

40° convegno Scienza e Beni Culturali
Collana Scienza e Beni Culturali
Volume.2025

ISSN 2039-9790
ISBN 978-88-95409-29-0

*LE PROSSIME SFIDE PER I BENI CULTURALI
RICERCA, COMPETENZE E PROFESSIONI A FRONTE DI
CAMBIAMENTI CLIMATICI, SOSTENIBILITÀ E TRANSIZIONE
DIGITALE*

Bressanone (BZ), 17 - 20 giugno 2025

I contributi estesi pubblicati nel presente volume sono stati sottoposti a double blind peer review da parte di esperti dello stesso settore.

Tutti i diritti riservati,
EDIZIONE ARCADIA RICERCHE Srl
Parco Scientifico Tecnologico di Venezia
Via delle Industrie 25/11 – Marghera Venezia
Tel.:041-5093048 E-mail: arcadia@vegapark.ve.it
www.arcadiaricerche.eu

È vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo, non autorizzata.

Le riproduzioni a uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% del presente volume, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dall'editore.

*Finito di stampare nel mese di giugno 2025
presso Imoco Industrie Grafiche – Treviso - Italy*

SCIENZA E BENI CULTURALI

**LE PROSSIME SFIDE
PER I BENI CULTURALI
RICERCA, COMPETENZE E PROFESSIONI
A FRONTE DI CAMBIAMENTI CLIMATICI,
SOSTENIBILITÀ E TRANSIZIONE DIGITALE**

40° convegno di studi

Bressanone 17 – 20 giugno 2025

a cura di Guido Driussi e Zeno Morabito

CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO E SOSTENIBILITÀ SOCIALE: IL CASO DEL PROGETTO *CURIAMO*

L. Baratin, F. Gasparetto, V. Tronconi 1

UN PROCESSO DI CONSERVAZIONE VIRTUOSO AIUTA A EVOLVERE DALLA CONTRAPPOSIZIONE ALLA COLLABORAZIONE: IL CASO DELLA CHIESA DI S. ROMERIO IN VALPOSCHIAVO (SVIZZERA)

D. Foppoli, E. Rosina, E. Zanolari 13

PROPOSTA METODOLOGICA PER L'ASSEGNAZIONE DEI LIVELLI DI DANNO E LA STIMA DEI COSTI D'INTERVENTO IN COPERTURE A STRUTTURA LIGNEA E IN C.A.

R. Vecchiattini, M. Valentini 25

TUTELA DELLE AREE STORICHE URBANE E STRATEGIE DI TRASFORMAZIONE SOSTENIBILE. SFIDE E OPPORTUNITÀ PER LA CITTÀ VECCHIA DI GENOVA

C. Moggia, R. Vecchiattini 37

LA GESTIONE SOSTENIBILE DELL'ARTE CONTEMPORANEA NELLO SPAZIO PUBBLICO: METODI, CRITERI E INDICATORI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE

M. Gómez Ubierna 49

FRAGMENTS OF SUSTAINABILITY: REFLECTIONS ON THE CONSERVATION OF TANGIBLE AND INTANGIBLE HERITAGE

D. Pittaluga, F. Fratini, K. Admou, M. Ibnoussina 61

PARAMETERS FOR LOCAL BUILDING TRADITIONS AS CULTURAL HERITAGE TO MEET GLOBAL SUSTAINABILITY STANDARDS

N. Lombardini, M. Terzoni, A. Yusifli 73

MULTIDISCIPLINARIETÀ NELLA GESTIONE DEL PATRIMONIO STORICO: VALUTAZIONI IDRAULICHE E PROPOSTE DI RESTAURO PER LA EX STAZIONE FERROVIARIA DI STUPIZZA (UD)

M. Balistrocchi, P. Dreossi, A. Fellin, R. Ranzi, B. Scala, G. Vassena 85

INNOVAZIONE E PATRIMONIO COSTRUITO NELLA MISSIONE 1 DEL PNRR: OPPORTUNITÀ E LIMITI PER LA CONSERVAZIONE

C. Valiante 97

QUALITÀ E SOSTENIBILITÀ DEL RESTAURO ITALIANO: UNA FOTOGRAFIA DI SETTORE

D. Del Curto, A. Turrina 109

**‘SUPERECOBONUS’ E PATRIMONIO ARCHITETTONICO
RESIDENZIALE DEL SECONDO NOVECENTO. IL COMPLESSO
ABITATIVO ITALPOSTE A LODI (1979-1985 / 2021-2022)**

L. Magri 121

**MUTAMENTI DEL CLIMA, DISASTRI NATURALI E RELATIVE
CONSEGUENZE SUI COMPLESSI URBANI STORICI**

S. Gizzi 133

**LA CITTÀ MURATA DI AHMEDABAD. TENTATIVI DI PROTEZIONE E
PROCESSI DI EQUITÀ**

A. Tognon 145

**L’USO DELLE FONTI RINNOVABILI IN AMBITI DI VALORE STORICO
E PAESAGGISTICO: GLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI. PER UN
PROGETTO PILOTA NEL COMPLESSO MONUMENTALE DEL SAN
MICHELE A RIPA GRANDE IN ROMA**

C. Crova, L. Oliva 157

**COLLABORAZIONE TRANSFRONTALIERA ITALIA-SVIZZERA
FINALIZZATA ALLA MESSA A PUNTO DI PROCESSI DIAGNOSTICI ED
ANALITICI CONDIVISI**

D. Foppoli, E. Rosina, E. Zanolari 169

**MULINI A VENTO E SOSTENIBILITÀ. UN PATRIMONIO DI
ARCHEOLOGIA INDUSTRIALE DA RECUPERARE**

A. Trematerra 181

**TRA VALORE CULTURALE ED EFFICIENZA ENERGETICA:
STRATEGIE DI INTERVENTO IN VILLA GAZZOTTI (VICENZA)**

L. Sbrogiò, R. Canessa, M.R. Valluzzi 193

**PATRIMONIO CULTURALE E CAMBIAMENTI CLIMATICI. IL CASO
VENEZIA**

F. Trovò, G. Bruschi 205

**INTEGRATING CLIMATE RESILIENCE IN HISTORICAL BUILDINGS’
REHABILITATION: A SURVEY OF PROFESSIONAL PERSPECTIVES**

C.L.S. Blavier, L. Mulè, H.E. Huerto-Cardenas, C. Del Pero, F. Leonforte 217

**TOWARDS A SUSTAINABLE ROLE OF CONSERVATION/REUSE OF
BUILT CULTURAL HERITAGE IN FACE OF CLIMATE CHANGE
CHALLENGES; ADDA RIVER AND ITS DECOMMISSIONED WATER-
RELATED HERITAGE**

