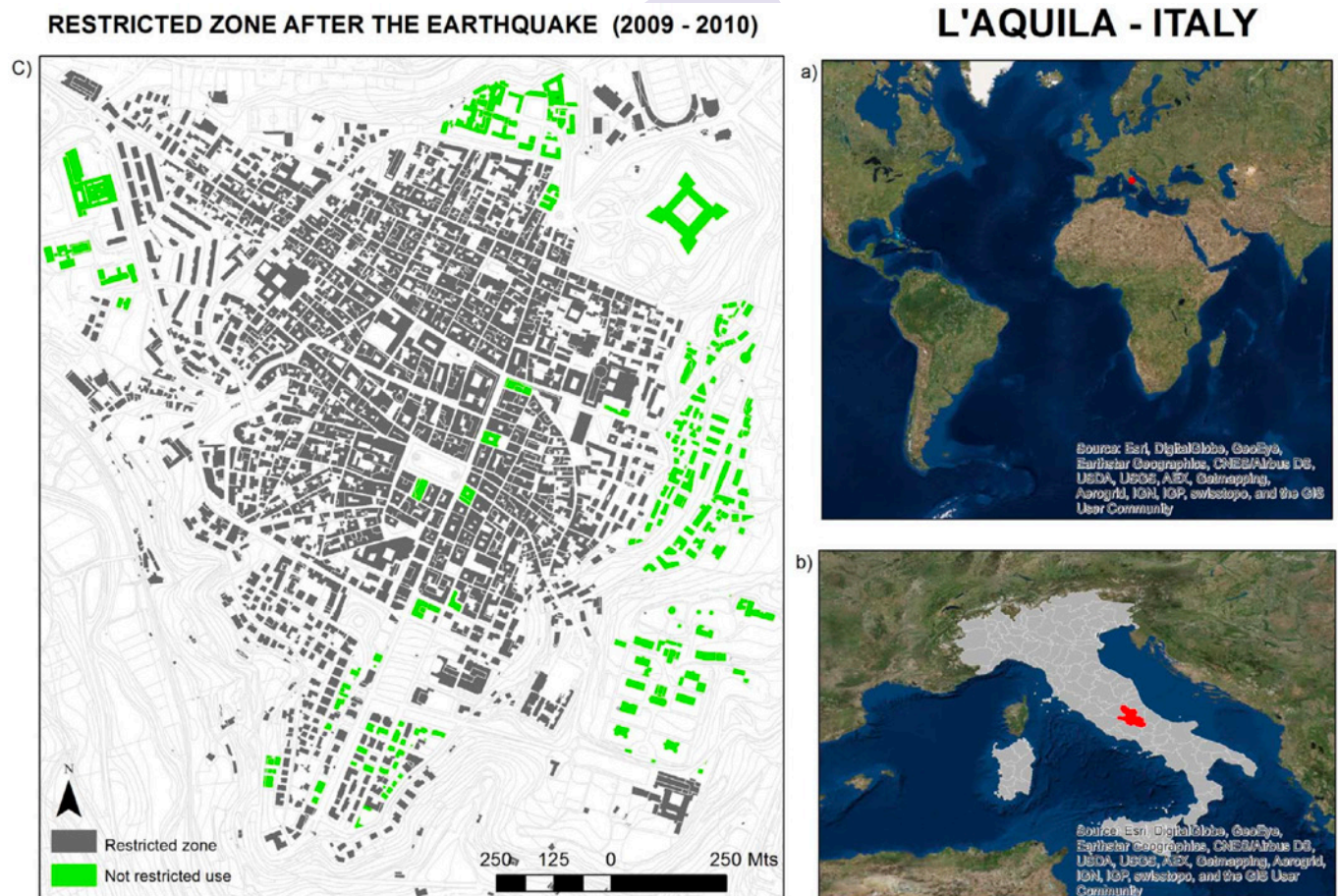


FIG. 1. Sara Troiani e Ugo Rossi, a and b Location of the case study area: L'Aquila, Italy; c Restricted zone in L'Aquila after the earthquake on 6 April 2009, Contreas et al., [2018].

2009]. These solutions were characterised by a lack of basic services and infrastructure, including schools, healthcare, shops, public transport, and social facilities [Contreras et al., 2013]. Moreover, the C.A.S.E. Project eliminated collective spaces central to social life, such as squares and local shops [Hajek, 2013], while failing to consider the social and spatial characteristics of L'Aquila and its long-standing relations between the historic centre and surrounding neighbourhoods [Forino, 2015]. At the same time, the prolonged closure of the historic centre—home to buildings most affected by the earthquake—removed a key component of the urban economy, crucial for recovery [Contreras et al., 2018; Alexander, 2012]. In the years that followed, reconstruction progressed slowly and unevenly. Today, the historic centre still lacks essential services, including supermarkets, schools, pharmacies, and healthcare facilities. Only about 50% of the pre-2009 population has returned: from approximately 12,000 residents before the earthquake to around 6,600 in 2025–2026, revealing a persistent demographic gap (February 2026). Despite private reconstruction being between 90% and 98% complete [USRA, 2026], public reconstruction remains at around 48% [USRA, 2025], and significant resistance to returning persists among residents. This condition raises a fundamental question concerning the liveability of L'Aquila's historic centre, addressed in the following section.

a. Foundational liveability and habitability

Liveability, alongside sustainability, has become a key guiding principle in urban planning and policy debates [Ruth & Franklin, 2014]. It refers to the extent to which the built environment meets societal needs in a specific place [Paul and Sen, 2020], encompassing not only residual income after essential costs, but also access to foundational services such as healthcare, care, and education, as well as social infrastructures including parks, libraries, and community spaces. From a foundational economy perspective, liveability requires a renewed conceptualisation of the relationship between regional economic structures and everyday experiences. In this sense, foundational liveability can be defined as the capacity of a place to ensure access to essential services required to satisfy fundamental human needs [Calafati et al., 2023]. Drawing on human need theory, it identifies healthcare, housing, and culture as central to wellbeing and social reproduction [Calafati et al., 2023; Gough, 2017], while the spatial arrangement of infrastructures shapes everyday practices and consumption capacities [Bassens et al., 2025].

Closely related is the notion of habitability, which refers to a place's capacity to sustain conditions of dwelling and emphasises the relationship between organisms and their environment. It is defined as “the capacity of a particular physical space to support the activity of an organism, that is, to provide the set of resources and conditions required for its way of life” [Cockell et al., 2016]. Habitability resonates with the idea of *buen vivir*, foregrounding the biophysical conditions of wellbeing, and from a degrowth perspective prioritises the relationship between humans and their environments as the foundation of socio-spatial relations [Savini, 2021]. It thus advances a “right to metabolism”, centred on basic living rights rather than property or exchange [Olsen et al., 2018].

These concepts stand in sharp contrast with the current condition of L'Aquila's historic centre, which continues to lack essential services and exhibits fragile economic activity, demographic decline, and limited accessibility (February 2026). This situation differs profoundly from pre-earthquake everyday life, when the historic centre effectively functioned as a “15-minute city”. This urban model—developed by Carlos Moreno—describes a spatial configuration in which residents can access essential services within a 15-minute walk or bicycle ride, enhancing quality of life and social cohesion

[Moreno, 2024]. Pozoukidou and Chatziyiannaki (2021) analyse the 15-minute city as an evolution of long-standing planning ideas, stressing the shift from accessibility to proximity. Although widely mobilised after the COVID-19 pandemic [Khavarian-Garmsir et al., 2023], L'Aquila offers a historical counterpoint: prior to digitalisation, platform economies, and touristification, the city embodied a lived form of everyday proximity. The rapid expansion of tourism and digitalisation over the past seventeen years reflects broader structural challenges faced by many cities today [Bassens et al., 2025], raising a critical question: what can be learned from the city of yesterday to reimagine liveability and habitability in L'Aquila's historic centre today?

2. The project

a. *Geographies of memories*

What occurred in L'Aquila as a result of the earthquake undoubtedly calls into question disciplines such as seismology, geology, engineering, architecture, urban planning, and related fields. However – and with regard to foundational dimensions of both individual and collective life – it also directly implicates geography [Calandra, 2011]. Indeed, among its many consequences, the earthquake rendered dramatically clear and tragically evident in everyday experience the extent to which the bond between people and their *wheres* is indispensable, not only for individuals' psycho-physical well-being but also for the well-being of the community as a whole [Berdoulay and Entikin, 1998]. From this same perspective, geography is also central to another issue brought sharply into focus by the earthquake: that of citizenship, to which social geography can contribute in an original and innovative manner [Calandra, 2011].

A reconfiguration of disaster recovery is then required – one that more meaningfully accounts for the role of place within recovery processes and opens space for a reflective and intentional engagement with the disorientation and disruption produced by disasters and by the organised responses to them. Cox and Perry (2011) conceptualise this process as *reorientation*, a social-psychological dynamic through which individuals and communities navigate the psychological, social, and emotional responses to the symbolic and material transformations of social and geographical places caused by destruction. In this perspective, place is not only an orienting framework for recovery but also the ground upon which social capital and community resilience are built. As Diaz and Dayal (2008) argue, “the most catastrophic impact of natural disasters is an individual feeling of ‘loss of place’”. Natural disasters such as devastating earthquakes therefore entail not only the disruption of individual experiences of home, place, and identity, but also a collective dislocation of community, attachment, and belonging. The erosion of everyday spatial references profoundly affects how communities relate to their environments and to one another, often long after physical reconstruction has begun.

Against this backdrop of diminished liveability and habitability, *Geographies of Pre-Disaster Memories* emerges as a methodological and conceptual response to the structural gap between physical reconstruction and everyday urban life in L'Aquila. By foregrounding residents' memories of pre-disaster infrastructures, services, and everyday practices, the project seeks to recover forms of proximity, accessibility, and sociality that once sustained the city centre's foundational liveability. Memory is thus mobilised not as a nostalgic exercise, but as an analytical and political tool through which present conditions of urban habitability can be critically interrogated and future-oriented debates on

reconstruction informed. The research contributes to the reconstruction of L'Aquila's pre-earthquake memory by focusing on everyday living conditions in the historic centre and, more specifically, on the social and cultural infrastructures that existed until April 2009. These include schools, public healthcare facilities, sports fields, green spaces, neighbourhood shops, and cultural institutions such as cinemas, theatres, and local associations – spaces that fostered community, while also sustaining the urban social metabolism of L'Aquila's historic centre. Through memory-based mapping and participatory practices, the project makes visible the disjunction between a largely reconstructed building stock and the persistent absence of the socio-material infrastructures necessary for dwelling, care, and everyday social reproduction. In doing so, it contributes to reframe the local debate on reconstruction by shifting attention away from architectural restoration alone toward the reactivation of social and cultural infrastructures. The recollection of pre-disaster urban life thus becomes a critical resource for rethinking contemporary urban policies, supporting claims for foundational services, and imagining alternative trajectories for the historic centre beyond tourism-led or consumption-driven models of recovery.

b. Methodology

The research adopts a qualitative and participatory methodology combining semi-structured interviews and the *go-along* method, understood as walking interviews conducted in places evoked by participants. Semi-structured interviews rely on open-ended questions, allowing narratives to unfold while maintaining a shared thematic framework and enabling participants to articulate experiences and interpretations of everyday life in L'Aquila's historic centre prior to the 2009 earthquake.

The *go-along* method complements the interviews by situating memory work within space. When feasible, interviews are conducted while moving through the historic centre, with participants acting as guides and providing commentary on meaningful locations [Bergeron et al., 2013]. As a hybrid between participant observation and interviewing, *go-alongs* offer specific advantages for exploring the role of place in everyday lived experience. The research prioritises “natural” *go-alongs*, following habitual routes in terms of timing, duration, and trajectories. These routes are subsequently traced in a virtual cartographic representation, within which recalled social and cultural infrastructures are systematically remapped to reconstruct the pre-2009 spatial configuration of the historic centre. According to Kusenbach (2003), the *go-along* method provides privileged access to several key analytical dimensions. It captures the layered and selective nature of perception, reveals the texture of spatial practices, and connects personal biographies to specific locations through which meaning is attributed to routine activities. It also illuminates the social architecture of everyday settings, making visible networks, hierarchies, and positionalities, and facilitates the exploration of social realms as patterned forms of interaction unfolding in space [Lofland, 1998].

Moving through familiar urban environments often stimulates recollections, sensory associations, and emotional responses that are less accessible in static interviews. Participants are invited to identify former locations and reflect on their functions and meanings, enabling memories to be spatialised and linked to the material and symbolic geography of the city. Audio recordings are particularly valuable in *go-alongs*, especially during *ride-alongs*, where the pace of movement limits opportunities for clarification [Kusenbach, 2003].

Participants include former residents, shop owners, teachers, and regular users of the historic centre prior to 2009. Through narrative walks and interviews, they recall a wide range of social and cultural

infrastructures and reconstruct the rhythms of everyday life. The interviews are guided by the central question of how the historic centre functioned before the earthquake. A recurring finding is that the pre-disaster city operated as an unplanned “15-minute city,” shaped by historically sedimented practices of proximity rather than formal planning. By combining narrative interviews, spatial movement, and participatory engagement, this approach enables the reconstruction of the pre-disaster social and cultural geography and provides a grounded basis for understanding the loss of proximity and everyday urban metabolism in the post-disaster context.

3. Project outcomes: the digital archive and participatory practices

The narratives, testimonies, and visual materials collected throughout the research will converge into a publicly accessible digital archive of memory. The archive is conceived as a tool for documenting and reconstructing the urban, relational, and cultural fabric of L'Aquila's historic centre prior to the 2009 earthquake, while simultaneously fostering processes of active citizenship and collective re-appropriation of public space. Audio and video recordings, interview transcripts, photographs, and other materials will be organised within an interactive digital platform structured around a georeferenced map. Each memory will be linked to a specific location and presented as a narrative entry combining textual accounts and multimedia content, enabling users to explore the pre-disaster city through situated and embodied memories. Beyond its archival function, the platform aims to support future debates on the reconstruction of social and cultural infrastructures, contributing a memory-based perspective to policy discussions and planning processes concerning the historic centre. Alongside the digital archive, the project is complemented by a series of participatory laboratories developed in collaboration with the cultural association *fuoribolla* and currently underway with the local community. These laboratories respond to the fragmented socio-spatial condition of L'Aquila's historic centre, characterised by uneven patterns of use, temporal discontinuities, and the coexistence of distinct social “bubbles” that rarely intersect. Through artistic practices and visual research methods, the laboratories create spaces for dialogue among diverse groups of residents, users, and visitors, encouraging reflection on present perceptions of the city and collective imaginaries of its future. Structured as a cycle of workshops centred on representation, exchange, and recomposition, the process culminates in the co-production of a collective fanzine that materialises the plurality of perspectives emerging from the encounters. Conceived as replicable and open-ended, these participatory practices extend the research beyond documentation, positioning memory work as an active, relational process capable of reinforcing place attachment, supporting bottom-up urban development, and enriching the analytical framework of the broader research project.

Conclusion

This paper highlights the persistent gap between physical reconstruction and the restoration of everyday urban life in L'Aquila's historic centre. Despite substantial progress in rebuilding the architectural fabric, the lack of foundational services, social infrastructures, and everyday proximity continues to undermine liveability and habitability, contributing to demographic decline, social fragmentation, and functional underuse. By mobilising the concepts of foundational liveability and habitability, the paper reframes post-disaster recovery as a process that must address urban metabolism, social re-

production, and everyday dwelling. In this perspective, L'Aquila's pre-disaster centre is understood as a lived, unplanned form of proximity – akin to a “15-minute city”- whose loss reveals the limits of recovery strategies based on emergency housing, spatial dispersal, and functional separation.

The project *Geographies of Pre-Disaster Memories* positions memory as a critical and political resource for interrogating present conditions and imagining alternative futures. Through a digital archive and participatory practices, the research moves beyond documentation to foster active citizenship, place attachment, and collective reflection, supporting claims for foundational services and social infrastructures. More broadly, the paper argues that integrating memory work into post-disaster planning can contribute to more just, inclusive, and long-term recovery approaches centred on everyday life rather than tourism- or consumption-led models.

Bibliography

- ALEXANDER, D. E. (2010). *The L'Aquila earthquake of 6 April 2009 and Italian government policy on disaster response* in «Journal of Natural Resources Policy Research», n. 2(4), pp. 325–342.
- BASSENS, D., FROUD, J., JOHAL, S., & WILLIAMS, K. (2025). *Geography, the foundational economy, and the fallen-below*, in «Dialogues in Human Geography», n.0(0), <https://doi.org/10.1177/20438206251388515>.
- BENTHAM, J., BOWMAN, A., DE LA CUESTA, M., ENGELEN, E., ERTÜRK, I., FOLKMAN, P., FROUD, J., JOHAL, S., LAW, J., LEAVER, A., MORAN, M., & WILLIAMS, K. (2013). *Manifesto for the foundational economy*, in «CRESC Working», Paper No. 131, Manchester, The University of Manchester.
- BERDOULAY, V., & ENTRIKIN, J. N. (1998) in *Lieu et sujet: Perspectives théoriques*, in «L'Espace géographique», n. 2, pp.111–121.
- BERGERON, J., PAQUETTE, S., & POULLAQUE-GONIDEC, P. (2014). *Uncovering landscape values and micro-geographies of meanings with the go-along method* in «Landscape and Urban Planning», n.122, pp. 108–121, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.009>.
- BOCK, J. (2016). *Approaching utopia pragmatically: Artistic spaces and community-making in post-earthquake L'Aquila*, in «Cadernos de Arte e Antropologia», n. 5(1), p. 98. <https://doi.org/10.4000/cadernosaa.1046>.
- CALAFATI, L., FROUD, J., HASLAM, C., JOHAL, S., & WILLIAMS, K. (2023). *When nothing works: from cost of living to foundational liveability*, Manchester, Manchester University Press.
- CALANDRA, L. M. (2011). *Per una geografia sociale dell'Aquila post-sisma: comunicazione visual e nuove forme di democrazia*, in *Geografia Sociale e democrazia. Opportunità e rischi della comunicazione non convenzionale*, pp. 2–3.
- CALVI, G. M., & SPAZIANTE, V. (2009). *La ricostruzione tra provvisorio e definitivo: il Progetto C.A.S.E.*, in «Progettazione Sismica», n.3, pp. 227–252.
- COCKELL, C. S., BUSH, T., BRYCE, C., et al. (2016). *Habitability: a review*, in «Astrobiology», n.16(1), pp. 89–117.
- CONTRERAS, D., BLASCHKE, T., KIENBERGER, S., & ZEIL, P. (2013). *Spatial connectivity as a recovery process indicator: The L'Aquila earthquake*, in «Technological Forecasting & Social Change», n.80(9), pp. 1782–1803.
- CONTRERAS, D., FORINO, G., & BLASCHKE, T. (2018). *Measuring the progress of a recovery process after an earthquake: The case of L'Aquila, Italy*, in «International Journal of Disaster Risk Reduction», vol. 28, pp. 450–464, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.048>.
- COX, R. S., & PERRY, K.-M. E. (2011). *Like a fish out of water: Reconsidering disaster recovery and the role of place and social capital in community disaster resilience*, in «American Journal of Community Psychology», n. 48, pp. 395–411, <https://doi.org/10.1007/s10464-011-9427-0>.

- DIAZ, J., & DAYAL, A. (2008). *Sense of place: A model for community-based psychosocial support programs*, in «The Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies», 1, pp. 1174–4707.
- FOIS, F., & FORINO, G. (2014). *The self-built ecovillage in L'Aquila, Italy: Community resilience as a grassroots response to environmental shock*, in «Disasters», n.38, pp. 719–739, <https://doi.org/10.1111/disa.12080>.
- FORINO, G. (2015). *Disaster recovery: Narrating the resilience process in the reconstruction of L'Aquila (Italy)* in «Geografisk Tidsskrift – Danish Journal of Geography», n.115(1), pp. 1–13.
- GOUGH, I. (2017). *Heat, greed and human need: Climate change, capitalism and sustainable wellbeing*. Cheltenham, Edward Elgar.
- HAJEK, A. (2013). *Learning from L'Aquila: Grassroots mobilization in post-earthquake Emilia-Romagna*, in «Journal of Modern Italian Studies», n. 18(5), pp.627–643, <https://doi.org/10.1080/1354571X.2013.839524>.
- KHAVARIAN-GARMSIR, A. R., SHARIFI, A., & SADEGHI, A. (2023). *The 15-minute city: Urban planning and design efforts toward creating sustainable neighborhoods*, in «Cities», vol.132, 2023, 104101, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104101>.
- KUSENBACH, M. (2003). *Street phenomenology: The go-along as ethnographic research tool*, «Ethnography», n.4, pp. 455–485, <http://dx.doi.org/10.1177/146613810343007>.
- MORENO, C. (2024). *The 15-minute city: A solution to saving our time and our planet*. Hoboken, Wiley, <https://doi.org/10.1002/9781394308774>.
- OECD (2013). *L'azione delle politiche a seguito di disastri naturali: Aiutare le regioni a sviluppare resilienza – Il caso dell'Abruzzo post terremoto*. Paris, OECD Publishing.
- OLSEN, S., OREFICE, M., PIETRANGELI, G. (2018). *From the 'right to the city' to the 'right to metabolism'*, in NELSON A., SCHNEIDER, F., *Housing for degrowth*, Taylor & Francis Ltd, London, Routledge, 2018, pp. 33–43.
- PAUL, A., SEN, J. (2020). *A critical review of liveability approaches and their dimensions*, in «Geoforum», n.117, pp. 90–92, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.09.008>.
- POZOUKIDOU, G., CHATZIYIANNAKI, Z. (2021). *Città in 15 minuti: scomporre la nuova eutopia urbanistica*, in «Sustainability», n.13(2), 928, <https://doi.org/10.3390/su13020928>.
- RUTH, M., & FRANKLIN, R. S. (2014). *Livability for all? Conceptual limits and practical implications* in «Applied Geography», n. 49, pp. 18–23, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.09.018>.
- SAVINI, F. (2021). *Towards an urban degrowth: Habitability, finity and polycentric autonomism*, in «Environment and Planning A: Economy and Space», vol. 53, pp. 1076–1095, <https://doi.org/10.1177/0308518X20981391>.
- MARX M. et al. (2012) *Integrated health, social and economic impacts of extreme events: Evidence, methods and tools* in «Global Health Action», n. 5, 19837, <https://doi.org/10.3402/gha.v5i0.19837>.

Sitography

- <https://news-town.it/2023/09/15/affari-pubblici/scuole-in-centro-storico-il-no-di-calvisi-i-palazzi-anti-chi-non-rispettano-nuove-normative/> (settembre 2023)
- <https://news-town.it/2026/02/04/affari-pubblici/laquila-rotellini-i-negozi-in-centro-chiudono-svuotamento-programmato/> (febbraio 2026)
- <https://usra.it/> (febbraio 2026)
- <https://www.laquilablog.it/aquila-residenti-polemica-numeri-reali/> (febbraio 2026)

Oltre la “testa di cavallo”. Quale modalità avanzata per la comprensione della trasformazione di Foggia nel Settecento post-sismico

Beyond the “Horseshoe”. An advanced approach to understanding the post-seismic transformation of 18th Foggia

Giuliana Vinciguerra

Dottoranda in Archeologia e Culture del Mediterraneo Antico – ACMA
Scuola Superiore Meridionale
g.vinciguerra@ssmeridionale.it

Abstract

Tra i più distruttivi del XVIII secolo nel vicereame di Napoli, il sisma che colpì Foggia e il Tavoliere delle Puglie il 20 marzo 1731 provocò migliaia di vittime e ingenti crolli, come attestano le fonti coeve e le successive ricostruzioni storiografiche. L'evento non impose soltanto la riedificazione degli edifici danneggiati, ma avviò un processo di trasformazione urbana: nuovi quartieri sorsero oltre il nucleo medievale a “testa di cavallo”, sviluppandosi lungo la maglia dei tratturi, antica infrastruttura pastorale divenuta ossatura viaria della città settecentesca. Considerate tali premesse, il contributo analizza le strategie post-sismiche adottate nel contesto della Capitanata, integrando lo studio delle fonti storiche e cartografiche con strumenti di digitalizzazione e restituzione grafica, al fine di rileggere in chiave contemporanea i processi di trasformazione e resilienza urbana avviati dopo la catastrofe.

Keywords

Resilienza urbana, strategie post-sismiche, patrimonio digitalizzato.

Among the most destructive events of the 18th century in the Viceroyalty of Naples, the earthquake that struck Foggia and the Tavoliere delle Puglie on 20 March 1731 caused thousands of deaths and widespread collapses, as documented by contemporary sources and later historiographical accounts. The disaster not only required the reconstruction of damaged buildings but also triggered a broader process of urban transformation: new districts arose beyond the medieval “horse head” nucleus, developing along the network of sheep-tracks (tratturi) – ancient pastoral routes that became the structural framework of the eighteenth-century city. Considering these premises, this contribution examines the post-seismic strategies adopted in Capitanata, integrating the study of historical and cartographic sources with digitalization and graphic restitution tools to reinterpret, from a contemporary perspective, the processes of urban transformation and resilience set in motion after the catastrophe.

Urban resilience, post-seismic strategies, digitized heritage.

Introduzione

Tra XVII e XVIII secolo, la provincia della Capitanata fu interessata da numerosi eventi sismici che segnarono profondamente il territorio, incidendo non solo sul tessuto edilizio ma anche sui nuovi assetti urbani e insediativi. La reiterata coesistenza con i terremoti e con i rischi ad essi annessi determinò strutturali trasformazioni nelle città avviando processi di ricostruzione e riorganizzazioni fondati sulle esperienze distruttive e sulle necessità di ridefinire forme e funzioni dei centri¹.

¹ Il presente lavoro di ricerca si inserisce nell'ambito del Progetto di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN 2022) *Learning from the Past. Historical Memory, Material Culture, Seismic Damage Prevention in Buildings and Towns in Southern Italy: Skills and Experiences between the 17th and 18th centuries* (PI: prof. arch. Valentina

Il 30 luglio 1627 si verificò il primo e significativo terremoto dell'età moderna in quest'area – e tra i più disastrosi – che colpì in particolare l'area settentrionale della Capitanata e parte del Gargano. Centri come San Severo, Termoli e Lesina furono gravemente danneggiati o rasi al suolo [Araneo 1886; Baratta 1901, 122]. La città di Lesina situata in prossimità del lago omonimo subì distruzioni estreme: le fonti coeve riportano «che il Lago di Lesina era stato molte hore senza acqua, e che si erano trovati molti pesci lontano dal Lago, per il chesi diceva il furore del Terremoto havesse alzato due volte il fondo del Lago» [De Poardi 1627] nonché che «il mare si ritirò dentro il suo letto tre miglia e poi uscì fuori con grande impeto di miglia dentro terra» [Del Vasto 1627].

Le conseguenze dell'evento del 1627 trovarono risposta in un processo di ricostruzione che, nel caso di Lesina, comportò probabilmente anche uno spostamento dell'abitato rispetto alla collocazione originaria. Fonti successive riferiscono di un progetto promosso dai «Signori Maestri della Santissima Annunziata di Napoli», volto a riedificare la città in una nuova località denominata Santo Spirito, posta a circa due miglia dalla precedente sede [Lucchino 1930, 45]. Sebbene non vi siano prove definitive di tale spostamento, è documentato che la ricostruzione seguì uno schema ordinato, ancora oggi leggibile nell'impianto urbano.

Il tema del decentramento e della rifondazione di nuovi brani urbani a seguito di eventi sismici emerge, dunque, come elemento strutturale nello sviluppo in Capitanata. Se da un lato il terremoto del 1627 coinvolse il settentrione della puglia e il sud del Molise, un secondo evento catastrofico – oggetto del presente contributo – si verificò il 20 marzo del 1731 e colpì la città di Foggia [Molin 1985]. In questo caso, la presenza della fitta maglia tratturale, già consolidata come collegamento territoriale, offrì il supporto morfologico su cui si programmò l'espansione settecentesca [Baratta 1896, 177-220; De Rossi 1889; de Troia 1981; Jurassi 1975; Mezzina 2020; Russo 2010, 125-137].

1. Il terremoto del 20 marzo 1731: distruzione e cronache dell'evento

Alle ore 9.30 del mattino del 20 marzo 1731 una violenta scossa di terremoto, con epicentro nell'area di Foggia, colpì la città e fu avvertita in un'ampia porzione dell'Italia meridionale, interessando la Puglia, il Molise e l'area irpina. La potente scossa, classificata come IX grado della scala Mercalli, fu seguita nei giorni immediatamente successivi da un'intensa sequenza sismica che, tra il 20 e il 22 marzo, raggiunse circa cinquanta repliche [de Troia 1981, 3]. Le continue scosse di assestamento aggravarono le condizioni di un tessuto edilizio già compromesso, prolungando uno stato di emergenza che si tradusse in precarietà abitativa e paura diffusa.

Le cronache coeve restituiscono l'immagine di una città quasi interamente distrutta che «fu scossa terribilmente sin dalle fondamenta: molte case e pubblici edifici, tra cui parte della cattedrale, rovinarono paurosamente al suolo e la popolazione superstite corse terrorizzata senza alcun avere, adattandosi nelle campagne attorno [...] e soprattutto lungo il tratturo di Gesù e Maria e nel luogo detto le croci»². Il ricorso agli spazi aperti, in particolare ai tracciati tratturali che circondavano l'abitato medievale trasformò l'infrastruttura pastorale in spazio di rifugio anticipando quel rapporto tra città e rete territoriale che diventerà strutturante nella successiva espansione urbana. I danni al patri-

Russo), finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (2025-2027), che coinvolge quali Unità di ricerca le Università degli Studi di Napoli Federico II (capofila), Palermo, Parma e Mediterranea di Reggio Calabria (CUP: E53C24003380006).

2 Foggia, Archivio di Stato, *Dogana delle pecore*. Inv. V, B. 71, f.lo 4882, p. 17.

monio edilizio furono ingentissimi: «la terza parte della città è caduta, e le altre fabbriche rimaste in piedi sono così aperte, e lesionate, oltre d'essere in parte rovinate, che non sono accomodabili» [de Troia 1981, 11-16]. Le descrizioni insistono su uno scenario di rovine diffuse: «le case son rasate col continuo scuotimento da tempo in tempo fino ad oggi si sono anche rese inabitabili, non essendovi rimasto altro, che mura lesionate, e promontori di pietre, sotto le quali la misera gente sorpresa dal sonno e rimasta estinta» [Anonimo, 1731]. Non solo l'edilizia privata risultò compromessa, anzi «la maggior rovina è stata delle Chiese, non essendovene rimasta pur una in piedi da potersi celebrare il tremendo

Sacrificio della Messa» [Anonimo, 1731]. Il crollo generalizzato degli edifici ecclesiastici – tra cui i monasteri di Santa Chiara, dell'Annunziata e delle Orfane, il convento dei Domenicani e l'ospizio dei Martiriani – segnò profondamente la vita religiosa e sociale della comunità, privandola dei principali luoghi di aggregazione e assistenza. Tra gli edifici maggiormente danneggiati vi fu il Palazzo Doganale, situato nell'area della cosiddetta Piazza del pozzo Rotondo (FIG. 1), probabilmente edificato su preesistenze riconducibili al Palazzo di Federico II [Salvato 2017, 16].

Il terremoto del 1731 ebbe un impatto più significativo, poiché colpì il territorio in una fase di espansione e consolidamento socioeconomico. In quegli anni, infatti, il Tavoliere delle Puglie rappresentava uno degli epicentri dell'economia del Viceregno austriaco, in virtù del ruolo centrale assunto dalla *Dohana menae pecudum* (1447-1806), istituzione che regolava e controllava con il l'intero sistema della transumanza [Mezzina 2020, 19-20]. Attraverso la gestione dei pascoli demaniali e la riscossione dei diritti di fida per gli armenti che svernavano in Puglia, la dogana convogliava nelle casse dell'Erario un ingente flusso finanziario collegato ai grandi interessi nel settore agro-pastorale.

La dogana estendeva la sua giurisdizione su un'area vasta, comprendente gran parte del territorio pugliese, configurando un sistema amministrativo ed economico fortemente accentrato e, in tale contesto, Foggia si trovò ad assumere un ruolo di rilievo. La Regia Dogana, retta dal doganiere, non solo sovrintendeva alla regolazione dei prezzi, ma aveva competenze dirette anche nella promozione e costruzione delle opere pubbliche. Lo stesso doganiere era tenuto a risiedere nel palazzo doganale di Foggia, rafforzando, in tal modo, la centralità della città che, inoltre, considerata la collocazione strategica, costituiva un polo nevralgico per gli equilibri finanziari e politici del Regno.

Colpendo duramente tale centro, il sisma del 1731 minò alla base questo sistema, determinando una frattura non solo fisica ma anche istituzionale. La distruzione del Palazzo della Dogana rese evidente l'urgenza di una ricostruzione che non si limitasse alla riparazione dei danni, ma che assumesse il

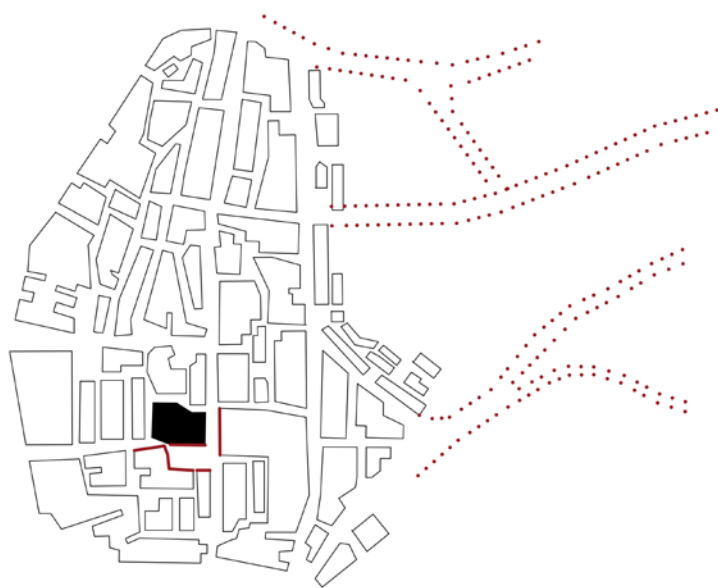


Fig. 1. Foggia, pianta del nucleo originario della città con l'indicazione della collocazione dell'antico Palazzo Doganale (in nero) e dei percorsi tratturali (in rosso), rielaborazione a cura dell'autrice.

carattere di rifondazione urbana, riaffermando il ruolo strategico di Foggia entro il più ampio contesto del Tavoliere. Nel passaggio tra la rovina materiale e la necessità di riaffermazione simbolica, oltre che funzionale, si colloca, quindi, l'avvio di un processo ricostruttivo che troverà nel nuovo Palazzo della Dogana il suo fulcro architettonico e il motore della trasformazione settecentesca della città. La particolare ubicazione subito fuori la Porta Reale e l'indubbia importanza amministrativa del palazzo imporranno, pertanto, il successivo sviluppo dell'assetto urbanistico di Foggia che si espanderà al di là del vecchio nucleo storico, verso l'attuale Piazza XX Settembre, dove da lì a poco sarebbe sorta la chiesa di San Francesco Saverio. Parte dell'assetto della città e della crescita urbana nel corso della seconda metà del Settecento sarà, con ogni probabilità, condizionato dalla costruzione del Palazzo Dogana: ciò sarebbe apparso ancora più chiaramente quando nel 1749 si sarebbe dato avvio a un'altra serie di demolizioni e di ampliamenti che, nel 1762, avrebbe portato la fabbrica a raggiungere l'attuale consistenza. Tra i più importanti a servizio delle attività del Tavoliere delle Puglie, l'edificio, tuttavia, già a distanza di pochi anni dalla nuova edificazione sarebbe risultato insufficiente negli spazi, cosicché, nel 1743, sarebbero iniziate ulteriori opere.

2. Dal vecchio al nuovo *Dohanal* Palazzo: l'espansione fuori il nucleo medievale

Al verificarsi del terremoto del 1731, l'area urbana di Foggia era ancora contenuta entro il cosiddetto «nucleo a testa di cavallo» di impianto medievale. L'abitato si configurava come un tessuto densamente edificato, caratterizzato da un'alternanza di edifici residenziali e religiosi e di architetture di rappresentanza, racchiusi entro la cinta muraria della città e accessibili attraverso cinque porte urbane (FIG. 2). Oltre Porta Reale, al di fuori dall'antico abitato medievale, si estendevano aree rurali punteggiate da abitazioni sparse, segnando il passaggio netto tra città e campagna. Questa distinzione morfologica iniziò a dissolversi nel corso del Settecento, quando la necessità di riorganizzare l'abitato e di superare i limiti imposti dalla cinta muraria avviò un processo di espansione verso nord, sud e sud-est [Ventura 1992]. Tale crescita seguì l'orditura dei percorsi preesistenti e, in particolare,



Fig. 2. Antonio e Nunzio di Michele di Rovere, Locatione di Castiglione, S. Jacovo, Fontanelle, et Motta S. Nicola, in Eidem, Atlante delle locazioni del Tavoliere di Puglia, 1686, 18v-19r, particolare. Foggia, Archivio di Stato.



Fig. 3. Angelo Rocca, Veduta della città di Foggia, fine XVI secolo. Roma, Biblioteca Angelica.

la trama dei tratturi che solcava la pianura del Tavoliere. Il processo di espansione settecentesca diede origine a nuovi borghi caratterizzati da una sostanziale omogeneità tipologica: isolati regolari e blocchi edilizi in linea si disponevano lungo gli assi viari rettilinei secondo un disegno ordinato e leggibile. Tale configurazione si poneva in evidente contrasto con la trama medievale interna, caratterizzata da percorsi irregolari e aggregazioni spontanee, configurando l'intervento post-sismico come operazione consapevole.

All'interno di questo nuovo assetto si collocavano pochi edifici di particolare rilievo, alcuni dei quali già in costruzione prima del terremoto. Tra questi il collegio dei Padri della Campagna di Gesù, donato dall'Università di Foggia a Monsignor Emilio Giacomo Cavalieri, rimasto incompiuto alla morte del prelado e completato solo nella parte basamentale, come attestato nella rappresentazione di Angelo Rocca risalente alla fine del XVI secolo (FIG. 3). Tuttavia, nel quadro complessivo delle perdite subite a seguito del terremoto, l'edificio che assunse maggiore rilevanza fu il vecchio *Dohanal* Palazzo: centro della Regia Dogana della mena delle pecore, Foggia identificava, infatti, in quell'edificio il fulcro amministrativo ed economico dell'intero sistema tratturale. A valle dell'evento sismico, i danni provocati all'edificio e le relative ipotesi di restauro trovano una ricca esplicitazione nelle relazioni del regio ingegnere Giuseppe Stendardo e della successiva di Nicolò Tagliacozzi Canale, conservate presso l'archivio di stato di Foggia e già oggetto di studio [Salvato 2017, 16]. In entrambe le relazioni

si ravvisava la necessità di ricostruire l'edificio comportando modifiche strutturali rilevanti e ingenti costi per i lavori.

Costituita da spesse murature in tufo a doppia fodera, la fabbrica presentava al piano terra coperture voltate in tufo, mentre al primo piano solai lignei. Il piano terra ospitava le dipendenze del Presidente Governatore, il copro di guardia e le carceri; al centro si trovava la corte interna dalla quale, sul lato sinistro, si sviluppava il sistema di scale che conduceva al piano superiore, destinato agli uffici pubblici, al carcere femminile e all'appartamento del Governatore. Al secondo piano erano collocati l'archivio e alcuni spazi adibiti a granai.

Gli effetti del sisma risultarono particolarmente ingenti per le strutture superiori: come evidenziato nella relazione di Stendardo, il primo e il secondo piano presentavano gravi compromissioni statiche. Tra le criticità veniva segnalata, inoltre, la collocazione dell'archivio al livello più alto dell'edificio, con un sovraccarico ritenuto pericoloso per le strutture sottostanti. L'ingegnere proponeva, pertanto, demolizioni parziali «per alleggerire il peso alle stanze di sotto, che sono parimente resentite, che si devono anche precautionare in tempo della refezione del Palazzo suddetto»³. Nelle piante allegate alla successiva relazione, Tagliacozzi Canale evidenziò archi e volte lesionate e muri compromessi, nonché l'inserimento di catene metalliche a scopo di consolidamento (FIG. 4), confermando quanto le maggiori criticità interessassero i livelli superiori. Nonostante la puntualità delle perizie tecniche, l'entità della spesa e la complessità degli interventi alimentarono un lungo dibattito, protrattosi per quasi due anni, sulle modalità di ricostruzione. Si giunse, infine, alla decisione di non procedere al restauro del vecchio edificio, ma di trasferire la sede della Regia Dogana al di fuori della cinta muraria. Fu così acquistato dal Marchese Ruoti, per conto dell'amministrazione, il complesso del seminario dei Padri della Compagnia di Gesù, già appartenuto a Monsignor Giovanni Pietro Faccoli, situato lungo il tratturo di Gesù e Maria. La delocalizzazione della sede doganale determinò un significativo spostamento del baricentro urbano. Un edificio incompleto, costituito da una chiesa e da alcuni magazzini, divenne il nuovo fulcro amministrativo della città, imprimendo una direzione precisa allo sviluppo urbano. Le murature, realizzate in tufo con fodera esterna in pietra per la zoccolatura e in mattoni per la parte superiore, presentavano un nucleo interno in "crosta" tufacea legata con malta di calce e sabbia; la medesima tecnica fu impiegata anche per la sopraelevazione del secondo piano del nuovo palazzo.



Fig. 4. Foggia, Palazzo Doganale. Rappresentazione planimetrica dei danni riportati dalla fabbrica secondo quanto descritto dall'ingegnere Tagliacozzi Canale, 1731. Foggia, Archivio di Stato, Dogana delle pecore. Inv. V, B. 52, f.lo 4544, rielaborazione a cura dell'autrice.

³ Foggia, Archivio di Stato, *Dogana delle pecore*. Inv. V, B. 52, f.lo 4544, p. 4.

I lavori, condotti su progetto dell'ingegnere Giustino Lombardi, furono ultimati nel febbraio del 1734 [Salvato 2017]. L'architettura, sobria nel linguaggio formale ma dotata di forte valenza giuridico-amministrativa, contribuì alla definizione di una nuova centralità urbana al di là del nucleo medievale. La successiva realizzazione della chiesa di San Francesco Saverio e la formazione di uno spazio aperto antistante consolidarono tale polarità, favorendo la crescita dei borghi verso quel settore della città. In questo senso, lo schema urbanistico della seconda metà del Settecento appare profondamente condizionato dalla delocalizzazione del Palazzo della Dogana, che da edificio istituzionale divenne elemento ordinatore della nuova configurazione urbana.

Conclusioni

L'analisi degli eventi sismici che interessarono la Capitanata tra il XVII e il XVIII secolo consente di leggere il terremoto non soltanto come episodio distruttivo, ma come fattore strutturante nei processi di trasformazione urbana. Se il sisma del 1627 aveva già introdotto il tema della possibile rilocalizzazione degli abitati e della ricostruzione secondo schemi ordinati, l'evento del 1731 a Foggia segna un passaggio ulteriore, in cui la risposta alla catastrofe assume una dimensione più consapevole e strategica.



Fig. 5. Foggia, vista del nuovo Palazzo Doganale in piazza XX Settembre, foto di Giuliana Vinciguerra 2026.

Il terremoto colpì la città in un momento di consolidamento economico, quando il sistema della Regia Dogana garantiva a Foggia una centralità amministrativa e finanziaria di rilievo nel Vicereame. La distruzione del più antico edificio doganale non rappresentò, dunque, soltanto una perdita materiale, ma determinò la compromissione simbolica e funzionale del principale dispositivo di governo del territorio tratturale. In questo senso, la ricostruzione, che non avrebbe potuto limitarsi a un semplice intervento tecnico di riparazione, si configurò, di contro, come un atto di riaffermazione istituzionale. La decisione di trasferire la sede doganale lungo il tratturo di Gesù e Maria, al di fuori della cinta medievale, determinò una trasformazione profonda nell'assetto urbano. Il tratturo, infrastruttura pastorale che nei giorni del sisma aveva accolto la popolazione in fuga, divenne matrice di espansione e asse generatore di una nuova centralità. La rete territoriale preesistente si trasformò così in struttura urbana, dimostrando come le logiche economiche e infrastrutturali potessero orientare la morfologia della città.

Il nuovo Palazzo della Dogana (FIG. 5), pur nella sua sobrietà formale, assunse un ruolo ordinatore nello sviluppo settecentesco di Foggia. Attorno ad esso si consolidò un nuovo polo, rafforzato dalla costruzione della chiesa di San Francesco Saverio e dalla definizione di spazi pubblici che favorirono l'espansione dei borghi verso sud-est. La delocalizzazione dell'edificio amministrativo determinò uno spostamento del baricentro urbano, segnando l'avvio di una fase di crescita pianificata che si distingueva per maggiore regolarità e chiarezza compositiva rispetto al tessuto medievale.

Alla luce di tali considerazioni, il terremoto del 1731 può, dunque, essere interpretato come punto di avvio della "nuova Foggia": non tanto per l'entità della distruzione, quanto per la capacità dell'evento di innescare un processo di riorganizzazione spaziale e funzionale. La risposta alla crisi si tradusse, difatti, in un progetto urbano che integrava esigenze di sicurezza, rappresentanza e controllo economico, dimostrando come la resilienza delle comunità si potesse esprimere attraverso la trasformazione dell'impianto urbano e la ridefinizione delle gerarchie spaziali.

Nel quadro più ampio della storia insediativa della Capitanata, emerge quindi una costante: la reiterata esposizione al rischio sismico non ha prodotto soltanto vulnerabilità, ma ha determinato l'attivazione di meccanismi di adattamento e rinnovamento. La ricostruzione, lungi dall'essere semplice ripristino, è divenuta occasione di ridefinizione identitaria e territoriale: attraverso la rifondazione del proprio centro amministrativo, Foggia ha trasformato una frattura distruttiva in un'opportunità di riorganizzazione urbana resiliente, inscrevendo nella propria forma fisica la memoria dell'evento e la volontà di continuità istituzionale.

Bibliografia

- ARANEO, G. (1866). *Notizie storiche della città di Melfi nell'antico Reame di Napoli*, Napoli, s.n., pp. 9652-9703.
- BARATTA, M. (1893). *Sul periodo sismico Garganico dell'aprile-giugno 1892*, in «Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano», s. II, vol. XII, parte I, pp. 39-65.
- BARATTA, M. (1896). *Sulla attività sismica nella Capitanata*, in «Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano», s. II, vol. XVI, parte I, pp. 177-220.
- BARATTA, M. (1901). *I terremoti d'Italia. Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana*, Torino, Fratelli Bocca.
- CAVASINO, A. (1931). *Catalogo dei terremoti disastrosi avvertiti nel bacino del Mediterraneo dal 1501 al 1929*, in *Pubblicazioni della Commissione Italiana per lo studio delle grandi calamità*, vol. II, Roma, Reale Accademia d'Italia, pp. 25-60.

DE POARDI, G.V. (1627). *Nuova relazione del grande e spaventoso terremoto successo nel Regno di Napoli, nella Provincia di Puglia, in venerdì alli 30 luglio 1627*, Roma, s.n.

DE ROSSI, M.S. (1889). *Documenti raccolti dal defunto conte Antonio Malvasia per la storia dei terremoti ed eruzioni vulcaniche massime d'Italia*, in «Memorie della Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei», vol. V, pp. 169-289.

DE TROIA, G. (1981). *Il terremoto del 1731*, in «Anno Mariano – Notizie», n. 3.

DEL VASTO, F. (1627). *Vera relazione del terribile terremoto seguito in Puglia nel prossimo passato mese di luglio, con danno et rovina di molte terre, et di due città, con mortalità grandissima di persone; nella quale s'intende la ritirata dal mare dentro il proprio letto per spazio di tre miglia, et la subita uscita dal detto letto con grandissimo empio et rovina, con stupore e meraviglia*, Ferrara, s.n.

JARUSSI, U. (1975). *Foggia. Genesi urbanistica, vicende storiche e carattere della città*, Foggia, Bastogi.

LUCCHINO, A. (1930). *Del terremoto che addì 30 luglio 1627 ruinò la città di Sansevero e terre convicine*, a cura di N. Checchia, Foggia, s.n.

MEZZINA, M. (2020). *Il terremoto del 1731. Foggia anno zero*, Torino, Città Studi Edizioni.

MOLIN, D. (1985). *The Foggia earthquake of March 20, 1731*, in *Atlas of Iseoseismal Maps of Italian Earthquakes*, a cura di D. Postpischl, Roma, CNR-PFG, Quaderni de «La Ricerca Scientifica», n. 114, vol. 2A, pp. 58-59.

RUSSO, S. (2010). *Il terremoto di Foggia del 1731*, in *Atti del Convegno di Foggia sul Viceregno Austriaco (1707-1734)*, a cura di N. Guasti, S. Russo, Foggia, s.e., pp. 125-136.

SALVATO, G. (2017). *Palazzo Dogana in Foggia dalle origini ai giorni nostri*, Foggia, Claudio Grenzi Editore.

Strutture leggere antisismiche nella cultura costruttiva napoletana di primo Settecento.

Il caso studio di Palazzo Casacalenda

Lightweight Anti-Seismic Structures in the Early Eighteenth-Century Neapolitan Construction Culture. The Palazzo Casacalenda Case Study

Elena Vitagliano

Dottoranda in Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II
elena.vitagliano@unina.it

Abstract

Il contributo inquadra l'impiego di strutture ad ossatura lignea, con particolare attenzione alle murature, nella Napoli settecentesca, in una fase antecedente alla codifica della tecnica successiva al terremoto delle Calabrie del 1783. Nel quadro delle sperimentazioni maturate nei cantieri urbani, Palazzo Casacalenda – legato alle vicende di cantiere di Mario Gioffredo e Luigi Vanvitelli – è assunto come riferimento per una lettura integrata tra fonti d'archivio e riscontri in sito. Il testo delinea un quadro delle soluzioni *intelaiate* e delle relative varianti, così come emergono ai diversi livelli dell'edificio.