M. Rajabi 229

MONUMENTI VERDI: PARCHI E GIARDINI STORICI TRA FUNZIONE CULTURALE E SALVAGUARDIA AMBIENTALE

D. Crispino 241

TRANSIZIONE DIGITALE E PATRIMONIO CULTURALE: INTEGRAZIONE TRA RICERCA E ISTITUZIONI PER UNA CONSERVAZIONE SOSTENIBILE

A.M. Pentimalli Biscaretti di Ruffia 253

IL DIGITAL HERITAGE PER LA RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE DEL COSTRUITO STORICO

T. Zanni, M.R. Valluzzi 263

VERSO UN ARCHIVIO DIGITALE DI ARCHITETTURA CONTEMPORANEA GENOVESE

E. Geria 275

DALLA MORFOLOGIA DELLE LESIONI ALLA DIAGNOSI DEI DISSESTI: UN PROTOCOLLO IN AMBIENTE HBIM PER LA CLASSIFICAZIONE DEI DANNI STRUTTURALI

M. Parente, N. Bruno, F. Ottoni 287

LA BASILICA DI SAN LORENZO IN LUCINA A ROMA: SVILUPPI DI UN PROCESSO DIGITALE E DIAGNOSTICO PER LA CONOSCENZA E IL MONITORAGGIO DELLE CONDIZIONI CONSERVATIVE

M.G. Ercolino, C. Porrovecchio 299

METODOLOGIE E STRUMENTI PER LA CAMPAGNA DI DIGITALIZZAZIONE BI- E TRI-DIMENSIONALE DEL PIÙ ANTICO NUCLEO DELLE RACCOLTE STORICHE DI BRERA. LA MOSTRA VIRTUALE NAPOLEONE E L'ACCADEMIA

F. Berizzi, A. Mariani, C. Nenci, R. Rosso 311

ARCHITETTURE DELLA MEMORIA DOCUMENTAZIONE E DIGITALIZZAZIONE DELLE PERMANENZE INSEDIATIVE NEI PELORITANI

A. Altadonna, A. Chillemi, G. Salvo, F. Todesco 323

DAL PROGETTO DI RESTAURO AL METAPROGETTO PER LA DIGITALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO SULLE SUPERFICI DELL'ARCHITETTURA STORICA

V. Ciaffoni 335

LA DIGITALIZZAZIONE PER LA CONOSCENZA DI UN PATRIMONIO A RISCHIO. UNA SPERIMENTAZIONE SUI SITI REALI CAMPANI

R. Amore, M. Villani, M. Terracciano, M.G. Basilicata 347

**TECNOLOGIE PER IL RESTAURO: IL PROGETTO PILOTA DEL NINFE
DI VADUE (CAROLEI (CS) - CALABRIA) COME CASO STUDIO PER LA
CONSERVAZIONE E PROGETTAZIONE MULTIDISCIPLINARE**

M. Chiappetta, R. Greca, F. Bruno, D. Miriello, A. Lagudi, S. Paone,
A.M. Palermo 359

**LE PROSPETTIVE DI PROCESSO E PIATTAFORMA DIGITALE NELLA
VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE DELL'AUTOMO-
BILE**

R. Maspoli 371

TERRITORIO MUDÉJAR'S DIGITALIZATION STRATEGY

I. Ruiz Bazan, G.E.E. Vita, V.E. Trasobares Ruiz 383

**IN THE FACE OF DIGITALIZATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF
POLICIES IN ITALY AND CHINA**

N. Lombardini, S. Jiang 395

**ESPERIENZE DI DIDATTICA INTERNAZIONALE E NUOVE
COMPETENZE PER GLI ARCHITETTI DEL PATRIMONIO**

C. Bartolozzi, F. Novelli 407

**STRUMENTI DIGITALI PER L'ACQUISIZIONE, L'ANALISI E IL
CONFRONTO DELLA DOCUMENTAZIONE GRAFICA DELLA
ROTONDA DI SAN TOMÈ IN ALMENNO**

V.M. Nannei, E.C. Giovannini 419

**CONTENUTI, METODOLOGIE E STRUMENTI DIGITALI PER LA
CONSERVAZIONE, LA GESTIONE E LA VALORIZZAZIONE DELLA
PRESENZA MUSEALE ARCHEOLOGICA: IL CASO DEL MUSEO
NAZIONALE ROMANO IN PALAZZO ALTEMPS**

A. Pugliano, V.M. Lacolla 431

**IL CONTRIBUTO DELLA CULTURA DIGITALE AL PROGETTO DI
RESTAURO E ALLA VALORIZZAZIONE DEI MONUMENTI UMBRI
DANNEGGIATI DAL TERREMOTO. IL CASO DEL SAN SALVATORE DI
CAMPI (NORCIA)**

A. Pugliano, B. Gori, V.M. Lacolla 443

**VALORIZZARE LA STORIA DI UN TERRITORIO CON TECNOLOGIE
ABILITANTI: IL CASO DI MONTECATINI VAL DI CECINA**

S. Piane, M. Tennirelli, A. Brogni 455

**UN NUOVO BASAMENTO PER LA PROTEZIONE SISMICA DI BENI
MUSEALI**

A. Di Martino, F. Cannizzaro, N. Impollonia, F. Lo Iacono, G. Navarra,
M. Oliva 467

**EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL PATRIMONIO
ARCHITETTONICO DEL NOVECENTO: RIFLESSIONI SULLA TUTELA
E SUL RESTAURO ATTRAVERSO L'ANALISI DI CASI STUDIO IN
PIEMONTE**

L. Accurti, F. Lupo, M. Naretto 479

**CAMBIAMENTO CLIMATICO E STRATEGIE DI TUTELA DEL
PATRIMONIO COSTRUITO**

A. Biasi, I. Zamboni 491

**CLIMATE POLICIES AND ADAPTATION MEASURES FOR ALPINE
HERITAGE**

A. Psoma 503

**PARCHI E GIARDINI STORICI E CAMBIAMENTO CLIMATICO:
CARATTERI DI ADATTAMENTO E OPPORTUNITÀ NELLA
CONSERVAZIONE DI UN PATRIMONIO FRAGILE**