The paper frames the use of timber-framed systems, focusing in particular on masonry, in eighteenth-century Naples, during a phase preceding the codification of the technique that followed the 1783 Calabria earthquake. Within the broader context of experimentation on urban building sites, Palazzo Casacalenda – whose construction campaign involved Mario Gioffredo and Luigi Vanvitelli – is taken as a point of reference for an integrated reading of archival sources and on-site evidence. The study outlines an overview of intelaiated solutions and their variants as they emerge across the different levels of the building.

Keywords

Napoli, strutture intelaiate con ossatura lignea, cultura sismica settecentesca.

Naples, timber-framed structures, eighteenth-century seismic culture.

Introduzione. Tecniche costruttive in transizione: strutture intelaiate a Napoli tra prassi consolidata e sperimentazione per la mitigazione del rischio sismico (XVII-XVIII)

Il comportamento sismico dell'architettura storica, congiuntamente ai metodi volti a incrementarne le prestazioni, costituisce un ambito di indagine ormai consolidato nel dibattito scientifico, entro il quale ha assunto peculiare rilievo lo studio dei dispositivi lignei destinati alla mitigazione del rischio. Nel quadro delle applicazioni moderne delle strutture a ossatura lignea, la cosiddetta muratura barricata o intelaiata – il cui lessico tecnico locale, per lo più codificato nella trattatistica ottocentesca [Ascolesi 1840, 92-93; De Cesare 1855-56, I, 142-143; Ragucci 1859, 293; Jaoul 1874, 303-304, 442], restituisce un repertorio ampio di lemmi ancora non pienamente indagato – quale presidio antisismico parve affermarsi con particolare intensità nella seconda metà del Settecento, all'indomani del sisma calabrese del 1783 [Tobriner 1983; Ruggieri 2013; Ceniccola 2014; Ruggieri, Zinno 2014; Ruggieri 2015; Ruggieri *et al.* 2016; Stellacci *et al.* 2016; Pollone 2021]. Eppure, ricerche bibliografiche e d'archivio, corroborate da riscontri di cantiere, attestano un impiego delle pareti intelaiate nella capitale napoletana ben prima di tale soglia cronologica, tanto per la tamponatura di vani e la definizione di

partizioni interne, quanto per l'inserimento di tramezzi e volte leggere nei complessi apparati decorativi delle residenze nobiliari. Una simile persistenza sembra rinviare a una prassi di *longue durée*, verosimilmente affinata in esito ai moti tellurici del 1688, 1694 e 1732, allorché i cantieri di remissione divennero, per la città, sede di sperimentazione tecnico-empirica in risposta agli eventi sismici [Fiengo 1983]. Ne discende l'interesse di questo areale – tuttora poco indagato, se non mediante circoscritti approfondimenti verticali [Ausiello 1996; Fumo 1996; Villani 2018] – quale osservatorio privilegiato per cogliere la metamorfosi della tecnica costruttiva prima della sua piena codificazione in strategia antisismica.

In tale prospettiva, un approccio per casi studio nei quali si coniugano la disponibilità di documenti di cantiere e riscontri fisici, attestanti la sussistenza di tali strutture, si rivela proficuo.

Un nucleo significativo di testimonianze di strutture intelaiate ancora in sito si riconosce nel centro antico di Napoli, presso l'area di piazza San Domenico (FIG. 1), contesto particolarmente segnato dai diversi eventi sismici, come attestato, in particolare per il complesso religioso che ne definisce il margine nord-occidentale, dalle fonti coeve – opuscoli anonimi e relazioni. Nel 1688 i danni interessarono soprattutto il Refettorio sopra la Congregazione del Rosario – riparato tempestivamente e poi incate-

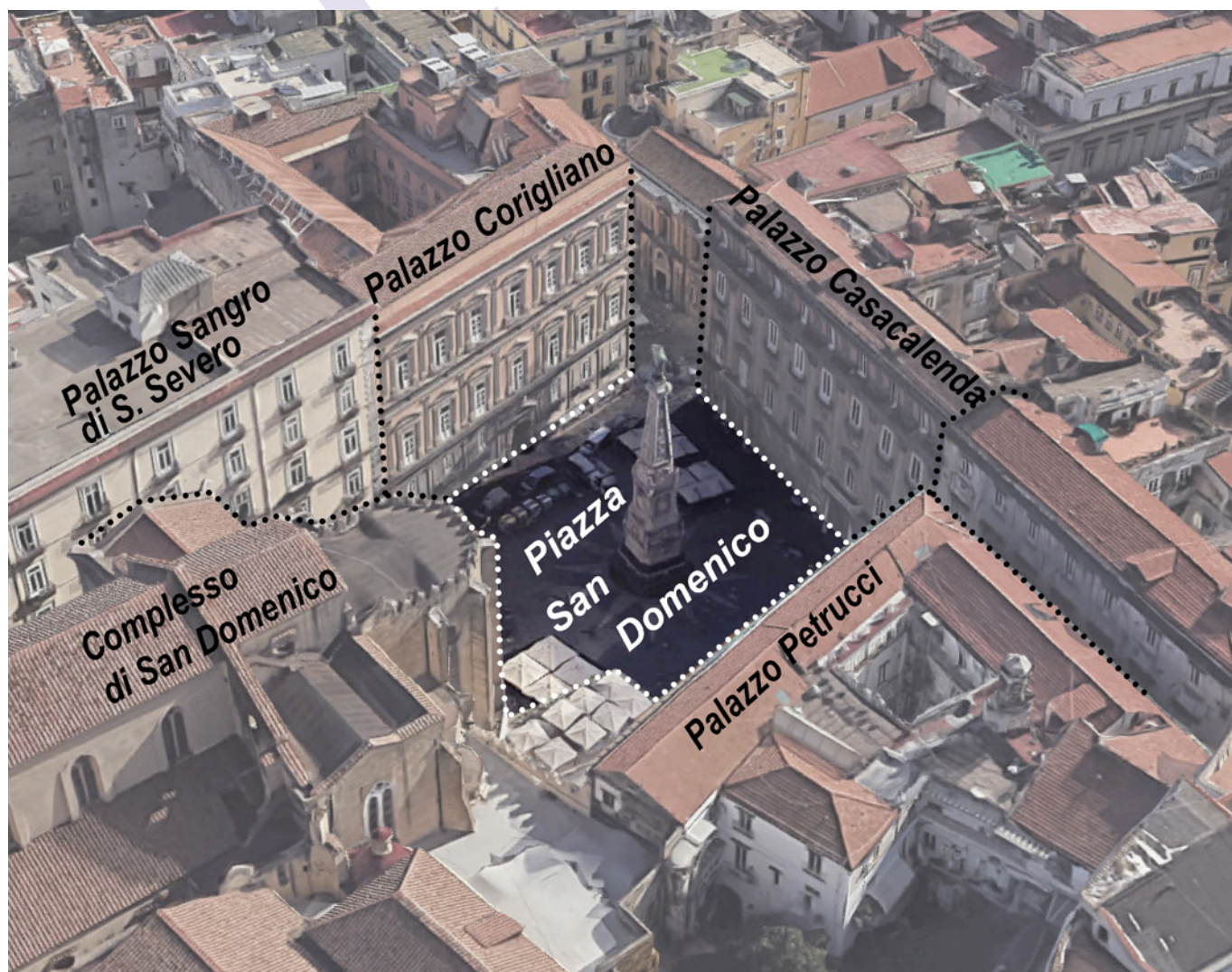


FIG. 1. Napoli. Veduta aerea di Piazza San Domenico Maggiore con indicazione degli edifici prospicienti, rielaborazione dell'autrice.

nato «in omnilatero» [Sportelli 1688, 40]; nel 1694 si riportarono lesioni notevoli, sebbene il terremoto avesse causato, in generale, danni lievi nella maggior parte delle abitazioni [Anonimo 1694]; ancora nel 1732 la chiesa risultò, tra le fabbriche religiose «aperte per causa della gran scossa [...] (una delle) più maltrattate» [Anonimo 1732, 3]. La centralità del complesso riflette il privilegio accordato dalle fonti all'edilizia pubblica ed ecclesiastica rispetto a quella civile minore; ciononostante, taluni passaggi consentono di ricostruire un quadro dei danni alla scala della piazza nella sua interezza. Nel 1688 dal Palazzo de Macedonii, ossia l'attuale Palazzo Corigliano [Vitale 1985, 97-109], cadde una porzione di cornicione in pietra scolpita, determinando la rovina di due grandi balconi cinti da ringhiere metalliche [Anonimo 1688]; nel 1732 si registrò, altresì, il crollo di parte della guglia collocata al centro dello spazio urbano, allora in fase di costruzione [Anonimo 1732, 3; Salvatori, Menzione 1989, 60-94]. Ne consegue che l'intera piazza, quale compagine entro una città ripetutamente squassata, conobbe crolli, lesioni e conseguenti opere di remissione reiterate nel corso degli anni.

Le tecniche adottate furono certamente molteplici – dalle operazioni di consolidamento delle muraure preesistenti agli inserimenti di tiranti metallici, sino alla rimozione di elementi decorativi eccessivamente aggettanti e a ricostruzioni; nondimeno, appare significativa la ricorrenza di strutture intelaiate in più punti del sito urbano. Nel complesso di San Domenico Maggiore, ad esempio, nell'ambito di un recente restauro della cella di San Tommaso sono state rinvenute strutture realizzate con «un composto di frantumi di pietre e di legno» [Perrotta 1828, 124], assimilabili a pareti di tufo con ossatura lignea [Bianco, Foglia, Longobardi 2016, 67]. Presso Palazzo Corigliano si riscontra la presenza di tramezzi con armature lignee a telaio e croci di Sant'Andrea, celate da finiture e decorazioni [Fumo 1996, 151-153], nonché di volte leggere o finte – nei saloni di maggiore respiro dei piani di rappresentanza – costituite da un canniccio intonacato e successivamente ornato con dipinti e stucchi, sorretto da costole in pioppo e da travi in abete [Carputi, De Felice, Pica Ciamarra, Matacena 1985, 138-139]. Presso Palazzo Casacalenda, noto sia per i dissapori insorti in cantiere nel corso del Settecento e documentati da Giuseppe Fiengo [Fiengo 1976], sia per l'episodio più recente del taglio di una delle campate verso via Mezzocannone – progettato nel 1891 ed eseguito nel 1922 in fase di Risanamento [Russo 1960, 422-425, 480; Ausiello 1996, 204] – si attestano murature con intelaiata lignea e finte volte, distribuite su più livelli e riferibili a differenti cronologie. Risulta pertanto proficuo volgere l'attenzione a tale manufatto.

L'indagine qui presentata si iscrive in un approfondimento condotto nell'ambito di un Progetto di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale, che coinvolge le Università di Napoli Federico II, Palermo, Reggio Calabria e Parma, dedicato allo studio e all'interpretazione delle tecniche costruttive e di rinforzo, nonché delle strategie di pianificazione degli assetti urbani tra Sei e Settecento nel Mezzogiorno d'Italia, in rapporto alla prevenzione dei danni sismici¹. Essa muove dalle evidenze materiali, assunte come base di riscontro, e si fonda su una lettura sinottica e comparativa delle fonti documentarie d'archivio e bibliografiche.

Il contributo concentra l'attenzione sulle partizioni verticali intelaiate, verificate anche tramite osservazioni dirette; le volte leggere sono invece richiamate in forma necessariamente sintetica sulla sola base di fonti d'archivio, in attesa di una ricognizione estesa.

1 PRIN 2022, *Learning from the Past. Historical Memory, Material Culture, Seismic Damage Prevention in Buildings and Towns in Southern Italy: Skills and Experiences between the 17th and 18th centuries* (PI: prof. arch. Valentina Russo), finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (2025-2027), CUP: E53C24003380006.

1. Un caso di edilizia napoletana post-sisma 1732. Il cantiere di Palazzo Casacalenda

Come anticipato, la trasformazione settecentesca della residenza dei Duchi di Casacalenda si rivelò particolarmente complessa, soprattutto in ragione delle controversie giudiziarie alimentate dalle insoddisfazioni della committenza. Tali vicende coinvolsero l'architetto direttore dell'opera Mario Gioffredo, quando il cantiere era ormai prossimo al compimento; gli subentrò, dopo una breve parentesi del regio ingegnere Michelangelo Giustiniani, l'architetto di Corte Luigi Vanvitelli [Fiengo 1976; Ausiello 1996].

L'impianto strutturale dell'edificio fu impostato sulla definizione di una parte basamentale particolarmente solida, comprendente i locali terranei, ove gli archi definiscono uno schema strutturale di ripartimento dei carichi soprastanti sui piedritti, e il piano seminterrato, caratterizzato da una volta a botte estesa per l'intera lunghezza della facciata, ma intervallata da archi in mattoni di irrigidimento. A completare l'inserimento dell'edificio nel terrapieno della piazza vi è un muro di contenimento, sul quale si innesta la volta del livello ipogeo, che equilibra le spinte contrapposte e ascende fino a raggiungere il piano di posa dei *pedamenti in tela* [Ausiello 1996, 209] – soluzione adottata da Gioffredo anche per la cupola della Chiesa dello Spirito Santo per migliorare le prestazioni delle strutture sotto sisma [Russo 2005, 166-167].

L'edificio, in parte esito del riuso di una preesistenza, si configura perlopiù come un involucro in muratura di tufo giallo napoletano, rivestito da piperno, localizzato al piano terra, e stucco – scelto da Vanvitelli in sostituzione dei precedenti rivestimenti voluti da Gioffredo in pietra dolce di Sorrento, impiegata per la sua leggerezza anche in altri contesti napoletani quale soluzione efficace nell'aspetto, ma anche più sicura in caso di sisma, come nel caso del cupolino della Chiesa della Misericordia², e copertine di mattoni arrotati. L'organismo si sviluppa in altezza con due piani nobili, intervallati da un ammezzato e seguiti da un appartamento, a sua volta superato da un ultimo livello e poi tetto sovrastante.

Per i muri di spina, al fine primario di conseguire maggiore libertà nella disposizione dei divisori trasversali, Gioffredo adottò prevalentemente murature con telaio ligneo e riempimento di pietre pomice o blocchi di tufo. Molte di esse furono demolite e sostituite, non solo con il subentro in cantiere di Vanvitelli, ma anche in interventi più recenti, connessi alla manomissione dell'articolazione interna dei singoli appartamenti. La definizione di tali strutture fornita dai computi settecenteschi³ li qualifica come *intelature*, ossia fabbriche di pietre pomice o tufo «intessute con legnami», ribadendo la funzione cooperante della materia organica nei confronti della muratura, e demandandone la corretta esecuzione ad una collaborazione tra capomastro e falegname. L'armatura risulta incassata mediante alloggi praticati nelle murature laterali e successivamente *quagliati* – ossia chiusi con rinzafo di malta [Jaoul 1874, 304, 468] – nonché attraverso *caraci* o calettature longitudinali [*ibidem*; Ivi, 582], incavate nell'astrico superiore, eseguito in precedenza. In taluni casi, «a freno» o «a sostegno» della partizione, si pongono in opera una o due travi con le teste *impeciate* – al fine di limitare i problemi connessi alla trasmissione di umidità dalla muratura al legno [Ragucci 1859, 220] – unite, talvolta, alle altre membrature mediante brache di ferro e fissate alle murature laterali con *tenute*, ovvero alloggi,

2 Napoli. Archivio del Pio Monte della Misericordia. *Cat. A. Rubr. a/VI bis*, f. 256v.

3 Napoli. Archivio di Stato. *Processi antichi. Pandetta Nuova IV. B. 2287.5.I-II-III.*

FIG. 2. Breymann 1885, Taf. 15. Tavola dedicata alle pareti 'pensili': si confrontino le immagini 1-2, per assetto strutturale molto simile all'esempio documentato in Palazzo Casacalenda (cfr. FIG. 4). Nella medesima tavola, l'immagine 4 illustra la variante con arco zoppo in laterizio, richiamata per analogia tipologica con una delle trasformazioni attribuibili alla fase vanvitelliana del cantiere dell'edificio oggetto di studio.

di circa un palmo [0,26 m]. Tale dettaglio sembra collocare il tramezzo nella tipologia di una parete 'pensile' – per riprendere la classificazione di Breymann [Breymann 1885, II, 47-48; Ausiello 1996, 210] – nella quale la soglia funge da catena e i listoni verticali sorreggono un cappello superiore; elementi minori detti in ambito napoletano *impiedi* e *correnti*, completano infine il reticolo destinato ad accogliere il riempimento (FIG. 2).

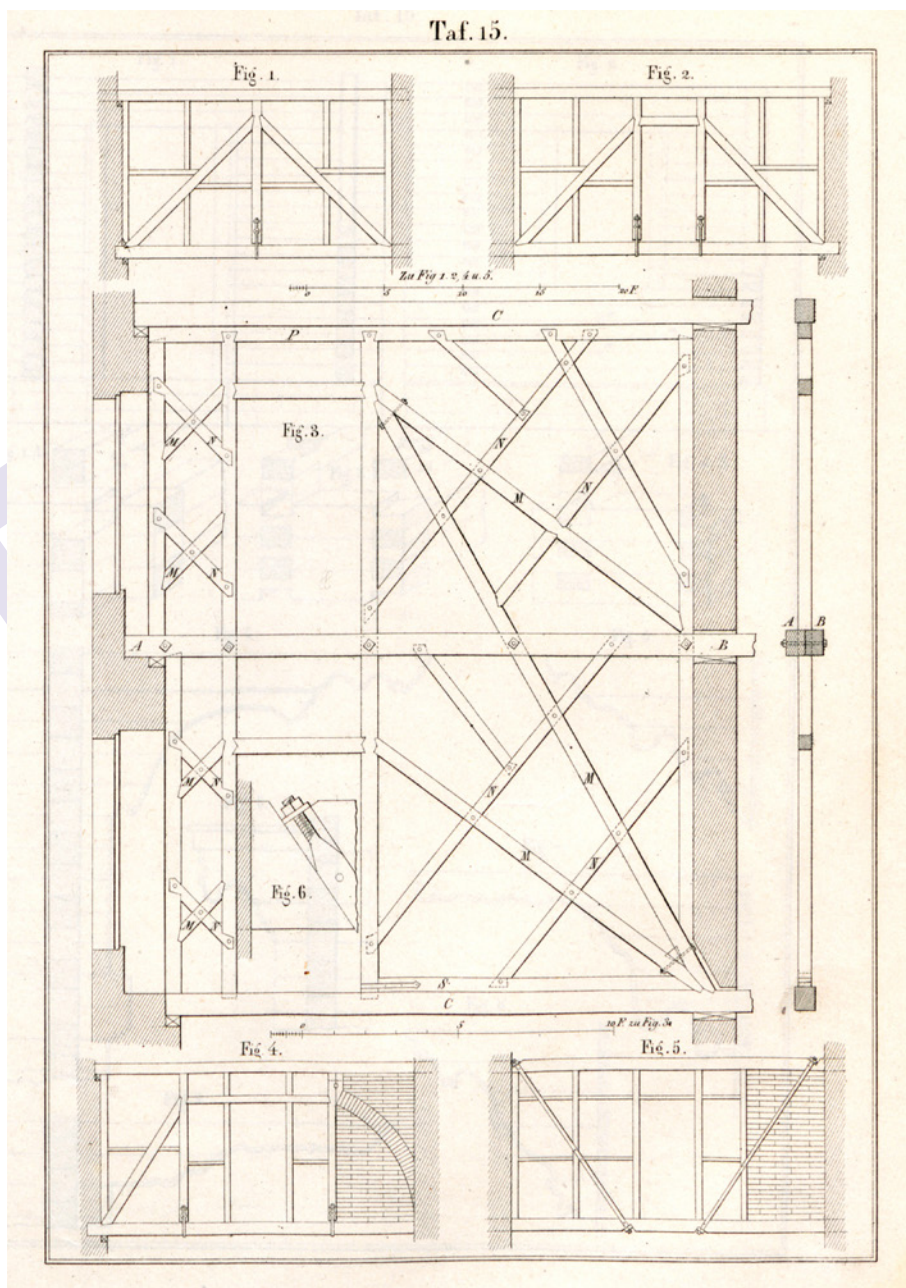
Nel cantiere settecentesco gli orizzontamenti sono costituiti, ad esclusione delle volte delle scale e dei piani terra e ipogeo, da tradizionali solai lignei [D'Aprile 2009], ovvero

travi ed «astrici incordonati sopra legnami», *intersuoli* o *a cielo*. A completare il sistema – per ragioni igieniche ed estetiche, nonché per istanze di leggerezza connesse alle esigenze di risposta al sisma – ricorrono graticole con incartate e finte volte; queste ultime risultano di particolare interesse per la complessità dell'ossatura e per la pluralità di maestranze coinvolte, spesso non disgiunte dall'intervento di un artista.

2. «Intelature intessute con legnami» tra fonti documentarie e rilievi diretti

Nel Palazzo Casacalenda, allo stato attuale delle conoscenze, è possibile attestare la presenza di *intelature* a diversi livelli, a partire dal primo piano nobile.

Ai fini dell'interpretazione della parete rilevata da Gigliola Ausiello [Ausiello 1996] in corrispondenza



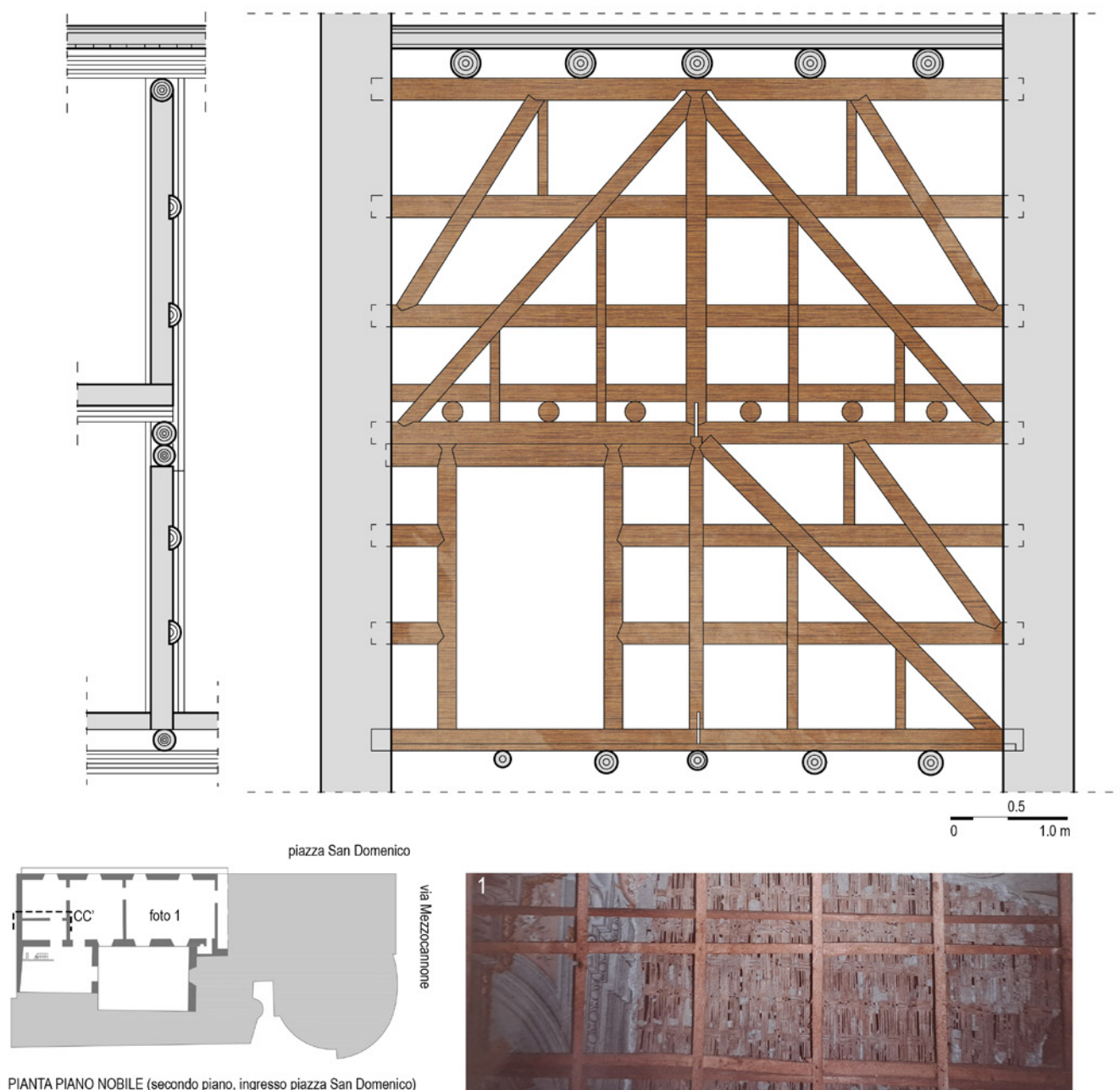


FIG. 3. Napoli, Palazzo Casacalenda, appartamento al primo piano nobile (ingresso da piazza San Domenico). Riproduzione del rilievo pubblicato in Ausiello 1996, 216. In basso a destra, dettaglio della fotografia dell'incannucciata con affresco di Fedele Fischetti, nell'assetto precedente agli interventi di restauro (cfr. nota 21).

del gabinetto-studiolo [Jaoul 1874, 305], a lato della stanza da letto e del cosiddetto «camerino oscuro» [Ausiello 1996, 210, 213, 216], assume particolare importanza la descrizione – desumibile dalle fonti archivistiche – delle due *intelature* in pomici un tempo poste nella terza anticamera del medesimo piano, assai prossime, per caratteristiche materiche e strutturali, a quella tuttora conservata (FIG. 3). Si tratta di tramezzi «con tre travi, uno nel piede, l'altro nel mezzo, il terzo [che] reggeva il pavimento superiore con due stanghe di ferro nel mezzo»⁴, in seguito sostituiti da strutture analoghe,

4 Ivi, B. 2287.5.II, f. 217v.

ma con riempimento in mattoni, reputato più idoneo a «reggere le mostre di marmo»⁵. Nella parete ancora in sito, la presenza del soppalco determina la sovrapposizione di due sistemi di ossature tra loro distinti: un telaio superiore, articolato su una struttura principale composta da catena lignea, trave, monaco centrale e puntone laterali, e completato da un'orditura secondaria scandita da listoni orizzontali, verticali e obliqui; e un telaio inferiore, di configurazione asimmetrica, per una metà analogo al primo e, per l'altra, privo di puntone ma articolato su un vano di porta, i cui stipiti assumono la funzione di tiranti [Ausiello 1996, 210, 216]. La presenza dei puntone e delle travi – che consente di ricondurre la parete alla tipologia 'pensile' già richiamata – avvicina altresì l'esemplare descritto all'«intelaiato costruito di legname ed a cavallo armato» registrato nel dizionario di Luigi Ragucci, quale struttura volta a sgravare il solaio dal carico della partizione mediante l'inserimento di «due o più robusti travicelli o bordoni squadriati... (che) mentre puntano in piè de' muri laterali, ovvero a discrete altezze dal piano orizzontale e ad angolo, vanno a congiungersi in alto», assumendo su di sé il peso «che in loro mancanza forzerebbe i correnti e gl'impiedi» [Ragucci 1859, 293]. Le pomici e la schiuma di lava, materiali costruttivi tradizionali, ma il cui uso come riempimento di strutture ad ossatura lignea è attestato con certezza dal terremoto di Ischia del 1883 [Giornale del Genio Civile 1883, 607], coniugano nelle *intelature* del palazzo indagato, leggerezza e resistenza, qualità rilevanti sotto il profilo antisismico. Tuttavia, specie nella fase vanvitelliana del cantiere, risultano i laterizi a configurarsi quale materiale privilegiato per le *intelature* [Fiengo 1976, 145]. In un altro ambiente del medesimo piano nobile, infatti, una probabile trasformazione di un'*intelatura* preesistente, variante della parete 'pensile' descritta in precedenza [Breyman 1885, II, 48], si distingue per la presenza di una metà interamente in mattoni, nella quale un arco zoppo assolve la funzione del puntone ligneo⁶ (FIG. 2). Di tale soluzione, allo stato attuale, non si dispone di riscontri materiali diretti, così come non risultano, per ora, verifiche in sito per l'*intelatura* di separazione tra alcova e terza anticamera del primo piano, in mattoni a coltello, eseguita «con averci fatto l'ossatura di travi vecchi e nel cestone d'ogni quadratura tagliatoci l'incarzo per tenuta di detti mattoni»⁷.

Anche al secondo livello nobile, la sola documentazione archivistica restituisce informazioni su *intelature* costruite sotto la direzione di Gioffredo e successivamente demolite, sostituite o migliorate in termini prestazionali mediante l'inserimento di tiranti metallici⁸. Differente si configura la situazione dell'ammezzato tra primo e secondo piano nobile e dei cosiddetti «appartamentini sopra il cornicione principale»⁹, per i quali si dispongono tanto documenti archivistici quanto riscontri fisici. I locali mezzani tra i piani nobili, secondo la documentazione settecentesca, si realizzarono perlopiù con *intelature* riempite con pomici¹⁰. In occasione di un recente intervento di restauro in una delle proprietà del livello, sono emerse numerose strutture a telaio ligneo (FIGG. 4-5), accomunate dalla presenza di una trave composta in più parti collocata all'altezza dei vani porta, ma caratterizzate da una notevole variabilità, tanto negli elementi costitutivi del telaio – a sezione circolare o piana; di riuso, con fori che rimandano a funzioni pregresse; disposti con una o con due diagonali; incastrati e/o chiodati – quanto nei riempimenti, costituiti perlopiù da pietre scoriacee, pur con la presenza di mattoni di laterizio e

5 *Ibidem*.

6 *Ibidem*.

7 Ivi, B. 2287.5.III, f. 406v.

8 Ivi, B. 2287.5. II. ff. 218r-218v.

9 Ivi, B. 2287.5.I. f. 251v.

10 Ivi, B. 2287.5.I. ff. 208r, 212v, 215v, 216v, 218v.



FIG. 4. Napoli, Palazzo Casacalenda, appartamento al livello del secondo ammezzato (ingresso da via Mezzocannone). Rilievi di due tramezzi intelaiati pertinenti all'unità, con indicazione delle principali membrature dell'ossatura e delle relative campiture di riempimento.



FIG. 5. Napoli, Palazzo Casacalenda, appartamento al livello del secondo ammezzato (ingresso da via Mezzocannone). A sinistra: configurazione d'angolo con ossatura in legno e tamponamento. A destra: dettaglio del vano porta, con evidenza del riempimento in pomici e scorie, della chiodatura, dell'eterogeneità dimensionale delle membrature e della stratigrafia di finitura – rinzafo e intonaco, con tracce di strato finale decorato. In alto a destra: esemplare di scoria lavica proveniente dalle pareti intelaiate rilevate.



FIG. 6. Napoli, Palazzo Casacalenda, quarto piano (cosiddetto appartamento). La planimetria e le immagini 2, 3, 4, 5 sono riferite alla configurazione precedente al riassetto distributivo (interventi 2002-2003); l'immagine 1 documenta una soluzione esito delle trasformazioni successive.

blocchi di tufo. Non è possibile datare con certezza tali strutture; appare tuttavia verosimile ricondurle alla manipolazione intervenuta nel XX secolo, quando l'appartamento ospitava «l'incannizzata con l'affresco del Fischetti in uno spazio di circa due metri, intercluso tra i solai delle stanze del sottostante appartamento e un impalcato su cui erano ricavate sei stanze e cucine disimpegnate da un corridoio»¹¹. Tali locali, secondo una perizia primo-novecentesca, «si erano ottenuti con divisori fatti da tramezzi detti alla beneventana, con orditura in legno e malta»¹²; essi furono demoliti nel 1906, ma forse ricostruiti con materiali rinvenuti in loco¹³.

L'ultimo livello – l'«attico che pure alcuno vorrebbe modificato»¹⁴, ma corrispondente al settecentesco piano di «appartamentini» aggiunti in corso d'opera – risulta anch'esso frazionato da pareti ad ossatura lignea. Le fonti relative alle vicende giudiziarie del cantiere descrivono infatti il livello nei termini per cui «a riserba dè muri esteriori si compone di intelature intessute con legnami e pietre pomici»¹⁵.

11 Roma. Archivio Centrale dello Stato. *Ministero della Pubblica Istruzione. Direzione generale Antichità e Belle Arti. Divisione prima*. B.1334, fasc. 731801/365.

12 *Ibidem*.

13 *Ibidem*.

14 *Ibidem*.

15 Napoli. Archivio di Stato. *Processi antichi. Pandetta Nuova IV*. B. 2287.5.I, f. 218r.

Alla quota del *suppegno*, o sottotetto, sono inoltre menzionate *intelature* in tufi, atte a sostenere i *mantelletti*¹⁶, ossia gli abbaini [Jaoul 1874, 452]. Si segnala, inoltre, con il subentro di Vanvitelli, un intervento di incremento della «fermezza» delle *intelature*, ottenuto mediante la sostituzione delle chiancarelle con «tavole a grossezza inchiodate, ed ingarzate», nonché con l'inserimento di «cinque catene di ferro»¹⁷.

Le relazioni riferite a un progetto del 2002¹⁸ (FIG. 6), volto alla conservazione delle strutture di copertura e alla redistribuzione degli spazi interni dell'ultimo livello, documentano tramezzature in fase di demolizione, «ripristino» o conservazione, restituendo una condizione già compromessa e bisognosa di integrazioni di quanto indicato come riempimento in pomici e scorie. Le fotografie di cantiere¹⁹, che registrano i prodotti delle demolizioni, suggeriscono riempimenti delle *intelature* in blocchi di tufo e mostrano ossature con marcata assenza di simmetria, disposizione irregolare dei listoni lignei, nonché vani di apertura e passi delle campate eterogenei; risulta inoltre diffusa la presenza di elementi obliqui in ambo le direzioni. Gli elementi lignei appaiono perlopiù incastrati, sebbene, in taluni casi, la croce dei listoni obliqui sembri ottenersi mediante un unico elemento lungo, integrato da due elementi minori disposti nel verso opposto. Le *intelature* conservate o ripristinate sono state infine lasciate, in parte, visibili e riconoscibili²⁰.

3. «Da metterci la tela» e «da metterci lo stucco». Brevi cenni sulle volte leggere del palazzo

Oltre alle *intelature* – di cui l'edificio costituisce un ricco campionario – risultano molto diffuse, per quanto attiene agli orizzontamenti, volte leggere a ossatura lignea. Escludendo gli esemplari trasportati a Capodimonte [Mazzoleni 1999, 243-244], lungo i diversi livelli si riconoscono ancora in sito finte lamie di differente geometria e conformazione. Lacune nelle finiture, documentate da fonti archivistiche recenti²¹, consentono di osservare che alcune volte sono completate con canne, mentre altre risultano impiallacciate con sottili tavole di legno.

Gli apprezzamenti dei mastri d'ascia impegnati nell'opera attestano, in effetti, prestazioni riconducibili a due tipologie di ossatura: quella «da metterci la tela» e quella «da metterci lo stucco»²². Entrambe richiamano l'uso del pioppo di prima qualità – e non di Casale, ossia «di un colore rossastro intarsiato di macchie e di nodi» [De Cesare 1855-56, I, 68-69] – e la necessità di predisporre appositi alloggi nella muratura; entrambe sono costituite da centine e *restoni*, ossia elementi curvi e elementi orizzontali

16 Ivi, B. 2287.5.I, f. 265v-268r.

17 Ivi, B. 2287.5.II, 218v.

18 Napoli. Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli. *Pratica* 4/96. Intervento edilizio di Restauro e Risanamento Conservativo delle unità immobiliari site in Napoli in via Mezzocannone n.143 ed in piazza San Domenico Maggiore n. 17, Palazzo Casacalenda. Progetto n. 00712. Relazione. 3 giugno 2002.

19 Ivi, Rilievo fotografico. 3 giugno 2002.

20 Ivi, Relazione tecnica di fine lavori. 10 dicembre 2003.

21 Napoli. Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli. *Pratica* 4/96. Relazione illustrativa della domanda di approvazione del progetto di restauro e di riassetto interno presentata alla Soprintendenza per i Beni Ambientali ed Architettonici, del dott. Augusto de Luzenberg Milnertsheim per l'appartamento interno 13 del palazzo... Casacalenda. Documentazione fotografica, n. 17. 1987.

22 Napoli. Archivio di Stato. *Processi antichi. Pandetta Nuova IV*. B. 2287.5.II, ff.

[Jaoul 1874, 168, 441], *intessuti a graticola* e distinti tra componenti principali, di maggiore larghezza e funzione portante, e una tessitura secondaria, di minore sezione.

Nel primo caso, tuttavia, le tavole risultano foderate con *felle di scatole*, ossia sottili tavole lignee di spessore compreso tra 8 e 10 mm [De Cesare 1855–56, I, 72], destinate a ricevere la tela; nel secondo, invece, si allude a una *controssatura* calibrata sulla grandezza della lamia, realizzata dallo stuccatore, cui furono impartite disposizioni per l'«incannizatura, imbrattura e (aggiunta della) tonica d'arena a fresco». Quest'ultimo caso riconduce alla cosiddetta «intelaiata alla beneventana», secondo la classificazione di De Cesare: strutture costituite da un'ossatura lignea del tipo sopra descritto, alla quale veniva chiodato uno strato di canne, bacchette spaccate o aste di faggio, rivestito da un consistente strato di malta [De Cesare 1855–56, I, 143; Russo, Romano, Marulo 2020].

All'ultimo livello, nell'«appartamento», sono presenti esemplari – molto manomessi – riconducibili alla prima categoria. Al primo piano nobile, originariamente adibito ad appartamento privato del duca e della duchessa [Mazzoleni, 244], sussistono invece tre volte affrescate da Fedele Fischetti, Giovanbattista Natali e Crescenzo Gamba [Pinto 2022, 1, 5781], riconducibili alla seconda categoria.

Conclusioni

Il caso esaminato, riferibile a una fase di transizione della tecnica delle *intelaiate*, evidenzia il ricorso a pareti 'pensili' e l'integrazione di dispositivi metallici già in fase costruttiva. L'esigenza di 'legare' le fabbriche mediante elementi in ferro è già esplicitata da Ligorio [Ligorio 2005, 97; Pollone 2021, 74] e trova successiva sistematizzazione nelle *Istruzioni* redatte all'indomani del terremoto del 1783, le quali, nel quadro della regolazione delle strutture ad ossatura lignea, prescrivono – «secondo la prudenza dell'Ingegneri» – l'adozione di catene atte ad attraversare le larghezze dei vani [Ruggieri 2015, 66].

In Palazzo Casacalenda si osserva inoltre un diffuso impiego di scorie e pomici – materiali minuti e a superficie scabra – in coerenza con le medesime *Istruzioni*, che privilegiarono fabbriche di «mattoni o pietre piccole» e scoraggiano elementi lisci o tondeggianti, a vantaggio di una migliore aderenza e di un comportamento più prossimo alla monoliticità dei pannelli [*Ibidem*]. Nel complesso, il manufatto restituisce una calibrata combinazione di scelte materiali, soluzioni costruttive e accorgimenti di dettaglio: ne deriva un sistema talora puntuale, ma non isolato, bensì interdipendente, che coopera con l'assetto complessivo dell'edificio – a partire dalle fondazioni – perseguendo leggerezza e cautela costruttiva.

A tale evidenza storica si contrappone la condizione attuale di Palazzo Casacalenda, frammentato in più proprietà e amministrativamente ripartito in due condomini, un assetto che può favorire interventi disomogenei e non sempre informati. Come rilevato in una relazione del 2011 sulle condizioni statiche del complesso, «in alcune unità abitative sono state eseguite opere di trasformazioni interna con la costruzione di ammezzati scale interne ed apertura di varchi. Queste opere anche se eseguite con perizia non tengono conto della complessità strutturale e l'intero edificio e devono in futuro essere assolutamente evitate perché turbano lo stato di equilibrio iniziale del complesso strutturale»²³, già

23 Napoli. Archivio della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli. *Pratica* 4/96. Relazione sulle condizioni statiche del palazzo Casacalenda, professore ingegnere Paolo Belli, Ordinario di Scienza delle Costruzioni presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. 2011.

segnato dagli eventi sismici – incluso il terremoto dell'Irpinia del 1980 – e dai successivi interventi di riparazione. In un contesto così complesso in termini patrimoniali e gestionali, la prosecuzione dell'indagine e la tutela del manufatto non possono prescindere da strumenti condivisi di conoscenza. Schedature sistematiche, rilievi mirati e, soprattutto, la condivisione dei dati tra i diversi soggetti coinvolti possono costituire una strategia operativa per riconoscere e governare tali strutture, orientando prassi d'intervento capaci di coniugare esigenze d'uso e trasformazione degli spazi con istanze conservative. In particolare, le *intelaiate* – soprattutto in qualità di tramezzi interni – risultano spesso poco riconosciute e quindi più esposte a rimozioni; ne consegue la necessità che la costruzione di un quadro conoscitivo condiviso si accompagni a una più definita messa a punto di criteri e modalità di conservazione.

Bibliografia

Anonimo (1688). *Vera fedele, e distintissima relazione di tutti i danni, così delle fabbriche come delle persone morte per cagione dell'occorso terremoto. Accaduto alli 5. di Giugno 1688. tanto in questa città di Napoli, quanto nel' suo Regno*, Napoli, per Camillo Cavallo.

Anonimo (1688). *Relatione dell'orribile terremoto seguito nelle Città di Napoli, Benevento, et altri Luoghi. Il Giorno delli 5 Giugno 1688*, Napoli-Bologna, Appresso Dom. Ant. Parrino.

Anonimo (1694). *Vera, e distinta Relatione del Terremoto accaduto in Napoli, e parte del suo Regno il giorno 8 di Settembre 1694. Dove si dà raguaglio delli danni, che il medesimo hà caggionato in molte parti del medesimo Regno. Et in particolare nelle tré Provincie di Principato Citra, Ultra, e Basilicata. Con il numero de' morti, e feriti che nelle medesime sono restati sotto delle Pietre*, Napoli, Per Dom. Ant. Parrino e Camillo Cavallo.

Anonimo (1732). *Vera e distinta relazione avutasi da Napoli, de gravi danni, e pregiudizj occorsi nella medesima Città, e in molti altri luoghi del Regno per le due orribili scosse di Terremoto, accaduto nel dì 29 Novembre 1732, una nell'ora 13 e mezza, e l'altra nell'ora 22*, Roma, Foligno, Per Pompeo Campana.

Ascolesi, V. A. (1840). *Manuale delle costruzioni muratorie ovvero l'Arte di Edificare*, Napoli, Tipografia del Sebeto.

Ausiello, G. (1996). *Il Palazzo Casacalenda in Piazza S. Domenico Maggiore*, in *Manuale del recupero delle antiche tecniche costruttive napoletane dal Trecento all'Ottocento*, Napoli, Clean, pp. 203-260.

Bianco, A., Foglia, O., Longobardi, G. (2016). *Una lettura del palinsesto del convento sulla scorta dei recenti restauri*, in *La fabbrica di San Domenico Maggiore a Napoli. Storia e restauro*, a cura di I. Maietta, O. Foglia, Napoli, arte'm, pp. 59-88.

Breymann, G. A. (1885). *Allgemeine Bau-Constructions-Lehre, mit besonderer Beziehung auf das Hochbauwesen, ein Leitfadens zu Vorlesungen und zum Selbstunterrichte, 2: Constructionen in Holz*, Stuttgart, Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

Carputi, U., De Felice, E. B., Pica Ciamarra, M., Maticena, G. (1985). *Restauro e trasformazione ad usi universitari*, in *Palazzo Corigliano. Tra archeologia e storia*, a cura di I. Bragantini, P. Gastaldi, Napoli, Istituto Universitario Orientale, pp. 138-148.

Ceniccola, G. (2014). *Sostenibilità delle strutture intelaiate. La muratura baraccata 'alla beneventana'*, in «*Quale sostenibilità per il restauro?*», *Atti del Convegno di Studi «Scienza e Beni Culturali» (Bressanone, 1-4 luglio 2014)*, a cura di G. Biscontin, G. Driussi, Venezia, Arcadia Ricerche, pp. 669-678.

D'aprile, M. (2009). *Solai e tetti lignei in Campania tra XVI e XIX secolo*, in *Muri parlanti. Prospettive per l'analisi e la conservazione dell'edilizia tradizionale*, *Atti del Convegno (Pescara, 26-27 settembre 2008)*, a cura di C. Varagnoli, Firenze, Alinea Editrice, pp. 121-130.

- De Cesare, F. (1855-1856). *La scienza dell'architettura applicata alla costruzione, alla distribuzione, alla decorazione degli edifici civili*, Napoli, Dai tipi di Giovanni Pellizzone, voll. 1-2.
- Fiengo, G. (1976). *Gioffredo e Vanvitelli nei palazzi dei Casacalenda*, Napoli, Editoriale Scientifica.
- Fiengo, G. (1983). *Organizzazione e produzione edilizia a Napoli all'avvento di Carlo di Borbone*, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane.
- Fumo, M. (1996). *Palazzo Corigliano in Piazza S. Domenico Maggiore*, in *Manuale del recupero delle antiche tecniche costruttive napoletane dal Trecento all'Ottocento*, Napoli, Clean, pp. 147-160.
- Giornale Del Genio Civile (1883). *Giornale del Genio Civile. Parte non ufficiale*, Roma, Tip. e Lit. del Genio Civile.
- Jaoul, F. (1874). *Vocabolario di architettura e di arti affini, ordinato per rubriche e corredato di un elenco alfabetico delle voci usate in Napoli con le corrispondenti italiane*, Napoli, Gennaro De Angelis.
- Ligorio, P. (2005) (Ferrara, 1570-1571). *Libro dei diversi terremoti*, a cura di E. Guidoboni, Roma, De Luca.
- Mazzoleni, D. (1999). *Palazzi di Napoli*, Venezia, Arsenale.
- Perrotta, V. M. (1828). *Descrizione storica della chiesa, e del monistero di S. Domenico Maggiore di Napoli in cui si da conto di tutti gli oggetti di belle arti che vi esistono e si toccano, e s'illustrano vari punti di storia patria*, Napoli, Saverio Giordano.
- Pinto, A. (2022). *Raccolta notizie per la Storia, Arte, Architettura di Napoli e dintorni*, Napoli.
- Pollone, S. (2021). *Origini dei moderni sistemi antisismici a telaio ligneo. Dall'opus craticium alle applicazioni tardo settecentesche*, in *Resilienza versus catastrofe. Da Lisbona 1755 a Messina 1908: esperienze, temi e problemi della ricerca antisismica*, a cura di G. Menna, Siracusa, LetteraVentidue, pp. 63-85.
- Ragucci, L. (1859). *Principj di pratica di architettura ne' quali si espongono un'idea di descrizione di fabbricati, otto esemplari di misure per altrettante arti diverse e un dizionario de' vocaboli tecnici piu in uso presso i nostri artefici*, Napoli, Stamperia del Cattolico di Francesco e Gennaro De Angelis.
- Russo, G. (1960). *Il risanamento e l'ampliamento della città di Napoli*, vol. II, Napoli.
- Russo, V., Romano, L., Marulo, M. (2020). *Volte ad incannucciato nel cantiere storico napoletano. Risultati da una ricognizione in progress*, in «Archeologia dell'Architettura», XXV, pp. 87-102.
- Russo, V. (2005). *Esperienze costruttive delle cupole napoletane nel tardo Settecento. Mario Gioffredo e il cantiere dello Spirito Santo*, in *Le cupole in Campania. Indagini conoscitive e problemi di conservazione*, a cura di S. Casiello, Napoli, Arte Tipografica, pp. 153-188.
- Ruggieri, N. (2013). *Il sistema antisismico borbonico, muratura con intelaiatura lignea, genesi e sviluppo in Calabria alla fine del '700*, in «Bollettino degli Ingegneri», n. 10, pp. 3-14.
- Ruggieri, N. (2015). *L'ingegneria antisismica nel Regno di Napoli (1734-1799)*, Ariccia, Aracne.
- Ruggieri, N., Geremia, F., Pagano, E., Salerno, G., Stellacci, S., Zampilli, M. (2016). *The Masonry Timber Framed Load Bearing Structure of the Palazzo Vescovile in Mileto (Italy)*, in *Historical Earthquake-Resistant Timber Framing 2016*, pp. 135-146.
- Ruggieri, N., Zinno, R. (2014). *Analisi storica euristica del sistema antisismico Borbonico*, in *History of Engineering. Storia dell'Ingegneria* (Napoli, 19-20 maggio 2014), a cura di S. D'Agostino, G. Fabricatore, Napoli, Cuzolin, vol. I, pp. 410-424.
- Salvatori, G., Menzione, C. (1989). *Le guglie di Napoli. Storia e restauro*, Napoli, Electa Napoli.
- Sportelli, G. (1688). *Napoli flagellata da Dio con l'horribilissimo terremoto accaduto a cinque di giugno ad hore vent'uno in giorno di sabato vigilia della Pentecoste nell'anno 1688... Composta in verso sdrucchiolo dal dottor Gennaro Sportelli*, Napoli, appresso Francesco Benzi.
- Stellacci, S., Geremia, F., Pagano, E., Ruggieri, N., Salerno, G., Zampilli, M. (2016). *Urban Planning and Building Reconstruction of Southern Italy after the 1783 Earthquake: The Case of Mileto*, in *Historical Earthquake-Resis-*

tant Timber Framing in the Mediterranean Area. HEaRT 2015, a cura di H. Cruz, J. Saporiti Machado, A. Campos Costa, P. Xavier CandeiaS, N. Ruggieri, J. M. Catarino, Switzerland, Springer, pp. 125-134.

Tobriner, S. (1983). *La Casa Baraccata: Earthquake-Resistant Construction in 18th Century Calabria*, in «Journal of the Society of Architectural Historians», vol. 42, pp. 131-138.

Villani, M. (2018). *'L'arte del costruire' in Palazzo Penne. Conoscenza, costruzione e restauro*, in *Palazzo Penne a Napoli tra conoscenza, restauro e valorizzazione*, a cura di M. Campi, A. Di Luggo, R. Picone, P. Scala, Napoli, Arte'm, pp. 175-182.

Vitale, G. (1985). *Una residenza nobiliare napoletana fra Cinque e Settecento*, in *Palazzo Corigliano. Tra archeologia e storia*, a cura di I. Bragantini, P. Gastaldi, Napoli, Istituto Universitario Orientale, pp. 93-115.

Restauro dell'architettura e nanomateriali. Una ricerca per le superfici architettoniche della Facoltà di Ingegneria di Luigi Cosenza (1955-1980)

XXX

Sara Iaccarino

Università degli Studi di Napoli
Federico II
sara.iaccarino@unina.it

Roberta Di Vico

Sapienza Università di Roma
roberta.divico@uniroma1.it

Abstract

Il restauro architettonico contemporaneo spinge alla sperimentazione di nanomateriali per garantire interventi efficaci e miniminvasivi. L'adozione di soluzioni nanostrutturate, quale alternativa ai metodi tradizionali, risponde alle criticità del patrimonio architettonico del Moderno, dove struttura e apparato decorativo formano un sistema integrato e inscindibile. In questa prospettiva si colloca la sperimentazione condotta sulle superfici ceramiche e vitree della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Napoli.

Contemporary architectural restoration fosters the experimentation with nanomaterials to ensure effective and micro-invasive interventions. Nanostructured solutions, proposed as an alternative to traditional methods, tackle the vulnerabilities of architectural Modern Heritage, defined by the seamless integration of structure and ornament. This perspective frames the experimentations conducted on the ceramic and glass surfaces of the Faculty of Engineering at the University of Naples.

Keywords

Restauro, nanomateriali, Luigi Cosenza.

Conservation, nanomaterials, Luigi Cosenza.

Introduzione

Il presente contributo si inserisce nel solco delle ricerche in essere sul restauro delle superfici dell'architettura del Novecento, assumendo come caso studio il complesso della Facoltà di Ingegneria di Napoli, realizzato tra il 1955 e il 1970 nel quartiere di Fuorigrotta su progetto di Luigi Cosenza con Michele Pagano, Marcello Picone e Luigi Tocchetti. Nel corso della ricerca condotta, esito di un Accordo intrateneo presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II coordinato dalla Prof.ssa Renata Picone¹, particolare attenzione è stata rivolta alle superfici musive che caratterizzano l'edificio: le due grandi partiture esterne in piastrelle ceramiche smaltate disegnate da Paolo Ricci (1963-1964) e il mosaico rovescio in tessere di pasta vitrea del cortile interno, realizzato da Domenico Spinosa (1965-1966). Tali apparati rappresentano due differenti declinazioni tecnologiche e figurative dell'arte applicata all'architettura moderna e offrono l'opportunità di indagare, all'interno di uno stesso organismo

¹ Accordo tra la Ripartizione Edilizia dell'Amministrazione centrale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II e la Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio dell'Università degli Studi di Napoli Federico II *Ampliamento della conoscenza e indirizzi metodologici per il restauro dei mosaici esterni della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II*. Responsabile scientifico: prof. arch. Renata Picone. Gruppo di lavoro: prof. arch. Luigi Veronese, arch. Luigi Cappelli, arch. Sara Iaccarino, arch. Davide Galleri, arch. Ersilia Fiore con la collaborazione degli architetti Marco Facchini (*Monitoring Lab* del Dipartimento di Architettura) e Roberta Di Vico. RUP: arch. Michele Matino. Consulenza tecnico-scientifica: Opificio delle Pietre Dure, avviata sotto la direzione di Marco Ciatti. Si ringraziano per il loro prezioso apporto i funzionari restauratori: Chiara Fornari, Laura Speranza, Shirin Afra, Chiara Gabbiellini.

edilizio, problematiche conservative differenti ma riconducibili a una medesima matrice culturale e costruttiva.

Tale ricerca ha pertanto offerto la possibilità di indagare i temi connessi alla conservazione delle superfici architettoniche decorative del XX secolo [Iaccarino 2023a] e all'interazione tra queste e la "sottesa" componente strutturale [Picone 2025]. Tale interfaccia tecnica si configura come un ambito di particolare complessità dal punto di vista del sapere tecnico e della conservazione, come dimostrato da recenti attività scientifiche che hanno interessato la comunità scientifica del Restauro dell'Architettura². Questo perché la rapida evoluzione dei sistemi costruttivi, l'eterogeneità dei materiali impiegati e la sperimentazione tecnologica che caratterizza l'architettura moderna rendono spesso difficile una lettura immediata della consistenza materica del manufatto oggetto di studio. Di fronte a opere che costituiscono testimonianza di rinnovate conoscenze tecniche, di intensa espressività artistica e di consapevole perizia artigianale, l'intervento di restauro deve orientarsi prioritariamente alla conservazione della materia originaria, scongiurando soluzioni sostitutive certamente di più immediata attuazione, ma caratterizzate da perdita in termini di valore culturale [Picone 2021].

In questo quadro, l'elevata complessità degli interventi da condurre sugli apparati decorativi della sede della Facoltà di Ingegneria napoletana – dettata da un effettivo quadro esigenziale dell'Ufficio Tecnico di Ateneo, alla quale la ricerca ha tentato di offrire risposte metodologiche e operative – ha richiesto una riflessione critica sull'impiego di materiali innovativi nella pratica del restauro. Se i materiali compositi brevettati negli ultimi decenni hanno ampliato le possibilità nell'ambito del consolidamento strutturale, gli sviluppi nel campo delle nanotecnologie aprono prospettive significative per la conservazione del patrimonio artistico e decorativo applicato all'architettura. I nanomateriali, in ragione della loro dimensione nanometrica, garantiscono una maggiore capacità di penetrazione nei substrati e la formazione di legami più stabili rispetto ai tradizionali prodotti consolidanti, organici e inorganici, consentendo interventi idonei alla scala delle più "minute" e fragili superfici architettoniche, pur preservandone sostanzialmente le proprietà chimico-fisiche.

La salvaguardia delle superfici musive del Moderno si configura pertanto come un ambito di ricerca in evoluzione, che richiede un approccio metodologico fondato su un rigoroso processo conoscitivo e su una sperimentazione controllata. Ciò implica una concezione del restauro quale processo intrinsecamente interdisciplinare, nel quale il contributo della chimica, dell'ingegneria e della scienza dei materiali si integra con la competenza storico-critica e progettuale dell'architetto. La collaborazione tra discipline costituisce, del resto, un principio fondativo della cultura della conservazione: un concetto già esplicitamente affermato nella Carta di Atene del 1931³, che raccomandava la cooperazione tra conservatori, architetti e studiosi delle scienze fisiche, chimiche e naturali al fine di conseguire risultati più efficaci sul piano della tutela, poi ribadito dalla Carta Italiana del Restauro del 1972⁴, la quale ha messo in luce la natura scientificamente evolutiva del restauro, riconoscendo la necessità di adottare metodi e materiali innovativi, purché fondati su basi sperimentali e sottoposti a verifica nel tempo.

2 Un esempio: giornata di studi organizzata dalla Società Italiana per il Restauro dell'Architettura (SIRA) e l'Istituto Centrale per il Restauro (ICR) intitolata *Ossa et complementa. L'interazione tra struttura architettonica e superfici* (Roma, Complesso Monumentale di San Michele a Ripa Grande, 23 giugno 2025).

3 Carta di Atene, 1931, punto VI.

4 Carta Italiana del Restauro, 1972, articolo 9.

In tale prospettiva, il presente studio intende valutare gli scenari di conservazione delle superfici decorative del complesso napoletano, analizzandone le principali forme di degrado e verificando in che misura l'impiego di nanomateriali possa contribuire alla stabilizzazione e alla protezione dei mosaici architettonici del XX secolo. Attraverso analisi dirette e sperimentazioni preliminari condotte sul caso dimostratore nell'ambito della ricerca e in esperienze di didattica ad essa connesse⁵, vengono infatti esplorate le possibili applicazioni dei nanomateriali sulle superfici decorative del XX secolo [Iaccarino 2023b]. Le conclusioni presenteranno i primi esiti della ricerca e delineeranno le successive fasi di verifica e sperimentazione.

[SI]

I. La Facoltà di Ingegneria: un sistema integrato di arte e architettura

Tra le architetture moderne del secondo dopoguerra a Napoli si colloca la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli, realizzata tra il 1955 e il 1970 nel quartiere di Fuorigrotta su progetto di Luigi Cosenza con Michele Pagano, Marcello Picone e Luigi Tocchetti. Il complesso, destinato a divenire sin dalla sua fondazione un vero e proprio *landmark* della Napoli occidentale, concepito ad assurgere il ruolo di «cattedrale laica» della formazione scientifica partenopea [Viola 2021, 12], fu presentato già nel 1956 sulla rivista «Architettura, Cronache e Storia» come un organismo architettonico d'avanguardia⁶ [Cosenza 1956]. L'edificio fu concepito da Luigi Cosenza secondo un'idea unitaria in cui struttura, spazio e arti figurative concorrono alla definizione dell'immagine complessiva. In tale visione, l'arte non era intesa come elemento accessorio o decorativo in senso ornamentale, bensì come componente organica del progetto, espressione di «un equilibrio tra i valori del linguaggio architettonico e di quello figurativo [...] integrando l'uno con l'altro, proporzionandone le relative funzioni, inquadrando linee, campiture, chiaroscuri e rilievi delle superfici pittoriche con masse, colori e struttura dei materiali costituenti le pareti di contorno dei volumi» [Viola 2021, 203; Cosenza 2006, 99].

L'integrazione tra apparato artistico e organismo edilizio si iscrive in una tradizione di lunga durata nel rapporto tra artista/architetto/committenza, ma assume nel secondo dopoguerra una valenza politica e sociale specifica, anche in relazione all'introduzione della cosiddetta "Legge del 2%"⁷, che destinava una quota del costo degli edifici pubblici alla realizzazione di opere d'arte, promuovendo una collaborazione strutturata tra competenze tecniche e artistiche.

Nel caso del nuovo Politecnico napoletano, tuttavia, l'ampiezza del programma iconografico inizialmente previsto si confrontò con le difficoltà burocratiche e finanziarie del tempo, conducendo alla realizzazione parziale delle opere programmate. Furono portate a compimento le superfici in maiolica di Paolo Ricci (FIG.1), esito del primo bando del 1962, collocate sui due volumi aggettanti dell'Aula Magna e della Biblioteca affacciati su Piazzale Tecchio, e il mosaico di Domenico Spinosa (FIG.2), de-

5 Tesi di laurea magistrale in Ingegneria Edile-Architettura *La Facoltà di Ingegneria di Luigi Cosenza. Applicazione di nanomateriali per il restauro delle superfici ceramiche e vitree* dell'architetto Roberta Di Vico. Relatore: prof. arch. Renata Picone. Correlatori: prof. arch. Francesco Viola, prof. arch. Domenico Caputo, Ph.D. arch. Sara Iaccarino. Università degli Studi di Napoli Federico II, Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Corso di Laurea in Ingegneria Edile Architettura, a.a.2023/2024.

6 L. Cosenza, Il nuovo Politecnico di Napoli, in «L'architettura cronache e storia», n. 12, 1956, pp. 418-423

7 d.lgs. 717/1949, *Norme per l'arte negli edifici pubblici*.



Fig. 1: S. Iaccarino, Stralcio del pannello maiolicato della Biblioteca di Paolo Ricci, 2023



Fig. 2: S. Iaccarino, Dettaglio del pannello musivo di Domenico Spinosa, 2023

rivante dal secondo bando del 1964, destinato al prospetto dell'aula da disegno sul giardino interno progettato da Pietro Porcinai.

Il nuovo complesso deve pertanto essere interpretato come organismo unitario composto da parti interdipendenti, in cui la dimensione costruttiva, quella figurativa e quella percettiva risultano inscindibili. Questo presupposto critico è fondamentale non solo per la corretta lettura dell'architettura di Cosenza, ma anche per l'impostazione delle strategie conservative: lo stato di conservazione delle superfici decorative e la comprensione delle loro specifiche problematiche conservative [Russo 2021] è infatti strettamente condizionato dal comportamento strutturale e tecnologico dell'edificio che le ospita.

Dal punto di vista esecutivo, le superfici ideate da Paolo Ricci furono realizzate mediante l'impiego di mattonelle smaltate di 20×20 cm prodotte dalla manifattura napoletana F.lli Stingo, allestite direttamente in situ secondo una tecnica che richiedeva una costante supervisione dell'artista in cantiere, al fine di garantire la continuità del disegno cromatico entro la griglia modulare imposta dai paramenti murari. Diversa fu invece la metodologia adottata per il mosaico di Domenico Spinosa, eseguito con tecnica a rovescio [Cassese 2010]: i cartoni vennero predisposti in bottega – presso la Ditta Mellini di Firenze – e successivamente trasferiti e montati in opera. Tale distinzione tecnica evidenzia la pluralità di linguaggi e di processi produttivi che caratterizzano il cantiere del Moderno napoletano, in cui la tradizione ceramica locale convive con pratiche musive di ambito specialistico [Iaccarino 2023a; Picone 2025].

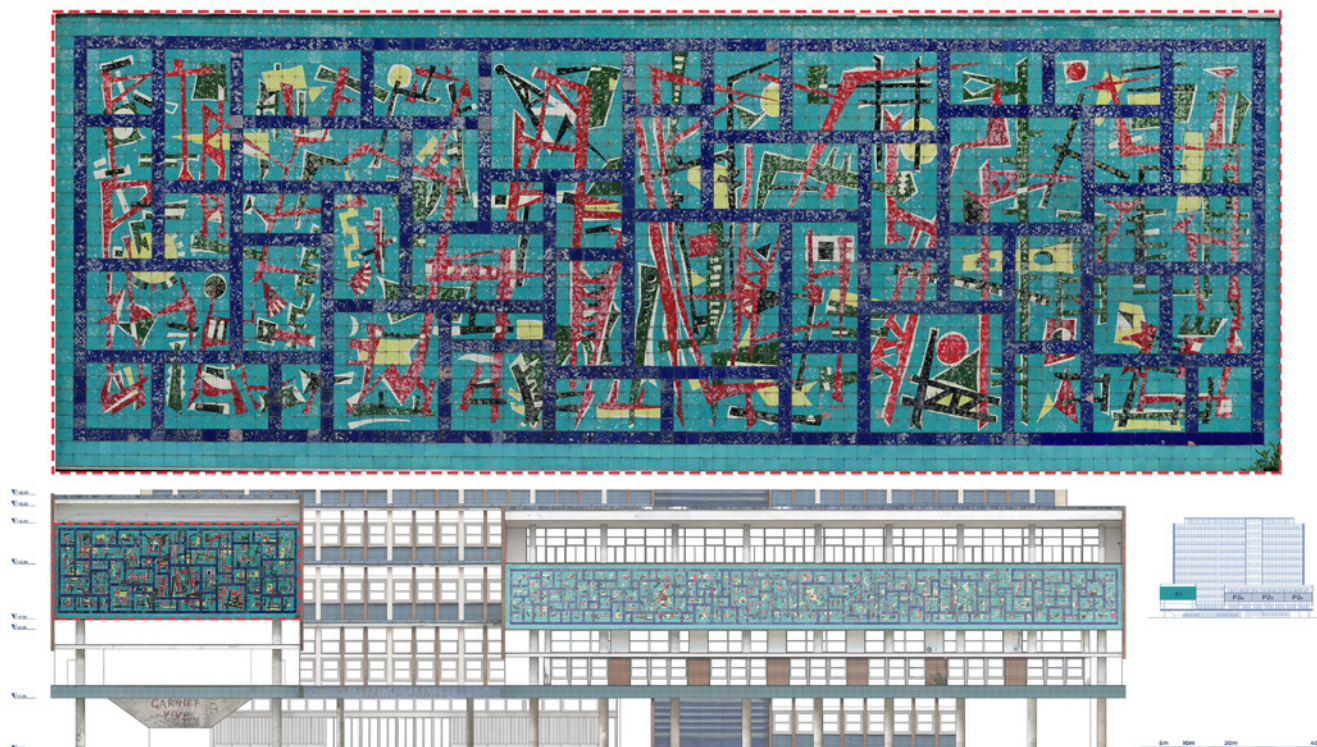


Fig. 3: S. Iaccarino e R. Di Vico,

La conservazione di questi apparati richiede oggi una conoscenza approfondita delle rispettive specificità esecutive, poiché il degrado delle superfici vitree e ceramiche, così come il comportamento degli strati di allettamento, risulta strettamente connesso alla relazione tra supporto strutturale e pelle decorativa. L'interferenza tra concezione architettonica e dispositivo artistico – evidente, ad esempio, nei fenomeni di alterazione intrinseca delle invetriature o nei distacchi connessi alle discontinuità strutturali – conferma la necessità di un approccio metodologico interdisciplinare allo studio e alla conservazione del patrimonio del XX secolo, nel quale analisi materica (FIG. 3), lettura storico-critica e progetto di restauro costituiscono momenti inscindibili di un unico processo conoscitivo.

[SI]

II. Le superfici architettoniche: le analisi sugli apparati decorativi

In prima istanza, al fine di impostare una corretta strategia di intervento, è stato necessario definire lo stato di conservazione degli apparati decorativi del Politecnico. Questo approccio conoscitivo ha mirato a delineare le problematiche conservative principali, distinguendo tra gli aspetti alla scala architettonica e quelli strettamente legati alla natura fisico-chimica dei materiali. L'obiettivo di tale analisi è stato quello di prevedere soluzioni nel campo del restauro che fossero compatibili, efficaci e durevoli nel tempo, considerando l'esposizione degli apparati agli agenti atmosferici in un contesto urbano complesso come quello di Fuorigrotta.

In particolare, il percorso di ricerca si è avvalso di una sinergia metodologica che ha visto procedere parallelamente gli studi condotti dall'Opificio delle Pietre Dure di Firenze (OPD) sulle superfici maiolicate di Paolo Ricci e le analisi di laboratorio avanzate effettuate presso il Dipartimento di Ingegneria

Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale (DICMAPI) della Facoltà di Ingegneria dell'Università Federico II⁸. Attraverso una prima e accurata indagine visiva, supportata dal confronto sistematico con altri apparati decorativi ceramici nello stesso ambito territoriale, sono stati ipotizzati possibili errori originari nel ciclo di lavorazione delle piastrelle. Questa ipotesi autoptica circa i difetti di fabbricazione, successivamente confermata dagli studi dell'OPD, giustifica il processo di degrado aggressivo e accelerato delle superfici maiolicate che ha portato al deterioramento e alla perdita diffusa dello smalto esterno delle piastrelle.

Per determinare la composizione elementare dello smalto esterno e del particolato accumulatosi, è stata impiegata la Spettroscopia EDS (FIG.4). L'analisi condotta su un campione significativo di particolato, prelevato da una piastrella del pannello della Biblioteca, ha permesso di individuare con esattezza la presenza di elementi metallici quali piombo, rame, ferro e zinco. La rilevazione di tali componenti, tipici della formulazione chimica degli smalti storici utilizzati per ottenere determinate tonalità cromatiche, ha fornito dati essenziali per comprendere non solo la ricetta materica originaria della Manifattura Stingo, ma anche i processi di trasformazione chimica avvenuti a causa dell'interazione con l'inquinamento atmosferico.

Per quanto concerne invece il pannello musivo di Domenico Spinosa, sito nella corte interna del complesso universitario, la metodologia d'indagine ha previsto una preventiva discretizzazione della superficie decorata. Tale operazione ha consentito di mappare e individuare differenti settori critici e mappare il degrado evidenziando tracce evidenti di perdita di materiale vitreo, con la conseguente esposizione dello strato di allettamento agli agenti atmosferici. Sono stati inoltre riscontrati distacchi localizzati dei "cartoni" dal supporto, fessurazioni e fenomeni di polverizzazione delle malte. La problematica più critica, comune all'intero apparato musivo, è da ricondursi all'azione dell'acqua piovana. Quest'ultima, permeando nel supporto, innesca fenomeni di rigonfiamento nel pannello che portano a ingenti perdite del tassellato, lasciando a vista gli strati sottostanti. In questo caso, lo studio si è concentrato sulla caratterizzazione dei leganti mediante l'analisi Termogravimetrica e la Diffratto-

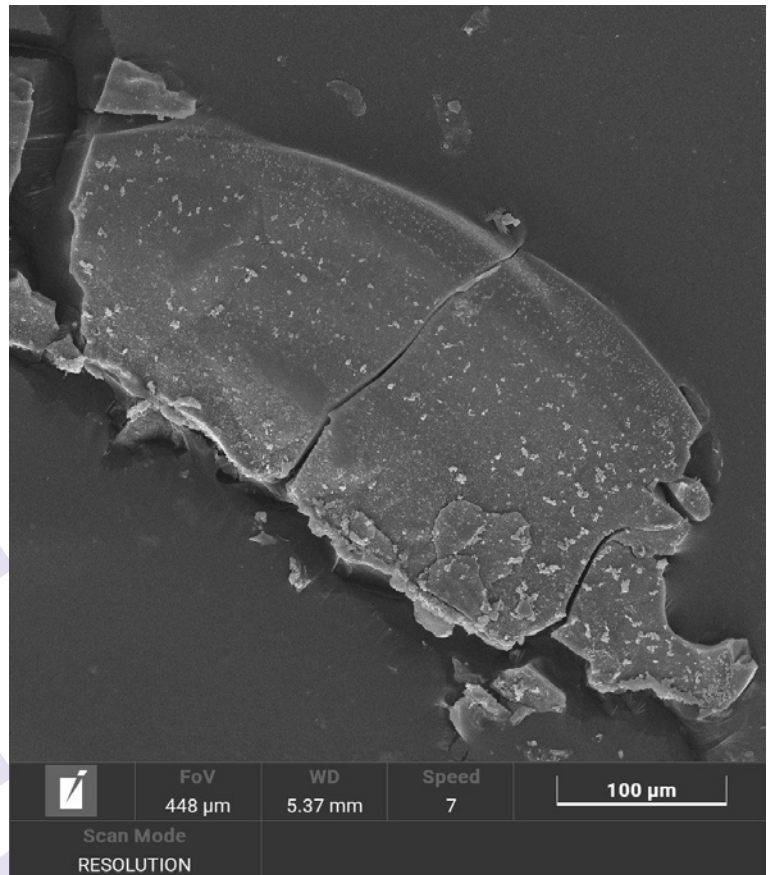


Fig. 4: D. Caputo, Particolato di una piastrella della Biblioteca vista con il SEM-EDS, Dipartimento DICMAPI, 2023

⁸ Le indagini di laboratorio sono state effettuate presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, sotto il coordinamento del prof. Domenico Caputo, 2023

metria ai raggi X (XRD), strumenti indispensabili per definirne con certezza la natura aerea o idraulica e valutarne lo stato di carbonatazione. Parallelamente, è stata indagata la presenza di una resina, probabilmente applicata durante un precedente intervento, attraverso la Spettroscopia a trasformata di Fourier (test FT-IR) definendo la natura organica di questo collante, valutandone il grado di invecchiamento e l'eventuale interferenza negativa con la naturale traspirabilità del supporto murario (FIG. 5).

[RDV]

III. Soluzioni innovative: i nanomateriali applicati al caso della Facoltà di Ingegneria

Operare nell'ambito del restauro architettonico in un tempo di transizione come quello della contemporaneità spinge studiosi, restauratori e tecnici del settore ad ampliare costantemente i propri orizzonti operativi. Questa necessità deriva dall'esigenza di estendere la ricerca scientifica verso i temi emergenti legati all'innovazione tecnologica e all'impiego di materiali avanzati, capaci di rispondere alle sfide poste dalla conservazione del costruito. La sfida principale consiste nel comprendere come i nanomateriali possano costituire una valida e performante alternativa agli interventi di restauro definiti "tradizionali", soprattutto quando l'ambito di applicazione



Fig. 5: R. Di Vico, Dettaglio del retro di un cartone del pannello musivo di Domenico Spino-sa, 2023

è rappresentato da un patrimonio architettonico intrinsecamente fragile come quello delle superfici architettoniche decorate della Facoltà di Ingegneria di Napoli.

Nel pieno rispetto delle specificità storico-artistiche del complesso architettonico, sono stati sperimentati e analizzati protocolli di intervento innovativi, mirati a proteggere i materiali ceramici e vitrei e a contrastarne il degrado, sia esso di natura fisiologica – legato cioè all'invecchiamento naturale dei componenti – o patologica, derivante da agenti esterni e difetti di posa.

L'applicazione sperimentale di nanomateriali, in particolare, è stata condotta sull'apparato decorativo in ceramiche smaltate disegnato da Paolo Ricci, ove il fenomeno di degrado riscontrato – lisciviazione del vetro – meglio si prestava ad una risoluzione di tipo chimica. In virtù dei risultati ottenuti dalla fase diagnostica, per procedere al consolidamento superficiale delle piastrelle maiolicate è stata pertanto prevista l'applicazione di sol-gel di silice nanostrutturata. La scelta di questa tecnologia risiede nella capacità del formulato di garantire una penetrazione capillare e profonda dei trattamenti, fattore determinante data la ridotta dimensione dello strato interessato e la densità della materia ceramica. La nano-silice è in grado di offrire un'altissima compatibilità chimico-fisica con il supporto minerale e una notevole durabilità nel tempo. Nel protocollo operativo definito, essa viene applicata in due fasi distinte: inizialmente come pre-consolidante, per restituire coesione superficiale, e successivamente come consolidante finale. In quest'ultima fase, è stata prevista l'aggiunta di pigmenti puri, una soluzione tecnica volta a contrastare lo sbiancamento superficiale spesso causato dai fenomeni di lisciviazione che interessano gli smalti degradati⁹.

Un aspetto di fondamentale importanza riguarda il confronto tra le prestazioni dei nanomateriali e quelle degli interventi di tipo tradizionale. Mentre questi ultimi richiedono tempi di reazione atmosferica e idrolisi variabili tra i trenta e i quaranta giorni per completare il processo di consolidamento, l'impiego della nano-silice permette di ridurre drasticamente le tempistiche di cantiere. I tempi di presa e stabilizzazione si contraggono infatti fino a raggiungere il risultato desiderato in un intervallo compreso tra le 24 e le 72 ore. Tale rapidità non solo ottimizza le fasi lavorative, ma riduce anche il tempo di esposizione del materiale trattato agli agenti atmosferici prima della sua completa protezione. Inoltre, in riferimento a quanto emerso dalla relazione dell'Opificio delle Pietre Dure, questo trattamento ha dimostrato di mantenersi chimicamente stabile e cromaticamente neutro nel tempo, confermandosi come una soluzione validata per il restauro delle maioliche. Non meno importante è l'aspetto legato alla sostenibilità: l'impiego di prodotti a base minerale e acquosa risulta significativamente meno impattante sia sulla salute degli operatori di cantiere che sull'ambiente circostante rispetto ai solventi organici. Infine, la capacità dei nanomateriali di agire a livello molecolare permette di restituire un risultato estetico di elevato pregio, preservando le superfici ceramiche senza creare pellicole o alterazioni percettibili.

[RDV]

Conclusioni

La sperimentazione condotta sulle superfici della Facoltà di Ingegneria conferma l'efficacia dei nanomateriali come alternativa ai metodi di restauro tradizionali, garantendo interventi miniminvasivi che

9 Firenze. Opificio delle Pietre Dure. Settore Materiali Ceramici. *Relazione tecnica: risultati sperimentazione consolidanti Mosaico Ricci*, Napoli, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2021; Id., 2024

rispettano l'integrità tra struttura e apparato decorativo tipica del Moderno. L'impiego di sol-gel di silice nanostrutturata ha dimostrato un'elevata compatibilità chimico-fisica con i supporti minerali, riducendo drasticamente i tempi di stabilizzazione e preservando la resa estetica delle superfici senza alterazioni percettibili.

Tuttavia, gli esiti qui presentati non costituiscono un punto di arrivo quanto piuttosto un punto di partenza per futuri sviluppi della ricerca. Un primo approccio lo si sta portando avanti attraverso una ricerca dottorale¹⁰ in corso il cui obiettivo è superare la dimensione del singolo caso studio per strutturare un approccio metodologico scalabile, estendendo l'indagine ad altre grandi fabbriche del Moderno caratterizzate dall'interazione tra arte e architettura. Il confronto tra questi nuovi complessi, differenti per cronologia e materiali ornamentali, richiederà l'applicazione di una sperimentazione scientifica rigorosa. Tale approccio appare necessario per testare la versatilità dei protocolli nanostrutturati su diverse fenomenologie di degrado, agendo in coerenza con quanto stabilito dalla Carta di Venezia¹¹, il quale ammette l'uso di tecniche moderne di consolidamento e conservazione solo qualora le tecniche tradizionali si rivelino inefficienti e la validità dei nuovi metodi sia stata scientificamente accertata e garantita dall'esperienza. La ricerca mira, dunque, a trasformare l'innovazione scientifica in una strategia di conservazione codificata, assicurando che l'equilibrio tra linguaggio architettonico e figurativo possa continuare a dialogare con il tempo presente.

[RDV]

Bibliografia essenziale

Monografie

BUCCARO, A., MAININI, G. (2005). *Luigi Cosenza Oggi. 1905-2005*, Napoli, CLEAN Edizioni.

VIOLA, F. (2017). *L'Architettura Insegnante. Il Politecnico di Luigi Cosenza*, Napoli, CLEAN Edizioni.

VIOLA, F. (2021). *La fabbrica degli ingegneri. Architettura, arte e costruzione del Politecnico di Napoli*, Napoli, CLEAN Edizioni.

Volumi collettanei con curatore

COSENZA, G., a cura di (2006). *Luigi Cosenza. La fabbrica Olivetti a Pozzuoli*, Napoli, CLEAN Edizioni.

Saggio in volume collettaneo e atti di convegno

ALAIMO, G., ALBERGHINA, M.F., CODAN, B., ENEA, D., FERNANDEZ, F., FONTANA, D., LIVRERI, P., TODARO, L., TRANCHINA, L., BRAI, M. (2013). *Prodotti nanostrutturati per la protezione di superfici lapidee: valutazione dell'efficacia mediante tecniche fisiche non invasive*, in *Diagnostic for Cultural Heritage: Analytical approach for an effective conservation*, Palermo, Università degli Studi di Palermo, pp. 16-23.

CASSESE, G. (2010). *Una grande opera d'arte pubblica. Il mosaico per la facoltà di Ingegneria a Napoli*, in *Domenico Spinosa*, a cura di A. Spinosa, Napoli, Arte'm.

IACCARINO, S. (2023a). *I mosaici del Moderno: conoscenza e restauro delle superfici decorative della Facoltà*

¹⁰ Il presente contributo è oggetto di studio della ricerca di dottorato in corso di Roberta Di Vico, *I nanomateriali per il restauro architettonico. Il caso dei complessi universitari del Novecento in Italia* (XLI ciclo, 2025-2028), Dottorato in Heritage Science, Sapienza Università di Roma. Tutor: prof. arch. Renata Picone

¹¹ Carta di Venezia, 1964, art. 10

di Ingegneria di Napoli, in *Restauro dell'architettura. Per un Progetto di qualità*, a cura di V. Russo, S. Della Torre, tomo V (a cura di E. Coïsson), Roma, Edizioni Quasar, pp. 924-932.

PICONE, R. (2021). *Patrimoni fragili: l'architettura del Novecento e i materiali sperimentali alla 'prova del tempo'*, in *La Mostra d'Oltremare nella Napoli occidentale. Ricerche storiche e restauro del moderno*, a cura di A. Aveta, A. Castagnaro, F. Mangone, Napoli, FedOAPress, ed. Paparo, 202, pp. 199-206.

RUSSO, V. (2021). *Il restauro dell'architettura di un passato prossimo. Interazioni tra costruito e decorazioni*, in *La Mostra d'Oltremare nella Napoli occidentale. Ricerche storiche e restauro del moderno*, a cura di A. Aveta, A. Castagnaro, F. Mangone, Napoli, FedOAPress, ed. Paparo, 202, pp. 207-214.

TORRACA, G. (2002). *Il degrado dei materiali archeologici*, in *Enciclopedia archeologica. Il mondo dell'archeologia*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana.

Articolo in rivista

GROSO, A., PETRI-FINK, A., MAGREZ, A., RIEDIKER, M., MEYER, T. (2010). *Management of nanomaterials safety in research environment*, in «Particle and Fibre Toxicology», n. 40.

IACCARINO, S. (2023b). *Le nanotecnologie per il restauro: scenari di applicazione per la conservazione delle superfici architettoniche musive del XX secolo*, in «Restauro Archeologico», special issue *Già chiamano in aiuto la chimica... Il restauro da bottega a laboratorio scientifico e pratica di cantiere*, pp. 408-415.

PICONE, R. (2025). *Il Moderno alla 'prova' del tempo: nuove sfide per il restauro della Facoltà di Ingegneria di Napoli di Luigi Cosenza*, in «Restauro Archeologico», special issue *Oltre il Novecento. Teoria e prassi per il "Restauro del Moderno"*, tomo II, pp. 18-27.

AGGIUNGERE RIVISTA COSENZA

Restauro e miglioramento delle prestazioni energetiche della chiesa di S. Maria Maddalena e S. Nicola da Bari a Palù del Fersina (TN)

Restoration and Energy Performance Improvement of the Church of St. Mary Magdalene and St. Nicholas of Bari in Palù del Fersina (TN)

Giorgia Gentilini

Studio architettura
arch. Giorgia Gentilini
giorgia.gentilini@gmail.com

Isabella Zamboni

Università Iuav di Venezia
izamboni@iuav.it

Abstract

Rispondere agli standard europei di riduzione dei consumi energetici nel restauro del patrimonio storico rappresenta una sfida complessa, aggravata dall'obsolescenza tecnologica degli edifici e dai limiti normativi. Il contributo analizza il restauro della chiesa di S. Maria Maddalena e S. Nicola da Bari a Palù del Fersina (TN), evidenziando criticità, compromessi progettuali e soluzioni adottate per coniugare miglioramento energetico, conservazione, uso e tutela del bene.

Meeting European standards for energy reduction in the restoration of historic buildings is a complex challenge, due to technological obsolescence and regulatory constraints. This paper discusses the restoration of the Church of St. Mary Magdalene and St. Nicholas of Bari in Palù del Fersina (Italy), focusing on critical issues, design compromises, and technical solutions adopted to balance energy performance improvement with conservation, use, and heritage protection.

Keywords

restauro, miglioramento energetico, Palù del Fersina.

architectural conservation, energy efficiency improvement, Palù del Fersina.

Introduzione

La chiesa di Santa Maria Maddalena e San Nicolò di Bari a Palù del Fersina è situata sul versante nord-occidentale della valle montana dei Mòcheni (TN), in posizione sopraelevata rispetto al nucleo abitato. L'edificio presenta un orientamento est-ovest e si articola in un impianto a due navate per una superficie coperta pari a 193,33 mq. Quella principale, con volte a crociera, raggiunge un'altezza massima di 4,95 m ed è separata dalla navata laterale meridionale da pilastri in muratura. Quest'ultima, più stretta e di altezza inferiore, conduce alla sagrestia, collocata a sud dell'abside e caratterizzata da una pianta trapezoidale. La sagrestia conserva aperture con cornici lapidee probabilmente riconducibili al XVI secolo mentre, a est, il presbiterio ospita l'altare maggiore ligneo in stile barocco, verosimilmente risalente ai primi decenni del XVIII secolo. In fase pre-intervento, quest'area accoglieva parte dell'impianto di riscaldamento a termoventilazione, con evidenti ricadute negative sulla conservazione dell'altare e degli apparati decorativi, sottoposti a significativi sbalzi termici. Dal presbiterio si accede, sul lato nord, alla cantoria, inserita in un volume aggiunto di epoca successiva (FIG. 1).

Il campanile, addossato al lato nord della chiesa per 23 m circa di altezza, ha coronamento ottagonale e copertura a cupola rivestita in rame. All'interno ospita quattro campane, fuse tra il 1906 e il 1929. La facciata occidentale, con portale cinquecentesco, manifesta una marcata asimmetria dovuta all'aggiunta della navata laterale in epoca successiva alla prima fase costruttiva. L'intonaco a calce



Fig. 1: Palù del Fersina (TN). Vista est della chiesa di Santa Maria Maddalena e San Nicola di Bari prima dei lavori, Giorgia Gentilini.

presentava tracce di decorazioni cromatiche e indizi della presenza di una struttura di protezione dell'ingresso. Il prospetto sud ospita un accesso secondario e una meridiana che era illeggibile a inizio cantiere.

La copertura dell'edificio è in scandole di larice ed era dotata di lattonerie in rame risultate in parte sottodimensionate. Gli spazi interni presentano pavimentazione in lastre di porfido e superfici intonacate a calce; in più punti il distacco dell'intonaco ha permesso di individuare tracce cromatiche riconducibili a fasi decorative precedenti, oggetto di specifiche indagini diagnostiche e restauro.

GG, IZ

Storia e trasformazioni dell'edificio

La data di fondazione della chiesa di Palù del Fersina non è attestabile con certezza anche a causa della perdita per un incendio tra 1509-1510 dell'archivio vescovile di Feltre, cui la chiesa faceva riferimento. La storiografia ha tradizionalmente collocato l'edificazione della chiesa tra 1512 e 1522; tuttavia, una serie di evidenze documentarie e contestuali consente di ipotizzare una retrodatazione

dell'impianto almeno al basso Medioevo, con successive fasi di trasformazione [Gorfer 1977, p. 771; Costa 1986, p. 267; Piatti 1996, pp. 363-367].

Il più antico riferimento risale al 1481, quando la chiesa risulta già consacrata e sede di celebrazioni liturgiche regolari. Nel corso del XVI secolo sono attestati problemi conservativi tali da rendere necessari interventi di restauro, documentati dalle visite pastorali e dalle autorizzazioni concesse alla comunità locale per la raccolta di fondi. Alla fine del Cinquecento è confermata la presenza di due campane [Piatti 1996, pp. 368-370].

A partire dal 1786 la chiesa rientrò nella giurisdizione della diocesi di Trento. La collocazione topografica dell'edificio, isolata rispetto al nucleo abitato e raggiungibile attraverso percorsi impervi, ha inciso in modo significativo sulla continuità d'uso e sulla manutenzione, contribuendo al manifestarsi ricorrente di fenomeni di degrado. Le visite pastorali ottocentesche restituiscono un quadro critico, segnalando problematiche legate all'umidità di risalita, allo stato delle coperture e alle condizioni del campanile, nonché carenze nelle dotazioni liturgiche. Tali problemi risultano tuttavia affiancati da una costante attenzione della comunità locale, testimoniata da interventi puntuali e da ripetute segnalazioni alle autorità competenti [Piatti 1996, pp. 371-373].

Nel corso del XIX secolo emerse con maggiore forza la necessità di un nuovo edificio di culto; un progetto redatto nel 1900 non trovò tuttavia attuazione. La documentazione grafica coeva consente comunque di ricostruire l'impianto planimetrico della chiesa storica, rimasto sostanzialmente invariato fino a oggi. L'edificio fu oggetto di numerosi interventi di restauro e manutenzione, tra cui quelli documentati nel 1911 e nel 1929, cui seguirono operazioni più contenute. Particolarmente significativo risulta l'intervento del 1991, volto al rinnovamento degli spazi interni e degli arredi liturgici. Le nuove soluzioni, ispirate alla tradizione lignea alpina, furono integrate salvaguardando l'altare barocco e rispondendo alle esigenze liturgiche e funzionali contemporanee [Piatti 1996, pp. 374-382, 397-397].

GG, IZ

Restauro ed efficientamento energetico

Rispondere agli standard europei sulla riduzione dei consumi energetici e sulla sostenibilità dei processi e dei prodotti per il restauro rappresenta certamente una delle principali sfide che l'architetto contemporaneo è chiamato ad affrontare, in un quadro di crescente attenzione alle politiche ambientali e climatiche promosse a livello internazionale [ONU 2015]. È ormai ampiamente dimostrato come il settore delle costruzioni incida in modo significativo sugli equilibri ambientali globali, sia in termini di consumo di risorse sia per quanto riguarda le emissioni di gas climalteranti, con particolare riferimento alla CO₂ [IPCC 2023; UN 2023]. All'interno di tale scenario, il patrimonio edilizio esistente – e in particolare quello storico – assume un ruolo centrale, poiché costituisce una quota rilevante del costruito europeo e risulta spesso caratterizzato da obsolescenze tecnologiche e impiantistiche che ne compromettono le prestazioni energetiche alle quali, specialmente nei beni non tutelati, si è risposto con interventi spesso invasivi e pervasivi.

Questo problema è stato, ad esempio, efficacemente rappresentato nel corso della Biennale di Architettura del 2025, curata da Carlo Ratti con la mostra *Intelligens. Natural. Artificial. Collective*, dove la prima sala delle Corderie dell'Arsenale ha ospitato l'installazione *Terms and Conditions*: un ambiente concepito in collaborazione con Transsolar Energietechnik GmbH, il Technical University of Munich, ETH Zürich e altri partner di ricerca, che esponeva i visitatori a una "giungla" di unità di condiziona-

mento d'aria per stimolare una riflessione critica sui costi ambientali e climatici del comfort moderno e sul ruolo delle tecnologie nel futuro di città e edifici.

In questo contesto risulta tuttavia fondamentale richiamare con chiarezza la distinzione tra il concetto di risparmio energetico e quello, più complesso e articolato, di sostenibilità [Pracchi 2017, pp. 78-80]. La loro frequente sovrapposizione rischia, infatti, di generare approcci riduttivi, soprattutto nell'ambito del patrimonio storico, dove la ricerca di una mera riduzione dei consumi può tradursi nella perdita di elementi fragili e non riproducibili.

La disciplina del Restauro è stata pertanto sollecitata a confrontarsi in maniera sempre più esplicita con le istanze della sostenibilità ambientale e dell'efficienza energetica, avviando un processo di riflessione critica volto a definire limiti, opportunità e modalità di intervento compatibili con i valori storici, materici e culturali dei beni. In questo senso, il dibattito non si è orientato verso una semplice trasposizione delle logiche proprie dell'edilizia contemporanea sul patrimonio storico, bensì verso la costruzione di un approccio specifico, non più monodimensionale ma sistemico e opportunamente calibrato, sulla reversibilità delle soluzioni e sulla minimizzazione dell'impatto degli interventi. In altre parole, la ricerca è chiamata a sviluppare approcci interdisciplinari, basati sulla co-progettazione tra impianti e architettura, sulla valutazione critica delle tecnologie disponibili e su pratiche manutentive e gestionali compatibili. [Lucchi, Pracchi 2013; Fiorani 2017; Carbonara 2021].

Un primo esito concreto di tale riflessione è rappresentato dall'elaborazione di linee guida e documenti di indirizzo capaci di fornire un quadro di riferimento condiviso per la progettazione degli interventi nella prospettiva di un miglioramento energetico (anziché adeguamento) degli edifici storici [MIBACT 2015; EN 16883:2017; SIRA 2023, pp. 57-61]. In particolare, la norma europea EN 16883:2017, recepita in Italia, ha introdotto un approccio metodologico innovativo, basato sulla valutazione integrata degli effetti delle misure di efficientamento sui valori culturali, sull'uso dell'edificio, sul comportamento energetico e sul comfort ambientale. Tale norma non propone soluzioni prescrittive, ma piuttosto un percorso decisionale che accompagna il progettista nella selezione degli interventi più compatibili, evidenziando la complessità intrinseca del processo.

Parallelamente, la sottoscrizione di protocolli d'intesa tra enti istituzionali e di ricerca, come quello tra MiBACT ed ENEA [MIBACT, ENEA 2017], ha rafforzato il dialogo interdisciplinare tra il mondo della tutela e quello dell'innovazione tecnologica, promuovendo attività di ricerca applicata, sperimentazione e diffusione di buone pratiche. Tali accordi hanno contribuito a superare una visione dicotomica tra conservazione e innovazione, favorendo invece un approccio integrato che riconosce nel patrimonio culturale un ambito privilegiato di sperimentazione di strategie sostenibili.

Accanto agli strumenti normativi e istituzionali, si è sviluppato negli ultimi 25 anni un articolato dibattito teorico e critico sui beni oggetto di intervento e sul controllo degli esiti delle trasformazioni impiantistiche, nonché sulle potenzialità delle tecnologie storiche [Pracchi 2017; Pretelli et al. 2017; Carbonara 2021; Manfredi, Trovò 2022; Buda 2023]. In particolare, l'esperienza maturata soprattutto in ambito museale ha, inoltre, dimostrato che i parametri di comfort umano contemporaneo non sempre coincidono con le condizioni ottimali per la conservazione dei materiali storici e delle opere d'arte [Del Curto, Fratelli 2010]. Di conseguenza è stato sottolineato come l'introduzione del concetto di sostenibilità nel restauro non possa ridursi a una mera prestazione energetica, ma debba essere intesa in senso ampio, partendo da un adeguato percorso della conoscenza che coinvolga involucro e impianti nella loro prospettiva coevolutiva e includendo la durabilità degli interventi, la compatibilità

dei materiali, il ciclo di vita delle soluzioni adottate e la trasmissione dei valori culturali alle generazioni future.

Anche la redazione di protocolli di certificazione volontaria specificamente dedicati agli edifici storici, come il GBC Historic Building [GBC 2017], tenta di adattare i criteri della sostenibilità ambientale alle peculiarità del patrimonio esistente. Pur con alcune criticità, tali strumenti hanno il merito di stimolare una maggiore consapevolezza progettuale e di introdurre indicatori qualitativi utili alla valutazione complessiva dell'intervento.

Nonostante questi avanzamenti, il percorso verso un'effettiva integrazione tra restauro ed efficientamento energetico rimane spesso impervio. Tralasciando il divario normativo ancora esistente tra edifici tutelati e non tutelati e gli strumenti di deroga, è evidente come le difficoltà operative derivino dalla necessità di compiere scelte complesse, talvolta contraddittorie, che richiedono compromessi tra esigenze di conservazione, obiettivi energetici, vincoli economici e requisiti funzionali. L'approccio "caso per caso", se da un lato rappresenta una garanzia di rispetto per la specificità del bene cui può contribuire anche il riconoscimento delle tracce stratigrafiche in prospettiva di un loro indice di trasformabilità [Gallina 2024; Gentilini, 2024], dall'altro può tradursi in un rallentamento del processo progettuale e in risultati non sempre ottimali in termini di riduzione delle emissioni climalteranti.

Tali criticità emergono con particolare chiarezza nei casi di studio concreti, come nel restauro della chiesa di S. Maria Maddalena e S. Nicola da Bari a Palù del Fersina (TN). In questo intervento, le necessità di miglioramento delle prestazioni energetiche e di adattamento ai cambiamenti climatici si sono dovute confrontare con la destinazione d'uso del bene, con le esigenze di comfort dei fruitori e i costi di gestione, nonché con la complessità del progetto di restauro degli elementi tecnici e degli apparati decorativi – affreschi, pale d'altare, dipinti, serramenti storici, manufatti lapidei. La definizione delle strategie di intervento ha richiesto un attento bilanciamento tra tutela della materia storica, controllo microclimatico e contenimento dei consumi, dimostrando come l'efficienza energetica nel restauro non possa essere perseguita attraverso soluzioni standardizzate, ma debba emergere da un processo conoscitivo approfondito e da una progettazione integrata.

IZ

Il cantiere di restauro

Il progetto di restauro della chiesa dei Santi Maria Maddalena e Nicolò di Bari a Palù del Fersina¹ si inserisce nel dibattito contemporaneo sul rapporto tra conservazione del patrimonio storico-architettonico ed efficientamento energetico, ponendo in evidenza le criticità e le potenzialità derivanti dall'integrazione tra istanze conservative e strategie di miglioramento delle prestazioni ambientali. Le indagini preliminari hanno restituito un quadro di degrado fortemente condizionato da fattori microclimatici, riconducibili principalmente a fenomeni persistenti di umidità di risalita capillare e a

1 Il progetto redatto dall'arch. M. Paissan autorizzato dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici della Provincia Autonoma di Trento con determinazione del Dirigente n. 876 dd. 18.09.2009 non ha avuto seguito. Nel novembre 2017 è stato redatto dalla sottoscritta la Variante n. 1 al progetto definitivo avente come oggetto il *Restauro conservativo con sostituzione dell'impianto elettrico e dell'impianto termico* della chiesa che è stato autorizzato con determinazione del Dirigente della Soprintendenza per i Beni Architettonici n. 221 dd. 26.03.2018. L'opera è stata finanziata dalla CEI (pratica n. E/10066/2017 dd. 11.01.2019) per € 136.661,00, dalla Soprintendenza per i beni culturali della PAT con Determinazione n. 429 dd. 28.05.2020 per € 239.468,00 e dal Consorzio dei Comuni della Provincia di Trento B.I.M. dell'Adige per € 6.500,00.



Fig. 2: Palù del Fersina. Vista della parete verso nord della cantoria, prima dell'intervento, Giorgia Gentilini.

infiltrazioni di acqua meteorica dovute all'inefficienza dei sistemi di smaltimento delle acque e alla progressiva perdita di tenuta della copertura e delle lattonerie. Tali problematiche, documentate anche dalle fonti storiche e dalle visite pastorali, si manifestavano prima dell'intervento con particolare intensità negli ambienti interni, dove l'elevato tasso di umidità relativa aveva determinato processi di decoesione degli intonaci, distacchi localizzati, alterazioni cromatiche e sviluppo di patine biologiche, compromettendo la stabilità delle superfici storiche e la qualità ambientale degli spazi liturgici. La lettura stratigrafica e materica dell'edificio ha, inoltre, evidenziato come precedenti interventi, pur orientati alla manutenzione e al rinnovo funzionale, avessero introdotto materiali e soluzioni tecniche non sempre compatibili, contribuendo in alcuni casi all'aggravarsi delle condizioni di degrado e alterando i naturali equilibri igrometrici delle murature (FIG. 2).