M. Ferrari 515

**NAPOLI NEL SUO SVILUPPO ORIENTALE: RESILIENZA E RESTAURO
PER IL PARCO CIMITERIALE DI POGGIOREALE**

P. Giordano 527

**EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUI PONTI IN FERRO: IL
CASO DEL PONTE SUL FIUME PO A CREMONA**

M. Scaglia 539

**AFFRONTARE GLI EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI IN CONTESTI
ARCHEOLOGICI. STRATEGIE DI GESTIONE DELL'EMERGENZA NEL
PARCO ARCHEOLOGICO DI SUASA**

E. Melandri, A. Ugolini 551

**ALLUVIONE 2023 E 2024 NEL TERRITORIO DELLA SABAP-BO: ANALISI
DEI DANNI AL PATRIMONIO CULTURALE E CONSIDERAZIONI PER
UNA STRATEGIA DI PREVENZIONE**

F. Tomba, K. Ambrogio 563

**ALL'OMBRA DEL CHIOSTRO: ANALISI MICROCLIMATICHE DELLE
STRUTTURE CLAUSTRALI E STRATEGIE PER IL PROGETTO FRA
CONSERVAZIONE E INNOVAZIONE**

E. Petrucci, R. Cocci Grifoni, G.E. Marchesani 575

**ANALYZING MICROCLIMATE DYNAMICS IN LAKESIDE
ARCHITECTURE HERITAGE OF LAKE COMO**

E. Rosina, H.E. Toussi 587

**SOSTENIBILITÀ E RESTAURO A FERRARA. CASI DI INTEGRAZIONE
TRA BENE CULTURALE E INTERVENTI VOLTI AL MIGLIORAMENTO
DELL'EFFICIENZA ENERGETICA**

K. Ambrogio, F. Tomba 599

**PONTI STORICI TRA SICUREZZA E CONSERVAZIONE. STRATEGIE
DIAGNOSTICHE PER UN USO COMPATIBILE**

A. Saisi 611

**IL RUOLO DELLA CONOSCENZA COME PREREQUISITO
FONDAMENTALE NEL PROGETTO DI RESTAURO: IL CASO DI
PALAZZETTO BESTA DI BIANZONE (SO)**

C.G. Bonaglia, D. Foppoli, L. Aliverti 623

**LA REGINA VIARUM 2300 ANNI DOPO: INNOVAZIONE TECNOLOGICA
DI INTERVENTO ATTRAVERSO QUANTO SANCITO DALL'ARTICOLO
9 DELLA COSTITUZIONE ITALIANA**

E. Dello Vicario, S. Bella, S. Nardocci, D. Leonardi, P. Galassi, G. Signori 635

**IL PROGETTO DI RESTAURO DEI MANUFATTI ANTICHI DELL'ORTO
BOTANICO DI PADOVA. SOSTENIBILITÀ E PREVENZIONE**

S.R. Illuzzi, D. Perissinotto 645

**LA SFIDA DI CONSERVARE LE AREE ARCHEOLOGICHE FRAGILI:
DAL MONITORAGGIO ALLA PROGETTAZIONE NEL CASO DELLA
TOMBA DEI PESCI DI CAGLIARI**

E. Romoli, G. Petra, F. Leonforte, E. Rosina, F. Serrenti 657

**IL RESTAURO TRA SOSTENIBILITÀ TECNOLOGICA ED ECONOMICA:
IL CASO DEL MUSEO E IL REAL BOSCO DI CAPODIMONTE ED IL
PROJECT FINANCING**

C. Aveta, A. Capuano 669

**MULTI-RISCHIO PATRIMONIO. FENOMENI CALAMITOSI E
RIFLESSIONI OPERANTI NELL'AGRO AVELLANO**

A. Sodano 681

**MATERIALI E METODOLOGIE PER INTERVENTI DI CONSERVAZIONE
DELLE PAVIMENTAZIONI LITICHE IN AREE SOTTOPOSTE ANCHE A
VINCOLO MONUMENTALE DIRETTO (DL 42/2004)**

E. Dello Vicario, S. Bella, S. Nardocci, P. Galassi, D. Leonardi, G. Signori 693

**TRA CONSERVAZIONE E RISCHIO SISMICO. LA TUTELA DELLA
CHIESA DI SAN BARTOLOMEO APOSTOLO AD ENZOLA (POVIGLIO,
REGGIO EMILIA) ATTRAVERSO IL PIANO DI DIAGNOSTICA**

L. Bolondi, R. De Ponti, L. Cantini 701

INNOVATIVE APPROACHES FOR THE CONSERVATION OF STONE MATERIALS IN CRITICAL MICROCLIMATIC ENVIRONMENTS: THE USE OF HYDROXIDE NANOPARTICLES

C. Tuccio, F. Armetta, M.L. Saladino 713

IL GEL DI *OPUNTIA*: UNA PROPOSTA SOSTENIBILE PER IL CONSOLIDAMENTO DI PITTURE MURALI “A SECCO”

S. D'Ottavio, E. Manzo, L. Bacchetta, A. Tati, C. Alisi 725

LE MEMBRANE TESSILI: UN SISTEMA INTEGRATO PER MIGLIORARE LE PRESTAZIONI AMBIENTALI DEGLI EDIFICI MONUMENTALI

L. Coco, M. De Vita, C. Bartolomucci 737

UN PASSATO SOSTENIBILE: SUPPORTI E IMBALLAGGI ECOLOGICI PER LA CONSERVAZIONE DEI REPERTI ARCHEOLOGICI

S. Bini, C. Tomaini 749

IL PROGETTO CO.R.A.V.E., TRA RUDERI E VEGETAZIONE: PRIMI ESITI DA UNA SPERIMENTAZIONE DI RESTAURO ARCHEOLOGICO

E. Morezzi, T. Vagnarelli, L. Borgioli 759

SVILUPPO DI NUOVI MATERIALI PER IL RESTAURO DEL PATRIMONIO CULTURALE MEDIANTE RICICLO IN UN'OTTICA DI GEOPOLIMERI

G. Trinchese 771

PER UNA COMUNITÀ PROFESSIONALE IN APPRENDIMENTO SULLA TRANSIZIONE DIGITALE NEI MUSEI: L'*AULA VIRTUALE* COME STRUMENTO DI CONDIVISIONE