In tale contesto, il progetto di restauro è stato impostato secondo un approccio integrato [Gentilini 2023; pp. 74-107], nel quale le strategie di conservazione sono state strettamente correlate a interventi finalizzati al controllo del microclima interno e alla riduzione delle dispersioni energetiche, evitando soluzioni standardizzate e privilegiando risposte calibrate sulle specificità del manufatto. La realizzazione di un sistema di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche sul lato nord dell'edificio, con l'introduzione di una fascia drenante e la connessione alla rete delle acque bianche, ha rappresentato un primo livello di intervento volto a mitigare le cause primarie del degrado, ristabilendo condizioni di equilibrio igrometrico alla base delle murature. Parallelamente, la revisione e la



Fig. 3: Palù del Fersina. Vista dal campanile della copertura durante i lavori di rifacimento, Giorgia Gentilini.

sostituzione delle lattonerie in rame, unitamente alla manutenzione del manto di copertura in scandole di larice e all'inserimento di dispositivi di sicurezza, hanno contribuito a migliorare la protezione dell'involucro edilizio, incidendo indirettamente sulle prestazioni energetiche attraverso la riduzione delle infiltrazioni e delle dispersioni non controllate (FIG. 3).

Un ruolo centrale nel progetto è stato assunto dalla realizzazione del vespaio aerato, con sorveglianza archeologica, al di sotto della pavimentazione interna (FIG. 4). Il vespaio, oltre a favorire l'aerazione delle strutture e la riduzione dell'umidità di risalita, ha consentito l'alloggiamento dei nuovi tracciati impiantistici, minimizzando l'impatto sulle murature storiche e preservando i nessi stratigrafici dell'edificio. In questo senso, la scelta di mantenere e riposizionare la pavimentazione lapidea in porfido, integrandola solo ove necessario, risponde a un principio di compatibilità materica e di contenimento dell'energia incorporata, evitando sostituzioni generalizzate e valorizzando il riuso sostenibile dei materiali storici.

L'adeguamento dell'impianto di riscaldamento mediante un sistema a termoventilazione è stato sviluppato come parte integrante del progetto di restauro, tenendo conto della destinazione d'uso dell'edificio, caratterizzata da un utilizzo intermittente, e delle esigenze di tutela degli apparati decorativi. La scelta di mantenere un generatore a gasolio a condensazione, pur non rappresentando la soluzione più avanzata in termini di riduzione delle emissioni, è stata motivata da considerazioni di sostenibilità gestionale, affidabilità tecnica e contenimento dei costi di esercizio, in un contesto



Fig. 4: Palù del Fersina. Vista dell'area interna della chiesa durante le indagini archeologiche, Giorgia Gentilini.

territoriale di medio-alta quota e funzionale specifico. La distribuzione dell'aria è stata progettata per contenere il gradiente termico verticale e garantire un funzionamento silenzioso durante le celebrazioni, evitando flussi d'aria diretti sulle superfici decorate e riducendo i rischi di sollecitazioni termoigrometriche dannose per i materiali storici (FIG. 5). Le modifiche introdotte in corso d'opera al tracciato dell'impianto testimoniano la necessità di un costante adattamento progettuale, volto a ridurre gli scavi in roccia e a contenere le dispersioni energetiche lungo i percorsi esterni.

Il restauro delle superfici intonacate, lapidee, lignee e metalliche è stato condotto secondo criteri di compatibilità e reversibilità, privilegiando l'impiego di materiali tradizionali a base di calce e interventi mirati di consolidamento, pulitura e protezione, in grado di preservare la traspirabilità delle strutture e di contribuire al mantenimento di un microclima interno stabile. Le indagini stratigrafiche eseguite in corso di cantiere hanno svolto un ruolo determinante nell'orientare le scelte operative, consentendo il recupero di aperture storiche e apparati decorativi precedentemente occultati e imponendo una costante verifica della coerenza tra interventi conservativi e soluzioni impiantistiche (FIG. 6).



Fig. 5: Palù del Fersina. Vista della navata, del presbiterio e della navata laterale, a restauro concluso, Giorgia Gentilini.



Fig. 6: Palù del Fersina. Vista della volta del presbiterio durante le operazioni di scoprimento, Giorgia Gentilini

Conclusioni

Il percorso di conoscenza sviluppato per il restauro della chiesa di Palù del Fersina ha costituito la base imprescindibile per la definizione delle scelte progettuali e operative, superando la mera sommatoria delle indagini storiche, scientifiche e tecniche in favore di un processo interpretativo condiviso. Il cantiere si è così configurato come luogo di confronto interdisciplinare e di verifica critica delle soluzioni adottate, in costante dialogo con gli Enti di Tutela. In tale contesto, gli interventi di miglioramento delle condizioni ambientali ed energetiche – dal controllo delle acque meteoriche all'adeguamento impiantistico – sono stati concepiti non come obiettivi autonomi, ma come strumenti integrati della strategia conservativa, finalizzati alla mitigazione dei fattori di degrado e alla salvaguardia della materia storica, nel rispetto delle specificità del manufatto e del suo uso.

GG, IZ

Bibliografia da sistemare

- Buda, A. (2023). *Conservazione ed efficienza energetica dell'edilizia storica. Uno strumento operativo per le scelte di progetto*, Firenze, Nardini Editore.
- Carbonara, G. (2021). *La "sostenibilità" come nuovo parametro del restauro del restauro*, in «Recupero e Conservazione Magazine», n. 166 (luglio agosto 2021), pp. 22-27.
- Costa, A. (1986). *La Chiesa di Dio che vive in Trento*, Trento, Edizioni diocesane.
- Del Curto, D., Fratelli, M. (2010). *Edifici storici e destinazione museale. Conservazione degli edifici e delle opere d'arte. Progetti per il restauro e l'integrazione di impianti esistenti*, Padova Il Prato.
- EN 16883 (2017). *Conservation of cultural heritage – Guidelines for improving the energy performance of historic buildings*. European Committee for Standardization (CEN), Norma EN 16883.
- FIORANI, D. (2017). *Editoriale*, in *Restauro e impianti*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», Nuova serie, VI, 11, pp. 5-8.
- GBC (2017). *GBC Historic Building, Manuale CBC Historic Building. Per il restauro e la riqualificazione sostenibile degli edifici storici*, Edizione 2016, revisione maggio 2017.
- GALLINA, D. (2024). *Il coinvolgimento dell'archeologo delle architetture nelle fasi di progetto e restauro. Il caso dell'Arena di Verona*, in *L'Archeologo delle Architetture e il cantiere di Restauro Architettonico. Casi e questioni*, Tavola rotonda interdisciplinare conclusiva del ciclo di incontri online, a cura di L. Longhitano, in «Archeologia dell'architettura», XXIX, pp. 73-87.
- Gentilini G. (2023). *Lo stato di conservazione, il progetto, il cantiere di restauro*, in Gentilini G. (a cura di/kuriart va), *La chiesa di Santa Maria Maddalena e San Nicola di Bari a Palù del Fersina. Storia, architettura, arte e restauro/De Kirch va de Haile Maria Maddalena ont van Haile Nicola va Bari en Palai en Bersntol. Gschicht, architektur, kunst ont ausrichtnòrbet*, Pergine Valsugana (TN), Publistampa Arti grafiche.
- Gentilini, G. (2024). *L'analisi materico-stratigrafica delle architetture: una pratica davvero "discrezionale" nel campo del restauro?*, in *L'Archeologo delle Architetture e il cantiere di Restauro Architettonico. Casi e questioni*, Tavola rotonda interdisciplinare conclusiva del ciclo di incontri online, a cura di L. Longhitano, in «Archeologia dell'architettura», XXIX, pp. 89-102.
- Gorfer A. (1977). *Le valli del Trentino: guida geografico-storico-artistico-ambientale*, volume 1, *Trentino Orientale*, Calliano (TN), Manfrini.
- IPCC (2023). *Climate Change 2023, Synthesis report*, AR6.
- Lucchi, E., Pracchi, V. (a cura di) (2013), *Efficienza energetica e patrimonio costruito: la sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*, Santarcangelo di Romagna Maggioli.

Manfredi, C., Trovò, F. (2022). *Clima negli edifici di culto. Metodi, misura e progetto*, Milano-Udine, Mimesis/Sustainable Heritage.

MIBACT (2015). *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel Patrimonio Culturale. Architettura, centri e nuclei storici e urbani*, 28 ottobre 2015.

MIBACT, ENEA, (2017). *Protocollo d'intesa tra Ministero dei beni e delle attività culturali e del Turismo -MIBACT- e Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile -ENEA- per l'efficienza energetica, l'innovazione, la prevenzione e la sicurezza del patrimonio culturale*, MIBACT-UDCM, REP. Protocolli d'intesa 06/05/2016 N° 6, data ultimo aggiornamento: 11 aprile 2017.

ONU (2015). *The Agenda 2030 for Sustainable Development*.

Piatti S. (1996). *Palù-Palae: frammenti di storia*, Palù del Fersina, Comune di Palù del Fersina, Istituto Culturale Mocheno-Cimbro, Trento, Grafiche Artigianelli.

Pracchi, V., (2017). *In equilibrio tra 'soppesare' e misurare. Alcune riflessioni su sostenibilità ed efficienza energetica nell'edilizia storica*, in *Restauro e impianti*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», Nuova serie, VI, 11, pp. 67-82.

PRETELLI, M., FABBRI, K., SIGNORELLI, L., (2017). *Interventi sugli impianti storici Un patrimonio dal significato in evoluzione*, in *Restauro e impianti*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», Nuova serie, VI, 11, pp. 9-24.

SIRA (2023). *Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, in *Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, coordinamento di Della Torre S., Russo V., *Apparati e Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura*, Roma, Edizioni Quasar, pp. 1-75.

UN (2023). *Broken Record. Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Emissions Gap Report 2023*.

La forza delle aree interne: comunità locali e associazionismo in Irpinia per il recupero dell'architettura e del paesaggio

XXX.

Daniela Stroffolino

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Abstract

L'Irpinia territorio segnato da fragilità demografiche e geografiche, ma ricco di patrimonio diffuso, offre esempi significativi di come il restauro, la tutela e la valorizzazione possano essere guidati da processi partecipativi dal basso. Battaglie importanti su questi temi, sono state portate avanti negli anni da associazioni organizzate da cittadini, lì dove le istituzioni apparivano del tutto assenti.

Keywords

Irpinia, associazioni, restauro, architettura, paesaggio.

Irpinia, a territory marked by demographic and geographic fragilities yet rich in a widespread cultural heritage, offers significant examples of how restoration, protection, and enhancement can be guided by bottom-up participatory processes. Over the years, important struggles around these issues have been carried out by citizen-organized associations, particularly in contexts where public institutions appeared to be largely absent.

Irpinia, associations, restoration, architecture, landscape.

Introduzione

L'Irpinia è storicamente una terra di passaggio, terra di mezzo ricca di bellezze naturali. Oggi questo territorio appenninico condivide le criticità di molte aree interne italiane: spopolamento, contrazione dei sistemi produttivi e marginalità geografica. Tuttavia, negli ultimi anni si osservano segnali di ripresa che si innestano nelle vocazioni storiche del territorio, in particolare nell'agricoltura di qualità, nella tutela della biodiversità e nello sviluppo di forme di turismo enogastronomico, rurale ed esperienziale. In questo contesto, l'Irpinia può essere letta come un vero e proprio "incubatore culturale", soprattutto l'Alta Irpinia, dove una nuova energia sociale e culturale ha iniziato a rimettere in moto comunità a lungo stagnanti. Architetti, artisti, associazioni, amministratori locali e cittadini hanno avviato pratiche di rigenerazione e valorizzazione ben prima delle recenti politiche nazionali per le aree interne o delle opportunità offerte dal PNRR.

1. Irpinia Express: il capolavoro di "InLocoMotivi"

Irpinia Express è l'ottocentesca linea ferroviaria Avellino-Rocchetta Sant'Antonio, riattivata – con una solenne cerimonia – il 16 aprile 2018, dopo un oblio di quasi quarant'anni. Alcuni giorni prima di questa data, era stata inaugurata all'Archivio di Stato del capoluogo, in occasione della Giornata Nazionale del Paesaggio, la mostra «L'Irpinia dal finestrino: viaggio in treno alla scoperta di territori e paesaggi». Il treno viaggia seguendo un preciso calendario legato a motivi didattici, a manifestazioni della tradizione come: "I falò" di Nusco, il "Carnevale" di Montemarano, "La cavalcata di Sant'Anna", oppure ad eventi più recenti, ma che da anni attirano una grande quantità di persone, come le sagre della castagna di Montella e Bagnoli, quelle del vino, e per finire lo "SponzFest". Festival ideato da Vinicio Capossela, il Woodstock irpino, che da dieci anni ormai, attira nel paese di Calitri gente da tutto

il mondo, con l'obiettivo di fare del vuoto una «grande risorsa» e «riempirla di bellezza, di cultura, di contenuti», in altre parole essere un'occasione per ri-creare comunità.

Spesso, le vecchie linee ferroviarie dismesse sono state cancellate, nei casi migliori trasformate in piste ciclabili, qui invece per la caparbia specie di alcune associazioni, prima fra tutte "InLocoMotivi" fondata più di dieci anni fa, non solo la linea ferroviaria è rinata, ma con essa anche la stazione di Avellino – più volte a rischio chiusura – e l'intero quartiere Borgo Ferrovia, tristemente famoso per il caso Isochimica.

Oggi i binari che corrono per 118 chilometri, attraversando fiumi, colline, pascoli, vallate, paesi, realizzano una perfetta sinergia fra città, periferia, campagna. Ma in questo caso il vero attrattore è il paesaggio e dunque il mondo rurale con la sua bellezza naturale e le sue più antiche tradizioni e produzioni, vissuto attraverso un mezzo – il treno a lenta percorrenza – che è esso stesso memoria: Grazie ad esso lentamente ci si immerge in una dimensione senza tempo, e man mano che ci si allontana dalla città, attraverso una zona di fabbriche dismesse, si entra sempre più a contatto con la natura, contatto amplificato proprio dallo stato di abbandono della linea ferroviaria che ne viene quasi fagocitata. Tutt'intorno il paesaggio, un paesaggio che racconta sé stesso e la sua storia, attraverso le culture – dai vigneti (oggi sempre più presenti) al grano – attraverso i segni lasciati dai terremoti, dalle ricostruzioni, dal lavoro dell'uomo, dall'abbandono. L'abbandono e lo spopolamento sono qui il mostro da combattere. La rinascita economica tentata con la ricostruzione seguita al terremoto del 1980 attraverso la realizzazione dei PIP (Piani Insediamenti Produttivi) ai margini di piccolissime aree urbane, si è dimostrata con il tempo del tutto effimera, ed è crollata come un castello di carte. Così l'Irpinia – terra di contadini – ha capito che è nella terra la sua unica ancora di salvezza, e in tutto ciò che da essa può scaturire. La vera forza risiede, non più e non solo, nei politici di turno, ma nella volontà, nei progetti degli individui e nella tenacia con cui riescono a portarli avanti. "InLocoMotivi" è un chiaro esempio di questo processo vincente. Se non ci fosse stata quest'associazione nata da gente comune che credeva profondamente nel sogno di far rinascere, certo con finalità diverse adeguate ai tempi, una linea ferroviaria dismessa, probabilmente oggi di essa non ce ne sarebbe più traccia. Allo stesso modo in altre aree della provincia comunità e associazioni culturali hanno dato vita a progetti che mettono insieme paesaggio – la vera ricchezza di questa terra – e turismo: sono nate così ciclovie, come quella che segue il percorso dell'acquedotto pugliese e percorsi di trekking, seguendo tratti della via Francigena del Sud o quella Traiana o l'antica Via Appia oggi patrimonio Unesco, intorno alla quale vi è un gran fermento di iniziative.

2. Il Cammino di Guglielmo

In una provincia in cui si è abituati a vedere iniziative sorgere e scomparire con la stessa velocità, il sistema attentamente strutturato e realizzato dall'Associazione "Cammino di Guglielmo" è un caso unico e con prospettive profondamente significative per il territorio. L'itinerario, ideato e promosso dall'Associazione nasce da un lavoro di ricognizione storica, cartografica e culturale che ha coinvolto amministrazioni locali, pro loco e comunità residenti, trasformando una memoria religiosa medievale legata alla figura di Guglielmo da Vercelli in un dispositivo contemporaneo di valorizzazione territoriale. Il cammino non si limita a ripercorrere luoghi di culto e infrastrutture storiche della mobilità appenninica, ma attiva una rete di relazioni tra borghi, paesaggi rurali e architetture minori, contribuendo alla riemersione di patrimoni materiali e immateriali spesso esclusi dai circuiti turistici consolidati. In

tal senso, l'azione dell'associazione promotrice si configura come una vera pratica di comunità, in cui il territorio non è inteso come semplice supporto fisico, ma come costruzione culturale condivisa, continuamente ridefinita attraverso il coinvolgimento degli abitanti e l'esperienza del camminare. Il Cammino di Guglielmo diventa così uno strumento di rigenerazione lenta delle aree interne, capace di coniugare partecipazione civica, narrazione identitaria e sviluppo locale sostenibile. L'anima di questa iniziativa è stata l'architetto Angelo Verderosa, una figura assolutamente centrale in questa rinascita, ideatore e organizzatore delle più interessanti operazioni culturali sul territorio.

Nel 2009 nasce a Cairano – piccolissimo paese dell'Alta Irpinia – *Cairano7x* una *kermesse* che per sette giorni vede il susseguirsi ininterrotto, lungo l'intero arco della giornata, di un fitto programma che abbraccia svariate arti: musica, teatro, poesia, letteratura, cucina, architettura, fotografia. L'evento partorito dalla fantasia visionaria di Franco Dragone, *show maker* di fama mondiale nato a Cairano, è stato organizzato grazie alla totale collaborazione del sindaco Luigi d'Angelis, dell'architetto Angelo Verderosa, del poeta Franco Arminio, protagonisti indiscussi del rilancio di questa terra. Insieme hanno messo in piedi una macchina perfetta che ha coinvolto l'intera comunità, ma anche *partners* esterni come il Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli e ha attratto a Cairano centinaia di persone (tecnici e non) pronte a vivere un'esperienza di coinvolgimento totale nell'arte e nel paesaggio. *Cairano7x* ha dato l'input per la creazione di altre manifestazioni, ma ha anche spinto l'amministrazione a partecipare a bandi per ottenere finanziamenti della Comunità Europea. Grazie a questi, infatti ha preso vita il "Borgo Biologico", nato dal recupero dell'edificio intorno al castello (con l'idea di realizzare abitazioni per artisti), della strada delle Grotte, della scuola elementare, intervento selezionato da Mario Cucinella su 500 progetti, per essere esposto al Padiglione Italia della 16° Biennale Architettura di Venezia 2018 [Cucinella 2018, 114-115].

Alla stessa Biennale del 2018 era stato selezionato un altro progetto realizzato in Irpinia dal +tstudio (architetto Enzo Tenore), la "Casa della Cultura, Media Factory" – nato dalla ristrutturazione/riqualificazione del vecchio asilo di Aquilonia, asilo ormai abbandonato. L'opera tenta:

di ricomporre la frattura fra il rurale e la contemporaneità, frattura accentuatasi nell'Irpinia d'Oriente, a seguito della schizofrenica attività edilizia che si è registrata dopo il sisma del 1980 e grazie/a causa alla conseguente legge nazionale per la ricostruzione [...]. I rimandi formali (l'edificio è completamente ricoperto da un mantello in larice siberiano) sono chiaramente di origine rurale, guardiamo agli essiccatoi di tabacco o ai pagliai che ancora resistono, reduci, disseminati sul territorio [www.piutstudio.it/portfolio/casa-della-cultura].

Da un lato, dunque, Aquilonia – paese di nuova fondazione, realizzato secondo i canoni urbanistici e architettonici del regime fascista in seguito al terremoto del 1930, dall'altro Carbonara – il paese originario, oggi parco archeologico che mostra attraverso i ruderi delle sue chiese e abitazioni la sua struttura di borgo medievale. In quei ruderi Tenore aveva pensato, nel progetto intitolato "E.Colonia" del 2006, di incastonare delle capsule in legno, per dare nuova vita a quel borgo abbandonato creando un' "accademia del design" volta a mettere insieme modernità e tradizione e recuperare oltre gli edifici anche antichi mestieri. Se per 16 anni il progetto non era riuscito a trovare canali di finanziamento, ad esclusione di quello per il workshop *Traduzioni. Design come processo di rigenerazione* svoltosi nel giugno 2015, con la partecipazione di 50 giovani *makers* formati a diventare neo-artigiani [Fabbricatti, Tenore 2014], oggi il progetto è rientrato – come parte di uno più ampio che coinvolge tre comuni confinanti delle aree interne (Aquilonia, Calitri, Laviano) – fra i vincitori del bando PinQua

(Programma nazionale della qualità dell'abitare). In questo progetto trova una soluzione anche il problema delle casette asismiche risalenti al 1930, salvate dall'ordine di abbattimento proprio grazie ad una associazione di cittadini "Casette bene comune" e riutilizzate come centro di servizi per il comprensorio in questo progetto. Di grande forza, nella sua semplicità, è l'idea della "Metro rurale", vettori elettrici che connettono comuni limitrofi attraverso il recupero delle vie interpoderali.

3. Associazioni e tutela del paesaggio

A partire dagli anni Novanta una significativa parte del territorio Irpino è stata prescelta per la realizzazione di parchi eolici. Il primo impianto nasce nel 1992 a Bisaccia, costruito da Aeritalia su concessione della Regione Campania, composto da sedici aerogeneratori su una superficie di 25 ettari, da allora la macchina dell'eolico non si è più fermata.

L'ultimo dossier Legambiente Campania *Qual buon vento 2026* sull'energia eolica, è stato presentato il 19 febbraio nella Casa della Cultura di Aquilonia, in esso la Campania viene indicata come la quarta regione in Italia per numero di impianti (dopo Basilicata, Puglia e Sicilia), la terza per potenza installata (dopo Puglia e Sicilia) e la seconda per produzione annua dopo la Puglia. Ma le province che concedono i loro terreni per l'eolico sono esclusivamente due: quella di Avellino con una produzione di 783 MW e quella di Benevento con una di 684 MW. Letti così sembrano solo numeri che però trasformati in aerogeneratori – giganti alti anche 150 metri – lasciano perplessi per l'impatto che hanno sul paesaggio. Solo le popolazioni di questi territori combattono contro l'invasione delle multinazionali dell'energia, organizzando "Comitati" che tentano di bloccare o almeno porre un freno al dilagare dei cosiddetti "parchi eolici". Nel Piano Energetico Ambientale Regionale si sottolinea, infatti, la necessità «di dotare gli investitori e le istituzioni di un efficace strumento regolatorio che definisca in quali condizioni sono ammissibili nuovi impianti e con quali attenzioni per i territori che li ospitano. [...] È inoltre da considerare il livello di accettazione della popolazione residente rispetto alla installazione di impianti per la produzione di energia seppur di piccola taglia» [*Piano Energia e Ambiente Regionale Regione Campania 2023*, p. 153], ma proprio quest'ultimo punto non sembra essere tenuto in nessuna considerazione. Le proteste ormai sono all'ordine del giorno nelle aree in cui l'eolico imperversa e a quelle della popolazione si aggiungono le proteste dei sindaci che rilevano da un lato un territorio saturo e devastato dall'eolico, e dall'altro la mancata compensazione sia in termini energetici sia economici, per i danni causati al territorio, che devono essere necessariamente quantificati. I forti investimenti previsti sul territorio in conseguenza alle semplificazioni delle procedure per gli impianti ad energia rinnovabile dettate dalla transizione energetica, non fanno ben sperare, anche se aumentano i progetti di *repowering*, cioè di dismissione e smantellamento dei vecchi impianti e costruzione di nuovi che, grazie all'avanzamento tecnologico, possono produrre uguale energia con un minor numero di aerogeneratori. Bloccare i nuovi impianti e contemporaneamente rimodernare i vecchi, il primo si è detto è addirittura del 1992, potrebbe essere la strada giusta, ma è necessario anche far in modo che questo impegno territoriale abbia una ricaduta economica sulla popolazione locale. Paradossale è infatti leggere, dopo trent'anni, nel citato report di Legambiente un paragrafo dedicato alle «Ricadute sociali ed economiche» trattandole ancora come potenzialità. L'unica realtà nelle aree occupate dall'eolico è l'abbandono da parte degli abitanti, condizione chiaramente molto vantaggiosa per le multinazionali: terreni incolti, che nessuno lavora più da decenni, sono inevitabilmente più facilmente acquisibili. All'aspetto paesaggistico si aggiunge un altro grave allarme che riguarda le infiltrazioni

malavitose collegate agli appalti e alla cessione dei terreni nell'affare eolico e fotovoltaico, allarme che si fa più concreto in presenza di procedure semplificate e meno controllate.

Specialmente in quest'ultimo anno i progetti per gli impianti eolici nella provincia di Avellino, sono stati affiancati da quelli per il fotovoltaico e l'agrovoltaico, quest'ultimo realizzato con moduli sopraelevati ad un'altezza tale da consentire attività agropastorali. In realtà il fotovoltaico ha un impatto maggiore sul paesaggio, specie sulle ampie estensioni: intere porzioni di vallate e colline potrebbero essere ricoperte da pannelli neri.

Conclusioni

Le esperienze analizzate restituiscono l'immagine di un'Irpinia che, pur collocata ai margini dei grandi flussi economici e demografici, si configura come uno spazio in cui grazie anche a figure chiave, si sta tentando una sperimentazione sociale e culturale. Dalla valorizzazione del paesaggio rurale e dell'architettura diffusa alle pratiche di mobilità lenta, dagli ecomusei ai cammini, fino ai comitati civici nati in difesa del territorio, emerge un tessuto di associazioni e comunità che interpreta il patrimonio non come oggetto statico di tutela, ma come risorsa viva, condivisa e ricca di potenzialità. In questo quadro, l'associazionismo di comunità assume un ruolo centrale non solo nella conservazione dei beni materiali e immateriali, ma anche nella costruzione di nuove narrazioni territoriali e nella ridefinizione dei rapporti tra cittadini, istituzioni e processi decisionali.

Bibliografia

Cucinella, M., a cura di (2000). *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del paese*, Quodlibet, Macerata

Fabbricatti, K., Tenore, V. (2012). *E.Colonia un approccio innovativo per le aree interne. Un'accademia di design rurale in Alta Irpinia*, Edizioni Temporale, Milano.

Fioretti, M. (22 febbraio 2022). *Il Progetto Appennino arriva in Irpinia: non è un successo, ma una nuova sfida*, in «Orticalab».

Di Iorio, N. (2011). *L'Irpinia dell'accoglienza tra desiderio e realtà*, Delta3, Grottaminarda (Av).

Stroffolino, D. (2020). *Irpinia: cultural incubator*, in M. PRETELLI, R. TAMBORRINO, I. TOLIC (a cura di), *La città globale. La condizione urbana come fenomeno pervasivo*, AISU International, Torino.

Tartaglia, B. (2005). *Carbonara, Aquilonia "La città itinerante" Viaggio per immagini*, Tipolitoelle, Frigento.

Verderosa, A., a cura di, (2005). *Il recupero dell'architettura e del paesaggio in Irpinia. Manuale delle tecniche di intervento*, De Angelis Editore, Avellino.

Cosa persiste al naufragio? L'amore (sempre)

XXX.

Cirelli Daniele

danielecirelli133@gmail.com

Abstract

A cosa serve raccogliere la memoria? Forse a non disperdere il sapore delle cose. *Marcel Proust* nell'opera *Alla ricerca del tempo perduto* rafforzava la convinzione che alla memoria è dato il compito di gettare le fondamenta della realtà, sottolineando come memoria e verità non siano necessariamente sovrapponibili. Affida a questo fragilissimo campo di raccolta dei dati, il compito di sorreggere "l'immenso edificio della storia". Diventa quindi necessario ampliare la domanda posta a inizio capitolo: A cosa serve, ad uno studioso scientifico, raccogliere la memoria? Non sarebbe meglio affidarsi soltanto ai dati, alle fonti storiche, e qualunque tipo di strumento che riduca l'errore al minimo? Eppure, anche la memoria ha la sua valenza: è l'interpretazione che ereditiamo dal passato, spetta poi al professionista saperla scindere dalla storia. Pertanto, nell'occuparsi di patrimonio, sarebbe necessario "interrogare" non solo il manufatto, ma anche la vita che lo abita. In questo testo si vorrà far menzione di un lavoro, che fin dal principio si è interrogato sull'estrarre la porzione immateriale del manufatto architettonico, legata alle persone che oggi ne custodiscono il lascito storico. Situato nella zona industriale della Città di Gaeta, rimane immobile nel tempo il relitto di un passato rurale oggi scomparso e posto all'ombra delle industrie portuali e di palazzi alti fino a dieci piani. Provenendo da Formia lungo la via Flacca, e andando in direzione di Roma, al secondo chilometro di quella che un tempo era una delle strade romane più importanti per la circolazione verso la capitale, si scorge sulla destra la *Cappellina Rurale della Madonna Bambina di Conca*. Ad oggi appare come il segno vivo di una storia che resiste al naufragio del tempo, che conserva la sua memoria attraverso l'architettura, preservando una secolare sinergia tra le pietre e le persone. Sulle vestigia di una presunta Villa romana del II secolo a.C., per secoli queste pietre sono state abitate e vissute da persone che hanno imparato a riconoscersi in questo Luogo dal carattere identitario, relazionale e comunitario. L'immenso patrimonio storico del sito oggi è custodito non dalle autorità, che certamente avrebbero il compito di valorizzare la cultura e l'identità, ma dalla comunità stessa che presidia il luogo da più di venti secoli, presumibilmente ininterrottamente. La persistenza ha corrisposto che la piccola Cappellina sia arrivata a noi carica di tutto il suo valore denso e stratificato, trasportandoci non solo il suo palinsesto materiale, che indubbiamente rappresenta già un prestigio notevole, ma anche il desiderio vivo di chi presidia il sito di voler destinare questo Luogo alle generazioni future. I numerosi ponti tra il presente e il passato ci dimostrano come l'architettura possa essere la custode della nostra cultura e della nostra identità, ma che senza la volontà comune delle persone di riconoscersi come parte di essa, questi luoghi sarebbero destinati a un più triste destino. Un sasso È, rimane sé stesso e perdura, ma l'architettura non è fatta solo di sassi, e la Cappellina di Conca ancora ce lo ricorda.

Keywords

Identità, comunità, persistenza.

XXX

Identity, community, persistence.



Fig. 1.

Introduzione

L'accesso alla città di Gaeta si è legato sempre al nome di una strada: la via Flacca. Costruita nel 184 a.C. dal censore *Lucio Valerio Flacco*, per collegare Formia con Terracina¹. Percorrendo la via da Formia, in direzione di Roma, al suo secondo chilometro, alle pendici del monte Conca, ci si accorge di una struttura al ciglio destro della strada, che stride nel panorama urbano ormai consolidato dai palazzi alti, dalle infrastrutture del nuovo porto, e dal lascito degli impianti industriali novecenteschi. I suoi muri grezzi, il tetto a falda, gli infissi delle finestre in legno, le tegole rovinate, e la sua percepibile antichità anche per occhi non esperti, ne generano il fascino di un relitto, che rimane immobile nel tempo, e che resiste isolato allo scorrere delle cose che gli succedono attorno. Qui la comunità attribuisce un valore simbolico ai segni che sono stati quotidianamente utilizzati. Un Luogo di passaggio per secoli, il riferimento stabile per coloro volessero entrare in città, accolti e riparati "dall'arco" in pietra, che in realtà è una volta, sotto la quale una iscrizione rivolta ai viandanti recita: "*Viandante, Se Letizia t'irradia il core se dolor te l'opprime Prega Maria*". Così si presenta la *Cappellina di Conca*. (FIG.1)

1. FANTASIA P., (1947) La Rete stradale dell'antica Roma nell'agro di Gaeta e gli avanzi delle vecchie costruzioni romane nelle sue adiacenze

Una questione di continuità

Per molti secoli questa era una zona di aperta campagna, affacciata sul Tirreno, ma esclusa dalla città che si addensava ai piedi del monte Orlando, e nell'immagine del panorama preindustriale la Cappellina era uno dei pochi edifici, e per molti secoli forse anche l'unico, di questa zona. Ad oggi la via Flacca che si attraversa è una rettifica del tracciato originale romano, che, restando alle ricostruzioni fatte del Prof. Pasquale Fantasia, doveva passare proprio sull'attuale via Conca. L'origine del sito sarebbe databile al II secolo a.C., attribuendo, secondo le fonti apprese, la paternità a *Quinto Ortensio Ortalo* (114 a.C.–50 a.C.), oratore e avvocato romano, che avrebbe abitato nel litorale del Sinus Formianum in una Villa marittima poco distante dalla Villa di Cicerone. *Erasmus Gesualdo*, storico ricercatore del 1700, non aveva dubbi sulle origini e sull'appartenenza dei resti delle mura romane² all'oratore, con lui anche vari studiosi locali concordano su questa tesi storica, che assume prove non solo documentali, rifacendosi a scritti sia dello stesso Cicerone che di autori successivi, ma anche dai resti architettonici, che presentando numerose partizioni murarie in opus reticulatum, facendone coincidere il periodo storico. Sulla fabbrica si nota una stratificazione materica notevole, che ne descrive un trascorso storico vivo e continuo. Dalle analisi di rilievo si è potuto descrivere attraverso i materiali e la loro applicazione le sequenze storiche. Domina la pietra calcarea, estratta dal limitrofo monte Conca, che assieme ai laterizi inseriti tra le partizioni murarie, compongono la stratigrafia romana: la più antica. I muri in pietra calcarea più sbozzati e irregolari si riferiscono alle modifiche seicentesche, mentre la piccola sopraelevazione posta sopra l'arco realizzata in blocchi di tufo si daterebbe all'Ottocento, fino ad arrivare alle aggiunte recenti in blocchi di cemento. Anche gli intonaci raccontano le varie fasi costruttive, dal cocchiopesto all'impermeabilizzante bituminoso. Appare evidente che qui la costruzione è una questione di continuità, che alle origini fastose ha poi preferito la funzionalità, utilizzando i materiali locali e disponibili. I racconti degli abitanti testimoniano la presenza fino agli anni Cinquanta di una calcara a pochi metri dall'ingresso, in un'insenatura del monte oggi spianata, rendendo disponibile la calce, usata per le malte e gli intonaci. La calce veniva lasciata bollire in delle fosse poco distanti, incuriosendo i bambini ai quali era proibito avvicinarsi per il pericolo. Il monte era ricco anche di acqua. Infatti, le sue sorgenti furono utilizzate già in età romana e trasportata verso la zona di Vendicio (circa due chilometri a sud nel comune di Formia), attraverso un acquedotto di cui rimane ancora una porzione proprio di fronte l'ingresso della Cappellina. Il giardino annesso "nasconde" sottoterra un sistema di vasche ipogee voltate a botte in opera romana, utili per la raccolta delle acque, che necessiterebbero di essere rilevate con specifiche indagini. Ad oggi solo alcune sono rilevabili. Le confidenze locali raccontano dell'esistenza di una galleria sotterranea che collegherebbe in modo rettilineo gli estremi del giardino adiacente, e che ora questa sia chiusa. Per i secoli successivi questo luogo rimase utile per l'estrazione di acqua, testimonianze storiche ne accertano la conversione in sito Cristiano già nel 1106³. Nel 1636 iniziarono i lavori della Cappellina che le restituiranno a grandi linee la conformazione attuale, come documentato dal contratto di vendita del 1639, che vide le "dame cistercensi" del monastero di Santa Caterina di Gaeta acquisire il fabbricato e il giardino circostante. Di questo ne abbiamo memoria attraverso gli scritti di

2. GESUALDO E., (1754) Osservazioni critiche sopra la Storia della via Appia di d. Francesco M. Pratilli, Napoli, Stamp. Simoniana, p. 325.

3. CAPOBIANCO P., (1977) Gaeta città di Maria: Nostra Signora di Conca, La Madonna della Catena, La Solitaria, Gaeta.

Girolamo Gattola (1662-1734), che riscrisse il contratto nel 1722⁴. Il sito si compone: della cappellina a pianta rettangolare coperta da una volta a crociera e una a padiglione sopra l'altare policromo con un dipinto attribuibile a un allievo di Sebastiano Conca, la canonica su due livelli di cui poi uno divenuto stalla, con tetto a falda in copertura, e la Noria, isolata dal resto che prospetta la costa con un campanile a fornice ai cui piedi scorreva l'acqua proveniente dalle vasche. La sorgente del monte ha rappresentato la vera ricchezza del Sito, garantendo sempre acqua per le colture. Già si supposeva allora che l'acqua avesse origini mitiche, avanzando la tesi che si tratti proprio della Fonte Artacia (fons Artakie) citata da Omero nell'Odissea (avanzando però diversi dubbi). Ma di concreto possiamo affermare che l'acqua veniva utilizzata per l'irrigazione del giardino circostante, prelevandola e raccogliendola prima nelle vasche ipogee in opera romana, poste sotto il piano di calpestio, e in seguito sollevata con delle anfore o catini attraverso la Noria (popolarmente chiamata gnegnera), una struttura a pianta circolare che permetteva attraverso la rotazione di un semplice meccanismo in legno spinto da un asino, di sollevare copiose quantità d'acqua. Il funzionamento di questo sistema era già attestato già in epoca romana, rimanendo in funzione fino agli anni del dopoguerra, come raccontano le testimonianze raccolte direttamente in sito di chi in quegli anni, ancora bambino, rimaneva affascinato da questo antico modo di gestire le acque. Questo ha posto la riflessione di come qui la storia sembri immobile nel suo scorrere, e di come il Luogo abbia mantenuto le proprie condizioni tendenziali con le risorse del territorio, e che solo la contemporaneità ha tranciato questo rapporto diretto tra i millenni, verso un passato che, se non raccolto per tempo rimarrà una lacuna irreparabile. Dalle memorie degli abitanti, si è appreso inoltre, che fino alla costruzione dei cantieri navali Italcraft, scorrevano nei pressi dell'edificio tre diverse sorgenti, che prendevano il nome di: Inferno, dal sapore salmastro, Paradiso, dolce e bevibile, e Purgatorio, meno pregiata della seconda. Stupisce il ricordo limpido di queste sorgenti nei racconti delle persone anziane che frequentavano la Cappellina già allora. La scomparsa di queste acque non è soltanto un tema di carattere tecnico e urbanistico, ma di ben più ampia veduta, è un tema storico, emotivo e identitari, capace di raccontarci una "storia minore" tristemente scomparsa solo nell'ultimo secolo, a favore di una presunta esigenza industriale, di cui oggi rimangono solo i danni, e di una discutibile gestione politica e urbana. Intrecciare le memorie comuni ha reso possibile conoscere e conservare quelle che Pascoli, riprendendo Virgilio, definiva le *umili tamerici*, di cui forse l'architettura dovrebbe interessarsi sempre di più, considerando i luoghi non soltanto come utensili destinati a fornirci un riparo e una funzione, ma cercando umilmente la confidenza necessaria con il Patrimonio. Ognuno di noi è legato alla propria identità, e l'identità oltre che cercata va anche tutelata, e all'architetto spetta il compito di lavorare con identità non proprie, valorizzandole e rispettandole, nei loro fattori di permanenza.

Ricordi le papengole?

Le cappelline mariane rurali si trovano sparse nel territorio di Gaeta e nascono dalla devozione dei contadini alla Madonna, chiamate per questo le Madonnelle. Oggigiorno ne sono rimaste solo quattro, un lascito spontaneo dell'economia agricola Gaetana, che verteva essenzialmente sulla coltivazione della vite e dell'ulivo. Questi semplici luoghi erano il centro della vita sociale di contadini e pescatori, uomini e donne che ne vedevano un punto di ritrovo sociale e votivo in una vita condotta

4. GATTOLA G., (1769) Memorie Istoriche della fedelissima città di Gaeta, biblioteca Leccese, vol. II, p. 320.



Fig. 2.

tra la miseria e la fatica. Settembre è il mese della raccolta, il felice ripagarsi di un anno di lavoro, organizzando quindi dei festeggiamenti in devozione alla Madonna delle Grazie, protettrice dei campi e del lavoro e dei lavoratori, svolgendo il rito con una processione e una festa. (FIG. 2) L'origine del ringraziamento scaturisce dalla religione romana, in particolare deriva dal culto della Dea Cerere, dea della fertilità e dei campi. Il ritrovamento di una statua della dea Cibele avvenuto nei pressi della Cappellina, in una grotta del monte Conca nel 1892, ne testimonia la venerazione dei contadini già allora. L'otto settembre è quindi un momento di vivo interesse per la comunità di fedeli e non solo, che si riuniscono in una pratica che rimanda alle antiche usanze romane di banchettare assieme. In occasione della ricorrenza si distribuiscono ai bambini dei panieri di dolci e frutta, in dialetto chiamati le *merennelle*, preparati dalle signore, e si consumano in comunione con gli altri. È un momento intimo della comunità, che si riunisce in sé stessa, saldando i rapporti e le persone e il luogo. (FIG. 3) *Monsignor Paolo Capobianco* (1907-2006), che ha dedicato moltissimi anni della sua vita alla Cappellina e alla sua comunità, ricorda le note più belle legate alla festa. Nelle sue memorie, e in diversi articoli sulla Gazzetta di Gaeta, denunciava anche i gravi danni prodotti dalle industrie Italcra al Sito e alla porzione di litorale. La spiaggia di fronte venne avidamente sostituita da una colmata di cemento, con un danno irreparabile al patrimonio della Villa romana esistente, ma sopprimendo anche il ricordo di coloro che da piccoli giocavano tra la sabbia e le sorgenti, cercando le "papengole" di Conca, piccoli crostacei che popolavano la spiaggia, la cui scomparsa è il sintomo di un danno anche ambientale.



Fig. 3.

Questo animale era legato alla cultura popolare del luogo, e tra gli antichi detti era la metafora di accontentarsi della semplicità delle cose: “fammi contentare delle papengole di Conca”. Tra le memorie di Mons. Paolo Capobianco si legge: *“Oggi quelle storiche piscine non esistono più: sono state coperte per far posto all’«Italcraft». Li esistevano notevoli tracce di mura megalitiche ed abbondanti resti di mura romane in “opus reticulatum”. In questi giorni l’Italcraft si allarga con la costruzione di un nuovo grande capannone, del quale ben si vedono crescere le strutture di cemento armato; così si riduce sempre di più la vista in prospettiva di Gaeta sul suo golfo per coloro che vengono da Formia”*⁵.

L'amore per le vecchie pietre

Seppur il Sito sia una preziosa testimonianza storica di Gaeta, il valore irripetibile è la vita che lo abita. Gli arredi al suo interno sono semplici, prestati o regalati dalla stessa comunità che presidia il Luogo. A seguito del lavoro di studio e analisi sono stati condotti alcuni lavori che ne hanno risolto il problema legato all’umidità negli ambienti interni, impermeabilizzando una porzione di volta sopra l’altare. Sono poi stati ripristinati gli infissi in legno sopra l’altare impregnandoli con olio di lino cotto e rimettendoli in funzione. Anche le pareti interne hanno subito un processo di rasatura, intonacandole e imbiancandole poi, rimuovendo le tracce di muffa che persistevano sulle pareti. Gli interventi sono di

5. CAPOBIANCO P., (1973) Gazzetta di Gaeta, 29 ottobre 1973.



Fig. 4.



Fig. 5.

piccola portata, ma finanziati dalla comunità stessa e dalla proprietaria, partecipando alle operazioni in tutti gli aspetti decisionali e organizzativi, oltre che finanziari. (FIG.4) La cura delle donne che si premuravano dei lavoratori nel mese di agosto, portando loro acqua e the freddo è stato il modo più bello di manifestare l'amore per queste "vecchie pietre". (FIG. 5) Sono stati poi installati dei megafoni sulla copertura, che simulano il suono delle campane, non potendole allestire per problemi statici del piccolo campanile settecentesco. Si ricorda la commozione la notte di Natale nel sentire il suono delle campane dopo quasi cinquant'anni. Come ultimo dei lavori si è montata una croce luminosa che rende visibile la Cappellina anche di notte. Durante la festa tenutasi il mese successivo la felicità era concreta tra i presenti, nel vedere uno spazio così prezioso per loro, ancora più vivibile e più bello, anche se con pochi e semplici interventi. Certamente si necessiterebbero di interventi più strutturati e concreti. Ad oggi non è accessibile il grande giardino circostante, che potrebbe diventare un parco archeologico per tutto il quartiere. Servirebbero esperti per valutare concrete operazioni sui resti archeologici, e finanziamenti di ben altro numero. Ma la spontaneità dell'operazione ha segnato una continuità con questo frammento rurale custodito da sempre con pochi mezzi, ma gesti partecipati e concreti. Durante la festa dell'otto settembre è stata poi allestita una mostra nella Parrocchia di San Carlo Borromeo a Gaeta. Un momento per poter mostrare alle persone tutto il lavoro svolto: dalle analisi, i rilievi, le fonti bibliografiche, i disegni, le foto, gli interventi, e condividere così ricordi e memorie. (FIG.6) Alla fine di questa esperienza si può dire che il valore comunitario è un bene non contrattabile nella fase di ideazione dei progetti, tanto quanto preservare un muro antico: che gli architetti se ne facciano una ragione.



Fig. 6.

Conclusioni

La piccola Cappellina della Madonna di Conca vanta una radicata comunità di persone legate non soltanto al culto religioso, ma al luogo, inteso come custode della storia e delle tradizioni. Ad oggi è possibile fruire soltanto dell'ambiente della Cappellina, custodita in modo spontaneo, come un reciproco prendersi cura tra le persone e l'architettura. Un punto fisso nel mutevole cambiamento urbano. È essenziale consegnare il Sito alla comunità, che rappresenta l'anima umana tra la materia e la spiritualità, permettendo a chi lo vive di sviluppare attività, promuovere il territorio, custodire la storia. Le ridotte dimensioni degli ambienti, e la loro storicità, si prestano ad accogliere esclusivamente piccole attività autogestite, che non necessitano di notevoli dispendi di mezzi e di risorse. Garantire uno spazio di ritrovo, oltre che si dovrebbe aprire il giardino al pubblico, restaurandolo e rendendolo agibile, restituendo dignità a una delle zone della città più stuprate dall'urbanistica. Quello che viene definito un "patrimonio banale" è in verità la prova che l'amore è un atto di cura persistente. Dell'architettura ancora ci si innamora.

Bibliografia

Capobianco P., (1973) *Gazzetta di Gaeta*, 29 ottobre 1973.

Capobianco P., (1977) *Gaeta città di Maria: Nostra Signora di Conca, La Madonna della Catena, La Solitaria, Gaeta*

Fantasia P., (1947) *La Rete stradale dell'antica Roma nell'agro di Gaeta e gli avanzi delle vecchie costruzioni romane nelle sue adiacenze*

Gattola G., (1769) *Memorie Istoriche della fedelissima città di Gaeta*, biblioteca Leccese, vol. II, p. 320

Gesualdo E., (1754) *Osservazioni critiche sopra la Storia della via Appia di d. Francesco M. Pratilli*, Napoli, Stamp. Simoniana, p. 325

Le facciate dipinte del Marchesato di Saluzzo: proposte per la riscoperta e la valorizzazione innovativa del sistema pittorico a grisailles

The Painted Façades of the Marquisate of Saluzzo: Proposals for the Rediscovery and Innovative Enhancement of the Grisaille Painting System

Fabio Ambrogio

Politecnico di Torino
fabio.ambrogio@polito.it

Carlo Allemano

Fondazione Amleto Bertoni, Saluzzo
presidente@fondazionebertoni.it

Abstract

La stagione culturale sviluppatasi a Saluzzo tra XV-XVI secolo ha prodotto un patrimonio architettonico e figurativo testimoniato dalle facciate storiche. I restauri più recenti hanno permesso di riscoprire un ricco palinsesto decorativo, avviando processi di conservazione e valorizzazione ancora poco noti al grande pubblico. Le *digital humanities* consentono oggi strategie innovative e compatibili con la tutela, capaci di offrire una narrazione inedita del Marchesato rafforzando l'offerta culturale di Saluzzo.

Keywords

restauro, palinsesto, videomapping.

The cultural season that developed in Saluzzo between the 15th and 16th centuries produced an architectural and figurative heritage evidenced by its historic façades. Recent restoration campaigns have revealed a rich decorative palimpsest, initiating conservation and enhancement processes that remain largely unknown to the wider public. Today, digital humanities enable innovative strategies that are compatible with heritage protection, offering a new narrative of the Marquisate and strengthening Saluzzo's cultural offerings.

restoration, architectural palimpsest, video mapping.

Introduzione

La cultura storica della città di Saluzzo è profondamente legata alle vicende politiche di epoca medievale che nel corso del XII secolo posero le basi per un importante sviluppo sociale ed economico. Proprio a partire dal 1176 Manfredo II adottò per primo il titolo di "marchio de Saluciis", a conferma di un forte radicamento territoriale che vedeva in Saluzzo il cuore identitario del potere marchionale [Provero, 271-272]. Da questo periodo si sviluppò una particolare abilità diplomatica capace di acquisire controllo sul territorio limitrofo [Muletti, t. I, 84], instaurando una trama di relazioni politiche e commerciali con altre potenze, che assicurarono così una decisa stabilità, garantendo la germinazione di forme d'arte e di architettura. La stagione del XIII secolo vide configurarsi il «*burgus*» mediante quell'impianto storico che ancora oggi è possibile distinguere da una lettura topografica della città storica; un intervento urbanistico di chiara matrice marchionale. Saluzzo riuscì così a crescere progressivamente, facendo della sua architettura urbana una forza propulsiva per lo sviluppo economico e sociale della comunità e l'assunzione di una vera e propria egemonia sul contesto territoriale circostante [Provero, 319-327]. Il periodo di massimo splendore per il Marchesato, tra la seconda metà del XV secolo e i primi decenni del secolo successivo [Lusso, 121-141], registrò una fiorente ricerca artistica e architettonica così come un notevole sviluppo urbano e demografico che, secondo alcuni studiosi, portò il numero degli abitanti saluzzesi all'inizio del XVI secolo intorno ai valori della popolazione di Torino nel medesimo periodo [Losito, 102-106].