P. Petrarola, C. Achille 783

I PROFILI PROFESSIONALI DELLA GESTIONE INFORMATIVA DIGITALE PER IL RESTAURO ARCHITETTONICO

A.L.C. Ciribini 795

CONSERVAZIONE PROGRAMMATA ED EVOLUZIONE CLIMATICA. PROBLEMI, SFIDE, APPROCCI METODOLOGICI

S. Fasana, M. Zerbinatti 807

LA TUTELA DELLE COMPETENZE ARTIGIANALI E LE NORME: IL CASO DEI COSTRUTTORI DI MURI A SECCO

M. Fumo, G. Trinchese, G. D'Angelo 819

LA TUTELA DEL PAESAGGIO NELLA SOCIETÀ IN CAMBIAMENTO. QUALI SFIDE PER GLI OPERATORI DEL SETTORE TRA DIRITTO ALL'INNOVAZIONE E DOVERE DI SALVAGUARDIA

F. Miraglia 831

OLTRE LE “SPECIFICHE COMPETENZE”: LA MULTIDISCIPLINARIETÀ AL PARCO ARCHEOLOGICO DI POMPEI

M.P. Amore, A. Spinosa

839

DOTTORATO NAZIONALE IN HERITAGE SCIENCE

851

USING THE DELPHI METHOD TO DEFINE COMPETENCIES FOR RECUITING, TRAINING AND DESCRIBING PROFESSIONALS

A. Calderan

853

VERSO «LA PROFEZIA DEL MIGLIOR AMBIENTE D’ABITAZIONE PER L’UOMO». STRATEGIE E SOLUZIONI DI UN CONTESTO PASSATO PER TEMI E DOMANDE ANCORA ATTUALI

M. Mauri

859

DIGITALIZZARE L’ARCHIVIO D’ARTISTA: IL CARTEGGIO DI VINCENZO AGNETTI

G. Cerrelli

865

TRANSITIONAL SPACES IN HISTORIC CITIES AND CLIMATE CHANGE: A TRANSVERSAL APPROACH TO ADAPTATION, REUSE AND CONSERVATION FOR NEW RESILIENCE SOLUTIONS

S. Matoti

871

PATRIMONIO COSTRUITO URBANO A RISCHIO: INDAGINI SU DB GEORIFERITI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

F. Ravizza

875

SOLUZIONI SOSTENIBILI PER FRONTEGGIARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO. IL CASO DELLA BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III DI NAPOLI

S. Cenatiempo

881

***DIGITAL PAPHYROLOGY* E NUOVI APPROCCI ANALITICI: PER UNO STUDIO DEI PAPIRI ERCOLANESI DELLA BIBLIOTECA NAZIONALE DI NAPOLI IN UNA PROSPETTIVA DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE**

S. Serraino

887

METHODS FOR EVALUATING THE STATE OF CONSERVATION OF OUTDOOR CONTEMPORARY MURAL PAINTINGS IN PAINTED VILLAGES IN ITALY

A. Cairolì

893

**IL MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA PER LA VALUTAZIONE E LA
PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI CONSERVATIVI: IL CASO
DELLA CHIESA DI SANTA MARIA DI CORREANO AD AUSONIA (FR)**

E. Maddalena 899

**CONSOLIDATION OF HISTORICAL STONE HERITAGE: AN OVERVIEW
OF CURRENT RESEARCH**

A. Verniero, B. Liguori, D. Caputo 905

**STRATEGIE PER LA CONSERVAZIONE DELLE GROTTA RUPESTRI
DEL SICHUAN, CINA**

N. Iacopino, S. Della Torre, E. Gioventù, X. Zhenbin, A. Sansonetti 911

**DAL BENE CULTURALE AL DATO DIGITALE: UNA DISCUSSIONE
APERTA NEL CAMPO DELLA STORIA DELL'ARTE**

M.S. Matarrese 917

**ARCHIVI IN TRANSIZIONE. STRATEGIE DIGITALI PER LA
VALORIZZAZIONE DEL FONDO CAVALCASELLE**

J. Palermo 923

**LA DIAGNOSTICA APPLICATA ALLA CONSERVAZIONE DELLE
STRUTTURE MISTE IN MURATURA-CALCESTRUZZO:
POTENZIALITÀ, LIMITI E PROSPETTIVE FUTURE**

M. Schiaffini 929

**FENOMENOLOGIA DEI MUSEI IN FASE DI PROGETTAZIONE: PER UNA
STRATEGIA DI GESTIONE ETICA, TECNOLOGICA E SOSTENIBILE**

F. Tardani 935

ATMOSFEROLOGIA E INFRASTRUTTURE ANTICHE

F.K.B. Simi 941

**RE-THINKING SOLVENT CLEANING IN CULTURAL HERITAGE:
INVESTIGATING ESSENTIAL OILS AS BIOBASED, SUSTAINABLE
ALTERNATIVES**

C. Suraci 947

IL RUOLO DELLA CONOSCENZA COME PREREQUISITO FONDAMENTALE NEL PROGETTO DI RESTAURO: IL CASO DI PALAZZETTO BESTA DI BIANZONE (SO)

CAMILLA GIULIA BONAGLIA¹, DARIO FOPPOLI², LUCIA ALIVERTI³

¹ Politecnico di Milano

camillagiulia.bonaglia@mail.polimi.it

² Foppoli Moretta e Associati s.r.l.

d.foppoli@foppolimoretta.it

³ Architetto libero professionista

lucia.aliverti@polimi.it

Abstract.

When it comes to heritage, any type of intervention on a building requires extensive research. The phase of knowledge therefore assumes a fundamental value that shapes any future choice, as it aims at understanding and defining the historical, artistic and cultural background of the analyzed object. This can be accomplished through appropriate and targeted diagnostic investigations, that, when combined with historical, bibliographic, iconographic and archival research can provide fundamental information.

This paper examines the role of knowledge as a fundamental prerequisite in the valorization of a cultural heritage building: Palazzetto Besta in Bianzone, an emblematic architectural complex in Valtellina dated back to 16th-century, which has undergone several transformations and is now in a state of neglect. The analysis of historical documents, and of the results of the minor (MDT) and non-destructive (NDT) diagnostic investigations, provided information for the comprehension of the building's evolutionary dynamics and guided the conservation project. Whereas the interpretation of urgent provisional interventions early detection and estimation of the degradation phenomenon's extension.

This case study demonstrates the efficacy, efficiency, and value of the diagnostic techniques in expressing, conserving and transmitting the values expressed by the building, as well as in addressing the subsequent conservation project.

Keywords: *Path of Knowledge, MDT/NDT, GPR-SFCW, Ultrasonic Pulse-Echo*

Introduzione

Il palazzetto Besta a Bianzone è un complesso architettonico che può essere considerato emblematico dell'architettura Valtellinese del XVI secolo (Fig. 1). Esso è sito al di fuori del nucleo urbano principale e si distingue nel paesaggio per la sua rilevanza che emerge tra le costruzioni circostanti.

Il suo significato storico e artistico riflette un modello di dimora aristocratica rappresentativo per la valle e, nonostante gli anni di abbandono, conserva ancora i segni della cura tecnica ed architettonica messa in atto nelle sue fasi costruttive.



Fig. 1. Palazzetto Besta a Bianzone, vista dal cortile interno

Le fasi costruttive

Le prime informazioni riguardanti il palazzetto oggetto di studio risalgono al 1568, in un documento attestante la cessione ereditaria di alcuni beni, da Nicolò II Alberti al nipote e cugino in secondo grado Gerolamo Besta. Nella descrizione dell'immobile contenuta in questo documento sono anche indicati alcuni interventi edilizi che segnalano la trasformazione del fabbricato in una dimora residenziale di maggiore qualità architettonica¹. Successivamente a questa vendita, il palazzetto rimase di proprietà della famiglia Besta fino al 1752: vi abitò prima Carlo, poi il fratello Antonio, ed infine Carlo II, cugino ed ultimo erede che, nel 1696, alienò i beni di Bianzone ad un tal Antonio Besta, appartenente ad un altro ramo della famiglia. Il nuovo proprietario apportò ampliamenti e modifiche al palazzo, tra cui la costruzione dell'essedra, del loggiato e la torre dell'orologio. Nei primi decenni del XVIII secolo, il palazzo passò poi in proprietà alla famiglia grigionese dei Planta². In questo periodo, in contemporanea ad altri interventi edilizi, furono presumibilmente eseguiti anche gli affreschi del salone principale: un ciclo

¹ GARBELLINI 1999, pp.109-110

² All'epoca la Valtellina era territorio dominato dallo "Stato delle Tre Leghe", corrispondente all'attuale Canton Grigioni, in Svizzera

pittorico tratto dalla («Gerusalemme Liberata») ed attribuito al pittore Giuseppe Brina³ (Fig.2).



Fig. 2. Unica foto dell'affresco centrale del salone principale («La conquista di Gerusalemme») prima del crollo

Nel periodo napoleonico la Valtellina fu annessa alla Repubblica Cisalpina e, con la Confisca Reta del 28 ottobre 1797, tutti i beni di proprietà delle famiglie grigionesi presenti in valle furono espropriati. Il palazzetto subì la stessa sorte e la proprietà fu sequestrata e messa all'asta; il palazzo fu acquistato da famiglie nobili della zona e fu per qualche tempo diviso tra più proprietari⁴, poi riunito e nuovamente diviso. In occasione dell'ennesima ripartizione ereditaria, registrata nel 1880, vennero presumibilmente effettuati lavori che apportarono modifiche all'aspetto originario del fabbricato: questi sono gli ultimi interventi architettonici organici documentati. Dopo di allora la dimora perse evidentemente il suo prestigio e, negli anni Cinquanta del secolo scorso, alcuni locali dell'edificio vennero utilizzati come aule scolastiche; in seguito, il palazzetto, che risultava ancora di proprietà privata, fu abbandonato ed utilizzato prevalentemente come deposito agricolo subendo un progressivo degrado⁵.

A partire dagli anni Settanta e Ottanta si registra uno specifico interesse per il palazzo da parte dei cittadini, come testimoniato dai numerosi contatti con la soprintendenza reperiti in archivio, e finalizzati a tutelare in qualche modo il bene. A seguito di ciò nel 1981 fu apposto dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali il vincolo ex lege 1089/39, notificato alla privata proprietaria. Dal 1985, l'amministrazione comunale di Bianzone iniziò a valutare la possibilità di acquistare l'edificio per destinarlo a fruizione pubblica e, nel 2003, dopo trattative a lungo protratte, l'ultimo proprietario, che portava il cognome Besta pur non appartenendo alla famiglia originaria, ha venduto l'intera proprietà e i terreni adiacenti al comune di Bianzone. A partire da questa data, con il coordinamento

³ GARBELLINI 2020, pp.114-117

⁴ PALAZZI TRIVELLI 1986, pp.80-81

⁵ COPPA 1994, p.241

del comune, della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Lombardia e con il contributo della fondazione Cariplo, si è iniziato a pensare ad una possibile valorizzazione del palazzetto, effettuando anche i primi interventi di consolidamento strutturale provvisoriale (opere di pronto intervento) ormai improcrastinabili a causa dell'elevatissimo degrado e dissesto dell'edificio che verrà descritto al punto successivo. Vennero contestualmente intraprese attività di conservazione, rilievo, diagnosi e monitoraggio dell'edificio.

Lo stato attuale dell'edificio

L'attuale configurazione spaziale del fabbricato è la conseguenza diretta della combinazione di strutture di epoche differenti. Il complesso è caratterizzato da una struttura a U, non simmetrica, e incentrata su un cortile rettangolare affiancato su tre lati e da altrettanti corpi di fabbrica: la casa padronale a nord, il loggiato cinquecentesco sormontato da un'edicola barocca ad est, ed una costruzione rustica, più bassa, che chiude il cortile a sud. Gli edifici sono realizzati secondo le modalità tipiche dell'edilizia storica valtellinese, con murature in malta e pietrame ed orizzontamenti costituiti in parte da volte in muratura, anch'esse in malta e pietrame, ed in parte da solai in legno. Attualmente essi risultano fortemente degradati, come prodotto di un lungo periodo di abbandono, incuria e furti, che hanno lentamente ma inesorabilmente spogliato la proprietà. L'edificio è stato infatti per anni esposto alle infiltrazioni di acque meteoriche, a causa della mancanza dei serramenti e dei gravi danni alle coperture, che hanno persino causato il crollo di alcuni solai (Fig. 3), oltre alla quasi totale perdita degli apparati decorativi e delle pavimentazioni.

Fenomeni di carattere strutturale hanno inoltre provocato l'apertura di lesioni, ed in particolare, nel salone principale, le deformazioni della volta hanno portato al distacco di un'ampia parte dell'affresco centrale, i cui frammenti sono stati tuttavia raccolti e conservati in attesa di una futura ricomposizione.



Fig. 3. Il fortissimo degrado delle stüe (locali foderati in legno) al piano primo (a sx) e al piano secondo (a dx)

Un approccio diagnostico passo a passo

L'eccezionale stato di dissesto strutturale dell'edificio richiedeva di acquisire le informazioni necessarie per poter effettuare una valutazione strutturale rapida ed efficace e poter così valutare le residue risorse di equilibrio della struttura.