Nel processo di analisi dell'architettura storica e delle arti è centrale la figura del Marchese Ludovico

Il, sensibile in particolar modo alle questioni inerenti il decoro e la qualità urbana del tessuto saluzzese. Proprio grazie al suo interesse, nel 1480, durante il periodo di governo, emanò uno specifico statuto; una forma di regolamento edilizio *ante litteram*, confermato dall'editto del 1500 [Beltramo, 153-157]. Il suo impegno riguardò in particolar modo la rettifica delle vie pubbliche e la conformazione delle facciate, regolando la progettazione urbana, così come avveniva ormai nei principali centri italiani del Rinascimento, a distanze considerevoli da Saluzzo.

Il patrimonio a *grisailles* di Saluzzo

Nel percorso di rinnovamento urbano della nascente città di Saluzzo ebbe un ruolo determinante la figura di Hans Clemer, pittore originario della Piccardia, giunto nel Marchesato intorno al 1493. Grazie alle sue opere parietali diede lustro a numerosi edifici, probabilmente avviando una bottega di artisti e artigiani attivi *in loco*, fondamentale per la formazione dei più giovani, che nel corso di pochi decenni riuscirono a conferire un nuovo volto all'immagine urbana, operando sia nel centro di Saluzzo, sia in numerosi edifici religiosi disposti sul più ampio territorio del Marchesato, compresi alcuni centri montani. L'impegno di Ludovico II mirava a introdurre a Saluzzo, pur con i dovuti rapporti di scala, quel modello d'arte che si stava definendo presso numerose corti europee, valorizzando l'apporto artistico e la dimensione culturale dei centri urbani. Un esempio di assoluta straordinarietà nel panorama piemontese del periodo, che difficilmente trova un'impostazione artistica così evidente e coordinata tra le vicine signorie dei Savoia e dei Monferrato tra Quattro e Cinquecento [Beltramo 33-34]. Nell'insieme delle opere prodotte da Clemer a Saluzzo trova particolare risalto il prospetto posto in affaccio sul cortile interno di Casa Cavassa in cui sono rappresentate le fatiche di Ercole, ma allo



Fig. 1.



Fig. 2.

stesso modo il ciclo di David, presso il cortile di Casa Della Chiesa (o Casa di Davide), in via Valoria Superiore (FIG. 1). Questo, come altri di cui si farà cenno in seguito, sono accumulati da una particolare tecnica di rappresentazione che vede l'impiego delle tonalità grigio-azzurre con l'utilizzo del chiaroscuro, per dare profondità alle pareti; una soluzione particolarmente evidente e originale che prende il nome di *grisaille* [Caldera, 117-130]. Tale caratterizzazione bicroma, apprezzata da Ludovico II, riconobbe in seguito una particolare popolarità divenendo la più impiegata sulle facciate esterne di Saluzzo all'epoca, emulando la tendenza e il gusto delle proprietà marchionali. In questo modo le superfici in questione divennero vere e proprie "tele pittoriche" impiegate per la raffigurazione di vicende bibliche, mitologiche e di figure che incarnavano i principi dell'umanesimo. Altre superfici di notevole estensione possono essere individuate sulla facciata di Palazzo delle Arti liberali (FIG. 2), uno degli esempi più noti, già restaurato all'inizio del XX secolo [Caldera, 120-122]; all'interno del cortile maggiore della Castiglia, sebbene ne rimangano conservate poche tracce e sulla facciata del palazzo di via Maghelona (FIG. 3-4). Quest'ultimo rappresenta uno degli interventi di restauro più recenti, completato nel 2022, ritenuto di particolare pregio per l'estensione superficiale e la qualità dei dettagli rinvenuti sulle pitture a *grisailles*. La storia dipinta deriva dal romanzo cavalleresco che narra le gesta della *Belle Maguelonne*, principessa di Napoli, e di *Pierre de Provence*, conte di Provenza. Venne affrescata sulla facciata del palazzo saluzzese dopo la nomina di Ludovico II come Viceré di Napoli per volere di Luigi XII, Re di Francia [Rivero, 36-39]. La morte prematura del Marchese e la successiva deposizione dell'ultimo discendente della casata, nel 1548, posero fine alla straordinaria stagione artistica del Marchesato e alla produzione parietale a *grisailles*, lasciando il controllo della città in mano ai francesi [Muletti, t. VI, 91-95].

Le prime pubblicazioni che consentirono l'avvio delle ricerche sulle pitture a *grisailles* risalgono alla stesura dei volumi ottocenteschi sulle vicende storiche di Saluzzo a opera di Delfino Muletti. Gli



Figg. 3, 4, 5.

esempi menzionati nel testo individuano altri edifici diffusi all'interno del tessuto urbano, oltre a quelli già citati, in modo particolare concentrati sulla salita al castello e nei pressi di via Alessandro Volta (FIG. 5). Le testimonianze riportate da Muletti consentirono, in tempi più recenti, di individuare con maggiore precisione molti esempi successivamente ricoperti da strati di intonaco o pitture, che mutarono progressivamente l'aspetto formale ed estetico del centro storico. Le ultime stagioni del Novecento, dopo una fase di graduale abbandono del nucleo storico-urbano, avviarono un periodo di restauri, o meglio di ripristini, come è possibile individuare sulle facciate di alcuni tra gli edifici più noti. Una stagione segnata dalla volontà di restituire ad ogni costo un'immagine "ripulita" del centro storico, senza particolare riguardo alle questioni scientifiche che regolano e indirizzano la metodologia del progetto di restauro [Romeo, 121-128; Bartolozzi, 137].

La riscoperta e la valorizzazione del sistema pittorico urbano: alcune proposte di intervento

Negli ultimi venti anni, l'avvio di numerose ricerche sul sistema storico-artistico della città di Saluzzo e la stesura del Piano di manutenzione delle superfici di facciata hanno consentito di intensificare gli interventi di conservazione dei fabbricati esistenti, predisponendo cantieri di conoscenza per uno studio più approfondito delle caratteristiche storico-architettoniche del bene. Il piano ha saputo configurarsi quale programma pilota per la definizione di procedure metodologiche e operative da ritenersi fondamentali per attività di manutenzione e restauro all'interno del centro storico di Saluzzo. La lettura dettagliata dell'esistente, unita a una sapiente ricerca d'archivio e all'esecuzione di analisi stratigrafiche sulle facciate ha consentito di individuare e catalogare le tonalità esistenti, fornendo utili indicazioni ai professionisti coinvolti negli interventi di restauro, superando le modalità e le indicazioni che erano previste dal Piano del Colore elaborato da Giovanni Brino nel 1982 [Beltramo, Bovo, 67-78]. Ciò che si potrebbe aggiungere, però, è uno sguardo più attento al sistema pittorico degli affreschi, che richiederebbe un ulteriore livello di approfondimento (FIG. 6). Gli strumenti urbanistico-edilizi attualmente in vigore per il nucleo storico di Saluzzo individuano comunque una direzione diversa che sembra recepire le indicazioni e le ricerche sui centri storici elaborate da Mariacristina Giambruno, adottando una programmazione strategica puntuale, circoscritta ai limiti, al grado di conoscenza, alle tempistiche e alle vulnerabilità riscontrate caso per caso e per ogni sito preso in considerazione. [Giambruno, 207-217]. Tali misure di salvaguardia e di coordinamento sugli interventi di restauro hanno consentito di registrare un livello di esecuzione delle opere qualitativamente più attento rispetto al passato, riscontrando esiti estremamente positivi nell'impiego del superbonus 110% e del bonus facciate 90%, con risultati superiori rispetto ai livelli generalmente attesi per gli interventi edilizi serviti da formule di sgravio fiscale. Ciò ha consentito una decisa rivalutazione dei fabbricati del centro storico di Saluzzo, orientando alcuni imprenditori edili del territorio verso la conservazione del patrimonio architettonico esistente, avviando, quindi, delicate operazioni di restauro. L'occasionale apertura al pubblico della Casa di Davide, a partire dal 2018, in vista della giornata FAI, e il raffinato intervento di restauro sul palazzo di via Maghelona hanno dato origine, negli ultimi quattro anni, a un rinnovato interesse verso il tema delle *grisailles*, organizzando convegni e giornate di approfondimento per addetti ai lavori e più in generale per il grande pubblico. Una prima azione fondamentale di sensibilizzazione e valorizzazione che ha registrato una particolare attenzione da parte della Fondazione Cassa di Risparmio di Saluzzo, la quale ha promosso il convegno "Le facciate parlanti: la Città, un libro da sfogliare", svoltosi il 27 maggio 2022.



Fig. 6.

Nonostante quanto realizzato sino ad oggi abbia permesso di conservare un patrimonio in larga parte nascosto e dimenticato sino alla fine del secolo scorso, i risultati raggiunti non permettono di identificare un percorso di valorizzazione soddisfacente, che possa far scoprire e conoscere sufficientemente tale patrimonio alla comunità locale e ai turisti. Il centro storico di Saluzzo non può continuare a essere definito museo di sé stesso, senza la presenza di tradizionali attività commerciali, artigianali e ricettive, che, al contrario, per secoli hanno costruito e animato gli edifici del borgo. Il patrimonio artistico e architettonico in questione, dunque, può fungere quale attrattore per una rivitalizzazione sociale incentrata sui valori storico-artistici e memoriali custoditi nel tessuto urbano di Saluzzo. Una chiave di lettura per la valorizzazione delle facciate può trovare spazio attraverso le più recenti applicazioni delle *digital humanities*, con particolare riferimento alla tecnica audiovisiva del videomapping. Le vicende narrate attraverso le *grisailles* a parete (le fatiche di Ercole, le gesta della Bella Maghelona e le storie di David) possono essere alcune tra le numerose storie raffigurate sulle facciate di Saluzzo e che, attraverso validi espedienti tecnologici, potrebbero ripercorrere, ricucendo, alcune tappe salienti della storia del Marchesato e valorizzando anche durante le ore serali e notturne, lo straordinario patrimonio urbano. La tecnica del videomapping, inoltre, può divenire un valido strumento di integrazione delle lacune pittoriche, agevolando la comprensione visiva dell'opera con una ricomposizione formale, in modalità digitale, delle parti perdute. Un dialogo tra decorazioni architettoniche

evidenti e tracce latenti, ma anche tra storia, arte e letteratura, con la possibilità di coinvolgere un pubblico più ampio e diversificato, compresi coloro che non frequentano assiduamente i circuiti museali tradizionali, innescando processi di valorizzazione culturale e sociale. L'acquisizione del rilievo fotogrammetrico dei prospetti e la successiva modellazione delle figure tramite software consentono di proiettare visualizzazioni digitali ad alta definizione, restituendo una qualità delle immagini appropriata affinché emerga la raffinatezza delle rappresentazioni storiche [Davico, Della Rocca, et. al., 142-159]. Attraverso il videomapping è possibile costruire una narrazione basata su contenuti scientificamente verificati, che possa incrementare la percezione dello spazio storico-urbano coinvolgendo il pubblico in un'esperienza culturale immersiva e narrativa [Lino, 83-95]. Molteplici esperienze, a partire dal popolare Festival della Luce a Lione, sino ad applicazioni più scientificamente attendibili, come nel centro storico di Viana do Castelo in Portogallo [Faria, et. al., 124-144] e nel ciclo pittorico della cattedrale di Monopoli [De Paolis, 1-11], solo per citare gli esempi più noti, mostrano una sperimentazione ormai consolidata che permette quindi di concretizzare pienamente tali soluzioni anche in più ampi contesti culturali, senza ridurre il valore e la consistenza materiale delle opere d'arte.

Conclusioni

I palinsesti storici di Saluzzo, grazie agli espedienti tecnologici delle *digital humanities*, possono dunque divenire anche un volano di crescita e valorizzazione culturale per l'intero territorio, sperimentando forme di realtà aumentata che permettano l'interattività tra il pubblico e il patrimonio culturale. Una soluzione che pone particolare attenzione alla distinguibilità tra intervento di restauro e materia autentica dell'opera d'arte, senza alcun intervento diretto sulle facciate esistenti. L'animazione dei palinsesti consentirebbe inoltre di istituire nuovi percorsi tematici di visita del centro storico, differenti da quelli già esistenti, valorizzando settori e ambiti urbani ritenuti per molto tempo secondari ma che in questo modo potrebbero stimolare una maggiore curiosità, nonché un'attenzione da parte dei visitatori. Una vera trasformazione del nucleo urbano che, se accuratamente progettata nel rispetto delle istanze storiche di tutto il contesto urbano, potrebbe anche ridurre le aporie tra la fruizione e la comprensione attuale del patrimonio culturale locale, evitando, però, il rischio di un'eventuale trasformazione o sostituzione della materia autentica con un semplice surrogato [Tosco, 163-167]. In questo programma di rivalutazione della città di Saluzzo rivestono un ruolo di primo piano le fondazioni presenti sul territorio, sia quelle di origine bancaria, per garantire la fattibilità economica del progetto; sia enti di promozione, sviluppo e gestione del territorio [Tosco, 143-148]. Tra quest'ultime, nel panorama saluzzese, possono essere identificate la Fondazione Amleto Bertoni, quale motore della promozione culturale su indirizzo dell'amministrazione comunale e la Fondazione Scuola di Alto Perfezionamento Musicale (APM), un'eccellenza saluzzese nell'ambito delle nuove tecnologie digitali. Queste istituzioni locali potrebbero dunque contribuire attivamente nella ideazione e realizzazione di un progetto che possa conferire valore al patrimonio delle facciate dipinte, impiegando le potenzialità dell'animazione video e dell'illuminotecnica in uno scenario di crescita culturale e sociale della città. Tale iniziativa, non solo potrebbe proporre nuovi approcci conoscitivi per la riscoperta del patrimonio esistente, ma consentirebbe di far emergere e apprezzare i numerosi e recenti interventi di conservazione compiuti sulle facciate, che rappresentano il risultato corale di un'operazione attenta e puntuale con l'obiettivo di evocare, attraverso la storia e l'arte, la straordinaria stagione del Marchesato di Saluzzo.

Riconoscimenti

I primi due paragrafi e le conclusioni sono di Fabio Ambrogio, il terzo paragrafo è di Carlo Allemano.

Bibliografia

- BARTOLOZZI, C. (1993). *Preliminari per la conservazione*, in *Portoni di Saluzzo*, con scritti di E. Arrò, C. Bartolozzi, P. Bovo, R. Gabetti, G. Genta, S. Giriodi, L. Mamino, M. Momo, Torino, Celid, pp. 137-148.
- BELTRAMO, S., BOVO, P. (2022). *Materiali e superfici di una città stratificata. Gli studi su Saluzzo tra fonti documentarie e analisi sul costruito*, in *Studi superficiali. Ricerche sulle malte tradizionali e sui sistemi di finitura medievali e moderni*, a cura di D. Esposito, F. Lembo, Fazio, B. Tetti, Roma, Nardini editore, pp. 67-78.
- BELTRAMO, S. (2015). *Il Marchesato di Saluzzo tra Gotico e Rinascimento. Architettura, città, committenti*, Roma, Viella.
- CALDERA, M. (2002). *La città dipinta. Decorazioni a Saluzzo tra Quattrocento e Cinquecento*, in *Intorno a Macrino d'Alba: aspetti e problemi di cultura figurativa del Rinascimento in Piemonte*, Atti della giornata di studi, 30 novembre 2001, Alba, Fondazione Ferrero, pp. 117-130.
- COMBA, R. (2021). *La storia del Marchesato di Saluzzo: un cantiere tuttora aperto*, in *Tesori del Marchesato di Saluzzo. Arte, storia e cultura tra Medioevo e Rinascimento*, Catalogo della mostra 2 luglio – 31 ottobre 2021, Saluzzo, Cinisello Balsamo-Milano, Silvana Editoriale, pp. 13-18.
- DAVICO, P., DELLA ROCCA, J., DAVICO, G. (2023). *Images and imagination. Dialogues between art, architecture and urban space. Videomapping at Vinovo castle*, in «IMG JOURNAL», n. 9, pp. 142-159.
- DE PAOLIS, L.T., LIACI, S., SUMERANO, G., DE LUCA, V. (2022). *A Video Mapping Performance as an Innovative Tool to Bring to Life and Narrate a Pictorial Cycle*, in «Information», n. 13, 122.
- FARIA, P.M., CARDOSO, S., MORAIS, R., MOREIRA, P.M., MOURA, A., MARQUES, G.M., SILVA, A., ALMEIDA, C., ARAÚJO, I. (2020). *Enhancing Cultural Heritage of a Region Through Visual and Auditory. Engagement in a Video Mapping Projection*, in «Journal of Digital Media & Interaction», vol. 3, n. 7, pp. 124-144.
- GIAMBRUNO, M. (2002). *Verso la dimensione urbana della conservazione*, Firenze, Alinea editrice.
- LINO, M. (2018). *Il videomapping in Augmented Reality. Surfacing media e urban storytelling in Cthulhu di KOMPLEX-Live Cinema Group*, in «Cinergie», n. 14, pp. 83-95.
- LOSITO, L. (1998). *Saluzzo fra medioevo e rinascimento. Il paesaggio urbano*, Cuneo, Società per gli studi storici, archeologici ed artistici della provincia di Cuneo.
- LUSSO, E. (2013). *Il nuovo paesaggio urbano*, in *Saluzzo, città e diocesi. Cinquecento anni di storia*, Bollettino della società per gli studi storici, archeologici ed artistici della provincia di Cuneo, n. 149, pp. 121-141.
- MULETTI, D. (1829). *Memorie storico-diplomatiche appartenenti alla città ed ai marchesi di Saluzzo*, Saluzzo, Domenico Lobetti Bodoni.
- PROVERO, L. (2025). *La pratica dei luoghi. Percorsi politici nel Saluzzese medievale (secoli XI-XIII)*, Roma, Viella.
- RIVERO, N. (2021). *La facciata dipinta di Casa Maghelona di Saluzzo: un modello interpretativo tra fonti e cantiere*, in *Archivi e cantieri per interpretare il patrimonio: fonti, metodi, prospettive*, a cura di C. Devoti, M. Naretto, Firenze, All'insegna del giglio, pp. 36-39.
- ROMEO, E. (2019). *Valore di novità e valore di antichità. Sul restauro di alcuni centri urbani piemontesi*, in *Che almeno ne resti il ricordo. Memoria, evocazione, conservazione dei beni architettonici e paesaggistici*, a cura di E. Morezzi, E. Romeo, Roma, WriteUp, pp. 121-128.
- TOSCO, C. (2014). *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*, Bologna, Il Mulino.

I luoghi della cultura nella città storica. Nuove sfide per la conservazione e l'accessibilità, fisica e culturale, in Sicilia

Cultural sites in the historic city. New challenges for conservation and accessibility, both physical and cultural, in Sicily

Cinzia Accetta

DARCH, Dipartimento di architettura,
Università di Palermo

Abstract

Il progetto di restauro contemporaneo bilancia la conservazione con le esigenze della collettività, promuovendo l'accesso inclusivo ai beni culturali come strategia di salvaguardia. La nuova gestione del patrimonio considera i fruitori in modo complesso, integrando le tecnologie digitali per massimizzare l'esperienza di visita. L'analisi dei musei regionali fotografa la situazione in Sicilia, evidenziano potenzialità e carenze in relazione agli standard nazionali (SMN), con proposte di miglioramento in alcuni casi studio.

Keywords

Restauro, Conservazione, Salvaguardia, Accessibilità, Museografia.

The contemporary restoration project balances conservation with the needs of the community, promoting inclusive access to cultural heritage as a safeguarding strategy. The new heritage management system takes a complex approach to visitors, integrating digital technologies to maximize the visitor experience. The analysis of regional museums provides a snapshot of the situation in Sicily, highlighting potential and shortcomings in relation to national standards (SMN), with proposals for improvement in some case studies.

Restoration, Conservation, Safeguarding, Accessibility, Museography.

Introduzione

Le necessità del progetto di restauro nella società contemporanea sono legate al bilanciamento della conservazione dell'identità storica del patrimonio culturale con le esigenze della collettività, promuovendo l'accesso inclusivo ai beni culturali come strategia di salvaguardia [Vescoco, 1997]. La nuova gestione del patrimonio considera i fruitori dei beni culturali in modo complesso, e comprende l'unicità costituita da età, provenienza, formazione e abilità. L'eliminazione delle barriere culturali estende il concetto di comfort ambientale oltre il semplice abbattimento degli ostacoli fisici, comprendendo ad esempio la rappresentazione sociale di vari gruppi di persone, che può influenzare sensibilmente le scelte espositive e comunicative di un museo [Ciaccheri, 2022]. L'analisi dell'utenza porta a prendere in considerazione modelli di analisi presi in prestito dall'economia e dal marketing aziendale, come il *visitors' journey*, mutuato dall'americano *customer journey* [Holt, 1995]. I musei diventano centri di educazione, integrando le tecnologie digitali (ICT) per rendere le visite più esperienziali per tutti. La realizzazione del Sistema Museale Nazionale (SMN) e l'esplicitazione dei Livelli Uniformi Di Qualità (LUQV) va in questa direzione e ha permesso la comparazione degli standard di visita su tutto il territorio nazionale. Le Digital Humanities (DH) svolgono un ruolo cruciale nella digitalizzazione del patrimonio culturale, rendendolo più accessibile. In Sicilia il processo di accreditamento e di aggiornamento delle metodologie di comunicazione digitale ha prodotto buoni risultati che sono destinati ad aumentare, come si evince dall'analisi condotta.

1. Beni Culturali e Turismo Culturale

L'educazione al patrimonio culturale [Bortolotti, 2008] contempla la capacità di dare significati ai beni culturali. Questo può avvenire attraverso la visione diretta del bene e, in modo indiretto, attraverso le DH che sopperiscono a deficit di acquisizione di informazioni o di elaborazione dell'esperienza. Possiamo non avere, ad esempio, le adeguate conoscenze per comprendere l'oggetto esposto o appartenere ad un'altra cultura o non poter raggiungere quel luogo o altro ancora. Parlare di deficit non fa più riferimento esclusivamente al mondo della disabilità ma comprende tutte le mancanze in senso lato, nell'ottica dell'*Universal Design for all* [Mace, 1985].

Il museo è diventato un luogo di rappresentazione sociale, entrano in gioco bisogni estetici e simbolici considerati fondamentali per la soddisfazione della necessità di autorealizzazione. I Beni Culturali sono visti come nuovi centri di vita associata, spazi emozionali nei quali potersi sentire parte di una comunità. Questa consapevolezza è ratificata anche dalla vigente normativa [Prescia, 2021]. È un modello conservativo tendente a creare una rete virtuosa che mette i beni culturali al centro di un meccanismo di tutela impostato sull'uso costante e sulle relazioni con il territorio [Picone, 2004].

Il turismo culturale si basa sulla volontà di accorciare le distanze tra sé e il patrimonio. Il termine viene utilizzato già a partire dal 1995, distinguendo il turismo culturale da altre forme di viaggio, concentrandosi sulla motivazione del visitatore di fare esperienza della cultura [Silberberg, 1995]. L'industria culturale e quella del turismo si sviluppano in modo reciproco: la prima potenzia la creatività della seconda mentre la seconda fornisce una piattaforma di supporto e un bacino di utenza per la prima. Questo processo tende a indirizzare e incrementare l'offerta museale, agendo come un moltiplicatore immateriale dello sviluppo [McKercher, 2002]. Il turismo culturale comprende tanto i beni materiali (monumenti, chiese, musei, castelli, siti storici ed archeologici, ecc.) quanto quelli immateriali, nel senso più ampio e in accordo alla definizione di Patrimonio Culturale Immateriale fornita dalla Convenzione UNESCO di Parigi del 2003 [Cucco, 2020].

Il consumo di beni culturali avviene secondo precise direttrici. Il fruitore, in prima istanza, cerca di interpretare e dare senso a ciò che si vede. L'*evaluating* è un momento introspettivo e valutativo all'interno del quale vengono formulati giudizi di valore, basandosi su norme, storia o convenzioni personali. L'apprezzamento è legato agli stimoli estetici, sensoriali o all'atmosfera del luogo. Il consumatore/fruitore utilizza l'oggetto per costruire o rafforzare la propria identità. L'assimilazione permette di acquisire competenze, imparando a pensare e agire come un conoscitore attivo, sentendosi parte attiva della creazione dell'esperienza [Douglas B. Holt, 1995]. Più la visita è personalizzata più renderà unico il legame con il bene. Il Museo Egizio di Torino, ad esempio, offre un'esperienza digitale interattiva e ludica. I visitatori hanno a disposizione una postazione *touch screen* che permette di digitare il proprio nome e vederlo trascritto istantaneamente con i segni dell'antico alfabeto egizio. Condividere esperienze ed emozioni con altri consumatori crea connessione. Possedere o esibire souvenir, foto o abbigliamento specifico certifica il legame con il bene e il valore dell'esperienza. Il valore del bene culturale in definitiva non risiede solo nell'oggetto in sé, ma nel modo in cui le persone lo vivono, lo integrano nella propria vita e lo usano per relazionarsi con la società.

2. *Digital humanitas* e comportamento umano

L'integrazione delle Digital Humanities nel contesto museale, oltre a rendere il patrimonio culturale fruibile a un pubblico più ampio, comporta l'evoluzione del ruolo del visitatore da osservatore passivo a partecipante attivo, protagonista di un'esperienza personalizzata e immersiva. La digitalizzazione non si limita allo spazio fisico, ma estende l'esperienza prima, durante e dopo la visita tramite le piattaforme online. Le DH tendono ad amplificare l'impatto di una visita reale e abbattano barriere geografiche, fisiche ed economiche. Realtà virtuale (VR), realtà aumentata (AR), videomapping 3D e olografia creano esperienze sensoriali dinamiche, accrescendo la comprensione e la memorizzazione dei contenuti.

L'interesse della sperimentazione in ambito museale si sposta dagli avatar degli stessi utenti collocati in ambienti virtuali a DHA (Digital Human Agent) utilizzati come mediatori di contenuti culturali (ad esempio, guide virtuali). La parola avatar deriva dal sanscrito *avatarah*, che significa "discesa di una divinità in una forma terrestre". Il termine risale alla fine degli anni '80 [Sylaiou, 2022], ma fu solo nel 1992 che lo scrittore Neal Stephenson lo usò (nel romanzo *Snow Crash*) intendendo una rappresentazione digitale di una persona in ambienti virtuali. Il realismo visivo ha quasi superato la *uncanny valley* ovvero la zona di disagio che proviamo verso robot quasi-umani. Al Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, il progetto *BrainControl Avatar* permette a persone con disabilità motorie gravi di visitare fisicamente le sale controllando un robot-avatar da casa tramite un'interfaccia cerebrale o oculare. I vantaggi rispetto ad un tour virtuale sono la sensazione immersiva e personalizzabile dell'esperienza. L'integrazione di DHA produce cambiamenti misurabili nella fruizione del museo. Si registra un aumento della permanenza dei visitatori (*Engagement*), che si sentono più liberi di porre domande e interagire con un DHA rispetto a una guida umana, poiché percepiscono l'avatar come non giudicante. Attraverso il *role-playing* i visitatori più giovani fissano meglio i concetti rispetto alla lettura dei pannelli informativi [Ko, 2021].

3. L'analisi condotta sui musei in Sicilia

La Sicilia rappresenta un terreno fertile per l'applicazione delle Digital Humanities (DH) e della Virtual Heritage (VH), grazie alla sua eccezionale stratificazione storica e alla concentrazione di siti UNESCO [Barone, 2017]. La ricerca che ho condotto nel 2024 con l'Università di Palermo ha evidenziato potenzialità e carenza dei musei archeologici regionali in relazione agli standard nazionali (SMN), con un focus specifico sull'accessibilità e l'uso di tecnologie digitali per l'abbattimento delle barriere culturali.

La Regione Siciliana ha istituito un proprio sistema di accreditamento nel 2015 e aderisce al SMN nel 2021. Ad oggi, soltanto i due musei dell'Università di Catania, il Museo dei Saperi e delle Mirabilia Siciliane e la Città della Scienza risultano nell'elenco del Sistema Museale Nazionale. Il processo di verifica e valutazione ha preso avvio proprio dai beni culturali a titolarità regionale. Gli standard individuati fissano dei livelli qualitativi misurabili e definibili in maniera univoca. L'accreditamento non si ferma al raggiungimento dello standard minimo ma prevede dei margini di miglioramento che garantiscono alla struttura delle Marche di Qualità. Specifici campi sono la dotazione di apparati informativi tattili dedicati a particolari gruppi di utenza, come sussidi alla visita (audioguide, realtà aumentata o supporti multimediali). Altro target è l'analisi dettagliata del pubblico in termini di *customer satisfac-*

tion e, più in generale, un'attenzione costante a rilevare inclinazioni, preferenze, criticità utili a programmare le attività e le modalità espositive, secondo il modello del *visitors' journey* già menzionato. Quando il raggiungimento degli standard minimi non è possibile, le singole strutture possono entrare in un sistema di rete e di offerta integrata. Particolarmente interessante la possibilità di creare delle reti ibride che, coinvolgendo non solo musei o beni culturali ma anche operatori turistici ed economici, creano filiere complesse.

La ricerca ha elaborato i dati riguardanti strutture, personale e relazioni con il pubblico museale, attraverso una *check list* che ha preso in considerazione alcuni settori specifici:

- I. barriere architettoniche esistenti;
- II. presenza di operatori specializzati;
- III. metodologia di trattamento dei dati per indirizzare l'offerta culturale;
- IV. possibilità di svolgere la visita in autonomia per tutte le categorie di visitatori.

La possibilità di utilizzare gli spazi in modo paritario, inclusivo e non discriminante (accessibilità fisica) coincide con la piena autonomia della visita. Quando questo non è possibile, specie nelle aree archeologiche, si è indagato il concetto di visitabilità del bene con soluzioni alternative e l'uso delle nuove tecnologie. La verifica dell'accessibilità senso-percettiva ha rilevato la presenza di accorgimenti atti a non creare disagio. Si pensi, ad esempio, alla texture di un pavimento, ai grigliati o il livello di rumore delle sale che possono produrre spaesamento nelle persone ipovedenti o autistiche. La comunicazione dei musei è stata studiata in relazione alla chiarezza del sito internet, agli ausili utili a progettare la visita in autonomia e alla qualità delle informazioni, e se queste fossero reperibili in modo chiaro e affidabile, permettendo un'autovalutazione delle possibilità di visita da parte degli utenti. Al quarto livello si è valutato il *wayfinding* [Vescovo, 2022] cioè la possibilità per tutti i fruitori del museo di semplificare l'orientamento spaziale e godere della visita in modo appagante e soddisfacente. Basti pensare all'altezza delle didascalie di una mostra, all'illuminazione, ai dépliant nella propria lingua, alla visibilità della segnaletica, alle comprensibilità di icone e pittogrammi.

Analizzando il modo di gestire e archiviare i dati in ingresso è emerso che non tutti i musei tengono un registro dei visitatori e non sempre è possibile operare una scrematura dei dati per target (età, genere, provenienza, livello culturale, ecc). Questo comporta l'ignorare una mole di informazione propedeutica ad indirizzare l'offerta e massimizzare le potenzialità attrattive delle collezioni. Non sempre è presente il materiale informativo gratuito e solo 6 musei su 15 possono offrire brochure tradotte in varie lingue. Infine, non tutti i musei garantiscono itinerari guidati per le scolaresche. (FIG 3) Questo dato coincide con la generale mancanza di supporti multimediali e interattivi, atti al coinvolgimento di un pubblico giovane. Salta all'occhio la situazione della Villa Romana del Casale di Piazza Armerina che, pur essendo il sito più visitato (291.164 visitatori nel 2023) mostra la maggiore carenza di sussidi e dotazioni gratuite. (FIG 2)

Rapporti con la disabilità

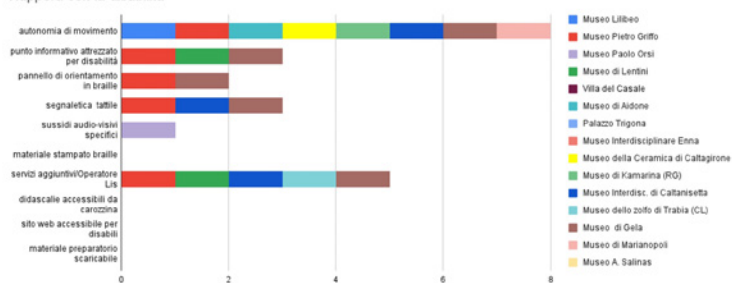


Fig. 1.

L'elevato numero di strutture con barriere architettoniche è ascrivibile al fatto che molti musei sono ospitati in palazzi storici di difficile adeguamento, per molti anni andato in deroga [Pane, 2005]. Spiccano alcune eccellenze come il Museo di Gela, il Pietro Griffo di Agrigento e quello Interdisciplinare di Caltanissetta per la presenza di pannelli orientativi e segnaletica tattile. (FIG. 1)

Il museo siracusano Paolo Orsi è l'unico a poter offrire supporti multimediali per la fruizione interattiva delle collezioni, e sussidi audio-visivi specificatamente studiati per persone con disabilità. L'operatore Lis

è disponibile su 5 strutture, delle quali a ben guardare 3 lo condividono in rete. Se 8 strutture dichiarano una autonomia di movimento delle persone con bisogni speciali, a ben guardare questa appare limitata dalla mancanza di un punto informativo attrezzato di materiali gratuiti, personale qualificato e di un sito web che consenta di programmare la visita, valutando i limiti e le necessità (rumore e illuminazione delle sale, affollamento, percorsi tattili e guide ACC, ecc). Questa mancanza è stata colmata da due app elaborate dalla Regione Sicilia. Nel 2022 il progetto *Sicilia Virtual+* mette a disposizione dei visitatori una mappa attraverso la quale è possibile fruire di contenuti online, foto e video (FIG 5). La tecnologia della realtà aumentata è sperimentata in *Sicilia isola delle meraviglie*, che utilizza il riconoscimento dell'immagine applicato a reperti archeologici per mostrare contenuti multimediali in sovrapposizione.

Altre esperienze positive sono Spazio Meta (*Meta Experience*) al Palazzo Reale (2022) di Palermo,

dove i visitatori possono creare un gemello digitale e esplorare le sale in remoto (FIG 6), abbattendo i confini fisici tra reale e virtuale e quella del Villino Favaloro (2024), dove è stato digitalizzato e reso fruibile al pubblico il patrimonio storico fotografico del Centro Regionale per l'Inventario la Catalogazione e la Documentazione, in italiano e inglese. Presso la Valle dei Templi di Agrigento le VH permettono di esplorare i siti tramite ricostruzioni 3D e realtà aumentata. A Siracusa, il Museo Narrativo del Porto Grande usa la realtà virtuale per offrire rievocazioni storiche e un'esplorazione immersiva dell'ambiente marino. L'università ALMA MATER STUD-

Analisi della Struttura

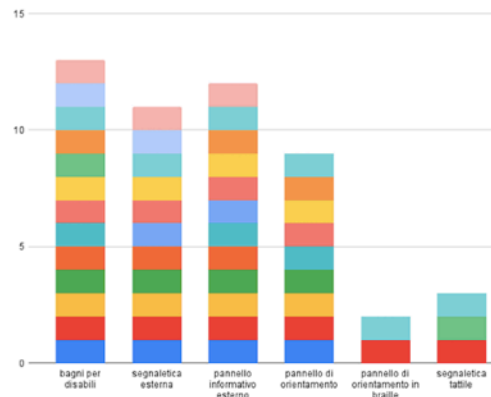


Fig. 2.

sussidi audio-visivi gratuiti e materiale informativo gratuito

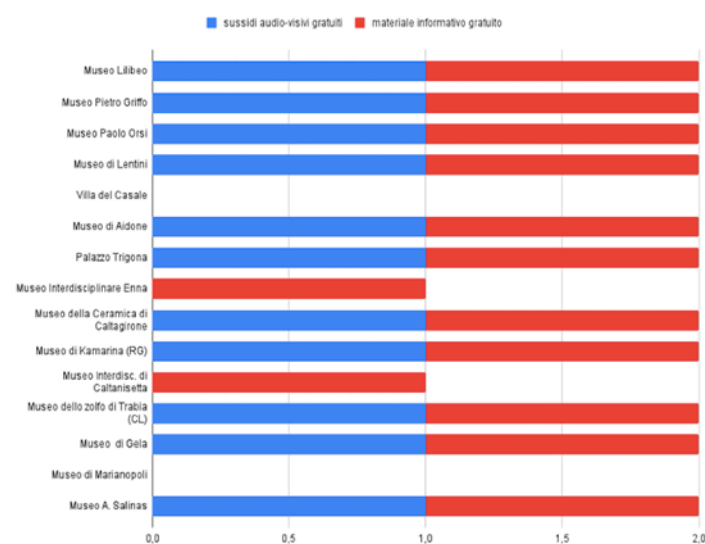


Fig. 3.

IORUM di Bologna ha svolto nel 2022 un progetto di ricerca archeologica (L-ANT/08) che mira a colmare il divario tra il Museo di Palazzo Trigona e la Villa del Casale attraverso un ecosistema digitale basato sul web [Marsili, 2024].

4. Il progetto narrativo multimediale del Museo Archeologico Regionale Salinas

La ricerca ha messo in evidenza le potenzialità di un'importante realtà museale del capoluogo siciliano. Il Museo Archeologico Regionale "Antonino Salinas" di Palermo è diventato un *case study* internazionale per l'uso delle tecnologie digitali e dello *storytelling* transmediale. Attraverso progetti come *Archeogame* (2018), il museo utilizza i dispositivi mobili per guidare i visitatori (soprattutto i più giovani) nella scoperta del museo attraverso il gioco. (FIG 4) L'app, grazie a un sistema di localizzazione *indoor*, riconosce la posizione del visitatore nelle sale e attiva contenuti specifici quando ci si avvicina ai reperti. Si tratta di un'innovativa piattaforma di *digital education* sviluppata con la collaborazione del CNR (ICAR) per potenziare l'interattività della visita. Sono disponibili diverse *mission* narrative. *Un giorno da campione* è centrato sullo sport, il gioco e l'arte



Fig. 4.

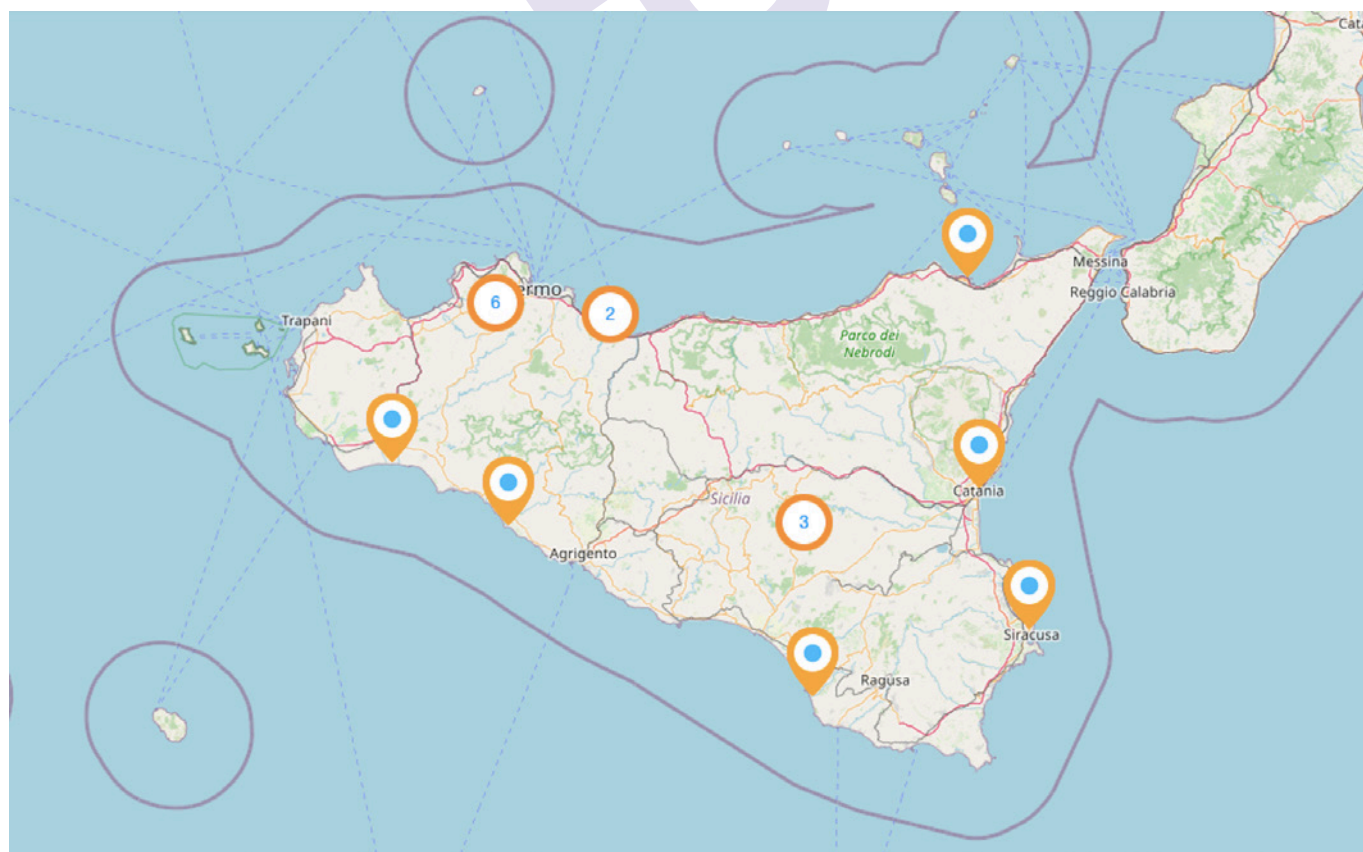


Fig. 5.

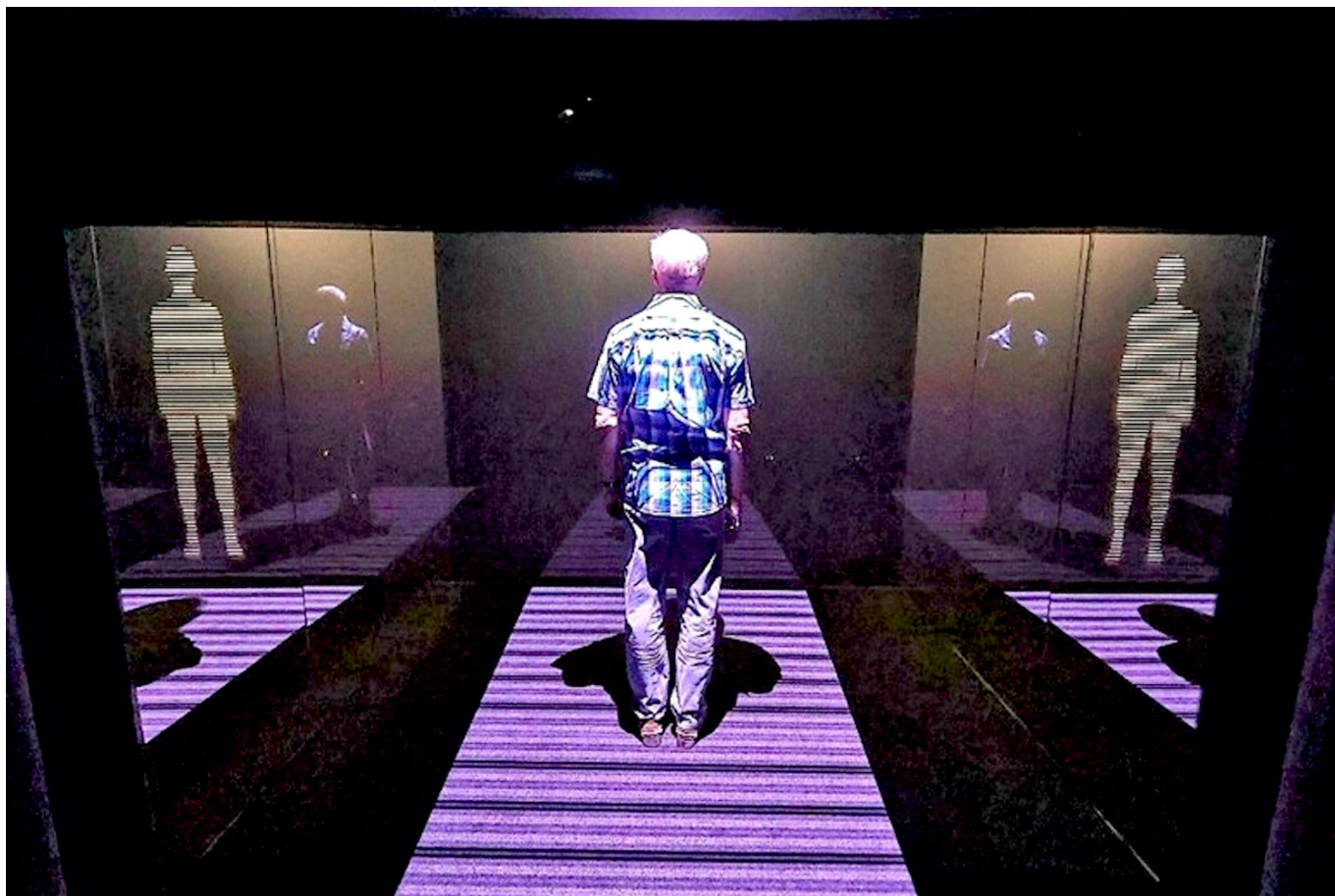


Fig. 6.

della guerra nel mondo greco. *Dalla Tabula al Tablet* è un viaggio alla scoperta dell'evoluzione della scrittura. Le Metope di Selinunte rappresentano uno dei primi esperimenti italiani di comunicazione aumentata su larga scala. Il progetto punta a colmare il divario tra il reperto frammentario e la sua funzione architettonica originale. Attraverso postazioni dedicate, è possibile utilizzare visori per la Realtà Virtuale che ricollocano le metope nella loro posizione originaria, ad esempio il fregio del Tempio C sull'Acropoli di Selinunte, a diversi metri d'altezza. Il museo utilizza tecniche di *video mapping* per proiettare virtualmente i colori originali sulle metope in calcare. La luce digitale permette di visualizzare i pigmenti (rosso, blu e oro) senza intaccare fisicamente la pietra. Il museo ha realizzato nel 2018 esperienze immersive come *InLumina*, curato da Odd Agency, che trasforma le sculture in un racconto per immagini e luci. Iniziative come le *Invasioni Digitali* hanno permesso la creazione di modelli 3D delle sculture, favorendo una fruizione che va oltre la semplice osservazione della vetrina. Il museo continua a investire in nuove forme di fruizione che rendono la visita più interattiva.

Conclusioni

Il turismo archeologico in Sicilia risulta oggi in crescita e connesso a nuove forme che indirizzano l'offerta verso un pubblico sempre più vasto. Si tende ad un piano strategico di potenziamento dell'accessibilità, anche attraverso l'uso delle DH, per la rimozione di tutti gli ostacoli fisici e culturali

che allontanano i visitatori con bisogni particolari. La ricerca ha evidenziato come i principali punti deboli dei nostri musei archeologici regionali possono essere colmati con un'adeguata formazione del personale e il potenziamento delle risorse sul web, ad esempio con semplici schede di comunicazione aumentativa alternativa (CAA) scaricabili, già presenti in altre realtà del territorio nazionale. Le potenzialità delle DH adoperate nelle esperienze illustrate possono e devono essere diffuse come buone pratiche sul territorio e diventare uno standard costante dei siti culturali. Anche se siamo lontani dall'idea di un museo inclusivo e alla portata di tutti, un grande lavoro è stato fatto registrando un trend nettamente positivo e in crescita.

Bibliografia

BARONE Z., NUCCIO G., *For a conscious fruition of the cultural heritage of ancient Noto (Sicily). Efan project as opportunity for valorisation*, «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences», 42, 5, 89-97, 2017.

D. B. Holt, *How Consumers Consume: A Typology of Consumption Practices*, Journal of Consumer Research, Vol.22, N. 1, Giugno 1995, Pag. 1-16, 1995

M. C. CIACCHERI, F. FORNSARI, *Il museo per tutti. Buone pratiche di accessibilità*, Edizioni La Meridiana, Bari 2022, p. 59.

E. CROCI, *Turismo culturale. Il marketing delle emozioni*, FrancoAngeli, Milano 2009.

P. CUCCO, *Dalla Conservazione Integrata di Amsterdam (1975) all'Integrated Approach to Cultural Heritage (2020)*.

Nuove prospettive nello scenario di cambiamenti globali, EdA – Esempi di Architettura, vol. 2, pp. 1-10, 2020.

A. BORTOLOTTI, *Per l'educazione al patrimonio culturale*, Franco Angeli, Milano 2008

B. MCKERCHER, *Towards a classification of cultural tourism*, International Journal of Tourism Research, 4, pp. 29-38, 2002.

J.K. KO, D.W. KOO, M.S. KIM, *A Novel Affinity Enhancing Method for Human Robot Interaction. Preliminary Study with Proactive Docent Avatar*, 2021 21st International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Jeju, Korea, Republic of, 2021, pp. 1007-1011.