L'individuazione delle tecniche di indagine più opportune è avvenuta attraverso un'attenta disamina delle informazioni storiche e stratigrafiche, unita all'analisi del quadro fessurativo e deformativo, che hanno consentito di individuare preliminarmente le zone pertinenti alle differenti fasi costruttive e nel contempo quelle strutturalmente più critiche per le quali fosse necessaria una puntuale caratterizzazione. Gli elementi strutturali che sono stati evidenziati come primariamente rilevanti sono stati:

- le caratteristiche geometriche e l'imposta delle strutture di fondazione;
- le caratteristiche geometriche e la stratigrafia delle murature in elevazione;
- le caratteristiche meccaniche e lo stato di sollecitazione delle murature;
- la geometria e la stratigrafia delle volte.

Si osserva in questo ambito che la correlazione dei risultati delle diverse tipologie di indagine, parzialmente distruttive (MDT) e non distruttive (NDT), risulta necessaria al fine di definire, determinare e comprendere i dettagli costruttivi e le caratteristiche dei materiali di un edificio. Le indagini NDT forniscono, infatti, valori di riferimento che non sono i parametri meccanici necessari per effettuare le verifiche strutturali: tali parametri sono ottenibili solo attraverso prove leggermente distruttive. Le prove NDT risultano tuttavia indispensabili per estendere i risultati di queste ultime in maniera non invasiva.



Fig. 4. Nuvola di punti ottenuta dal rilievo laser scanner del complesso

Nell'edificio in esame è stato quindi effettuato in prima battuta un rilievo laser scanner (Fig. 4) e del quadro fessurativo, che ha consentito di stabilire le caratteristiche geometriche tridimensionali ed analizzare i danni ed i dissesti in atto nella struttura.

Sono poi state effettuate un numero limitato di prove leggermente distruttive (carotaggi, endoscopie e prove con martinetti piatti) e non distruttive (prove vibrazionali sulle catene) che hanno consentito di acquisire le informazioni geometriche, materiche e meccaniche necessarie per procedere allo sviluppo di opportuni modelli strutturali necessari per evidenziare i cinematismi di dissesto e, in seguito, predisporre un primo intervento provvisorio.

L'intervento, progettato ed effettuato con modalità d'urgenza, è stato finalizzato a stabilizzare l'edificio attraverso la creazione di una struttura di puntellamento e tirantatura mediante catene metalliche in corrispondenza della facciata Ovest, a sostegno delle volte e dei solai del piano terra e del piano primo, al fine di eliminare le spinte orizzontali prodotte da queste sulle murature.

A seguito dell'intervento, è stato installato un sistema di monitoraggio strutturale, volto a controllare l'evoluzione dello stato deformativo e fessurativo della struttura mediante estensimetri installati a cavallo delle fessure, ed estensimetri a filo utilizzati per controllare le variazioni di distanza tra le strutture contrapposte.

Il monitoraggio ha dimostrato l'efficacia dell'intervento di tirantatura provvisorio, confermando che esso ha ridotto in modo significativo l'evoluzione del cinematismo di rotazione della facciata e l'incremento dei fenomeni fessurativi.

Prove necessarie per estendere le informazioni diagnostiche acquisite

Una volta garantita la sicurezza del fabbricato che, come già specificato precedentemente, risultava al limite del collasso (laddove già non crollato), è stato possibile approfondire il percorso della conoscenza estendendo i dati acquisiti in modo puntuale nel corso della prima fase, attraverso prove non distruttive applicate in modo estensivo e combinato.

Per quanto riguarda l'analisi della geometria e della stratigrafia delle murature e delle volte sono stati utilizzati prevalentemente metodi elettro-magnetici. In particolare, i risultati delle prospezioni puntuali nelle volte e nei solai sono stati integrati ed estesi attraverso scansioni radar e rilievi termografici. Le scansioni effettuate con Ground Penetrating Radar (GPR) analizzano la propagazione in un mezzo delle onde elettromagnetiche, che risulta strettamente legata alle caratteristiche dielettriche dei materiali, che a loro volta derivano dallo stato fisico degli stessi (densità, porosità, permeabilità, conducibilità etc.). Dall'analisi della riflessione degli impulsi elettromagnetici è quindi possibile individuare le interfacce che separano mezzi con caratteristiche diverse, tanto più evidenti quanto più il contrasto di proprietà dielettriche è alto.

Nel caso specifico, in particolare, è stata utilizzata una tecnica di acquisizione innovativa, denominata Stepped-Frequency Continuous Wave (GPR-SFCW) che utilizza un segnale continuo modulato in frequenza, consentendo una maggior precisione ed una miglior risoluzione nelle acquisizioni⁶. Il post-processamento

⁶ BORDERUAS CONSORTIUM 2022

digitale delle immagini consente poi di ottenere sezioni trasversali dell'elemento analizzato (B-Scan) oppure immagini tridimensionali dello stesso (C-Scan). Le scansioni georadar hanno quindi permesso di studiare la struttura interna delle diverse sezioni murarie, rilevando, oltre alla variazione dello spessore della stessa, anche eventuali anomalie, cavità o discontinuità presenti. (Fig. 5).

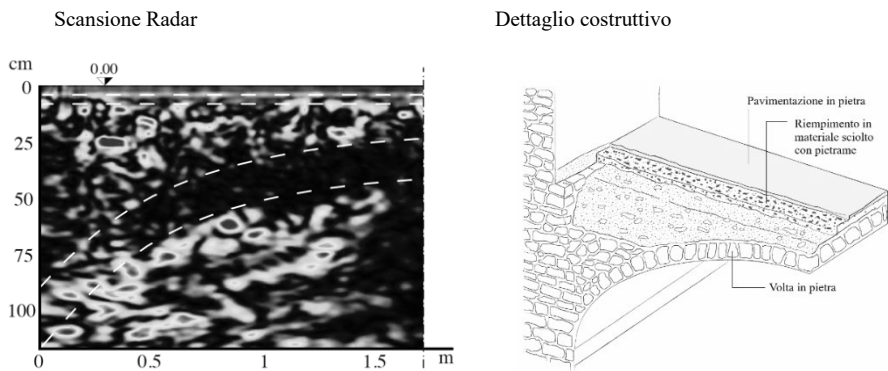


Fig. 5. Confronto del radargramma della sezione con il rispettivo dettaglio costruttivo

Questa tipologia di analisi è stata integrata e completata dai rilievi termografici (Fig.6) che, analizzando la differenza di temperatura delle superfici degli elementi strutturali, permettono di individuare eventuali disomogeneità, di volta in volta attribuite alla presenza di cavedi, canne fumarie, aperture tamponate o discontinuità materiche⁷.



Fig. 6. Prospetto Sud, lato sinistro e rispettivo mosaico dei termogrammi (a dx)

⁷ LUDWIG *et al.* 2001

Le caratteristiche dei materiali, ed in particolare della muratura, che risulta molto disomogenea, sono state analizzate in modo leggermente distruttivo attraverso prove con martinetti piatti, che hanno consentito di determinare il modulo di deformabilità e di stimare la resistenza a compressione della muratura⁸.

In questo caso, per estendere i risultati sono stati impiegati prevalentemente metodi che utilizzano onde di pressione. Le prove più comuni, quelle ultrasoniche, sono basate sulla misurazione della velocità di trasmissione delle onde ultrasoniche, ovvero Ultrasonic Pulse Velocity (UPV). Come noto, esiste una correlazione diretta tra il valore del modulo elastico (dinamico) e la velocità di propagazione delle onde di pressione, tuttavia, le condizioni a cui tale correlazione è applicabile (materiale omogeneo, elastico, isotopo, simmetrico) non sono proprie delle murature. Inoltre, la muratura è solitamente troppo disomogenea per consentire la trasmissione dei deboli impulsi emessi dai trasduttori piezoelettrici; si è quindi operato applicando l'impulso con modalità soniche attraverso un martello strumentato⁹. È stato così possibile confrontare i risultati delle prove MDT con quelli delle prove NDT, estendendo i primi mediante i secondi.

In modo innovativo si è inoltre operato analizzando anche la riflessione delle onde di pressione attraverso il metodo Ultrasonic Pulse-Echo (UPE). Questa tipologia di indagine consente di rilevare la riflessione di brevi impulsi di onde elastiche ultrasoniche ad opera di fessure, cavità, armature ed altre discontinuità presenti nel materiale o nella struttura. L'intensità delle onde riflesse da queste disomogeneità dipende infatti dal loro contrasto rispetto al materiale di base in termini di impedenza acustica, rendendo possibile individuare le discontinuità presenti nel corpo murario¹⁰. In particolare, poiché l'aria presente nei vuoti ha un'impedenza acustica praticamente nulla, questa tecnica risulta particolarmente efficace per individuare la presenza di vuoti, mentre la tecnica radar prima descritta è particolarmente efficace per individuare la presenza di elementi metallici.

La sperimentazione compiuta nel caso in esame ha tuttavia consentito di osservare come questo metodo risulti ben applicabile per elementi strutturali più omogenei, come ad esempio i pilastri in pietra al piano terra dell'edificio, mentre fornisce risultati più difficilmente interpretabili per le murature, data appunto la loro intrinseca disomogeneità.

Un ultimo parametro analizzato è stato infine la resistenza a compressione della malta di allettamento, misurata attraverso prove penetrometriche sui giunti; anche questo dato è stato combinato con i risultati delle prove soniche e delle prove effettuate con i martinetti piatti¹¹.

⁸ GELMI *et al.* 1993; GREGORCZYK 2000

⁹ LAGOMARSINO *et al.* 2007

¹⁰ MAACK *et al.* 2022; VASSANELLI *et al.* 2017, pp.15-17

¹¹ JURINA 2007, pp.116-131

Risultati diagnostici

Le caratteristiche geometriche della muratura, delle volte e dei solai determinate mediante saggi diretti ed estese con i metodi sopra descritti hanno fornito una valutazione complessiva della vulnerabilità dell'edificio.

L'analisi dell'interazione delle strutture di fondazione con il terreno ha permesso di constatare che le murature sono fondate a limitata profondità, con strutture di qualità scadente e senza riseghe in fondazione. La quota di imposta delle fondazioni, correlata al profilo stratigrafico del terreno fornito dalle prove geotecniche, ha inoltre evidenziato che le fondazioni del lato Est della facciata sono più superficiali ed impostate su un terreno con caratteristiche geotecniche più scadenti su un lato rispetto all'altro, giustificando così l'evidente quadro fessurativo e deformativo.

Per quanto riguarda le strutture in elevazione, sono stati analizzati gli elementi costruttivi più significativi, ricostruendo i dettagli relativi all'ammorsamento dei tiranti, all'interconnessione tra le travi in legno e le murature e alla conformazione delle volte.

Riguardo alle volte, in particolare, le indagini GPR hanno consentito di estendere i risultati puntuali su tutta la struttura. Ne è un esempio la volta del piano terreno, dove il rilievo GPR evidenzia chiaramente la ghiera strutturale dell'arco ed il materiale di rinfiacco sovrastante di forte spessore perché probabilmente attiene a più pavimentazioni soprammesse e gli strati della pavimentazione.

Le murature, invece, sulla base dell'osservazione visiva diretta della tessitura, sono state classificate come muratura a conci sbazzati di natura metamorfica di forma irregolare di dimensioni variabili con prevalenza di filari orizzontali.

A tal proposito, è stata recentemente effettuata una ricerca su scala regionale in merito alla caratterizzazione di murature di questa tipologia e presenti nello stesso contesto territoriale¹². Questa ricerca ha consentito di caratterizzare le strutture secondo due tipologie: muratura con tessitura disordinata (Tipo I) e muratura con corsi pressoché orizzontali (Tipo II), e di individuare i valori tipici delle caratteristiche meccaniche delle stesse.

La tessitura ed i valori medi delle murature analizzate al palazzetto Besta, determinati tramite le prove effettuate con i martinetti piatti, sono risultati in media assolutamente conformi con quelli che nella bibliografia precedentemente citata vengono ritenuti indicativi delle murature tipo II (modulo di deformabilità 3737MPa vs 3571MPa, resistenza a compressione >2,4MPa vs 2.93MPa).

È di seguito riportata una rielaborazione del grafico 4¹², in cui sono evidenziate le caratteristiche meccaniche tipo delle murature I e II e il range in cui è collocata la media dei valori ottenuti dalle prove effettuate nel corso della presente indagine (Fig.7).