A. PANE, *Accessibilità e superamento delle barriere architettoniche negli edifici e nei siti storici: alcuni problemi ricorrenti*, in «Arkos», VI, 11, Nardini, luglio-settembre 2005, pp. 39-46.

R. PICONE, *Conservazione e accessibilità. Il superamento delle barriere architettoniche negli edifici e nei siti storici*, Napoli 2004;

R. PRESCIA (a cura di), *Il progetto I-Access Patrimonio culturale e accessibilità I-ACCESS*, Caracol, Palermo 2021.

G. MARSILI, *Digital strategies for enhancing cultural heritage: the Villa del Casale of Piazza Armerina Project, from legacy data to digital ecosystem*, «Archeologia e Calcolatori» 2024, 35.2, 445-454;

R. L. MACE, *Universal Design: Barrier-Free Environments*, Designers' West, Novembre 1985 (Vol. 33, No. 1, pp. 147-152).

T. SILBERBERG, *Cultural tourism and business opportunities for museums and heritage sites*, Tourism Management, 16, pp. 361-365, 1995.

S. SYLAIU, C. FIDAS, *Virtual Humans in Museums and Cultural Heritage Sites*. Applied Sciences. 2022; 12(19): 9913.

F. VESCOVO, *Progettare per tutti senza barriere architettoniche*, Editore Maggioli, Rimini 1997.

F. VESCOVO, *Il progetto per tutti*, Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, 2022.

Depositi museali in gioco tra simulazione del rischio e strategie di conservazione programmata con i gemelli digitali

Museum storage gamification: risk simulation and planned conservation strategies through digital twins

Manlio Montuori

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy
manlio.montuori@unife.it

Rita Fabbri

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy

Marta Inama

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy

Cinzia Martino

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy

Valentina Mondini

MISTER Smart Innovation, Tecnopolo Bologna CNR, Bologna, Italy

Vincenzo Montedoro

MISTER Smart Innovation, Tecnopolo Bologna CNR, Bologna, Italy

Luca Rocchi

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy

Matteo Bevilacqua

MISTER Smart Innovation, Tecnopolo Bologna CNR, Bologna, Italy

Abstract

Il contributo presenta il progetto MAPS che rifonda il *digital twin* come architettura cognitiva e predittiva in cui dati diagnostici e parametri microclimatici, acquisiti da casco multispettrale e sensori, vengono formalizzati in soglie computabili e scenari *what-if* per stimare stress cumulativi su orizzonti temporali di medio periodo. Una duplice interfaccia, *back-end* analitico/addestrativo e *front-end* immersivo, rende il rischio visuale, tracciabile e discutibile ex-post.

The paper presents the MAPS project, which reframes the digital twin as a cognitive and predictive architecture where diagnostic data and microclimatic parameters, acquired through a multispectral headset and sensors, are formalized into computable thresholds and what-if scenarios to estimate cumulative stress over medium-term time horizons. A dual interface (an analytical/training back-end and an immersive front-end) makes risk visual, traceable, and open to ex-post scrutiny.

Keywords

Monitoraggio, scenari what-if, serious game.

Monitoring, serious game, what-if scenarios.

Introduzione

La gestione del patrimonio culturale si articola convenzionalmente in due aree operative distinte che raramente comunicano in modo sinergico, all'interno degli organismi museali. Il *back-end* è il nucleo scientifico e gestionale del museo: diagnostica, conservazione preventiva, analisi del rischio e monitoraggio dei beni, soprattutto quelli custoditi nei depositi [Woodham-Hess-Smith 2020, 1], un patrimonio di grande valore ma per lo più non visibile per carenza di spazi, scelte museografiche o esigenze conservative (FIG. 1). Il *front-end* è l'interfaccia pubblica: allestimenti, progettazione dell'esperienza di visita, contenuti educativi e narrativi, accessibilità per pubblici diversi. Nei modelli tradizionali questi livelli operano in modo largamente indipendente: i dati conservativi, complessi e specialistici, restano confinati agli addetti ai lavori e la valorizzazione non intercetta i processi materiali che garantiscono la sopravvivenza delle opere nel tempo.

Il progetto MAPS¹ mira a superare questa separazione attraverso un modello integrato, concepito

¹ Il contributo presenta gli esiti del progetto MAPS (Museum repository objects: Access and Preservation Sy-

fin dall'inizio come sistema unico. Sul versante *back-end* promuove una conservazione preventiva e predittiva, sostenuta da dispositivi hardware per diagnostica rapida e monitoraggio continuo dei parametri conservativi. Sul versante *front-end* prevede la digitalizzazione del patrimonio mediante gemelli digitali, destinati ad ambienti virtuali immersivi [Innocente et al. 2023, 271] capaci di ampliare lo spazio espositivo e abilitare interazioni e percorsi di conoscenza personalizzati (FIG. 2). L'elemento qualificante è la convergenza: i dati quantitativi e qualitativi raccolti da casco e sensori vengono resi consultabili anche tramite l'interfaccia nel Metaverso, trasformando lo "stato di salute" dell'opera da informazione tecnica a livello interpretativo per il visitatore. Conservazione e fruizione diventano così parti di un unico processo e il deposito evolve da archivio statico a risorsa dinamica e valorizzata.



FIG. 1. Progetto MAPS, campagna di rilievo presso il Museo Civico Archeologico di Bologna. Integrazione tra diagnostica speditiva e gemello digitale: fase di annotazione semantica dello stato di fatto e mappatura dei degradi su tablet, finalizzata alla definizione di soglie computabili per la conservazione predittiva.

1. Simulazione del rischio e proiezione diacronica

La tutela non può più essere intesa come un esercizio reattivo, fondato sull'intervento quando il danno è già manifesto, bensì come governo di processi lenti e cumulativi, leggibili soltanto se tradotti in serie osservabili e in scenari confrontabili. Nel dominio della conservazione del patrimonio culturale, l'adozione delle tecnologie di virtualizzazione [Acke et al. 2021, 273] ha frequentemente privilegiato una finalità di natura rappresentativa, confinando il concetto di digital twin [Mazzetto 2024, 6434] alla mera replica geometrica e fotogrammetrica del manufatto. La metodologia alla base della piattaforma MAPS propone un radicale ribaltamento di questo paradigma: il gemello digitale viene qui rifondato come una vera e propria architettura cognitiva e predittiva, ovvero un ambiente operativo in cui i dati diagnostici e i parametri ambientali si integrano per simulare il comportamento nel tempo

stem for conservation and management in the Metaverse environment), finanziato nell'ambito del Programma Regionale Fesr 2021-2027 della Regione Emilia-Romagna, Azione 1.1.2 "Supporto a progetti di ricerca collaborativa dei laboratori di ricerca e delle università con le imprese". Il partenariato di ricerca è composto dal Laboratorio Teknehub dell'Università degli Studi di Ferrara, il laboratorio di ricerca industriale MISTER Smart Innovation, il laboratorio di ricerca Redox e il Centro per l'Innovazione Consorzio Futuro in Ricerca.

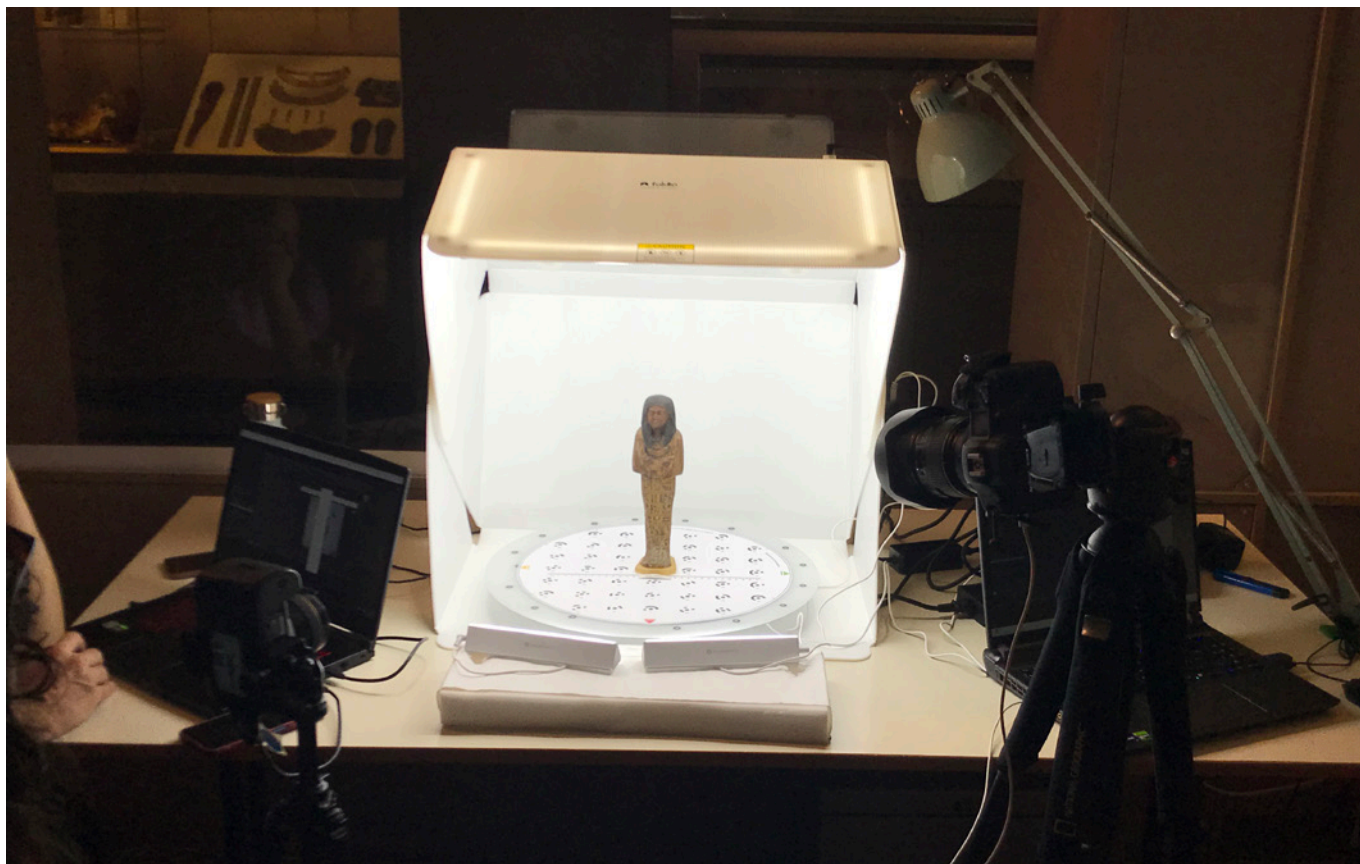


Fig. 2. Digitalizzazione dei reperti per il front-end immersivo. Fase di acquisizione fotogrammetrica per la generazione di gemelli digitali ad alta risoluzione, finalizzati alla fruizione nel Metaverso e all'abilitazione di percorsi conoscitivi personalizzati.

dell'organismo architettonico e dei reperti in esso custoditi [Vuoto-Funari-Lourenço 2024, 1764]. La simulazione diviene allora il dispositivo di conoscenza che connette misure, regole e decisioni, non riproduce semplicemente un ambiente, ma rende esplicite le ipotesi che legano le condizioni micro-climatiche, le sollecitazioni meccaniche e le modalità d'uso alle traiettorie di alterazione della materia. In questo quadro, la simulazione non costituisce più un espediente comunicativo accessorio, ma assume il ruolo di strumento primario di conoscenza, capace di trasferire l'intrinseca complessità della tutela dell'ambiente, sia esso destinato ad ospitare gli allestimenti sia a custodire i depositi, e della materia in un sistema controllato, dinamicamente aggiornato e rigorosamente misurabile.

1.1. Dalle soglie computabili agli scenari di conservazione programmata

In termini operativi, ciò implica la necessità di formalizzare vincoli e soglie in forme computabili, integrando tali regole con dati di contesto, oltre alla generazione di scenari *what-if* capaci di valutare, a parità di obiettivo, alternative di gestione differenti [Kousi et al. 2023, 191]. Un'innovazione metodologica cruciale del progetto risiede nel superamento dell'analisi sincronica, tipica dei tradizionali sistemi di monitoraggio basati sulla registrazione istantanea dei dati, in favore di una modellazione predittiva a lungo termine. Integrando i principi del *Future Scenario Development*, la piattaforma MAPS non si limita a fotografare lo stato di fatto o a segnalare un'anomalia contingente, ma permette di proiettare l'evoluzione del degrado materico su orizzonti temporali multipli, articolati su scale di medio periodo (da uno a cinque anni) e coerenti con le logiche della conservazione programmata [Della Torre 2021, 110].

Attraverso lo sviluppo di un algoritmo [Mishra-Lourenço 2024, 539] che computa la natura cumulativa dei parametri di stress, quali le fluttuazioni termoigrometriche, l'esposizione luminosa prolungata o i micro-traumi cinetici derivanti dalle movimentazioni, il sistema restituisce una visualizzazione diacronica delle vulnerabilità, rendendo comparabili gli effetti di politiche conservative, ritmi di movimentazione, condizioni ambientali e scelte di fruizione in termini di rischio cumulativo e tempo a soglia. Il passaggio dal dato al futuro non è un automatismo predittivo, ma una procedura trasparente, in quanto le ipotesi sono dichiarate e i parametri sono modificabili, cosicché gli esiti siano tracciabili e le decisioni restino argomentabili e verificabili ex-post. Questa estensione del raggio d'azione temporale trasforma la valutazione del rischio da esercizio teorico a tangibile evidenza visiva, rendendo manifesta la cura del tempo lungo e fornendo un supporto decisionale per le strategie di mitigazione preventiva.

1.2. Serious gaming e laboratorio di rischio per il cambiamento delle prassi operative

L'efficacia di tale architettura predittiva non risiede tuttavia unicamente nella potenza di calcolo, ma nella sua peculiare capacità di innescare mutamenti profondi nelle prassi istituzionali attraverso dinamiche di *serious gaming* [Dacosta 2023, 3]. Trasponendo e adattando al contesto museale il *framework* di *social learning*, il modello MAPS struttura l'interazione degli operatori secondo tre distinti ma complementari livelli di apprendimento. In primo luogo, si attiva un apprendimento di natura cognitiva, essenziale per decodificare le cause spesso invisibili del degrado: l'operatore, osservando le ripercussioni simulate di variazioni microclimatiche sul gemello digitale, sviluppa una consapevolezza sistemica delle latenti relazioni causa-effetto che governano la stabilità del bene. In secondo luogo, il sistema stimola un apprendimento normativo, inducendo l'interiorizzazione profonda della cultura della prevenzione in antitesi alla tradizionale logica dell'intervento reattivo e riparatorio; in tale logica, i protocolli standard non vengono più percepiti come passivi vincoli burocratici, bensì come parametri vitali attivamente esperiti. Infine, si realizza un cruciale apprendimento relazionale, poiché agendo come un vero e proprio oggetto di confine, la piattaforma smonta i vincoli disciplinari, fornendo un lessico visivo e procedurale comune che migliora il dialogo tra le figure curatoriali, focalizzate sulle istanze della tutela, e i comparti tecnici, orientati alla logistica e all'impiantistica.

Il compimento di questa traiettoria metodologica si concretizza nell'istituzione di un vero e proprio laboratorio di rischio, un ambiente di sperimentazione che sfrutta logiche strutturate per scenari d'intervento per testare la validità delle procedure di gestione del deposito museale. Questo spazio virtuale opera come un ambiente di sperimentazione protetto, un perimetro all'interno del quale è possibile spingere i parametri operativi fino a soglie critiche, simulando, ad esempio, manovre di movimentazione azzardate, imballaggi logistici inadeguati o allestimenti illuminotecnici estremi, senza che tali simulazioni comportino alcuna conseguenza irreversibile sulla fragilità fisica dei reperti. In questo scenario protetto l'errore è ammesso, registrato e reso conoscenza. La possibilità di contemplare e analizzare il fallimento procedurale in condizioni di totale sicurezza si rivela pedagogicamente inestimabile poiché consente all'utente di commettere errori decisionali o esecutivi, di valutarne l'impatto attraverso feedback sistemici immediati, e di consolidare una robusta competenza situazionale. L'errore viene pertanto destigmatizzato e trasformato in un vettore di conoscenza empirica, ottimizzando preventivamente le catene operative e riducendo drasticamente la probabilità che le medesime criticità abbiano luogo nell'interazione con il patrimonio reale. La metodologia, in definitiva, non separa valutazione e narrazione, ma le integra attraverso un ciclo iterativo in cui scenari, regole e feedback vengono calibrati per rendere la complessità della tutela osservabile, discutibile e trasferibile.

2. Acquisizione dei dati e architettura modulare della Piattaforma MAPS

2.1. Dispositivi hardware per diagnostica speditiva e monitoraggio in esercizio

La concretizzazione del modello metodologico MAPS avviene tramite un'architettura tecnologica composta da due elementi sinergici: dispositivi hardware per l'acquisizione dei dati e una piattaforma digitale integrata per gestione e fruizione. Il versante hardware comprende due soluzioni pensate per superare i limiti della diagnostica [Adamopoulos-Rinaudo 2021,4] tradizionale e del monitoraggio in condizioni operative. La prima è un casco a visione multispettrale per diagnostica rapida: l'opera è illuminata a specifiche lunghezze d'onda (visibile, infrarosso, ultravioletto) e sensori registrano la risposta della materia; poiché ogni materiale interagisce con la luce in modo caratteristico, si ottiene una "impronta digitale" utile a riconoscere composizione e stato di conservazione (FIG. 3). La realtà aumentata integrata fornisce all'operatore una "vista aumentata", permettendo di mappare degradi incipienti e dettagli non percepibili a occhio nudo (FIG. 4). La seconda soluzione è un sensore compatto di posizione assoluta e microclima applicabile alle opere, a basso consumo, che traccia tempe-



Fig. 3. Costruzione del database morfometrico tridimensionale. La fase di digitalizzazione dei reperti ha fatto ricorso al laser Shining3D Libre per la generazione di gemelli digitali ad alta fedeltà destinati al back-end analitico. Il dataset permette di mappare parametri diagnostici e soglie di stress cumulativo sulle topologie dei reperti, rendendo il rischio visibile e tracciabile.

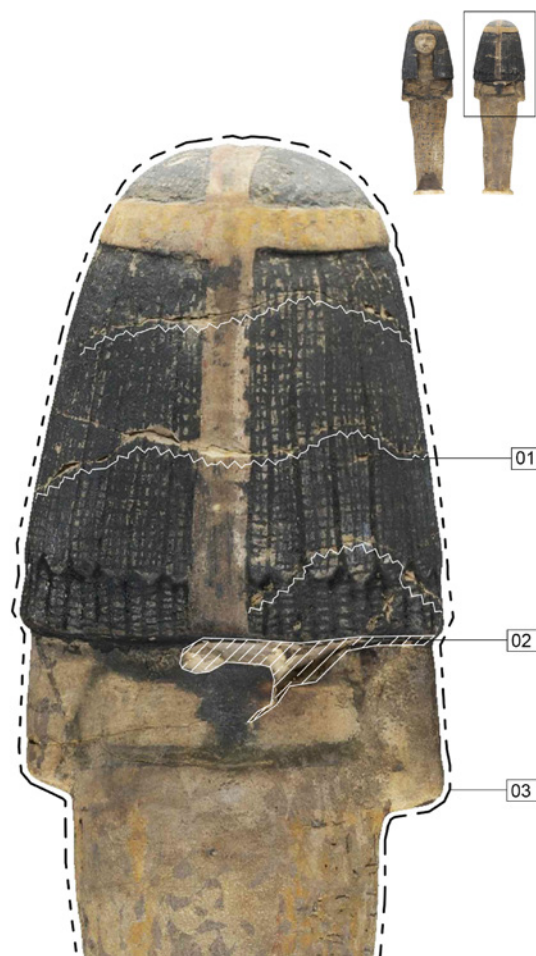


Fig. 4. Interoperabilità ontologica del modello 3D. La mappatura semantica dei dati diagnostici sulla mesh poligonale del reperto stabilisce una continuità informativa tra i parametri fisici rilevati e le topologie digitali, consentendo al gemello digitale di integrare dinamicamente flussi di dati eterogenei per l'analisi predittiva.

ratura, umidità e vibrazioni durante le movimentazioni. Per operare in edifici storici con muri spessi, il sistema utilizza frequenze radio più basse e una rete full mesh, in cui ogni nodo funge anche da ripetitore, assicurando copertura capillare.

2.2. Modularità e interoperabilità della piattaforma MAPS

Questi dispositivi hardware costituiscono i terminali di acquisizione dati per l'architettura digitale del progetto: una piattaforma integrata basata su tecnologie cloud e open-source per garantirne scalabilità e interoperabilità [Castellini et al. 2026, 442]. L'interfaccia principale di questa architettura è un'applicazione sviluppata nel Metaverso, progettata con una duplice funzionalità gestita attraverso due distinti profili di accesso. L'accesso *back-end* è riservato a un'utenza specialistica e funge da pannello di controllo, dove i dati grezzi e le elaborazioni provenienti dal casco e dai sensori vengono visualizzati e analizzati per supportare le decisioni conservative. In questa modalità, la piattaforma può essere interfacciata con il sistema di gestione del sito museale per interagire con i parametri microclimatici e ottimizzare i consumi energetici. L'accesso *front-end*, invece, è destinato al pubblico e offre

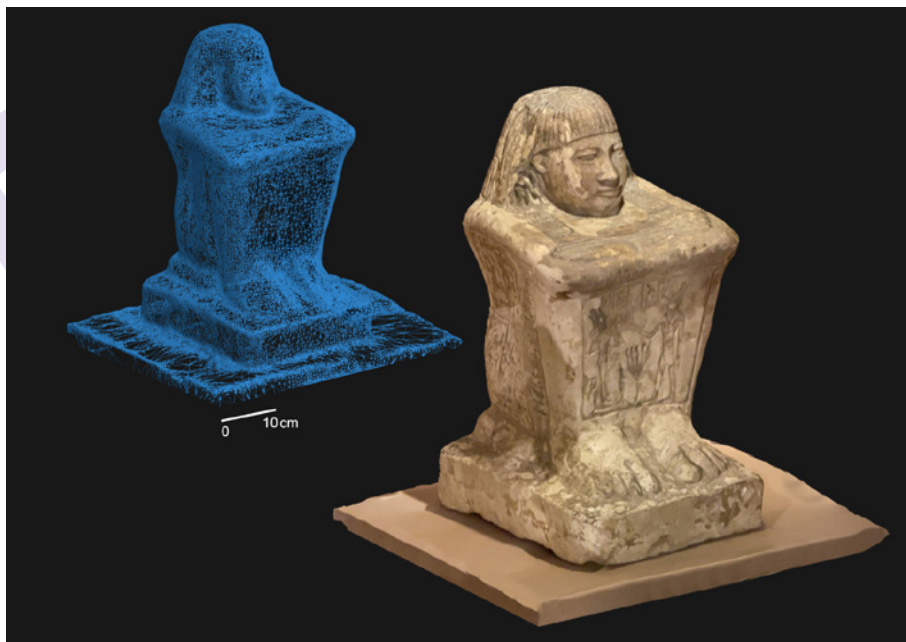


Fig. 5. Generazione del gemello digitale per il back-end analitico. La segmentazione semantica del modello dati permette di trasformare la mesh poligonale in un'architettura cognitiva interrogabile, dove le vulnerabilità materiche sono codificate come layer informativi pronti per la simulazione di scenari what-if e il monitoraggio diacronico.

un'esperienza immersiva all'interno di allestimenti virtuali popolati dai "gemelli digitali" dei reperti (FIG. 5). Il nucleo computazionale è stato distinto dai contenuti specifici trattati come moduli configurabili, così da riadattare il sistema a contesti museali eterogenei, come avviene per i siti pilota della Sezione Egizia del Museo Civico Archeologico di Bologna e Palazzo Tozzoni dei Musei Civici di Imola, sostituendo i dataset in ingresso senza riscrivere ogni volta l'intelaiatura algoritmica. Il profilo di *back-end* offre al personale tecnico un pannello di controllo analitico avanzato, capace di dialogare con modelli HBIM e sistemi di gestione impiantistica per ottimizzare i flussi di manutenzione e, attraverso strumenti di authoring, tradurre protocolli, soglie e vincoli d'uso in regole eseguibili.

3. Workflow operativo tra pedagogia dell'errore e dimensione phygital

L'infrastruttura tecnologica e l'architettura modulare fin qui delineate trovano la loro sintesi in un flusso di lavoro che ricompone la separazione tra gestione del reperto in ambiente confinato e valorizzazione pubblica, assumendo che la riduzione del rischio dipenda non solo dalla qualità del dato, ma dalla sua capacità di orientare comportamenti, decisioni e responsabilità. Il workflow operativo

è stato immaginato come un dispositivo di interazione reciproca tra pratiche conservative e forme di esperienza, sviluppato attraverso una duplice interfaccia. Nel dominio del *back-end*, il sistema si configura simultaneamente come cruscotto decisionale e ambiente di addestramento avanzato, il cui accesso è riservato a un'utenza specialistica e funge da pannello di controllo, dove i dati grezzi e le elaborazioni provenienti dal casco e dai sensori vengono visualizzati e analizzati per supportare le decisioni e programmare gli interventi conservativi. In questa modalità, la piattaforma è stata pensata per essere interfacciata con il sistema di gestione del sito museale così da interagire con i parametri microclimatici e ottimizzare, ad esempio, i consumi energetici. In tale profilo, le procedure critiche di conservazione, come le sequenze di manipolazione e movimentazione nelle scaffalature, la progettazione degli imballaggi e la gestione delle fasi di quarantena con successiva riallocazione, sono tradotte in missioni operative simulate, scomposte in azioni elementari e registrate in modo persistente, così da renderle confrontabili con vincoli e soglie disciplinari.

3.1. *Pedagogia dell'errore e continuità semantica del dato*

È qui che si sostanzia la pedagogia dell'errore che non viene vista come un incidente da occultare, ma piuttosto come una variabile osservabile, la cui firma è tracciata mediante metriche standardizzabili. Rientrano in questo quadro gli scostamenti dagli standard museali, le imprecisioni del gesto tecnico, i tempi di permanenza in condizioni microclimatiche critiche, la durata necessaria al superamento di soglie di rischio, nonché i consumi di risorse e gli scostamenti economici. La tracciatura sistematica di questi parametri rende possibile isolare eventi ricorrenti, distinguendo quelli attribuibili a procedure formative migliorabili da quelle ascrivibili al contesto operativo o a criticità organizzative. Il fallimento procedurale, epurato dalla componente distruttiva della materia del reperto, può così essere destigmatizzato e tradotto in dato analitico ovvero in un riscontro mirato che è in grado di innescare cicli di correzione iterativa con i quali incrementare l'accuratezza e l'affidabilità della catena logistica, riducendo movimentazioni non necessarie e manovre potenzialmente lesive nella prassi reale, con positive ricadute dirette su costi operativi e sicurezza del deposito.

Sotto il profilo strutturale e metodologico, l'architettura di sistema è stata pensata per superare le tradizionali compartimentazioni dei dati, istituendo una stretta interoperabilità semantica tra i diversi moduli del sistema [Niccolucci et al. 2022, 6]. Tale continuità ontologica del flusso informativo garantisce che le misurazioni eterogenee, acquisite durante la fase di monitoraggio e raccolte nel *back-end*, non permangano segregate all'interno dell'infrastruttura analitica, ma vengano elaborate, codificate e mappate dinamicamente sulle topologie del modello tridimensionale predisposto per essere accessibile e consultabile anche attraverso l'interfaccia del *front-end* nel Metaverso, cosicché mappature precoci di degrado, parametri ambientali in continuo e vulnerabilità strutturali emerse dalle simulazioni divengano materia dinamicamente esplorabile nell'interfaccia espositiva.

3.2. *Interfaccia immersiva, gamification e responsabilità phygital*

Il modulo di interfaccia espositiva finalizza l'infrastruttura di elaborazione del dato, la cui funzione consiste nel tradurre dinamiche di degrado e fluttuazioni ambientali in evidenze graficamente e cognitivamente intellegibili, conferendo evidenza fenomenologica a dinamiche conservative altrimenti latenti. In tale prospettiva metodologica, l'integrazione strutturale di dinamiche procedurali tipiche della gamification non si esaurisce in una sovrastruttura accessoria volta al puro intrattenimento, definendosi al contrario come un dispositivo cognitivo preposto all'articolazione logica di compiti



Fig. 6. Digital twin dell'organismo architettonico in ambiente HBIM: il modello costituisce l'infrastruttura spaziale dell'interfaccia di back-end. L'integrazione dei dati microclimatici e strutturali sulla geometria complessa abilita una navigazione analitica che trasforma il rilievo in un cruscotto decisionale per la gestione.

specifici, all'imposizione di vincoli operativi aderenti alla realtà fisica e alla restituzione di un quadro di azioni puntuali [Pietroni-Ferdani 2021, 6]. Attraverso la navigazione di questa complessa architettura esperienziale, l'utente è in grado di acquisire gli strumenti necessari per decodificare la costante dialettica intercorrente tra le istanze di accessibilità al patrimonio culturale e la necessità della sua tutela, giungendo infine a razionalizzare le restrizioni conservative come il corollario di oggettive vulnerabilità materiche piuttosto che come la mera espressione di un vincolo normativo.

La natura *phygital* [Pesce-Franzè 2025, 7] del processo metodologico trova la sua espressione operativa nel momento in cui i dati empirici di natura ambientale e strutturale confluiscono all'interno dello spazio virtuale immersivo per assumere la funzione di un livello interpretativo supplementare. Questa specifica architettura dell'informazione si avvale in modo sistematico delle potenzialità di visualizzazione offerte da piattaforme tridimensionali condivise per operare una convergenza parametrica tra la dimensione materiale della tutela preventiva e la sua replica olografica, permettendo in tal modo all'osservatore di decodificare analiticamente le sollecitazioni microclimatiche cui l'opera è oggettivamente sottoposta. In questo modo la piattaforma è stata strutturata come circuito chiuso tra misurazione, simulazione e restituzione, consentendo all'operatore di testare procedure in ambiente controllato, senza danno reale, e allo stesso tempo permettendo a un utente non esperto di comprendere, con rigore, le ragioni materiali dell'accessibilità. Da tale impostazione metodologica scaturisce conseguentemente una forma di responsabilità procedurale pienamente condivisa e verificabile, all'interno della quale ogni singolo atto legato alla conservazione preventiva viene rigorosamente tracciato e documentato al fine di renderne possibile il vaglio critico e la successiva trasmissione ai molteplici livelli istituzionali o di fruizione (FIG. 6).

3.3. Dal deposito al Metaverso nella sperimentazione del Progetto MAPS

La trasformazione digitale del patrimonio culturale è ormai una realtà in evoluzione continua. In questo quadro si colloca MAPS, che mostra come le tecnologie immersive stiano ridefinendo il rapporto tra musei e pubblico, assumendo il Metaverso come spazio culturale in cui la memoria storica si conserva, si esplora e si reinterpreta. I musei civici custodiscono frammenti essenziali dell'identità collettiva, ma incontrano vincoli fisici, logistici e di accessibilità: la digitalizzazione e la virtualizzazione degli spazi costituiscono una risposta concreta, ampliando la platea dei visitatori e promuovendo inclusione e partecipazione.

La piattaforma MAPS propone un paradigma in cui il museo non è più solo un luogo da visitare, ma un'esperienza accessibile ovunque e in qualsiasi momento. Attraverso piattaforme tridimensionali come *Spatial.IO*, gli spazi vengono ricreati come gemelli digitali o reinventati, generando ambienti narrativi personalizzabili in cui l'utente si muove, interagisce con gli oggetti, segue percorsi tematici e vive esperienze multisensoriali. Per rispondere a un pubblico abituato a contenuti dinamici, MAPS integra gamification e narrazione interattiva, stimolando apprendimento attivo.

Elemento distintivo è l'integrazione, nella piattaforma, dei dati provenienti da sensori ambientali e strutturali applicati alle opere: temperatura, umidità, vibrazioni e analisi spettrometriche sono visualizzate in tempo reale, generando un'esperienza "phygital" che rende visibile ciò che normalmente resta nascosto. La sperimentazione in siti pilota ha confermato fattibilità ed efficacia, evidenziando il potenziale del Metaverso per conservazione, valorizzazione e mediazione. MAPS propone così una visione in cui conservazione e fruizione diventano parti integrate di un'unica esperienza, estendendo il museo senza sostituirlo.

Conclusioni

L'impianto proposto si colloca nel solco della conservazione programmata e preventiva, poiché rilegge i depositi museali come infrastruttura operativa e conoscitiva, ricomponendo la distanza tra processi di tutela e forme di accesso attraverso l'assunzione che la qualità della decisione dipenda dalla capacità di rendere confrontabili nel tempo dati, vincoli e conseguenze. In tale prospettiva, il progetto MAPS introduce un modello metodologico finalizzato a superare tale separazione, strutturando un sistema di gestione integrato nel quale la misura continua e la diagnostica di supporto non rappresentano un semplice esercizio di archiviazione passiva, ma si trasformano nel fondamento logico di una lettura per soglie e di una modellazione di lungo periodo, utile a pianificare priorità, frequenze di controllo e strategie di mitigazione, così da trasformare l'osservazione sincronica in una proiezione diacronica orientata alla valutazione di scenari alternativi.

L'innovazione metodologica risiede anche nella possibilità di verificare procedure e scelte operative prima dell'azione sul bene, perché l'addestramento in ambiente controllato consente di registrare deviazioni rispetto a scenari standard di comportamento, di riconoscere ricorrenze legate a contesto e di ridurre manipolazioni superflue, rafforzando la coerenza tra protocolli dichiarati e pratiche effettive, mentre la simulazione tridimensionale vincolata dalle misurazioni consente di anticipare gli effetti del degrado e di validare iterativamente le strategie di manutenzione prima della loro applicazione fisica.

Infine, la struttura rende comunicabili i vincoli conservativi traducendo parametri e vulnerabilità in forme leggibili, affinché la tutela diventi contenuto interpretativo, consolidando un quadro di con-

fronto tra istituzioni fondato su indicatori espliciti e verificabili, cosicché la misurabilità del rischio e la pianificazione diacronica possano essere condivise come pratica di consapevolezza della cura del tempo lungo.

Bibliografia

Acke, L., De Vis, K., Verwulgen, S., Verlinden, J. (2021). *Survey and literature study to provide insights on the application of 3D technologies in objects conservation and restoration*, in «Journal of Cultural Heritage», 49, pp. 272–288.

Adamopoulos, E., Rinaudo, F. (2021). Close-Range Sensing and Data Fusion for Built Heritage Inspection and Monitoring—A Review. *Remote Sensing*, vol. 13, n. 19, 3936, pp. 1–32.

Mazzetto, S. (2024). *Integrating Emerging Technologies with Digital Twins for Heritage Building Conservation: An Interdisciplinary Approach with Expert Insights and Bibliometric Analysis*, in «Heritage», 7(11), pp. 6432–6479.

Castellini, M., Conti, A., Fiorini, L., Meucci, A. (2026). Information Systems and Digital Twin for Cultural Heritage Preservation Management, in *Extended Reality. XR Salento 2025*, a cura di L. De Paolis, P. Arpaia, M. Sacco, Cham, Springer, pp. 438–448.

Dacosta Boaventura Kinsell, C. (2023). Serious Games in Cultural Heritage: A Review of Practices and Considerations in the Design of Location-Based Games, in «Education Sciences», XIII, 1, art. 47, pp. 1–25.

Della Torre, S. (2021). *Italian perspective on the planned preventive conservation of architectural heritage*, in «Frontiers of Architectural Research», vol. 10, n. 1, pp. 108–116.

Mishra, M., Lourenço, P. B. (2024). *Artificial intelligence-assisted visual inspection for cultural heritage: State-of-the-art review*, in «Journal of Cultural Heritage», 66, pp. 536–550.

Innocente, C., Ulrich, L., Moos, S., Vezzetti, E. (2023). A framework study on the use of immersive XR technologies in the cultural heritage domain, in «Journal of Cultural Heritage», 62, pp. 268–283.

Kousi, N., Wildeboer, T., Eggink, W. (2023). *Connecting to the Future: Using Serious Games and Scenario Development for Responsible Design*, in *Connectivity and Creativity in Times of Conflict*, a cura di K. Vaes, J. Verlinden, Gent, Academia Press, pp. 189–193.

Niccolucci, F., Felicetti, A., Hermon, S. (2022). Populating the Data Space for Cultural Heritage with Heritage Digital Twins, in «Data», 7(8), 105.

Pesce, D., Franzè, C. (2025). *When Digital Platforms Meet Tradition: Phygital Innovation in the Cultural Heritage*, in «Journal of Engineering and Technology Management», LXXVII, art. 101896, pp. 1–21.

Pietroni, E., Ferdani, D. (2021). *Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models*, in «Information», 12(4), 167, pp. 1–30.

Vuoto, M. F., Funari, P. B., Lourenço, P. B. (2024). Shaping Digital Twin Concept for Built Cultural Heritage Conservation: A Systematic Literature Review, in «International Journal of Architectural Heritage», 18, pp. 1762–1795.

Woodham, A., Hess, A., Smith, R., a cura di (2020). *Exploring Emotion, Care, and Enthusiasm in “Unloved” Museum Collections*, Leeds, Arc Humanities Press.

Il territorio di bonifica dell'Agro Pontino. Per una lettura trasversale di un patrimonio a rischio e alla luce delle sfide contemporanee

The reclaimed land of the Agro Pontino. A transverse reading of a heritage at risk in view of contemporary challenges

Gianluigi de Martino

Università di Napoli Federico II
g.demartino@unina.it

Stefano Guadagno

Sapienza Università di Roma
stefano.guadagno@uniroma1.it

Abstract

Lo studio analizza la bonifica dell'Agro Pontino interpretandola come "territorio-palimpsesto", esito di una complessa stratificazione storica e progettuale. Attraverso il concetto di "bonifica integrale", l'intervento si definisce come un'infrastrutturazione moderna e complessa. Il saggio esamina infine le criticità attuali, dall'urbanizzazione incontrollata alle sfide climatiche, sollecitando una gestione che bilanci istanze tecniche e tutela del patrimonio.

Keywords

bonifiche, riconoscimento, territori.

This study examines the Agro Pontino reclamation, interpreting it as a 'territory-palimpsest' shaped by complex historical and design layering. Grounded in the concept of 'integral reclamation', the intervention emerges as a modern and complex infrastructure. The essay further addresses contemporary challenges, ranging from unregulated urbanization to climate risks, advocating for a management approach that balances technical needs with the preservation of heritage.

reclamation, recognition, territories.

Introduzione

«Duemila e cinquecento anni di lotte avevano lasciato, in questi ottantamila ettari, evidenti tracce dello sforzo umano [...]. La storia di questa terra somiglia in parte alla storia della conoscenza del corpo umano: se l'umanità ha impiegato molto tempo a comprendere la circolazione del sangue, ne ha impiegato ancora di più per comprendere il sistema di deflusso delle acque in questa regione» [Torri 1934, 13].

Con queste parole Corrado Alvaro sottolinea la complessità della bonifica idraulica dell'Agro Pontino: non si tratta soltanto di problemi tecnici, economici o di volontà politica, ma di una questione legata alla conoscenza stessa del territorio. Ripercorrendo la storia frammentata delle bonifiche pontine – fatta di tentativi talvolta efficaci e talvolta fallimentari – è possibile leggere l'insieme come un unico processo lungo e continuo, in cui l'alternanza di errori e successi e il progresso delle tecniche e delle conoscenze specialistiche hanno condotto fino ai giorni nostri. Si tratta inoltre di un processo tuttora in corso: l'Agro Pontino richiede infatti un'azione di bonifica continua, paragonabile alla manutenzione costante di un grande edificio.

A prescindere dal giudizio sull'efficacia dei progetti novecenteschi, alcuni aspetti appaiono, per l'epoca, manifestazioni di indiscutibile modernità. Alberto Paolo Torri, nel suo volume sulle opere di bonifica fasciste, dopo aver richiamato la storia più antica delle paludi pontine, descrive lo stato del territorio alla fine del XIX secolo. Il testo si colloca nel filone celebrativo dell'intervento del regime, presentato come risposta definitiva a una questione secolare. Torri evidenzia un elemento caratteristico della bonifica fino a quella fascista: la separazione tra bonifica idraulica e bonifica agraria, da cui deriva la scarsa attenzione al futuro utilizzo del territorio. In seguito, invece, emergerà la ne-

cessità di un'infrastrutturazione complessiva – irrigazione, residenze, centri urbani, viabilità, servizi pubblici – che distinguerà le bonifiche novecentesche. Torri descrive inoltre la situazione nazionale come segnata da «stato di sfiducia e grave perplessità», «discussioni interminabili» e «gelosi interessi locali, costituiti sui secoli», collocando invece il regime come risolutore della questione pontina, poiché ha introdotto la distinzione tra gli aspetti idraulici e quelli che la completano, assicurandone l'efficacia nel tempo [Torri 1934, 63].

La trasformazione agraria del territorio pontino – con colture, costruzione di strade, fabbricati, pozzi e ricoveri per il bestiame – cominciò a dare risultati solo a partire dal 1902 [Torri 1934, 64]. È dunque lo stesso autore a far presente che è già nei primi anni del Novecento che si comprese come alle opere idrauliche dovessero affiancarsi interventi connessi: una bonifica idraulica, una trasformazione agraria (o bonifica agraria) e, successivamente, una bonifica igienica.

La modernità dell'approccio fascista risiede nell'applicazione rigorosa del concetto di bonifica integrale. Anche Vito Fornari, nel suo manuale *Le bonifiche idrauliche. Norme tecniche ed elementi di studio*, pur rivolgendosi agli ingegneri specializzati in bonifica idraulica, afferma che la bonifica idraulica non può risolvere da sola il problema igienico delle paludi (e della malaria), che deve essere imposto ai proprietari terrieri. Fornari definisce la bonifica integrale come composta da bonifica idraulica, bonifica agricola e bonifica igienica, a cui si devono aggiungere provvedimenti quali lo sviluppo della viabilità, della navigazione interna, delle industrie e dell'abitabilità, elementi che costituiscono la vita in progresso della regione bonificata [Fornari 1924, 321]. Sebbene il manuale di Fornari sia del 1924 e preceda Torri, i contenuti risultano sostanzialmente sovrapponibili riguardo alla necessità di integrare la bonifica idraulica con tutte le componenti necessarie alla vita.

Questo cambiamento di prospettiva non è un'invenzione esclusiva del regime, ma un'evoluzione maturata nel tempo: già alla fine del Settecento si riconosceva l'importanza della presenza di coltivatori in grado di assicurare la manutenzione del territorio, come emerge da uno scritto di Cacherano di Bicherasio del 1795 [Bevilacqua e Rossi-Doria 1984, 29]. In sintesi, la modernità dell'approccio novecentesco non risiede tanto nelle tecnologie impiegate o nell'ideologia ruralista del fascismo, quanto nella consapevolezza che i diversi problemi del territorio potevano essere affrontati con un'azione congiunta e progettata in modo unitario. Anche l'organizzazione degli interventi, con il coinvolgimento di enti diversi dai tradizionali consorzi di bonifica, si fonda su questi principi.

Nel caso pontino, i consorzi di bonifica si occuparono principalmente degli aspetti idraulici, mentre l'Opera Nazionale Combattenti intervenne sugli aspetti agrari e igienici. Le azioni si svolsero «contestualmente» [Mazzocchi Alemanni 1984, 319]: la trasformazione agraria non è un momento separato o secondario, ma parte integrante dell'intervento di bonifica. Il significato dell'operazione cambia così radicalmente, assumendo la necessità di interventi su più fronti e, oggi, una connotazione multidisciplinare.

Nonostante la diffusione del concetto di bonifica integrale e le norme emanate in materia, non si realizzò una vera e propria sintesi delle diverse azioni. Studi sul caso pontino, come quello fondamentale di Riccardo Mariani, individuano tra le cause del parziale insuccesso la difficoltà del regime e degli enti pubblici coinvolti nel formulare un progetto unitario nell'interesse collettivo [Mariani 1976].

Le bonifiche in Agro Pontino come prima sperimentazione

Tra i sostenitori della bonifica integrale e della politica ruralista del regime vi fu Arrigo Serpieri, tecnico con ampia esperienza, già presidente del Segretariato nazionale per la montagna e direttore del Regio istituto superiore forestale di Firenze (Armiero et al. 2022, 31). Il suo impegno si intrecciò con l'attività politica: negli anni Venti ricoprì l'incarico di *Sottosegretario per l'agricoltura* nel Ministero dell'Economia Nazionale e, dopo un periodo di allontanamento dovuto all'opposizione dei grandi proprietari terrieri meridionali, rientrò nel 1929 come sottosegretario nel ricostituito Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste [Marinelli 2023, 14]. In questo ruolo promosse l'applicazione della bonifica integrale per il regime, supportata da un corpus normativo ampio e strutturato, alla base degli interventi in Agro Pontino e in tutta Italia [R.D. n. 215, 13 febbraio 1933; Legge n. 3134, 24 dicembre 1928; R.D.L. n. 357, 18 maggio 1924; R.D.L. n. 3267, 30 dicembre 1923].

A Serpieri si deve la teorizzazione della bonifica integrale [Serpieri 1948] e il mutamento di significato che l'azione di bonifica assunse negli anni Venti, prima che il fascismo la caricasse di contenuti propagandistici [Serpieri 1948, 3]. Serpieri osservava che il «concetto attuale di bonifica è strettissimamente congiunto quello di *colonizzazione* (interna)»: le operazioni di insediamento della popolazione e la strutturazione delle modalità di convivenza sono due aspetti dello stesso processo [Serpieri, 1948, p. 8]. Tuttavia, pur restando processi interconnessi, la scomposizione della 'bonifica' nelle sue singole componenti può essere funzionale a comprendere le dinamiche che hanno definito l'Agro Pontino. In qualità di *Sottosegretario per la bonifica integrale*, Serpieri curò una serie di pubblicazioni annuali per documentare i risultati del programma (FIG. 1); il primo volume [Serpieri 1931] riporta in copertina una citazione di Mussolini – «Riscattare la terra e con la terra gli uomini e con gli uomini la razza» – che ricorre anche in altre pagine del testo. Tale motto, frequentemente presente nella propaganda di regime, testimonia l'intento di presentare la bonifica come un'azione di miglioramento generale che coinvolgeva anche l'identità nazionale. Questo approccio, parte di un sistema di «ingegneria sociale» [de Martino 2024, 14], inserì progressivamente nel discorso temi legati alla razza, precludendo alle leggi razziali del 1938. L'obiettivo del regime non era semplicemente migliorare le condizioni di vita degli abitanti delle ex paludi, ma costruire un nuovo territorio per una nuova idea di popolazione dedita ai valori dell'Italia agricola.

Al di là delle terribili implicazioni ideologiche e oltre i contenuti razzisti che il fascismo volle aggiungere al discorso delle bonifiche (appropriandosi di una questione tecnica per farne una battaglia ideologica e di propaganda), l'esperimento pontino è rilevante per il progetto di infrastrutturazione del territorio, che fu dotato di sistemi complessi: canali, corsi d'acqua e laghi realizzati o rimodellati per la bonifica idraulica; strade e percorsi dove prima esistevano solo sentieri e mulattiere; manufatti di intersezione come ponti e botti (condutture sotterranee in calcestruzzo armato); dighe, chiuse, impianti di sollevamento delle acque, impianti di irrigazione, serbatoi piezometrici, pozzi; nuovi centri urbani di stampo rurale corredati di edifici residenziali e strutture amministrative (palazzi comunali, case del fascio, caserme), oltre ai servizi ritenuti necessari alla modernità (scuole, ospedali, alberghi, edifici di supporto all'attività agricola, impianti sportivi, chiese). A ciò si aggiunse la conversione da palude a campi coltivati, con tutte le implicazioni tecniche e infrastrutturali, le sperimentazioni e i tentativi non sempre andati a buon fine [Todaro 1935; Vöchting 1990, 34–35]. Dal punto di vista tecnico, si tratta di una prospettiva moderna e innovativa (anche se, spesso, viziata dalla ricerca della grandiosità e del successo, anche mediatico, a tutti i costi), capace di generare un palinsesto territoriale più complesso di quanto il regime stesso abbia probabilmente potuto immaginare.