¹² SALA *et al.* 2021

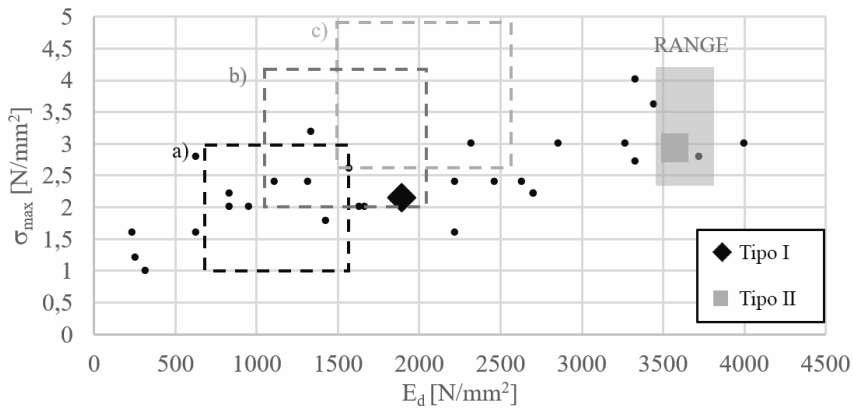


Fig. 7. Rielaborazione del grafico 4¹² con indicato il range in cui è collocata la media dei valori ottenuti dalle prove

È interessante osservare che le prove effettuate confermano quanto indicato nella precedente ricerca, ovvero che le murature in area valtellinese risultano molto più rigide rispetto a quanto sia possibile desumere dalle tabelle normative (Circ. CS.LL.PP. 21/01/2018) e riportato nei riquadri individuati dalle lettere a), b), e c). Le misure delle velocità soniche sono invece risultate sensibilmente più basse di quanto atteso. Le caratteristiche meccaniche della malta e i valori delle velocità sonica attestano infine la sostanziale omogeneità delle murature, nonostante le differenti fasi costruttive citate in precedenza.

Conclusioni

Per il palazzetto Besta di Bianzone, lo studio e l'applicazione delle tecniche diagnostiche non invasive, combinato con la conoscenza interdisciplinare ed il collegamento trasversale dei risultati ottenuti, si sono dimostrati particolarmente efficaci, sia dal punto di vista metodologico che degli esiti, in quanto hanno consentito di definire un quadro diagnostico completo dei dettagli costruttivi e delle caratteristiche dei materiali.

L'impiego di metodologie innovative, quali GPR-SFCW ed Ultrasonic Pulse-Echo utilizzate a supporto dei risultati acquisiti mediante prove leggermente distruttive, ha permesso di integrare ed estendere i risultati di queste ultime in maniera non invasiva. La sperimentazione di tali metodologie di indagine ha inoltre consentito di definire il limite dell'ambito di applicazione di ciascuna tecnica e strumentazione, anche in vista di ulteriori future applicazioni.

La collaborazione multidisciplinare di esperti di vari settori ha infine permesso di esprimere, nel modo più esaustivo ed efficace possibile, un giudizio circa il comportamento strutturale dell'edificio. In questo modo è stato possibile realizzare

interventi di natura provvisoria, riducendo gli evidenti rischi, e progettare ulteriori interventi di consolidamento e restauro che, sulla base dei risultati acquisiti, sono stati predisposti rispettando e valorizzando l'integrità culturale, materica e strutturale dell'edificio.

Ringraziamenti

Gli autori intendono ringraziare il maestro Igino Ronchi, lo storico Gianluigi Garbellini e la professoressa Elisabetta Rosina, che hanno messo a disposizione il materiale utilizzato nella ricerca.

Bibliography

1. BORDERUAS CONSORTIUM, *The use of Stepped-Frequency Continuous Wave (SFCW) radars to detect moving people and vehicles*, Luglio 2022 < <https://borderuas.eu/> > [Aprile 2025].
2. COPPA Simonetta (a cura di), *Civiltà artistica in Valtellina e Valchiavenna. Il Settecento*, vol. 1, Edizioni Bolis; Bergamo 1994, pp. 241-242.
3. GARBELLINI Gianluigi, *Dagli Alberti ai Besta: le origini del palazzetto Besta di Bianzone* in («Bollettino della società storica Valtellinese»), n.52, ed. Tipografia Washington, Sondrio 1999, pp.109-123.
4. GARBELLINI Gianluigi, *Un prezioso bene in pericolo. Il Palazzo Besta in Bianzone*, in («Notiziario della Banca Popolare di Sondrio»), n.142, Banca Popolare di Sondrio, Sondrio Aprile 2020, pp.114-117.
5. GELMI Alberto, MODENA Claudio, ROSSI Pier Paolo, Zaninetti Alberto, *Mechanical characterization of stone masonry structures in old urban nuclei*, Atti della 6° conferenza Nord Americana sulla muratura (Philadelphia, 1993).
6. GREGORCZYK Paweł, LOURENÇO Paulo B., *A Review on Flat-Jack Testing*, Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil (DEC), Settembre 2000.
7. JURINA Lorenzo, *La caratterizzazione meccanica delle murature. Parte prima: prove penetrometriche*, Atti del seminario internazionale CIAS (Cipro, 2007), pp. 115-132.
8. LAGOMARSINO Sergio, DONDERO L.P. Giovanni, STAGNO Gerolamo, BIASIN Mari, *Indagini soniche su edifici colpiti da eventi sismici. Lombardia 2004 Sisma Salò applicazioni, su edifici di culto elaborazioni convenzionali e sviluppi sperimentali*, Atti del 12° Congresso e Conferenza Nazionale sulle Prove non Distruttive AIPND (Milano, 2007).
9. LUDWIG N, ROSINA Elisabetta, *Detection of the Moistened Surfaces by Active and Passive T/IR*, Atti della fondazione Giorgio Ronchi, CNR-IROE, (Firenze, 2001), n. 3.
10. MAACK Stefan, KÜTTENBAUM Stefan, BÜHLING Benjamin, NIEDERLEITHINGER Ernst, *Low frequency ultrasonic dataset for pulse echo object detection in an isotropic homogeneous medium as reference for heterogeneous materials in civil engineering*, Atti del simposio internazionale sui test non distruttivi nell'ingegneria civile NDT-CE (Zurigo, 2022).

11. PALAZZI TRIVELLI Francesco, *I Besta Azones di Teglio*, in («Bollettino della società storica Valtellinese»), n.39, ed. Tipografia Washington, Sondrio 1986, pp.45-104.
12. SALA Mattia, FOPPOLI Dario, DELLA TORRE Stefano, *Mechanical Characterization of Traditional Masonry in an Homogeneous Territory: Valtellina*, Atti del 12° congresso internazionale sull'analisi strutturale di costruzioni storiche SAHC (Barcelona, 2021).
13. VASSANELLI Emanuele, CALIA Alessandro, LUPRANO Vincenzo, MICELLI Francesco, *Ultrasonic pulse velocity test for non-destructive investigations of historical masonries: an experimental study of the effect of frequency and applied load on the response of a limestone*, in («Materials and structures»), 2017, pp.1-20.