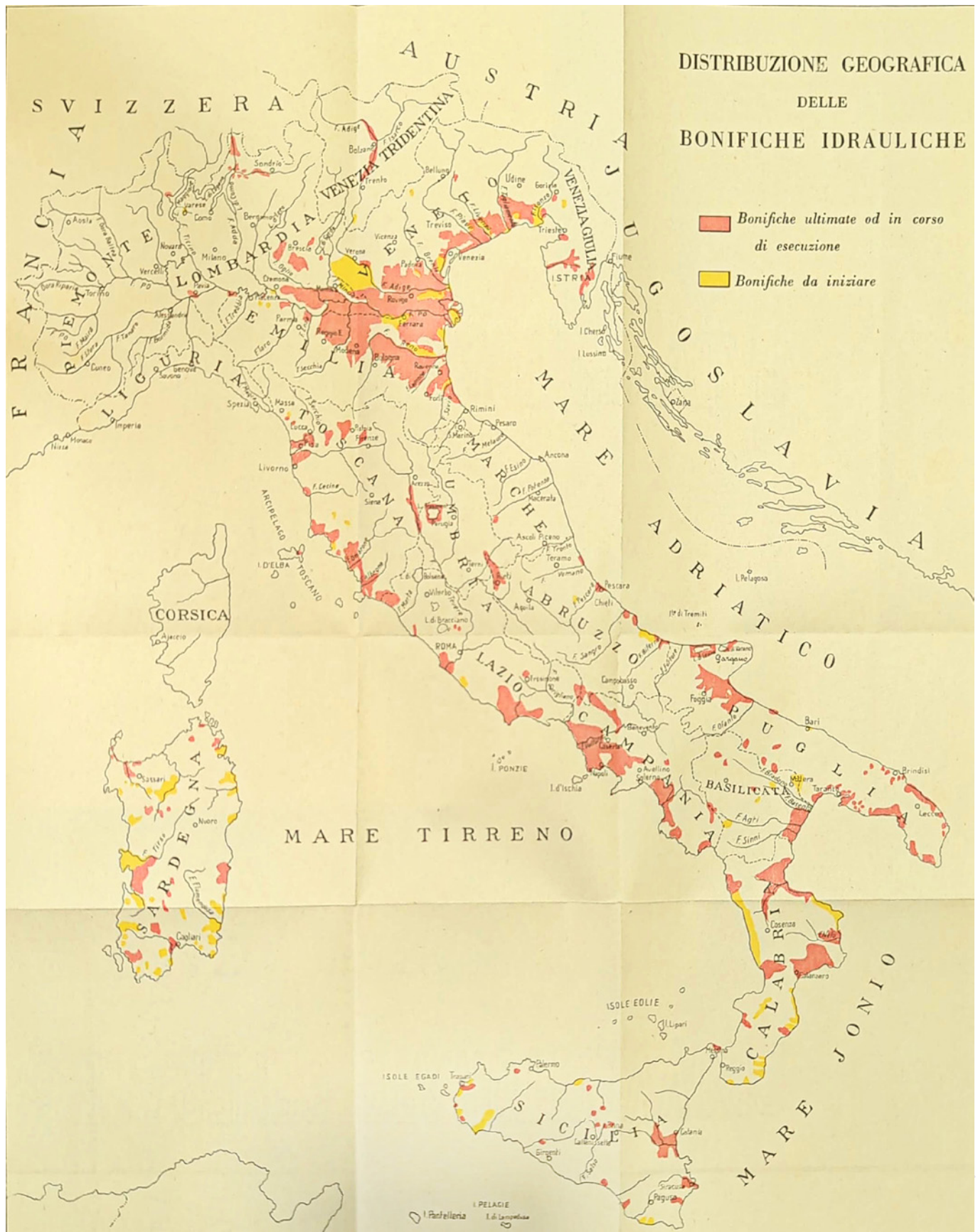


Fig. 1: Arrigo Serpieri, Distribuzione geografica delle bonifiche idrauliche, A. Serpieri (1931), La legge sulla bonifica integrale nel primo anno di applicazione, Istituto Poligrafico dello Stato Libreria, Roma.

Il territorio-palinsesto a rischio

La bonifica pontina si colloca in un contesto in cui temi dell'architettura e della città – deurbanizzazione, urbanesimo, città corporativa, dibattito sulla ruralità – insieme a questioni economiche, sociali e culturali, vengono affrontati su una scala ampia [cfr. Ciocca e Rogers 1934; Giovannoni 1934; 1936; Pagano e Guarniero 1936; Piacentini 1939; Piccinato 1934, tra i molti contributi al riguardo]. Tuttavia, il territorio non assume un ruolo attivo nel progetto: nelle narrazioni di regime appare spesso come una tela vergine da ridisegnare o come uno spazio intermedio, inospitale, da civilizzare e colonizzare, tra due centri rurali. André Corboz ricorda che il territorio ha una forma ed è un prodotto dell'intervento umano [Corboz 2014, 182] e, nei meriti del rapporto città-campagna, osserva che la dicotomia rurale-urbano si sta superando soprattutto per l'estensione dell'urbano all'insieme del territorio [Corboz 2014, 179], nel senso che lo spazio urbanizzato è dove, oggi, l'uomo si sente cittadino, che sia dentro la città storicamente intesa o altrove.

Pur tra insuccessi e aporie, la bonifica dell'Agro Pontino assunse già negli anni Trenta connotati di modernità: un organismo esteso e pluristratificato, costituito da infrastrutture connesse – acqua, strade, città e relazioni – che si è configurato come una grande 'città' alternativa, intesa come luogo abitato dall'uomo secondo l'accezione di Corboz. In questo senso, il territorio è divenuto parte integrante del progetto, seppure in modo non sempre intenzionale. I contributi di Giovannoni [1936] sulla deurbanizzazione e di Piccinato [1934], sull'Agro Pontino (da leggere, comunque, tenendo sempre conto del sistema della propaganda del regime), tentano di presentare una concezione di territorio-città che, in antitesi alla città storica, si pone come alternativa vera e propria.

Oggi, tuttavia, sorgono seri interrogativi sulla condizione e sulla conservazione del territorio pontino. Molti borghi di supporto alla bonifica sono stati profondamente alterati nella fisionomia urbana, trasformandosi in periferie anonime dove il passato pre-bonifica sopravvive forse solo nella toponomastica o in qualche edificio nascosto. Le città della pentapoli, nate come oggetto di sperimentazione, mostrano i limiti di piani che non ne hanno previsto l'espansione, che si è dipanata senza regole precise e senza riguardo nei confronti della loro storia. A Sabaudia, ad esempio, Piccinato dovette intervenire negli anni Settanta per ridisegnare il piano di espansione, a testimonianza di una mancata previsione progettuale iniziale [Ringon 2019]. L'interesse recente per le città pontine non ha sempre garantito la salvaguardia della loro integrità: i vincoli di tutela sulle architetture e sugli impianti urbani storici sono pochi¹, e in alcuni casi restauri e manutenzioni sono stati condotti con criteri non sempre chiari, apportando trasformazioni significative. L'espansione urbana non regolata [Pennacchi 2008, 200] ha alterato i rapporti tra costruzione e paesaggio, rendendo inoltre difficoltosa l'identificazione degli edifici originari rispetto alle cartografie e ai documenti storici. Il territorio-palinsesto, nella sua complessità, subisce la stessa sorte. Inoltre, la memoria collettiva dell'Agro sembra ruotare quasi esclusivamente attorno alla bonifica e alla colonizzazione dell'Opera Nazionale Combattenti, percepite come mito fondativo e identità condivisa, con scarsa attenzione al territorio, al paesaggio e all'idea di palinsesto territoriale che potrebbe offrire una chiave di lettura più adeguata del fenomeno pontino.

1 <http://vincoliinrete.beniculturali.it> – consultato il 20 febbraio 2026.

Conclusioni

La comprensione delle dinamiche della bonifica integrale è oggi fondamentale non solo per interpretare la storia delle bonifiche degli anni Trenta, ma anche per costruire uno strumento analitico: distinguere le diverse azioni, riconoscere gli attori coinvolti e il loro ruolo permette una lettura critica delle trasformazioni dell'Agro Pontino. La complessità del territorio – dovuta all'estensione spaziale e alla sovrapposizione di diverse azioni nel tempo – può essere interpretata considerando che la bonifica pontina è il risultato di, almeno, due operazioni sovrapposte e, teoricamente, congiunte: una bonifica idraulica ed una agraria. Entrambe hanno modellato il territorio-palinsesto negli anni Trenta, sulla base anche di interventi precedenti che hanno lasciato tracce profonde, a partire dalla bonifica papale di fine Settecento voluta da Pio VI [cfr. Nicolaj 1800].

Al di là dei concetti teorici, infatti, è l'applicazione pratica della bonifica che va indagata non come intervento su un territorio vergine, come spesso narrato dalla propaganda fascista, ma come trasformazione di un palinsesto già strutturato. Per il futuro dell'Agro Pontino e dei territori di bonifica, oggi si apre un nuovo capitolo: essendo luoghi ancora soggetti a un'azione continua di drenaggio – come una lunga e costante manutenzione territoriale – emergono rischi che richiedono attenzione. In primo luogo, i cambiamenti climatici possono alterare direttamente il territorio e richiedere una riprogettazione dei sistemi di bonifica, con interventi sull'infrastruttura storica. In secondo luogo, l'aggiornamento tecnico e tecnologico degli impianti idrovori, e di tutte quelle infrastrutture cui riconosciamo la caratteristica di essere patrimonio culturale, rappresenta un problema irrisolto. Infine, il quadro normativo europeo, che si muove verso il riconoscimento del patrimonio ecologico ed ecosistemico [Nature Restoration Law 2024], auspica il restauro degli ecosistemi compromessi dall'uomo e riconosce un ruolo a certi paesaggi agricoli [Nature Restoration Law 2024, punto 57]; allo stesso tempo, preme per il ripristino delle torbiere e delle aree umide che erano state drenate, per favorirne il ritorno allo stato originario [art. 11]. Ciò non è ovviamente compatibile con la conservazione del palinsesto territoriale; tuttavia, la questione pone seri interrogativi sul futuro anche ecologico dei territori sottoposti a bonifica. Se possiamo considerare l'Agro Pontino un palinsesto capace di raccontare storie e trasmetterle ai posteri, è sempre più urgente iniziare a riflettere sulle azioni necessarie per guidarne le trasformazioni nel tempo secondo una prospettiva, a lungo termine, che bilanci le istanze tecniche con quelle di conservazione e valorizzazione.

Bibliografia

- Armiero, M., Biasillo R., Graf Von Hardenberg W. (2022). *La natura del duce. Una storia ambientale del fascismo*, Torino, Einaudi.
- Bevilacqua, P., Rossi-doria M. (1984). *Lineamenti per una storia delle bonifiche in Italia dal XVIII al XX secolo*, in *Le bonifiche in Italia dal '700 a oggi*, a cura di Piero Bevilacqua e Manlio Rossi-Doria, Storia e società, Bari, Laterza.
- Ciocca, G., Rogers E.N. (1934). *La città corporativa*, in «Quadrante», vol. 10 (febbraio), p. 25.
- Corboz, A. (1998) (2014). *Il territorio come palinsesto*, in *Ordine sparso. Saggi sull'arte, il metodo, la città e il territorio*, a cura di Paola Viganò, Urbanistica, Milano, FrancoAngeli (opera originale pubblicata nel 1998).
- Fornari, V. (1924). *Le bonifiche idrauliche. Norme tecniche ed elementi di studio*, Chierchia e Maggiorotti.
- Giovannoni, G. (1934). *L'urbanistica italiana alle soglie dell'anno XII*, in «Urbanistica», 1 (Gennaio-Febbraio), pp. 3–9.

- Giovannoni, G. (1936). *L'urbanistica e la deurbanizzazione*, Roma, Società Italiana per il Progresso delle Scienze.
- Mariani, R. (1976). *Fascismo e «città nuove»*, Milano, Feltrinelli.
- Marinelli, A. (2023). Arrigo Serpieri: il personaggio, in Arrigo Serpieri. *Un grande maestro. Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»*, a cura di Accademia dei Georgofili, vol. 20. VIII, Società Editrice Fiorentina.
- De Martino, G. (2024). *Pontinia. Sperimentazione e contraddizioni nelle città di fondazione dell'Agro pontino*, in *Pontinia. Progetti da un diverso presente*, a cura di Francesco Casalbordino, Mario Galterisi, Stefano Guadagno, Sara Riccardi. FedOA-Federico II University Press. <https://doi.org/10.6093/978-88-6887-222-9>.
- Mazzocchi Alemanni, N. (1984). *La conquista agricola dell'Agro Pontino*, in *Le bonifiche in Italia dal '700 a oggi*, a cura di Piero Bevilacqua e Manlio Rossi-Doria, Storia e società, Bari, Laterza.
- Nicolaj, N.M. (1800). *De' bonificamenti delle Terre Pontine Libri IV. Opera storica, critica, legale, economica, idrostatica: compilata da Nicola Maria Nicolaj romano; e corredata di ogni genere di documenti, piante topografiche, profili &c.*, Roma, Pagliarini.
- Pagano, G., Guarniero D. (1936). *Architettura rurale italiana*, Milano, Ulrico Hoepli.
- Pennacchi, A. (2008). 10. *I borghi dell'Agro Pontino*, in *Fascio e martello: viaggio per le città del duce*, Bari, Laterza.
- Piacentini, M. (1939). *Le cinque città dell'Agro Pontino in uno studio dell'accademico Marcello Piacentini*, in «La conquista della terra», fasc. 4.
- Piccinato, L. (1934). *Il significato urbanistico di Sabaudia*, in «Urbanistica», 1 (Gennaio-Febbraio), pp. 10–24.
- Ringon, C. (2019). *Towards the Contemporary Development of Modern Architecture Inherited from the Fascist Regime: The City of Sabaudia*, SHS Web of Conferences, 63. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196311003>.
- Serpieri, A. (1931). *La legge sulla bonifica integrale nel primo anno di applicazione*, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato Libreria.
- Serpieri, A. (1948). *La legislazione sulla bonifica*, Vol. 2, Roma, Opera Nazionale per i Combattenti.
- Todaro, U. (1935). *Bonifica ed evoluzione*, in «La conquista della terra», 9.
- Torri, A.P. (1934). *La rinascita pontina*, Bardi.
- Vöchting, F. (1990). *La bonifica della pianura pontina* (traduzione di M. Zizi), Edizioni Sintesi Informazione (edizione originale del 1942).

Normative di riferimento

- Legge n. 3134, 24 dicembre 1928. *Provvedimenti per la bonifica integrale*.
- R.D. n. 215, 13 febbraio 1933. *Nuove norme per la bonifica integrale*.
- R.D.L. n. 3267, 1923. *Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani*.
- R.D.L. n. 357, 18 maggio 1924. *Provvedimenti per le trasformazioni fondiari di pubblico interesse*.
- Regolamento (UE) 2024/1991 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 24 giugno 2024, sul ripristino della natura e che modifica il regolamento (UE) 2022/869 (Testo rilevante ai fini del SEE). <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj/eng>.

Le bonifiche nei Campi Flegrei tra Ottocento e Novecento

Land reclamation in the Phlegraean Fields between the 19th and 20th centuries

Simone Policarpo

Corso di Dottorato in Patrimoni
archeologici, storici, architettonici e
paesaggistici mediterranei – XXXIX ciclo
Università degli Studi di Bari Aldo Moro

Abstract

La ricerca, che si propone, si inserisce nell'ambito degli studi sul territorio volti ad attivare nuovi processi di rigenerazione proiettati verso uno sviluppo endogeno.

L'obiettivo è duplice: da un lato, la ricostruzione sistematica delle trasformazioni territoriali operate nei Campi Flegrei tra Ottocento e Novecento, dall'altro la definizione di una metodologia di ricerca sperimentale e innovativa, capace di comprendere gli approcci specifici della storia del territorio, del paesaggio e dell'ambiente, con i più recenti indirizzi di stampo ecologista promossi dalle scienze naturali. Il fine ultimo è quello di indagare il ruolo svolto dalle Digital humanities nella costruzione di processi informativi complessi, in grado di supportare non soltanto la ricerca storica, ma anche quella progettuale.

The proposed contribution is part of a series of studies on the territory aimed at activating new regeneration processes geared towards the endogenous development of the Phlegraean environment.

The research has two objectives: on the one hand, the systematic reconstruction of the territorial transformations that took place in the Phlegraean Fields between the 19th and 20th centuries; on the other, the definition of an experimental and innovative research methodology capable of understanding the specific approaches to the history of the territory, landscape, and environment, with the most recent ecological trends promoted by the natural sciences.

The ultimate goal is to investigate the role played by Digital humanities in the construction of complex information processes, capable of supporting not only historical research but also research in the field of design.

Keywords

Storia ambientale, Sviluppo endogeno, Aree umide.

Environmental history, Endogenous development, Wetlands.

Introduzione

Sul finire del XIX secolo, l'immagine dei Campi Flegrei era soltanto un ricordo lontano di quel paesaggio bucolico dalla bellezza sublime che aveva ispirato, per oltre due millenni, l'immaginario di un nutrito gruppo di artisti e letterati, da Polibio a Goethe; all'immagine idilliaca di un'oasi rurale animata da attività agrosilvopastorali e impreziosita dalle bellezze archeologiche, si era andato a sostituire, in poco tempo, il quadro desolante di una campagna aspra e malarica, grandemente allagata da paludi [Galanti, 1806, 259; Ciasca, 1928, 11-12]. In effetti, proprio a cavallo tra Settecento e Ottocento, la porzione di territorio occupata da paludi e acquitrini era sensibilmente cresciuta, per via di un insieme di cause naturali e di motivazioni storiche, che gradualmente condussero verso un sostanziale disordine idrico. A monte, fu l'ampio processo di deforestazione, che aveva interessato, nel corso del XVIII secolo, soprattutto le pendici collinari, a determinare una significativa modifica dei corsi d'acqua, causando un aumento delle frane e degli allagamenti; a valle, invece, fu senza dubbio la lunga fase di bradisismo discendente, che perdurava oramai dal Seicento, ad aggravare ulteriormente il fenomeno del paludismo, per via del progressivo abbassamento del livello del suolo che favorì

l'ingressione marina [Parascandola, 1947, pp. 30-75]. Alle cause naturali sopradette si aggiungevano anche motivazioni di tipo storico, politico ed economico, legate soprattutto alla fragilità di un apparato giuridico e amministrativo che non garantiva, bensì minacciava, il diritto di proprietà sui fondi agricoli, dissolti in una promiscuità di diritti feudali, ecclesiastici, comunali e usi civici. Questa generale incertezza amministrativa costituì senza dubbio un freno all'iniziativa dei privati, i quali si mostrarono piuttosto reticenti a investire gli ingenti capitali necessari a intraprendere gli esosi lavori di bonifica nelle terre di nessuno.

Se è vero che i primi tentativi di bonifica nei Campi Flegrei furono avviati dal governo borbonico già a partire dalla seconda metà del Settecento, l'idea di una sistemazione ambientale metodica e generale avrebbe trovato un fondamento giuridico soltanto con la Legge del 11 maggio del 1855; tale decreto conteneva *in nuce* anche quel concetto di «bonifica integrale», che avrebbe costituito, settant'anni più tardi, il paradigma teorico della riforma agraria intrapresa dall'ente Opera Nazionale per i Combattenti (d'ora in poi ONC).

Non c'è dubbio che l'insieme delle operazioni di bonifica effettuate in area flegrea, tra Ottocento e Novecento, abbia esercitato un impatto significativo sul territorio, che ha intaccato non soltanto l'estetica del paesaggio, nelle sue connotazioni storiche, archeologiche, antropologiche e culturali, ma anche l'ambiente naturale, spesso oggetto di riconfigurazioni geomorfologiche significative, che hanno inciso sugli equilibri ecosistemici, fino a determinare, nei casi più eclatanti, la definitiva scomparsa del paesaggio lacustre, metamorfizzato in suolo agricolo; per diretta conseguenza, le vecchie forme d'uso del suolo, ovvero l'insieme di quelle pratiche legate alla frequentazione delle rive del lago o del fiume, quali la caccia e la pesca, avrebbero presto ceduto il posto a nuove forme di consumo e a nuove economie.

Per quanto impattante sugli equilibri ambientali, la storia delle bonifiche operate nei Campi Flegrei in età contemporanea, allo stato dell'arte, non è mai stata oggetto di una ricostruzione sistematica; piuttosto, nel corso del Novecento, sono comparsi pochi contributi, che affrontavano la questione sempre in maniera parziale. Ad oggi, la sempre più urgente richiesta di transizione verde ed ecologica, così come disciplinata anche dal quadro normativo internazionale, come l'Agenda 2030 del 2015 e le misure del PNRR del 2021, invita a una riconsiderazione critica di questo ricco patrimonio di progetti di bonifica e rigenerazione ambientale, che contengono in sé un ricco ventaglio di informazioni utili sui caratteri endogeni degli ecosistemi, sui processi antropici che li hanno trasformati e sulle soluzioni tecniche all'uopo adoperate.

Per tutti questi motivi, un primo obiettivo della ricerca è dato dalla necessità di ricostruire in maniera attenta la storia dei processi antropici, connessi alle opere di bonifica, che hanno trasformato l'ambiente flegreo in età contemporanea, operando una ricognizione sistematica delle fonti documentarie custodite presso i principali archivi e biblioteche di area partenopea. La ricerca condotta presso l'Archivio Centrale dello Stato di Roma, invece, non ha prodotto risultati, in quanto il fondo Ministero dell'agricoltura e delle foreste, che conserva i progetti di bonifica promossi dall'ONC durante il Ventennio fascista, risulta momentaneamente inaccessibile. Pertanto, la ricostruzione storica delle iniziative promosse dall'Ente scaturisce, piuttosto, dall'incrocio delle informazioni estrapolate da due notiziari, datati rispettivamente al 1922 e al 1925, che ci consentono di "fotografare" il territorio flegreo proprio negli anni in cui si stavano portando a compimento alcuni dei progetti ambientali più impattanti, come, ad esempio, il prosciugamento del lago di Licola.

Nel tentativo di colmare un'indubbia lacuna storiografica, il contributo persegue anche un secondo obiettivo: quello di delineare una metodologia di ricerca sperimentale e innovativa, che consenta di integrare le conoscenze di stampo ambientale, relative, ad esempio, alle modifiche dell'uso del suolo, allo sfruttamento delle risorse naturali e alla progressiva perdita di biodiversità, con le questioni di carattere paesaggistico, legate piuttosto alla perdita dei patrimoni storici, archeologici, architettonici e antropologici.

Il fine ultimo è quello di restituire un quadro informativo aggiornato e multidimensionale sui valori paesistici e ambientali degli antichi comprensori di bonifica flegrei, che possono costituire le coordinate di riferimento essenziali lungo le quali proiettare i futuri progetti di rigenerazione. In quest'ottica, le Digital Humanities possono offrire senza dubbio un importante supporto per lo studio dei territori, non soltanto per via dei tanti progetti di digitalizzazione delle fonti, che consentono di accelerare il lavoro di ricerca e ricostruzione storica, ma anche grazie alla definizione di strumenti informatici sempre più raffinati e complessi in grado di far dialogare, in maniera semplificata, tutti i professionisti che lavorano nell'ambito della gestione e valorizzazione dei patrimoni culturali.

Le plaghe flegree nell'Ottocento

Agli inizi del XIX secolo tutta la pianura del basso Volturno, da Capo Miseno a Mondragone, si presentava come una grande depressione di terre incolte e in gran parte disabitate, che si estendeva per circa 800 chilometri quadrati. Ivi, già nella Seconda metà del Settecento, il governo borbonico aveva avviato alcune azioni di bonifica, tra le quali, degne di novero, il progetto del 1771 per l'apertura di un canale tra il lago d'Averno e il mare commissionato all'ingegnere Domenico Spina e all'abate Giuliani [Witting, 1910] e gli scavi iniziati nel 1790 nella zona di Baia e Miseno per la sistemazione della marina mercantile [Afan de Rivera, 1832, 84, 86, 137, 216; Bianchini, 1839, 512-518; Novi, 1863, 7-9, 12]. Se il governo francese, durante il Decennio, non rimase indifferente di fronte al problema delle bonifiche, come dimostrano non soltanto i lavori di colmata avviati a Coroglio nel 1803 e a Bagnoli nel 1812 [Corpo del Genio Civile, 1861, 43], ma anche una serie di iniziative intraprese per favorire lo sviluppo dell'agricoltura, quali l'istituzione di un Ministero dell'interno, l'apertura di scuole agrarie, di società agrarie e vivai, la promulgazione di un codice rurale, e la concessione di premi agli inventori di macchine agricole, il restaurato governo borbonico «se non spese del tutto i germi posti dalle riforme francesi, ne impedì però il vivace sviluppo» [Ciasca, 1928, 100]. In effetti, sia in termini burocratici che operativi, poco o niente fece il governo borbonico negli anni a cavallo tra la Restaurazione e l'emanazione del Decreto Reale sulla Bonifica del 1855, fatta eccezione per pochi interventi, tra i quali un primo tentativo compiuto nel 1817 per rettificare il corso del torrente dei Camaldoli, per regolare il bacino inferiore del fiume Volturno ed utilizzarne le torbide per colmare alcuni stagni e paludi tra i laghi di Licola e Patria [Ciasca, 1928, 108]. Ciononostante, furono anni segnati da un vivace dibattito politico e attraversati da una serie di proposte di legge, che avrebbero costituito le coordinate teoriche del Decreto Reale approvato nel 1855. Tra i principali fautori di una riforma di carattere generale sulle bonifiche vi era Carlo Afan de Rivera, nominato direttore del Corpo di Ponti e Strade nel 1824. Otto anni più tardi Afan de Rivera offriva una descrizione attenta di dodici bacini idrografici — tra i quali quello del Volturno —, utilizzando un approccio scientifico innovativo, che non misurava più i comprensori di bonifica entro i limiti amministrativi di comuni, province o regioni, ma, piuttosto guardava all'ecosistema. L'intuizione del direttore di Ponti e Strade consentì per la prima volta di spostare

l'attenzione sui problemi di carattere ambientale, che costituiranno anche il fondamento teorico di quella definizione di «bonifica integrale» che comunemente si ritiene un'eredità novecentesca, e che, invece, aveva trovato una sua primitiva formulazione già all'interno della legislazione borbonica di metà Ottocento. Difatti, con il Decreto Reale dell'11 maggio 1855 venne istituita l'Amministrazione generale della bonificazione, composta dai ventisei funzionari, ai quali furono attribuiti gli incarichi che sino a quel momento venivano espletati dal Corpo degli ingegneri di ponti e strade (art. 39). Un allegato dell'ispettore forestale Vincenzo de Ciutiis e dell'ingegnere di prima classe Maiuri, datato 30 luglio 1856, mostrava chiaramente il perimetro di ciascun comprensorio di bonifica, detto «confidenza», tra cui quella di Napoli e dintorni [Ministero dei Lavori Pubblici, 1878, 105-108]. L'attribuzione di tutte le competenze connesse alla riqualificazione ambientale ad un unico ente, superando l'annosa scissione tra bonifica idraulica e bonifica agraria, rappresentò forse il momento più vicino a quella visione unitaria contenuta nella definizione di «bonifica integrale» introdotta negli anni Venti del Novecento. Il risultato della nuova legge generale del 1855 fu una graduale ripresa di alcune delle più importanti opere di bonifica; al 1860 i progetti avviati dai Borboni contemplavano diciassette confidenze, tra le quali, però, soltanto quella del Basso Volturno poteva considerarsi già ad uno stato avanzato, mentre le altre erano appena agli inizi [Savarese, 1856; Novi, 1863, 7-9; Fichera, 1897].

Con l'Unità d'Italia l'interesse per la bonifica del Bacino inferiore del Volturno, e per l'area flegrea che ne faceva parte, continuò a rivestire una certa priorità per il Regno: lo dimostra il fatto che del milione di lire elargito nel 1864, ben 443.000 lire furono assegnati all'area del Basso Volturno, 30.000 lire furono destinati alla sistemazione del Lago Fusaro, e altri 50.000 al Lago d'Averno [Pareto, 1865, 244]. Si rimarcava, inoltre, anche il principio dell'assunzione della bonifica da parte dello Stato a vantaggio dei privati, i quali, come stabilito dal Regolamento sulle bonifiche del 22 dicembre 1855, erano obbligati a «concorrere a questo eminente scopo» a proprio spese [Ministero dei Lavori Pubblici, 1878, 40]; d'altra parte, i vantaggi derivati da un'opera di bonifica erano strettamente legati al plusvalore economico che quel terreno avrebbe acquisito una volta completata la sua trasformazione da paludoso ad agricolo, ma fu proprio una certa ostilità da parte dei privati nel pagare le quote annuali stabilite a loro carico a costituire uno dei fattori principali che concorsero al rallentamento dei lavori di bonifica. Con la Legge italiana sui lavori pubblici del 20 marzo 1865 si ammise, poi, la distinzione tra paludi private e pubbliche, ma perché il dovere da parte del Regno a compiere le bonifiche fosse codificato, bisognerà attendere la Legge n. 869 del 25 giugno 1882, promossa dall'allora ministro dei Lavori Pubblici Alfredo Beccarini. La legge Beccarini stabiliva una partecipazione economica del governo corrispondente alla metà della spesa complessiva, ma dal momento della sua approvazione al 1924 furono bonificati nel Meridione soltanto 4.000 dei 552.840 ettari di terreni malarici, mentre al nord la stima risultava assai più confortante, giacché la bonifica di ben 328.669 ettari di terra risultava già ultimata. L'incapacità dello Stato italiano nel portare a compimento i tanti lavori di bonifica avviati nell'Italia Meridionale rifletteva tutta l'incertezza di un apparato amministrativo che, ancora a cavallo tra il XIX e il XX secolo, stava tentando di affinare gli strumenti e i metodi di governo del territorio. Proprio in quegli anni, infatti, si assisteva a una proliferazione di leggi specialistiche, che ebbero come unico risultato quello di indebolire l'impianto giuridico fondamentale, frazionato in una ramificazione di categorie: sistemazione dei torrenti e d'altri corsi d'acqua (Circolare del 5 novembre 1886 del Ministero dei LL. PP., Legge n. 744 del 13 luglio 1911), sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani (T. U. n. 3267 del 30 dicembre 1923), bonifiche e luoghi paludosi (T. U. n. 195 del 22

marzo 1900, T. U. n. 3256 del 30 dicembre 1923). Tale frammentarietà legislativa segnò un progressivo allontanamento da quell'idea di «bonifica integrale» che i Borboni, già a metà Ottocento, avevano chiaramente intuito, seppure non ebbero il tempo, le energie e i mezzi per attuarla [Ciasca, 1928, 196-202].

Soltanto nel 1924, con la Legge n. 753 del 18 maggio 1924, e la successiva Legge del 20 maggio 1926, si ritornò, dopo quasi settant'anni di riflessioni teoriche e accorgimenti giuridici, ad una rinnovata visione unitaria del problema delle bonifiche; in primo luogo, fu ripreso il principio, già intuito da Carlo Afan de Rivera, di considerare non più la circoscrizione amministrativa di un territorio, bensì l'estensione del bacino idrografico che interessa il comprensorio di bonifica. Inoltre, già con un precedente decreto, il Testo Unico n. 3256 del 30 dicembre 1923, furono istituiti i consorzi, formati dai proprietari dei fondi interessati alla bonifica, che molto ricordavano l'organizzazione dell'antico istituto napoletano delle confidenze (art. 142).

Non si può dire, insomma, che l'Ottocento fu un secolo di grandi conquiste tecniche per il Meridione in materia di bonifiche, fu però un periodo di incubazione di idee, segnato da un importante processo di sperimentazione, che consacrò il territorio del Basso Volturno, e specialmente l'area flegrea, a modello di riferimento per tutte le altre bonifiche a venire.

Le bonifiche di inizio Novecento

La Legge n. 195 del 22 marzo 1900 divideva il Bacino inferiore del Volturno in tre comprensori di bonifica: il primo comprendeva la pianura a destra del fiume, il secondo quella a sinistra, fatta eccezione per la cosiddetta Campagna Vicana, costituita dalle bassure paludose di Licola, Varcaturò e Bagnoli che, con il Decreto-legge del 24 novembre 1913, sarebbero rientrate all'interno di un terzo consorzio di bonifica.

Il progetto generale prevedeva la colmata delle paludi attraverso l'adduzione delle torbide trasportate dal fiume Volturno, per una spesa iniziale di 8.266.000 di lire, che, al 31 dicembre 1914, era già salita a 38 milioni, che servirono per i lavori di sistemazione idraulica e urbana; di questi ultimi se ne occupò lo Stato che, al 1915, era arrivato a costruire 220 km di strade [Bertarelli, 1922, 126].

All'interno del consorzio di «Bonifica del bacino inferiore del Volturno e dei Bagnoli» rientravano anche la Piana di Quarto e i laghi Mare Morto, Fusaro, Averno e Lucrino, i quali, per via della malaria infestante, erano stati oggetto di interventi di bonifica già a partire dalla metà dell'Ottocento. Il Mar Morto, per esempio, fu banchinato e approfondito in maniera tale da avere un tirante d'acqua di un metro e trenta al minimo: quanto bastava per ostacolare la crescita della vegetazione palustre. Anche il Lago Fusaro fu completamente banchinato lungo tutto il suo perimetro e, al contempo, furono parzialmente colmati i pantani limitrofi di Acquamorta, Gaudiello e Mauriello; inoltre, venne sistemata la Foce Vecchia nei pressi della stazione Torregaveta della Ferrovia Cumana e fu aperto un nuovo canale di sbocco sul mare. In ambo i casi, si trattava di laghi di acqua salata, in origine antichi sei di mare, isolatosi nel tempo per via della formazione di un cordone dunale, divenuto poi spiaggia. Anche i laghi Averno e Lucrino vennero banchinati e furono colmati i canali di gronda meno profondi [Bertarelli, 1922, 127-129].

La Piana di Quarto, invece, agli inizi del Novecento, si presentava come una campagna paludosa e assai malarica, perlopiù disabitata: il censimento del 1921 contava poco più di tremila abitanti, nemmeno un decimo dei 41.290 censiti esattamente un secolo dopo [Istat, 2021]. Qui furono costruiti de-



Fig. 1. Una delle dodici vasche di chiarificazione della piana di Quarto. A sinistra si nota il rudere di età romana e in fondo il muro di sbarramento forato che funge da filtro, in BERTARELLI (1922), p. 123.

cine di chilometri di canali, in buona parte pensili, che convogliavano le acque provenienti dai ruscelli cadenti lungo i fianchi del cratere verso il Canale di Quarto, che, a sua volta, attraversava il bordo calderico in località Poggio Spinelli per circa 1800 m, per poi gettarsi, dopo altri 8 km, nell'Alveo dei Camaldoli. A valle dei ruscelli furono costruite ben dodici vasche di chiarificazione: grossi rettangoli che arrivavano a misurare anche 200 m in lunghezza ed erano chiusi, lungo il lato inferiore, da una parete in muratura perforata, che serviva a trattenere le torbide e il limo e a far defluire l'acqua chiarificata attraverso piccole finestrelle rettangolari. Si scoprì poi, con l'esperienza, che le vasche di chiarificazione si riempivano piuttosto in fretta di depositi fluviali – il che richiedeva un espurgo frequente – e si decise, pertanto, di imbrigliare gli argini dei ruscelli per rallentare il fenomeno dell'erosione [Bertarelli, 1922, 133-134]. Talvolta gli scavi effettuati per l'apertura delle vasche, come testimoniano le fonti, hanno riportato alla luce anche interessanti resti archeologici di età romana, che, però, non hanno mai ricevuto la merita considerazione, bensì sono stati ignorati e lasciati annegare assieme alle torbide trasportate dalla corrente (FIG. 1).

Il prosciugamento del Lago di Licola

Non c'è dubbio che tra i numerosi progetti di bonifica che hanno interessato a macchia d'olio il territorio flegreo agli inizi del Novecento, la trasformazione del lago di Licola in suolo agricolo si sia rivelata l'operazione più impattante per l'ambiente, nonché la più complessa e sofisticata da realizzare sotto il profilo tecnico-ingegneristico. Ciononostante, se la storia di un altro prosciugamento, quello del vicino lago d'Agnano, ha trovato un apprezzabile spazio di approfondimento all'interno dei contributi offerti da alcuni studiosi partenopei [Buccaro, 1993; Russo Spena, 2024], la storia della bonifica del lago di Licola non ha mai ricevuto la meritata considerazione critica.

L'iconografia storica, di concerto con le poche notizie sul territorio giunte a noi, ci ricorda che, tra il Settecento e l'Ottocento, la laguna di Licola rientrava tra le tenute di caccia reale dei Borboni, e risultava pertanto animata da attività agricole e venatorie; ce ne dà dimostrazione il bel dipinto di Claude Joseph Vernet realizzato nel 1746 e conservato presso il Museo Nazionale di Capodimonte,



Fig. 2. Claude Joseph Vernet, *Carlo di Borbone a caccia di Folasche sul Lago di Licola*, 1746, Museo Nazionale di Capodimonte (NA).

che raffigura *Carlo di Borbone a caccia di Folasche sul Lago di Licola* (FIG. 2). A riprova dell'antica vocazione agricola e venatoria della tenuta è possibile consultare anche la *Carta dei Contorni di Napoli* – realizzata circa settant'anni più tardi dal Corpo dello Stato Maggiore e degli Ingegneri Topografi del Regno delle Due Sicilie –, che riporta l'indicazione attenta dell'ubicazione di due imbarcatoî, uno a sud e l'altro a nord nelle immediate vicinanze del Casino Reale di Caccia, nonché la presenza del bosco di pini, ove i Borboni avevano introdotto alcune colonie di cervi, cinghiali e daini [Bertarelli, 1922, 143]. Al 1907, come si evince dalla levata di campagna dell'Istituto Geografico Militare, il lago risulta visibilmente più piccolo. In effetti, già durante il XIX secolo, erano state tentate diverse operazioni di bonifica; nel 1817, ad esempio, vennero costruiti due diversivi dall'Alveo dei Camaldoli allo scopo di colmare con le torbide i pantani di Varcaturò e di Licola: progetto che tramontò molto presto in quanto non produsse i risultati sperati. Altri lavori di colmata, questa volta a braccia, intrapresi dal Genio Civile tra il 1875 e il 1887, ridussero il lago a un rettangolo irregolare lungo 1200 metri, largo 250 e profondo meno di un metro. Nel decennio tra il 1906 e il 1916, poi, venne utilizzata la sabbia delle dune marine per implementare l'opera di colmata e, al contempo, venne costruita una fitta rete di piccoli canali di scolo retti da due collettori principali sfocianti a mare [Bertarelli, 1922, 135-138]. Nonostante l'impegno profuso da parte degli ingegneri del Genio Civile di Napoli, i lavori di bonificazione di Licola, portati avanti a più riprese tra il 1875 e il 1916, si erano limitati a trasformare il lago in una campagna acquitrinosa, dove ancora persisteva una fitta vegetazione palustre, composta da canneti, frammisti a cespugli di giunchi e di tamerici. Si resero pertanto necessari ulteriori finanziamenti finalizzati all'avvio dei lavori di dissodamento del terreno, che, però, furono negati dalla Commissione Ministeriale nominata nel 1914, giacché, come si osservava, la spesa sostenuta per la colmata di 136 ettari di terreno paludoso ammontava già a quasi quattro milioni di lire. La situazione si sbloccò nell'aprile del 1918, quando gli Oleifici Nazionali, in seguito a tre convenzioni stipulate con il Genio Civile di Napoli e con l'Amministrazione della Casa Reale, ottennero in concessione i terreni

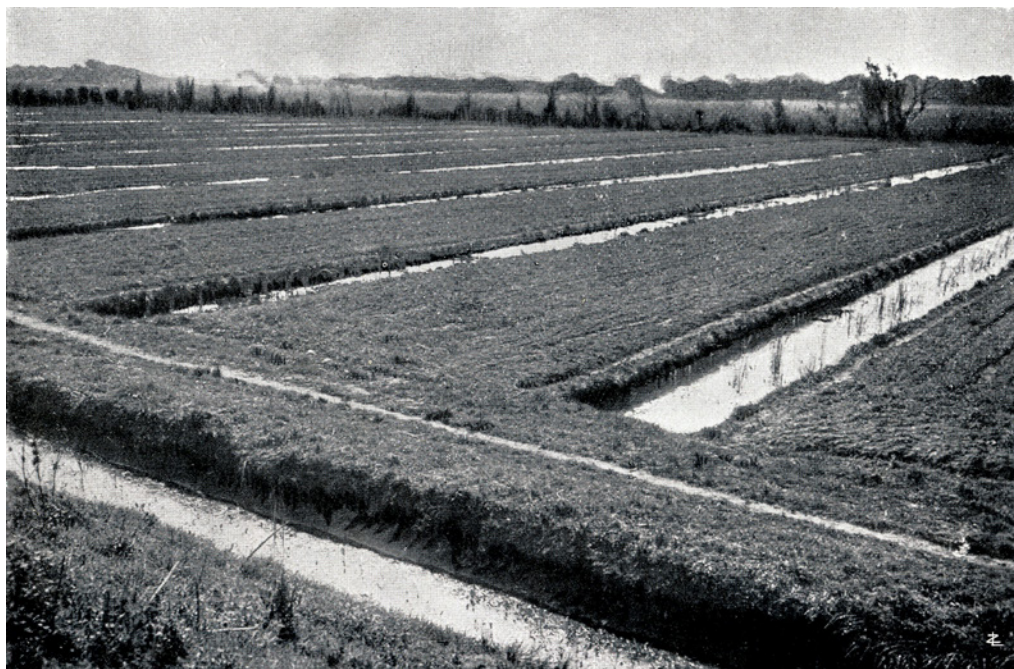


Fig. 3. Veduta d'insieme della colmata di Licola con i «presoni» realizzati dagli Oleifici Nazionali, in *ONC (1925)*, p. 14.

della colmata di Licola, con l'obbligo di coltivarli a ricino per l'aviazione militare e a fagioli per il comune di Napoli. In un primo momento, si ricorse alla forza manuale di centinaia di operai (circa 300 al giorno fino a un massimo di 500) per estirpare e bruciare la vegetazione palustre infestante (compresi i resistenti rizomi), per arare il terreno e infine fertilizzarlo con sostanze organiche provenienti da Napoli, ma anche facendo largo uso di concimi chimici azotati e fosfatici. A valle del faticoso lavoro di dissodamento, la colmata de lago di Licola continuava a mantenere il difetto originale di essere inquinata d'acqua appena poco sotto la superficie: motivo per il quale si decise, in un secondo momento, di scavare una fitta rete di fossi a distanza e profondità variabili al fine di utilizzare il terreno raccolto per rialzare ulteriormente il livello del suolo. Al termine dell'operazione, il fondo agricolo risultava tutto composto da tante lingue di terra lunghe e sottili dette «presoni», separate da altrettanti canali o fossati, che rendevano inutilizzabile all'incirca la quarta parte della superficie di colmata (FIG. 3). Al 31 dicembre 1920 erano già stati aperti oltre 100 km di fossi, congiuntamente a 10 km di strade di servizio [Bertarelli, 1922, 139-142].

La concessione del suolo agli Oleifici Nazionali durò soltanto sette anni, ma, per quanto breve, fu al contempo un periodo di grande sperimentazione agricola, giacché furono coltivate non soltanto piante oleifere, quali il ricino, il girasole, il lino, la canapa, il colza, il ravizzone e l'arachide, ma anche tanti altri prodotti alimentari – avena, granturco, fave, piselli, fagioli, patate, bietole, pomodori, carciofi, cipolle – ed essenze – come la menta piperita, la tuberosa, la giunchiglia, la rosa bulgara e l'iris –, mentre alcune porzioni di terreno furono destinate a frutteti e a vigneti [Bertarelli, 1922, 144].

Nel 1919, la tenuta di Licola e Varcaturò fu devoluta da Vittorio Emanuele III all'ONC, che ereditò un vasto territorio della consistenza di 870 ettari, di cui una buona metà risultava ancora occupata da gruppi di pantani, che si estendevano, specialmente lungo la fascia costiera, alle spalle di un massiccio cordone dunale di altezza variabile tra i due e i sei metri, che li separava dal mare. La porzione affidata alla Società Nazionale degli Oleifici per l'agricoltura misurava invece 112 ettari e, per quanto precedentemente colmata e dissodata, necessitava ancora di nuove opere di sistemazione idraulica per drenare definitivamente l'acqua che ancora stagnava a pochi metri di profondità sotto il coltivo



Fig. 6. Il pantano che verrà trasformato nella vasca di raccolta delle acque di scolo, in BERTARELLI (1922), p. 144.

era un piccolo stagno pittoresco, brulicante di rane, rospi, idrometre e anofeli (FIG. 6). Approfondito e sistemato, lo stagno fu trasformato nella vasca di raccolta delle acque di scolo: punto di convergenza di una fitta rete di canali e canaletti, retta da due collettori principali, quello *degli Abruzzesi* a ovest e il *Canale di Scarico della colmata del Lago* a est. Il più lungo (quasi 5 km) era il *Canale degli Abruzzesi*, che, a sua volta, era servito da vari colatori paralleli distanti l'un l'altro circa 400 m, che convogliavano ad esso le acque di scolo. Arrivate alla vasca di raccolta, le acque di scolo venivano infine sollevate e riversate nel mandracchio da tre pompe centrifughe, due delle quali con diametro di aspirazione di 600 mm, capaci di sollevare 750 litri d'acqua al secondo alla prevalenza di 2,15 m, e 700 litri alla prevalenza di 2,80 m, mentre la terza, con diametro di aspirazione di 500 mm, sollevava, alle prevalenze predette, 500 e 450 litri d'acqua al secondo [ONC, 1925, 7-9].

A distanza di oltre un secolo di tentate bonifiche, il territorio di Licola risultava, al 1925, profondamente cambiato: al posto del lago, un sistema complesso costituito da colmate, canali, collettori, ponticelli, vasche di raccolta, vasche di chiarificazione, e altre architetture idrauliche, che avevano profondamente alterato gli equilibri ecosistemici, assegnando al paesaggio culturale una nuova identità.

Conclusioni

All'interno del vasto quadro degli studi sulle bonifiche, i progetti che hanno interessato l'area flegrea sono stati considerati sempre in maniera parziale o trasversale da prospettive scientifiche settoriali. Pertanto, si è cercato, in prima battuta, di offrire una ricostruzione storica unitaria, che consentisse, inoltre, di integrare le informazioni di matrice ambientale – quali l'annullamento di geodiversità, la perdita di biodiversità, le modifiche nell'uso del suolo e nello sfruttamento delle risorse naturali – con le conoscenze di stampo culturale, legate piuttosto alla perdita di patrimoni storici, archeologici, architettonici, paesaggistici e antropologici. L'insieme di queste informazioni potrebbe costituire un importante database di respiro storico-critico sui valori paesistico-ambientali degli antichi consorzi

di bonifica flegrei, in grado di orientare la definizione di programmi urbanistici futuri verso strategie progettuali consapevoli ed ecosostenibili.

Se fino alla metà del Novecento la bonifica delle paludi veniva considerata necessaria per migliorare le condizioni igieniche e sanitarie dell'ambiente, a partire dagli anni Settanta si è cominciato a comprendere l'importante valore ecologico delle aree umide, in quanto costituiscono un'armatura di protezione contro la pressione antropica, garantendo il mantenimento degli equilibri biotici.

In questa prospettiva, la bonifica delle paludi flegree rappresenta un caso studio di rilevante interesse scientifico, non soltanto perché, storicamente, assurge a modello di «bonifica integrale» per tutta l'Italia Meridionale, ma anche perché, sulla scia di una più recente sensibilità ecologista, si candida, nell'immediato futuro, a diventare un valido laboratorio progettuale, dove sarà possibile sperimentare nuovi processi di sviluppo endogeno.

Bibliografia

AFAN DE RIVERA, C. (1832), *Considerazioni sui mezzi da restituire il valore proprio ai doni che la natura ha largamente concesso al Regno delle Due Sicilie*, Napoli, Fibreno, vol. I.

BERTARELLI, L. V. (1922), *Le bonifica di Coltano, Sanluri, Licola e Varcaturò dell'Opera Nazionale per i Combattenti*, in «Terra Promessa», mensile del *Touring Club Italiano*, a. V, n. 2.

BIANCHINI, L. (1839), *Della Storia delle finanze del Regno di Napoli*, Palermo, Dalla Stamperia di Francesco Lao.

BUCCARO, A. (1993), *Documenti sul prosciugamento del lago di Agnano e sulla bonifica della piana di Bagnoli*, in *L'identità dei Campi Flegrei*, Napoli, Cuen, pp. 182-185.

CIASCA, R. (1928), *Storia delle bonifiche del Regno di Napoli*, Bari, Laterza & figli.

CORPO DEL GENIO CIVILE (1861), *Delle strade e di altre opere nel continente dell'Italia meridionale. Ragionamento di alcuni ispettori generali, ispettori e ingegneri del Corpo Reale del Genio Civile di Napoli*, Napoli, Stamperia del Fibreno.

FICHERA, F. (1897), *Il risanamento delle campagne italiane rispetto alla malaria, all'agricoltura, alla colonizzazione*, vol. I, Milano, Ulrico Hoepli.

GALANTI, G. M. (1806), *Testamento forense*, Venezia, presso Antonio Graziosi.

ISTAT (1994), *Popolazione residente dei comuni. Censimenti dal 1861 al 1991*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, a cura di (1878), *Raccolta di leggi, decreti e regolamenti sulle opere di bonificazione dei terreni paludosi in Italia*, Napoli, cav. Gennaro de Angelis e figlio.

NOVI, G. (1863), *Relazione intorno alle principali opere di bonificazione intraprese o progettate nelle province napoletane: letta nella tornata del 12 febbraio 1863*, Napoli.

ONC (1925), *La bonifica di Licola e Varcaturò*, Roma, Castaldi.

PARASCANDOLA, A. (1947), *I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli*, Napoli, Genovese, pp. 30-75.

PARETO, R. (1865), *Sulle bonificazioni, risaie ed irrigazioni del Regno d'Italia*, Milano, Tip. Degli ingegneri.

PARETO, R. (1867), *Sulle bonificazioni delle paludi esistenti nelle province di terraferma dell'ex reame di Napoli*, Milano.

RUSSO SPENA, R. (2024), *Architetture e paesaggi per la cura e il turismo. La bonifica della valle e le "nuove terme" di Agnano*, in «Storia dell'urbanistica», speciale n. 3.

SAVARESE, G. (1856), *Bonificazione del bacino inferiore del Volturno: atlante*, Napoli, G. Nobile.

WITTING, A. (1910), *Il problema portuale di Napoli ed il lago d'Averno*, Napoli, Cooperativa tipografica.

Sitografia

https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/censpop/categories/IT1,Z1200CPA,1.0/DCSS_POP_LEGALE_TV/IT1,DF_DCSS_POP_LEGALE_TV,1.0 (febbraio 2026).

<https://un-masterplan-per-larea-di-licola.webnode.it/> (febbraio 2026).

Tra memoria e resilienza: la riscoperta del patrimonio celato delle infrastrutture idrauliche pontine

Between Memory and Resilience: Revealing the Hidden Heritage of the Pontine Hydraulic System

Alessandro Mattioli

Sapienza, Università di Roma

Abstract

L'Agro Pontino, territorio emblematico per la storia italiana del Novecento, è un paesaggio modellato nei secoli dal rapporto con le acque. Dalle canalizzazioni romane alla bonifica integrale degli anni '30 del Novecento, le trasformazioni idrauliche hanno ridefinito la pianura e generato nuovi centri urbani. Il contributo propone una lettura storica e paesaggistica del sistema idraulico pontino, interpretandolo come patrimonio stratificato e risorsa resiliente di fronte alle sfide contemporanee.

Keywords

Agro Pontino; Infrastrutture idrauliche; Trasformazioni storiche; Paesaggio culturali.

The Agro Pontino, an emblematic territory in the history of twentieth century I, is a landscape shaped over the centuries by its relationship with water. From Roman canal systems to the comprehensive land reclamation of the 1930s, hydraulic transformations reshaped the plain and led to the creation of new urban centres. This paper offers a historical and landscape-based reading of the Pontine hydraulic system, interpreting it as a layered heritage and a resilient resource in the face of contemporary challenges.

Agro Pontino; Hydraulic infrastructures; Historical transformations; Cultural landscape.

Introduzione

Plasmato e dominato dalle acque, il territorio dell'Agro Pontino è custode di un articolato e delicato sistema idraulico che, nel corso del tempo, ha definito i caratteri di un paesaggio costruito dall'acqua e costantemente in lotta con essa. Gli interventi di bonifica e di regimentazione idraulica succedutisi nei secoli rappresentano non solo un significativo esempio di evoluzione delle tecniche idrauliche, ma si inseriscono all'interno di un palinsesto territoriale complesso, in cui le opere dell'ingegno umano si legano indissolubilmente al paesaggio naturale. Si tratta di un territorio la cui vita e il cui sviluppo sono sempre dipesi dalla stretta connessione con il funzionamento di una vera e propria macchina territoriale di controllo e gestione delle acque.

Oggi questo sistema appare fragile e a rischio, stretto tra uno sviluppo territoriale e urbano che ha progressivamente disatteso l'assetto originario, i cambiamenti climatici e il moltiplicarsi di eventi estremi, nonché una persistente difficoltà nel riconoscimento dei valori storici e paesaggistici che il territorio ancora custodisce.

Il contributo, frutto di una ricerca tuttora in corso sul territorio, intende proporre, seppure in maniera non esaustiva, una lettura storica, paesaggistica e culturale del sistema idraulico pontino, approfondendone la struttura non soltanto come insieme di manufatti tecnici, ma come patrimonio complesso e sedimentato, oggi sottoposto a nuove pressioni ambientali e insediative. Al contempo, il lavoro si interroga criticamente sul rapporto che tali infrastrutture intrattengono con i territori contemporanei della pianura, profondamente trasformati da dinamiche di sviluppo che hanno progressivamente disatteso l'assetto originariamente progettato, mettendo in discussione il dialogo tra città, paesaggio e preesistenze idrauliche.

1. Le caratteristiche di un paesaggio da “bonificare”

L'Agro Pontino si estende nel settore meridionale del Lazio, tra i Monti Lepini e i Monti Ausoni, delimitato a nord dai Colli Albani e dal fiume Astura e affacciato sul Mar Tirreno, da Torre Astura fino a Terracina. Al suo interno si sviluppa una vasta pianura costiera. (FIG. 1)

Nel corso del tempo il territorio ha conosciuto profonde trasformazioni geomorfologiche. In origine occupata dal mare, l'area si configurava come un ampio golfo compreso tra i Monti Lepini e il promontorio del Circeo, allora separato dalla terraferma. Il progressivo ritiro delle acque diede origine a una pianura modellata da sollevamenti irregolari del suolo, che determinarono la formazione di dorsali sabbiose e di una vasta depressione lagunare interna, estesa parallelamente al litorale.

La debole pendenza del terreno, insieme alla presenza della depressione lagunare e alla duna costiera, ostacolava il naturale deflusso delle acque verso il mare, che potevano raggiungerlo solo in corrispondenza dell'attuale Porto Badino. Ne derivò un ambiente in parte depresso rispetto al livello marino, caratterizzato da lagune, stagni e diffuse aree paludose. [Martone 2012, 11-16]

Nell'area compresa tra il fiume Sisto e il Mar Tirreno, i cosiddetti Campi di Piscinara, definiti “bassure” per la presenza di depressioni naturali, da cui deriva il toponimo, la condizione di ristagno risultava particolarmente accentuata. [Folchi 2000, 57]



Fig. 1 Alessandro Mattioli, Paesaggio dell'Agro Pontino nei pressi di Fogliano. Proprietà dell'autore.

Se per lungo tempo tale ambiente fu percepito come ostile, l'Agro Pontino non è tuttavia mai stato del tutto estraneo alla presenza umana. Diverse comunità seppero adattarsi alla vita della palude e alle risorse che essa offriva, instaurando un rapporto complesso con un territorio tanto difficile quanto produttivo. Emblematiche, in tal senso, sono le attività di pesca praticate nei canali e nei corsi d'acqua interni, organizzate attraverso il sistema delle peschiere, così come la raccolta della legna resa possibile dalla presenza di estese aree boschive.

Gli interventi di bonifica susseguirsi nei secoli hanno progressivamente alterato e ridefinito tali equilibri, in un processo di trasformazione continua che testimonia la capacità del territorio di reagire ai cambiamenti e che oggi si confronta con nuove e inedite sfide.

2. Dagli interventi di epoca romana alle esperienze del papato: i primi tentativi di modificazione ambientale

Sebbene le evidenze archeologiche relative ai primi interventi idraulici nell'Agro Pontino risultino frammentarie e talvolta di difficile interpretazione, alcune fonti attribuiscono ai Volsci, nel V secolo a.C., i primi tentativi di gestione artificiale delle acque. Si ipotizza l'esistenza di una rete di cunicoli sotterranei destinati alla raccolta e allo smaltimento idrico in prossimità degli insediamenti. Oggi quasi del tutto scomparse e difficilmente leggibili sul territorio, tali opere costituiscono tuttavia una traccia significativa della precoce consapevolezza del problema idraulico nella pianura.

Di maggiore impatto territoriale, sebbene anch'essa oggetto di incertezza interpretativa, fu la realizzazione di un "cavo" artificiale identificato con il nome di *Rigus Martinus*, l'attuale Rio Martino, considerato tra le più antiche testimonianze di canalizzazione artificiale dell'area pontina. Il *Rigus Martinus* compare inoltre in una cartografia del XVI secolo attribuita a Leonardo da Vinci, redatta in occasione dei suoi studi per la bonifica dell'Agro Pontino, dove il tracciato del canale è chiaramente individuabile.

L'opera derivava le acque dal fiume Antico (attuale Sisto), raccoglieva i deflussi palustri della parte settentrionale della pianura e li convogliava verso il mare. Ampliato e più volte oggetto di interventi di riscavo e adeguamento tecnico nei secoli successivi, il Rio Martino costituisce ancora oggi una delle principali direttrici idrauliche della pianura.

Più sistematici furono gli interventi di epoca romana che, a seguito della realizzazione della Via Appia nel 312 a.C., trasformarono il territorio pontino in un nodo strategico per i collegamenti con l'Italia meridionale. Alla costruzione della rete viaria, comprendente, oltre alla Via Appia, la Via Severiana lungo la costa e la Via Setina sulle pendici dei Monti Lepini, si affiancarono opere di regimentazione idraulica funzionali al controllo e alla stabilizzazione del territorio. Strade, ponti e canali contribuirono così alla formazione di una prima infrastrutturazione organica dell'Agro, che costituì la base per gli interventi successivi. Molte opere antiche vennero infatti riutilizzate, modificate e integrate nel tempo, testimoniando il livello di stratificazione che ancora caratterizza il paesaggio pontino.

Tra gli interventi di maggiore rilievo si annovera, nel 159 a.C., la realizzazione del Fosso Decemnovio per volontà del console P. Cornelio Cetego. L'opera, così denominata per le diciannove miglia percorse parallelamente alla Via Appia, da Forappio fino a Terracina, mirava a superare le frequenti difficoltà di attraversamento del tratto centrale della pianura, soggetto a ricorrenti allagamenti. Il Decemnovio assolveva a una duplice funzione: canale di raccolta delle acque in eccesso e via di comunicazione

navigabile. In tal senso rappresenta un caso peculiare nel contesto pontino, configurandosi sin dall'origine come infrastruttura ibrida, al tempo stesso idraulica e viaria.

Una nuova stagione di interventi si avviò a partire dal XVI secolo con i progetti di bonifica promossi dai pontefici. Le prime esperienze papali, tra cui quelle avviate sotto Leone X nella prima metà del XVI secolo, si concentrarono nella porzione di pianura addossata alle pendici dei Monti Lepini e allo sbocco al mare nei pressi di Torre Badino (Terracina). Nel 1515 Leone X, nel tentativo di risolvere le difficoltà legate allo sgrondo delle acque montane, commissionò a Giuliano de' Medici lo scavo di un canale destinato a eliminare gli acquitrini presso il litorale di Terracina.

Gli interventi promossi da Leone X interessarono anche il ripristino e la regimentazione di altri corsi d'acqua e canali artificiali già esistenti, tra cui il riescavo del Rio Martino. [Incadorna 2005, 29-34]

Tuttavia, fino al XVI secolo, le opere realizzate nel territorio pontino non sembrano inserirsi in un piano organico di gestione delle acque: si trattava piuttosto di interventi puntuali, finalizzati a risolvere criticità localizzate.

La questione pontina assume un rilievo diverso a partire dal XVIII secolo, con l'elaborazione di un progetto più sistematico di regimentazione idraulica promosso da Pio VI su progetto dell'ingegnere Rappini. È opportuno ricordare che l'area interessata dagli interventi riguardava ancora una porzione circoscritta del territorio, compresa tra i Monti Lepini e il fiume Sisto. Solo con la bonifica integrale degli anni Trenta del Novecento l'intera pianura pontina sarebbe stata coinvolta in un progetto unitario.

Alla fase promossa dal pontefice Braschi appartengono la livellazione e l'arginatura del Rio Martino, l'ampliamento del Fosso Decemnovio, che assunse il nome di Canale Linea Pio VI, e la realizzazione del reticolato dei canali migliari destinati a drenare l'area compresa tra le pendici dei Monti Lepini e la Via Appia, oltre alla «pulitura e sfratto» dei fiumi Portatore, Schiazza e Selcella. Tali interventi, avvenuti nella maggior parte su opere preesistenti, mettono in evidenza una problematica strutturale che avrebbe accompagnato a lungo la storia della pianura: la difficoltà di garantire una manutenzione costante ed efficace delle opere. In assenza di adeguate risorse e di un'organizzazione stabile della gestione, molte infrastrutture venivano progressivamente abbandonate, favorendo il ritorno dell'impaludamento.

La stagione di interventi della seconda metà del Settecento si arrestò bruscamente con l'arrivo dell'esercito francese nello Stato Pontificio, l'instaurazione della Repubblica Romana nel 1798 e la successiva annessione all'Impero napoleonico nel 1809. Le conseguenze della crisi istituzionale si rifletterono inevitabilmente anche sulla gestione della pianura. L'Ottocento si aprì infatti all'insegna di una sostanziale staticità: le azioni intraprese furono sporadiche e frammentarie, mentre la carente manutenzione delle opere esistenti favorì un progressivo ritorno all'impaludamento, con il ripetersi di frequenti allagamenti. [Vaquero Piñeiro, 2024, 11]

Una fonte significativa per comprendere lo stato delle paludi pontine nei primi decenni dell'Ottocento è costituita dalla *Description hydrographique et historique des Marais Pontins* (1822) e dall'*Atlas des Marais Pontins* (1823), opere di Gaspard de Prony, tecnico della Commissione dell'Agro Romano nominato da Napoleone Bonaparte insieme al conte di Fossombrone per condurre uno studio sistematico dell'area.

Se l'Ottocento non si configura, dal punto di vista degli interventi diretti, come un secolo di profonde trasformazioni, si può ricordare, tra le poche opere, l'escavazione del canale Diversivo Linea, sul

piano giuridico-amministrativo si registrano sviluppi significativi. Tra questi, l'istituzione di consorzi incaricati della gestione e manutenzione del territorio: il Consorzio degli Utenti, voluto da Gregorio XVI nel 1845, e il Consorzio Idraulico della Bonificazione Pontina, promosso da Pio IX nel 1862.

L'istituzione del Consorzio, con l'acquisizione delle proprietà della Reverenda Camera Apostolica nei territori della bonifica e nel nuovo contesto politico-amministrativo dello Stato italiano, riaprì sul finire del secolo il dibattito sulla questione pontina, preparando il terreno ai successivi sviluppi del Novecento.

3. Il Novecento e il riordino strutturale del sistema idraulico pontino

I primi anni del Novecento sono caratterizzati da un rinnovato fermento attorno alla questione della bonifica. Si susseguono progetti e iniziative tecniche, con il coinvolgimento di ingegneri e commissioni specializzate. Tra il 1907 e il 1909 vengono messi in funzione i primi impianti idrovori, quelli di Forcellata e Tabio, destinati a migliorare il drenaggio delle aree più critiche. Emergono tuttavia contrasti tra il Consorzio e il Ministero dei Lavori Pubblici, legati ai costi, alla gestione e alle priorità degli interventi.

Dopo queste prime esperienze, e una fase di arresto dovuta allo scoppio del primo conflitto mondiale, gli anni Venti e Trenta si rivelano cruciali per la trasformazione del territorio pontino. Sotto la guida dell'ingegnere Natale Prampolini e di G. B. Pacini, la pianura diviene teatro del più profondo riordino strutturale mai realizzato fino ad allora.

Già nel 1918, immediatamente dopo la Prima guerra mondiale, l'ingegnere Marchi del Genio Civile di Roma aveva elaborato il primo studio organico per la bonifica dell'Agro Pontino. Il cosiddetto "progetto Marchi" prevedeva la suddivisione del vasto comprensorio in due aree distinte, separate dal fiume Sisto: l'area a valle dei Monti Lepini, affidata al Consorzio della Bonificazione Pontina, e quella compresa tra il Sisto e la costa, attribuita al Consorzio di Bonifica di Piscinara, istituito nel 1919 e successivamente divenuto Consorzio della Bonifica di Latina.

Il progetto Marchi si fondava sul principio della separazione delle acque, assumendo un rilievo teorico destinato a orientare le bonifiche successive. Tale impostazione sarà infatti tradotta in criteri applicativi dall'ingegnere Natale Prampolini, direttore dei due consorzi, che aveva già maturato esperienze significative nel campo della regimentazione idrica nelle bonifiche della zona parmense.

Elemento centrale del progetto, accanto alla distinzione funzionale delle acque, è la progressiva introduzione di un sistema di bonifica meccanica, basato sulla movimentazione forzata delle acque mediante impianti idrovori. Il sollevamento meccanico consente di superare i limiti morfologici della pianura e di garantire il deflusso anche in condizioni sfavorevoli, segnando il passaggio da una bonifica prevalentemente idraulica a una bonifica strutturalmente integrata e tecnologicamente avanzata. (FIG. 2)

In questa fase viene affrontata in modo sistematico anche l'area compresa tra il fiume Sisto e il Mar Tirreno, i cosiddetti Campi di Piscinara, definiti «bassure» per la presenza di depressioni naturali da cui deriva il toponimo, finalmente sottratti alla persistente condizione di impaludamento.

La bonifica di quest'area e, conseguentemente, dell'intero comprensorio consortile avviene attraverso la realizzazione di un nuovo sistema gerarchizzato di canali e collettori destinati a convogliare le acque verso il mare, con l'obiettivo prioritario di intercettare e regolare i deflussi provenienti dai Monti Lepini. (FIG.3) Il sistema si fonda su una distinzione funzionale delle acque, coerente con la



Fig. 2 Alessandro Mattioli, Vista sul prospetto principale dell'impianto idrovoro di Caronte. Proprietà dell'autore.

morfologia della pianura: le acque alte, provenienti dai bacini montani, vengono intercettate e deviate mediante apposite canalizzazioni; le acque medie, costituite dalle sorgive pedemontane e dagli apporti meteorici delle aree a quota intermedia, sono convogliate a mare per gravità; le acque basse, insistenti nelle zone interne depresse, richiedono invece il sollevamento meccanico attraverso impianti idrovori.

Tra le opere più significative si annoverano il Canale delle Acque Alte, il Canale delle Acque Medie (FIG. 4) e il Canale delle Acque Basse, che strutturano un reticolo idrografico moderno e funzionalmente organizzato. Una caratteristica peculiare di questi interventi, come osservava lo stesso Prampolini, è la loro sovrapposizione alle tracce delle bonifiche precedenti, delle quali riprendono spesso gli andamenti planimetrici, le direttrici viarie e la distribuzione agraria. Ne deriva un palinsesto complesso, in cui le nuove infrastrutture non cancellano completamente le precedenti, ma si innestano su di esse, rendendo l'Agro Pontino un deposito stratificato di conoscenze tecniche e saperi sedimentati nel tempo. [Prampolini, 1939, 7]



Fig. 3 Alessandro Mattioli, Vista sul canale Ufente. Proprietà dell'autore



Fig. 4 Alessandro Mattioli, Canale delle Acque Medie con lo sbarramento per l'irrigazione lungo la via Appia, 1933 c.a. da: PRAMPOLINI, N., La bonifica idraulica delle Paludi Pontine, Verdesi Editore, Roma 1939

4. Paesaggio di bonifica e città contemporanea: una difficile convivenza

La lettura e il riconoscimento degli elementi strutturanti del paesaggio di bonifica all'interno del territorio pontino non costituiscono un'operazione immediata. Il paesaggio della bonifica sfugge spesso a una percezione diretta dei propri caratteri fondamentali, soprattutto laddove lo sviluppo insediativo successivo non ha seguito le direttrici previste dall'originario progetto di trasformazione territoriale. [Cavallo, 2011]

L'Agro Pontino, oltre a essere scenario di interventi idraulici, è stato anche teatro della nascita e dello sviluppo delle città di fondazione e dei borghi rurali. Centri come Latina, Pomezia, Sabaudia e Aprilia si sono inseriti con i loro piani urbanistici in un territorio profondamente segnato dalla presenza dell'acqua, con la quale, almeno nelle intenzioni originarie, si era cercato di instaurare un rapporto strutturato. Tuttavia, gli sviluppi urbani della seconda metà del Novecento, così come quelli più recenti, sembrano non aver consolidato un dialogo con la preesistenza idrica.

Fatta eccezione per Sabaudia, che mantiene una relazione evidente con l'omonimo lago e con il sistema costiero, le città pontine appaiono spesso estranee alla fitta rete di canalizzazioni che attraversa la pianura. Emblematico è il caso di Latina, il cui nucleo di fondazione è lambito dal Canale delle Acque Medie. Nonostante alcune recenti proposte progettuali, il canale attraversa la città senza instaurare con essa una relazione significativa: né sul piano formale, nei rapporti tra edificato e spazio aperto, né su quello sociale, come luogo potenziale di fruizione e di costruzione di identità collettiva. Si delinea così una condizione paradossale: un'infrastruttura essenziale per la vita e lo sviluppo del territorio conduce un'esistenza parallela e separata rispetto alla città che ne è scaturita. Una città nata dalla bonifica di quelle stesse acque che un tempo dominavano la pianura e che oggi sembrano relegate a mera funzione tecnica. Analoga riflessione può essere estesa a Pontinia, dove l'acqua è percepita più come minaccia da contenere che come risorsa da valorizzare. Il Fiume Sisto, che scorre in prossimità della torre idrica della città di fondazione, non stabilisce un rapporto strutturato con l'edificato, restando ai margini della vita urbana.

Il futuro di questi territori risiede nella maturazione di una nuova consapevolezza rispetto al tema delle acque: non più elemento da dominare e neutralizzare, come nella retorica della bonifica novecentesca, ma componente strutturale da integrare in una visione di sviluppo sostenibile e coerente con la propria storia. Riconnettere memoria e progetto non significa limitarsi a una toponomastica evocativa, ma costruire nel tempo un rapporto consapevole tra comunità e infrastruttura idraulica, affinché questa non sia percepita come elemento dissonante o esclusivamente funzionale allo smaltimento delle acque, bensì come parte integrante dello spazio pubblico e della vita quotidiana.

Il carattere identitario dei paesaggi di bonifica risiede nella rete idrografica artificiale che li struttura. Eppure, tale rete è oggi difficilmente riconoscibile, in una cultura che ha ridotto fiumi e canali a semplici infrastrutture tecniche, privandoli del loro valore spaziale e relazionale. [Cavallo, 2011]

In questa marginalizzazione si annida una delle principali fragilità del paesaggio pontino contemporaneo.

Conclusioni

Rileggere e interpretare l'evoluzione storica delle infrastrutture idrauliche pontine, affiancando a tale analisi una riflessione critica sul rapporto che esse intrattengono oggi con il paesaggio contempo-

raneo, costituisce un passaggio necessario per comprendere la complessità di un territorio che da tempo tenta di riconoscere e valorizzare il proprio patrimonio.

Le preesistenze storiche, legate tanto alla gestione idraulica quanto agli assetti insediativi e agrari originari, dai borghi rurali alle città di fondazione, dal sistema dell'appoderamento ai filari alberati di eucalipto, divenuti nel tempo tratto distintivo del paesaggio pontino, tendono oggi a dissolversi nella percezione collettiva, ridotte a sfondo silenzioso di un territorio segnato da un'intensa e spesso disordinata antropizzazione.

Intervenire con azioni concrete affinché tali elementi riemergano non significa soltanto tutelarli, ma sviluppare una consapevolezza diffusa delle potenzialità del territorio nella sua complessa stratificazione. La significatività dell'Agro Pontino risiede infatti nella capacità di ripensare il rapporto tra infrastruttura, insediamento e paesaggio, ridefinendo nuovi equilibri e nuove forme di funzionalità territoriale.

In questo quadro, ogni progetto di recupero e valorizzazione, intesa non come intervento sul singolo manufatto, ma come riattivazione dei valori identitari di un sistema territoriale, deve fondarsi sulla conoscenza e sulla diffusione critica di tale patrimonio. Studio e ricerca rappresentano dunque le condizioni preliminari per rileggere un territorio nato da un'idea progettuale, capace di dimostrarsi resiliente nel tempo, ma oggi esposto al rischio di smarrire le tracce materiali e culturali che ne hanno costruito l'identità.

Bibliografia essenziale

CAVALLO, F. L. (2011), *Terre, acque, macchine. Geografie della bonifica in Italia tra Ottocento e Novecento*, Reggio Emilia, Diabasis.

FOLCHI, A. (2000). *I campi di Piscinara*, in *Agro Pontino: Storia di un Territorio*, Latina, Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino, p. 57

INCADORNA, P. E SUBIACO, P. (a cura di) (2005), *Novecento. La palude cancellata: cenni storici sull'Agro Pontino*, Latina, Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino.

MARTONE, M. (a cura di) (2012), *Segni e disegni dell'Agro Pontino: architettura, città, territorio*, Roma, Aracne, pp. 11-16

VAQUERO PIÑERO, M. (2024), «Un territorio che sta sul nascere». *I Caetani di Sermoneta e la trasformazione agraria della pianura pontina secc. XIX-XX*, Roma: Edizioni di Storia e Letteratura, p. 11

I borghi rurali della bonifica pontina. Costruzione, dissoluzione e problemi di conservazione di un modello urbanistico.

The rural villages of the Pontine Reclamation Area. Construction, dissolution, and conservation issues of an urbanistic model.

Maria Vitiello

Dipartimento di Storia, Disegno e
Restauro dell'Architettura dell'Università
Sapienza di Roma

Abstract

Con questo breve contributo non s'intende ripercorrere le tappe di questo lungo processo delle bonifiche pontine, né dipanare la complessità degli interessi sottesi alla speculazione politica ed economica che gravitò attorno a tali volontà nel primo dopoguerra. Piuttosto, intende mettere in luce le peculiarità della struttura insediativa urbana, le modalità con cui essa si è realizzata nel tempo e il processo di dissoluzione a cui questo modello insediativo è stato sottoposto.

This brief contribution does not seek to retrace the stages of this extensive process of Pontine reclamation, nor to unravel the complexities of the interests driving the political and economic speculation surrounding these plans in the post-war period. Instead, it aims to emphasise the peculiarities of the urban settlement structure, the ways in which it was developed over time, and the process of dissolution to which this settlement model was subjected.

Keywords

bonifica pontina, borghi rurali, patrimonio difficile, conservazione del paesaggio.

Pontine reclamation, rural villages, difficult heritage, landscape conservation.

Introduzione

La storia della bonifica dell'Agro Pontino, alla quale il fascismo ha affidato il compito di consegnare l'immagine di un regime capace di domare un territorio selvatico, pianificandovi insediamenti alternativi, lontani dai modelli borghesi incentrati sul vivere cittadino, per essere compresa ha bisogno di essere proiettata indietro nel tempo, inquadrata all'interno di un processo nel quale le modifiche degli anni Venti del Novecento costituiscono soltanto l'ultimo capitolo di una lunga storia.

Tra i molti tentativi di risanamento che la storia ci tramanda, si ricordino la settecentesca bonifica Piana, quella risalente agli inizi del XIX secolo, o il tentativo di riscatto del territorio paludoso assunto da Pio IX [Sottoriva 2009]; le trasformazioni novecentesche sono quelle che hanno segnato irrimediabilmente il destino di questo territorio, poiché ne hanno mutato in modo radicale l'aspetto. Il prosciugamento degli acquitrini insalubri avviato nel 1917 finisce infatti per azzerare ogni diversità nella trama morfologica, botanica e biologica di questa campagna. Ciò che resta di questa massiccia operazione di cancellazione della Macchia di Cisterna e Terracina e di tutte quelle specie animali che vi trovavano rifugio, è quel paesaggio uniforme e desolato, descritto nelle prime immagini fotografiche, che testimoniano l'inizio di un nuovo capitolo della storia dell'Agro Pontino (FIG. 1).

Approfondendo lo sguardo su questa vasta pianura apparentemente monocorde, è però possibile riconoscere una serie di singolarità che si annidano nella struttura geometrica che governa la colonizzazione del territorio: distonie a cui sembrano legarsi i destini formativi del nuovo assetto territoriale. Osservando il paesaggio pontino attraverso questo particolare registro, analizzando cioè con



Fig. 1_ Selva di Terracina prima dei lavori di bonifica e dopo il disboscamento (da MARTONE 2012, p. 80).

attenzione l'articolazione della sua trama di strade, allineamenti, nodi e polarità, i modi in cui gli edifici vi si aggrappano, e i tempi con cui questa struttura ordinata di elementi si è compiuta, è possibile scorgere anche le ragioni della sua dissoluzione.

Ciò, al fine di comprendere il ruolo delle preesistenze nella progettazione di quel modello urbanistico-territoriale, le cause del suo fallimento e le modalità per tutelare e riparare quanto vi rimane.

La struttura interscalare della pianificazione pontina, tra spontaneità e organicità.

Chiunque abbia affrontato lo studio di queste terre vi ha riconosciuto una sorta di 'identità territoriale novecentesca', riconducibile a quell'immagine iconica tramandata da Duilio Cambellotti nel suo dipinto "La Redenzione dell'Agro" immaginato per la decorazione del fregio della prefettura di Littoria (FIG. 2), che indica i caratteri dell'agro bonificato nel reticolo degli appoderamenti, nel denso sistema di canali realizzati per il prosciugamento del bacino palustre e nell'applicazione di modelli urbani e territoriali che conferiscono al paesaggio pontino una spiccata riconoscibilità.

In particolare, Luigi Piccinato, illustrando l'aspetto insediativo dell'area bonificata, evidenzia l'organizzazione composita di questa struttura pianificatoria, predisposta in livelli differenti, ciascuno pertinente a uno specifico ambito: quello dell'insediamento e quello della produzione agricola, tra i due, la rete dell'amministrazione¹.

La rete del costruito, a sua volta, è composta da diversi sistemi di aggregamento edilizio. Il primo è dato dalla costruzione puntuale e diffusa, quella del casale, sineddoticamente chiamato 'podere', luogo dell'abitare e matrice dell'insediamento. Il secondo sistema è quello dell'aggregazione: il borgo, che Piccinato considera la "cellula urbana elementare". Ogni borgo è composto da una serie di edifici specialistici, destinati ai servizi sanitari, sociali e amministrativi, a cui fanno capo i casali raggruppati

¹ Luigi Piccinato, Lo sviluppo rurale secondo i piani regionali e la preservazione della campagna, quaderno di appunti [fine anni Trenta], Archivio Luigi Piccinato, Dipartimento Pianificazione Territoriale e Urbana, "Sapienza" Università di Roma, Serie 09, Scritti, fasc. 2, pp. 11-13.



Fig. 2_ Duilio Cambellotti, *La Redenzione dell'Agro*, 1930.

in base alla loro prossimità. In un rapporto d'intescalarità, il terzo sistema è costituito dai capoluoghi di comune (Littoria, Sabaudia, Pontinia, ecc.), dove ha sede l'amministrazione civile e politica.

La rete agricola è formata da una vera e propria struttura geometrica, definita dalla maglia dei campi da coltivare e dall'intreccio tra le strade poderali e interpoderali, il cui insieme non costituisce una semplice maglia infrastrutturale e produttiva, ma dà vita a una struttura amministrativa e commerciale composta da due entità contrapposte: il podere, inteso stavolta come appezzamento terriero, luogo della produzione cerealicola, e il borgo, sede dell'azienda e luogo in cui avviene lo stoccaggio delle derrate alimentari.

Questo modello organizzativo territoriale "reticolare" [Zevi 2006, 8] di tipo transcalare, così profondamente integrato nel territorio, costituisce il dato caratteristico unanimemente riconosciuto nella colonizzazione dell'Agro Pontino [Guadagno 2025; Vitiello 2024; Vitiello 2025]. Si tratta di una configurazione puntuale e pervasiva che lo distingue da tutte le iniziative analoghe condotte in quegli anni in ambito italiano [Potrandolfi, Stabile 2025] e gli vale l'appellativo di "bonifica integrale".

Si tratta di un segno distintivo di carattere eminentemente geografico, al quale, però, va aggiunta la natura offerta dalla dimensione culturale che sostiene l'intero sistema spaziale. L'entità sociale degli interventi innerva, infatti, sia l'idea di interscalarità applicata all'edilizia, che si muove dal casale, dagli agglomerati rurali e dalle città, sia il sistema economico, che offre al contadino un modello di vita fondato sulla comunione degli interessi e sulla condivisione degli spazi.

In questo articolato sistema, ciò che appare veramente singolare è la misura intermedia dei borghi. Questi, con le loro diverse consistenze insediative – qualcuno più organizzato, qualcun altro meno pianificato – costituiscono realtà effettivamente nuove che, per l'imperativo costitutivo che le sostiene, possono essere assimilate a piccoli centri 'di fondazione'.

Tuttavia, se città come Littoria Sabaudia, Pontinia, appaiono fin da subito nella loro versione finita, e spesso "gli edifici sono costruiti e firmati dallo stesso architetto che disegna il piano, [divenendo così

una vera e propria] città d'autore" [Muntoni 1990, 14], una simile consapevolezza progettuale non può essere attribuita né ai borghi, né all'intera pianificazione che, invece, sembra risentire di una certa estemporaneità legata, forse, alla divisione logistica e finanziaria delle singole iniziative progettuali. Cioè, a fronte di uno schema territoriale d'area vasta che si compie nel marzo del 1928 e appare pienamente controllato e articolato in realtà urbanistico-edilizie che si completano a vicenda, il processo realizzativo si muove su binari ben diversi, rivelando difficoltà ideologiche e scelte basate sull'economicità delle soluzioni adottate.

Nel processo ideativo e realizzativo di questo assetto territoriale particolarmente nuovo, a dispetto di ogni previsione, la preesistenza sembra assumere un ruolo di grande importanza proprio nella definizione degli esiti e, forse anche, nel loro fallimento.

Sorvolando sulla circostanza che vede Mussolini, in un primo momento, assolutamente contrario alla formazione dei comuni capoluogo e la stessa denominazione di 'città' per i nuovi centri, così significativamente lontani dall'idea di ruralizzazione con cui il fascismo voleva legare l'uomo alla terra, i limiti riscontrabili nell'organicità della pianificazione dell'Agro Pontino potrebbero essere ricercati sia nel progressivo ampliarsi degli ambiti da sottoporre a bonifica, sia nello sfrangiamento delle procedure esecutive, sia nel bisogno di aggrapparsi con il nuovo a situazioni preesistenti.

Innanzitutto, infatti, non bisogna dimenticare che l'avvio di questa complessa vicenda – in cui le azioni di risanamento vengono intraprese nel tempo tanto dai privati quanto dallo Stato e tendono ora a sovrapporsi, ora a integrarsi – è ben lontano dai dispositivi legislativi del 1928 e del 1933, con cui viene formalmente istituita la moderna trasformazione territoriale che prende il nome di "bonifica integrale". Infatti, le prime iniziative di risanamento dell'agro devono essere fatte risalire al 1917, quando Onorato e Leone Caetani, duca di Sermoneta, presentano domanda per la costituzione del Consorzio Speciale di Bonifica della tenuta di Piscinara [Vaquero 2024]. Un'iniziativa a cui nel 1918 fa eco il progetto del Marchi per il Genio Civile, che amplia notevolmente i confini del territorio da prosciugare. Tra il 1919 e il 1920 prendono forma due società importanti: il Consorzio di Piscinara e la Società Anonima per le Bonifiche Pontine, che, a partire dal 1921, avviano la progettazione del risanamento. Tuttavia, bisognerà aspettare il 1927 e il piano dell'ingegner Nicola Prampolini per iniziare a comprendere la complessa architettura della bonificazione che nel frattempo, però, ha già cominciato a produrre trasformazioni sostanziali del territorio. Il piano viene ulteriormente integrato l'anno successivo con un reticolo stradale più fitto e definitivamente completato con l'indicazione di alcuni villaggi di bonifica nel settembre del 1929. Questo è un anno spartiacque, poiché da una parte avvia l'ulteriore programmazione della bonifica, dall'altra ratifica quanto già realizzato, offrendo un disegno organico a ciò che è sorto in modo disorganico.

Alla incoerenza degli esiti non è secondaria la fitta stratificazione di competenze, che riguarda tanto la compartimentazione delle lavorazioni – che vedono da una parte la formazione di Consorzi di Bonifica, ai quali è demandato il prosciugamento e l'infrastrutturazione della pianura, dall'altra l'affidamento all'Opera Nazionale Combattenti (ONC) del compimento delle opere edilizie –, quanto lo scollamento fra la direzione sanitaria del territorio – per la quale è attivato l'Istituto Nazionale per il Risanamento Antimalarico della Pianura Pontina che, tra il 1922 e il 1934, costruisce nell'agro sette centri ambulatoriali (FIG. 2) dislocati in altrettanti borghi (precisamente a Borgo Grappa, Borgo Sabotino, Borgo Pogdora, Borgo San Michele, Colonia Elena, Macchia di Piano e Littoria) – e le strutture politiche e amministrative a cui i borghi stessi fanno capo.

Infine, oltre questa complessa stratificazione di incarichi, funzioni e sequenze progettuali, che inficia il nitore di quel magnifico schema progettuale che Piccinato ha esaltato nei suoi scritti, c'è il tema delle preesistenze e del loro valore nei primi concitati momenti di avvio della pianificazione pontina.

Il ruolo dei borghi nel modello pontino. Dislocazioni territoriali e caratteri architettonici e urbani

L'elemento fortemente innovativo che contraddistingue la pianificazione pontina, offrendo a questa la dimensione intermedia tra il casale e la città, è il borgo; ma è anche il modello che è andato in crisi quasi all'immediato. Per comprendere le ragioni che hanno portato alla perdita di questo elemento e le modalità per reintegrarne il senso, è necessario ripartire dalla sua genesi.

Volendo fermare una sequenza temporale che consenta di far luce sulla consapevolezza delle scelte paesaggistico-territoriali che sottendono la pianificazione dell'area pontina, al fine di comprendere la portata delle contraddizioni programmatiche e delle incoerenze che segnano il destino dei borghi e ne indirizzano il disfacimento, è necessario ripartire dal 1929.

A questa data molti di questi sono già formati; hanno un'altra denominazione, ma corrispondono agli attuali: Podgora, Sabotino, Grappa, San Michele e Doganella (FIG.3). A questi può essere aggiunto anche il "Quadrato", che poi diventerà Littoria. Sono tutti composti tra il 1926 e il 1929 secondo uno schema urbanistico blando, privo di una volontà progettuale ben definita. Gli edifici di servizio come la chiesa, il dopolavoro, la caserma, la scuola e la torre serbatoio, l'ambulatorio medico e la dispensa, si raccolgono attorno ad un crocicchio di strade senza seguire un piano preciso: non ci sono piazze,



Fig. 3_ Alloggiamenti degli operai a Borgo Podgora (da RIVA 1983, p. 31).



Fig. 4_ IGM 1883, IGM 1909, IM 1927.

non ci sono allineamenti, né geometrie. Nonostante si denominino “borghi”, nel paesaggio continua a prevalere l’immagine dell’unità architettonica isolata, quella dell’edificio che si accosta all’altro senza dialogare con esso, il che lascia trasparire una totale carenza di sapienza urbanistica e, comunque, l’assenza di una vera consapevolezza progettuale.

Dunque, per quanto i borghi non nascano con l’intento di fornire una matrice urbana, bensì come centri di supporto alla residenza attraverso l’offerta di servizi specialistici, rimane evidente la totale assenza di una logica aggregativa, anche se meramente protourbana.

Da un confronto cartografico fra le mappe disegnate dall’IGM nel 1883, 1909 e 1927 (FIG. 4) è evidente come questi primi agglomerati protourbani si attestino su preesistenze che, nel paesaggio della palude, dovevano rappresentare dei landmark. Questi, di fatto, si appropriano delle léstre, si coagulano attorno ai crocicchi delle strade esistenti nel magma della palude, si raccolgono vicino ai vecchi casali, alle torri fatiscanti o ai cosiddetti “passi”, punti di attraversamento segnati sui tratturi dai pastori durante il processo di monticazione stagionale: tutti luoghi significativi del sistema territoriale preesistente.

Se i borghi nel disegno della pianificazione della bonifica costituiscono una tappa intermedia, quel momento di aggregazione sociale e edilizia che segue l’unità architettonica del casale, nella sequenza realizzativa delle opere vengono costruiti per primi: prima delle infrastrutture di spurgo, prima delle strade e anche prima dei casali. Questi sorgono, infatti, per accompagnare le residenze dei tecnici e dei lavoratori addetti al tracciamento dei canali, alla realizzazione delle infrastrutture e alla costruzione dei fabbricati colonici, fabbricati provvisori, che vengono smantellati e che raramente sopravvivono nel paesaggio bonificato (FIG. 5).

La loro dislocazione all’interno del paesaggio pontino, in effetti, non è casuale, ma al contempo non



Fig. 5_ Schema dei borghi rurali

è dettata da un disegno pianificatorio generale; al contrario, è il piano che sembra piegarsi attorno alle loro presenze. La logica territoriale della disposizione dei borghi e la loro geometria sono radicate nel sistema della funzionalità e dell'approvvigionamento dei fabbisogni costruttivi, che è stato prima normalizzato – sulla base di riferimenti paesaggistici preesistenti – e successivamente reimmesso nella logica territoriale della bonifica.

L'idea dei borghi rurali di servizio, in sostanza, sembra nascere *in fieri*, alla stessa stregua della "Pentapoli pontina", che pur non essendo prevista nel prototipo di ruralità proposto dal fascismo e nella prima pianificazione, è assorbita dal modello che con resilienza si piega al ritorno massmediatico offerto innanzitutto da Littoria, la città nuova che, pur essendo estranea ai criteri della bonifica integrale, diventa simbolo dell'immagine nuova dell'Italia fascista, e raffigurazione della capacità del regime di piegare a sé tutte le risorse, diventando una forma di autocelebrazione di quell'autocrazia. La conservazione dei primi nuclei disordinati, quindi, può essere interpretata come una scelta esclusivamente economica: si conserva ciò che è già stato costruito, anche se con uno scopo diverso, e se ne accetta anche l'espressione stilistica legata al Liberty, così disdicevole e lontano dai valori del regime.

Un cambio di passo comincia a vedersi con la realizzazione, tra il 1931 e il 1933, dei borghi Isonzo, Piave, Carso, Pasubio, Bainsizza e Faiti. Qui il cambiamento è sensibile. Oltre i primi due, che sembrano continuare a seguire l'approccio precedente, gli altri cominciano ad essere caratterizzati da un impianto sempre più chiaro, definito da una composizione dettata da simmetrie, assi prospettici e geometrie che seguono quel razionalismo funzionale misto alla retorica del classicismo littorio, convergendo nel tempo verso forme sempre più articolate e rigorose, evidenti nell'ultimo gruppo di villaggi composto da Latina Scalo e dai borghi: Vodice, San Donato, Flora, Hermada e Montenero.

Non si conoscono i nomi dei progettisti di questa sorta di centri aziendali di servizio, sia di quelli precedenti al 1929, sia di quelli sorti dopo il 1931; sappiamo, però, che la costruzione delle strutture urbane e di quelle edilizie sono pertinenti all'Opera Nazionale Combattenti, e l'elaborazione di tali piani, dunque, può provenire dagli uffici tecnici dell'ente che in quegli anni sono guidati da Caio Savoia, che è l'estensore del piano per Littoria prima ancora che Oriolo Frezzotti ne ricevesse l'incarico ufficiale.

È chiaro che la maturità con cui viene affrontata la progettazione di questi nuclei cresce gradualmente, fino a diventare una chiara volontà pianificatoria.

L'integrazione dell'impianto urbano minimo, con altri edifici a più alto grado di socialità, quali la casa del Fascio, il campo sportivo, la posta, fa sì che questi centri aziendali comincino ad essere avvertiti non più soltanto come fulcri dell'organizzazione produttiva territoriale, ma come veri e propri piccoli organismi urbani, centri di vita comunitaria, perciò capaci di addensare non più soltanto servizi, ma anche residenze e questo è il primo passo che segna la dissoluzione di questo tipo di pianificazione scalare.

Basta osservare in epoche differenti i medesimi borghi, perché risalti subito come l'originario sistema della bonificazione pontina si sia perso in una continuità insediativa diffusa e puntuale. A circa settant'anni dal suo compimento, la rete dei poderi si è infittita, le città si sono ingrandite e i borghi sono "stravolti", "tumefatti" [Pennacchi 2008, 203], resi informi da una crescita edilizia spontanea che non ha saputo leggere nel territorio le ragioni di tali presenze (FIG 6).

C'è da chiedersi, però, se tali responsabilità siano davvero tutte da riferire all'urban sprawl e a chi non amministrato correttamente la cosa pubblica. Oppure se tale crescita disordinata, diffusa e a bassa densità abitativa possa trovare le ragioni nel codice genetico dello stesso progetto iniziale, oltretutto in tutte quelle contraddizioni che la pianificazione generale della bonifica pontina si è trascinata, senza mai riuscire a risolverle.



Fig. 6 – Borgo Vodice, Sede della sx Direzione.

Conservare, non conservare, come conservare i borghi pontini. Qualche riflessione per concludere

Se nel tempo Littoria-Latina ha finito per espandersi a 'macchia d'olio', assecondando la struttura radiale sulla quale era stata progettata, che ha condotto il suo processo di allargamento a seguire i rettilinei che disegnavano il collegamento con gli altri centri rurali; i borghi – nati senza quella struttura urbanistico-compositiva rigida imperniata sulla piazza, né legati alla logica delle strade, sono stati segnati da due diversi destini: il primo è quello di essere stati risucchiati dal vortice degli insediamenti maggiori (come nel caso di Borgo Piave, sorto sul passo Barabino, che è stato presto assorbito

dalla crescita di Latina); il secondo è quello di essere stati snaturati da un'edilizia confuzionaria, affastellata, che si è moltiplicata in uno spazio fin dall'inizio privo di connotati organicamente pianificati. Anche in tutti quei casi più tardi, nei quali gli impianti urbanistici mostravano un maggiore rigore, oggi si rileva la perdita della conformazione iniziale, generalmente relazionata alla dimensione della piazza, della strada assiale, del viale, a causa di una crescita edilizia priva di una direttiva coerente. A questa perdita di qualificazione urbana va aggiunto il degrado delle architetture che un tempo ne caratterizzavano l'assetto, oramai quasi del tutto irriconoscibili nella congerie di costruzioni che si sono aggiunte e in netto contrasto con l'edilizia più recente, linda e colorata.

Vi possono essere diverse motivazioni che giustificano questo tipo di atteggiamento per cui le comunità che vivono questi luoghi hanno semplicemente scelto di ignorare, o più banalmente di non prendersi cura di quelle architetture che, pur non essendo minute, altisonanti, sono inequivocabilmente fissate nella memoria come prodotti del fascismo, "patrimonio indesiderabile" [Macdonald 2006] poiché storicamente e materialmente legato, anche visivamente, a delle condizioni difficili da conciliare con "un'identità contemporanea positiva e autoaffermente" [Macdonald 2009, 1]. Gli storici del fascismo, come ricordano Carter e Martin [Carter, Martin 2019] sono stati sorprendentemente lenti nell'esaminare le ragioni per cui gli italiani si siano rifiutati di confrontarsi con il difficile retaggio fascista del Paese. Ma il problema forse sta nella particolare circostanza per la quale in Italia, e in particolare nell'area pontina, i resti materiali del fascismo si trovano praticamente ovunque, un'ubiquità che li rende, probabilmente, quasi invisibili sia all'occhio dello storico sia della comunità che detiene tale patrimonio.

Predisporre un piano di gestione programmata di questi siti potrebbe costituire la maniera più semplice per evidenziare queste presenze, restituendo il loro valore storico, che è anche monito. D'altro canto, reimpiantare le alberature, curare gli spazi verdi, offrire una nuova coloritura alle strutture, potrebbe essere interpretato come un processo di estetizzazione, quindi di anestetizzazione di una memoria negativa. Di certo, qualunque genere di cura di tale patrimonio, dovrebbe passare attraverso il vaglio delle comunità che le detengono e che nel quotidiano sono chiamate a convivere con le memorie che questi ci tramandano.

Bibliografia

RIVA, P. (1983). *Fascismo, politica agraria e O.N.C.*, Editrice Sallustiana, Roma.

MACDONALD, S. (2006). *Undesirable Heritage: Fascist Material Culture and Historical Consciousness in Nuremberg*, in «International Journal of Heritage Studies», n.12, pp. 9–28.

MACDONALD, S. (2009). *Difficult Heritage: Negotiating the Nazi Past in Nuremberg and Beyond*. Abingdon: Routledge.

EBANISTA, L. (2016). *Agro Pontino. Storia di un territorio*, Roma, Biblioteca Vallicelliana.

SOTTORIVA, P. G. (2009). *Le Bonifiche dell'Agro Pontino*, in *Il Riscatto dell'Agro*, a cura di V. Emiliani, Minerva edizioni, Bologna.

GUADAGNO, S. (2005). *Svelare la trama di un patrimonio complesso del moderno. Un approccio transcalare per l'Agro Pontino*, in «Restauro Archeologico», n.33, Special Issue, vol. I (2025): Oltre il Novecento. Teoria e prassi per il "Restauro del Moderno", pp. 176–183.

VITIELLO, M. (2024). *Borghi rurali e case coloniche nel paesaggio della pianura pontina. Conoscenza per la conservazione*, in *Architettura rurale Memoria del paese*, a cura di, B. Messeri, M.Casanova, V. Cinieri, F. Pompejano, M. Vitiello, Altralinea edizioni, Firenze, pp. 74–83.

- VITIELLO, M. (2025). *La modernità del rurale. Case e villaggi colonici della bonificazione pontina come patrimonio storico da tutelare*, in «Restauro Archeologico», n.33, Special Issue, vol. I (2025): Oltre il Novecento. Teoria e prassi per il “Restauro del Moderno”, pp. 264-269.
- CARTER, N., MARTIN, S. (2019). *Dealing with difficult heritage: Italy and the material legacies of Fascism*, in «Modern Italy», 2019, n. 24, 117–122.
- PENNACCHI, A. (2008). *Fascio e Martello*, Laterza, Milano.
- MUNTONI, A. (1990). *Architetti e archeologi a Roma*, in *Storia dell'architettura italiana*, a cura di A. Muntoni, G. Ciucci, Electa, Milano, p. 66.
- PALLOTINI, M. (1972). a cura di, *Il territorio pontino: elementi di analisi storiografiche dalle origini alla bonifica integrale*, Bulzoni, Roma.
- BEVILACQUA, P., ROSSI-DORIA, M. (1984). *Lineamenti per una storia delle bonifiche in Italia dal XVIII al XX secolo*, in *Le bonifiche dal '700 a oggi*, a cura di, P. Bevilacqua, M. Rossi Doria, Laterza, Roma
- MUNTONI, A. (1996). *Latina*, Multigrafica Editrice, Roma.
- ZEVI, S. (2010). *Restituiamo la storia, dal Lazio all'Oltremare. Modelli insediativi della piana pontina*, Gangemi Editore, Roma.
- VAQUERO PIÑEIRO, M. (2024). *Un territorio che sta sul nascere. I Caetani di Sermoneta e la trasformazione agraria della pianura pontina secc. XIX-XX*, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma.
- POTRANDOLFI, R., STABILE F. R.(2025). *Riscoperta e valorizzazione del patrimonio insediativo rurale del secondo Novecento. Esempi di valore storico-testimoniale in Italia e Spagna tra conoscenza, tutela e recupero*, in «Restauro Archeologico», n.33, Special Issue, vol. I (2025): Oltre il Novecento. Teoria e prassi per il “Restauro del Moderno”, pp. 240-245.
- MARTONE, M. (2012). *Segni e disegni dell'Agro Pontino*, Aracne, Roma.
- MACDONALD, S. (2009). *Difficult Heritage: Negotiating the Nazi Past in Nuremberg and Beyond*. Abingdon, Routledge.