



**LA COSTRUZIONE DEL PAESAGGIO RURALE:
PATRIMONI MATERIALI
E IMMATERIALI MEDITERRANEI**

*THE CONSTRUCTION OF THE RURAL LANDSCAPE:
MEDITERRANEAN TANGIBLE AND INTANGIBLE HERITAGES*

Raccolta di studi e di esperienze professionali

a cura di
Marina Fumo

**LA COSTRUZIONE DEL PAESAGGIO RURALE:
PATRIMONI MATERIALI E IMMATERIALI MEDITERRANEI**

**THE CONSTRUCTION OF THE RURAL LANDSCAPE:
MEDITERRANEAN TANGIBLE AND INTANGIBLE HERITAGES**

Raccolta di studi e riflessioni professionali

a cura di

Marina Fumo

LUCIANOEDITORE



Realizzato con il contributo dell'Ordine degli Architetti PPC di Napoli e Provincia

Comitato di redazione: Marina Fumo, Andrea Maglio, Giuseppe Pignatelli, Federica Ribera, Antonella Violano

Le assegniste di ricerca Gigliola D'Angelo e Rossella Russo presentano in questo volume alcuni esiti della propria ricerca PRIN2022 "Progettare la transizione dell'ambiente rurale dalla fragilità dei terrazzamenti italiani al loro riuso"

La curatrice e l'editore non rispondono del contenuto dei singoli contributi di cui sono responsabili esclusivamente gli autori firmatari. Prima della pubblicazione, tutti gli studi raccolti sono stati valutati dal comitato di redazione e sottoposti a un processo di duplice valutazione anonima da parte di esperti del mondo accademico nazionale.

Curatela: Marina Fumo

Impaginazione grafica: Rossella Russo

Revisione editoriale: Enrico Casati

Copertina: Giuseppe Trinchese

Foto di copertina di: Marina Fumo (paesaggio collinare del Comune di Vico Equense)

Vietata la riproduzione anche parziale senza il consenso degli autori.

Proprietà letteraria riservata
ISBN 978-88-6026-377-3

© 2025 LUCIANO EDITORE

Via P. Francesco Denza, 7
80138 Napoli

<http://www.lucianoeditore.net> e-mail: editoreluciano@libero.it

INDICE/INDEX

IL CAPPERO E LA PIETRA. PRATICHE, SAPERI E SIMBOLI NEI PAESAGGI TERRAZZATI DELLA COSTIERA SORRENTINO-AMALFITANA <i>THE CAPER AND THE STONE. PRACTICES, KNOWLEDGE AND SYMBOLS IN THE TERRACED LANDSCAPES OF THE SORRENTO-AMALFI COAST</i> Giovanni Gugg.....	pag. 6
PROCIDA E L'ARCHITETTURA RURALE <i>PROCIDA AND RURAL ARCHITECTURE</i> Emanuele Taranto.....	pag. 19
LA TUTELA E LA VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO RURALE MEDITERRANEO NEL QUADRO DELLA LEGGE EUROPEA SUL RIPRISTINO DELLA NATURA. SFIDE E OPPORTUNITÀ <i>THE PROTECTION AND ENHANCEMENT OF THE MEDITERRANEAN RURAL LANDSCAPE WITHIN THE FRAMEWORK OF THE EUROPEAN NATURE RESTORATION LAW CHALLENGES AND OPPORTUNITIES.</i> Luigi Servadei.....	pag. 37
PAESAGGI RICONOSCIUTI, PATRIMONI DIMENTICATI: IL RUOLO DELLA QUALITÀ RESIDUA NEI PAESAGGI VITIVINICOLI UNESCO <i>RECOGNIZED LANDSCAPES, FORGOTTEN HERITAGE: THE ROLE OF RESIDUAL QUALITY IN UNESCO VITICULTURAL LANDSCAPES</i> Alessandra Renzulli, Emilia Garda.....	pag. 47
LA RISCOPERTA DI UN PAESAGGIO RURALE PER LA PIANA CAMPANA <i>REDISCOVERING A RURAL LANDSCAPE FOR THE "PIANA CAMPANA"</i> Elvira De Felice.....	pag. 61
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI MONOROTAIA NELLA ZONA DI S. GINETO NEL COMUNE DI MINORI <i>CONSTRUCTION OF A MONORAIL SYSTEM IN THE S. GINETO AREA, MUNICIPALITY OF MINORI</i> Bonaventura Fraulo.....	pag. 75
LA DINAMICA NASCOSTA NELLE MURATURE A SECCO: DAL SISTEMA IDRAULICO ALLA MITIGAZIONE CLIMATICA <i>THE HIDDEN DYNAMIC IN DRY-STONE WALLS: FROM THE HYDRAULIC SYSTEM TO CLIMATE MITIGATION</i> Anna Pina Arcaro.....	pag. 84

EDILIZIA RURALE, ARCHITETTURA BIOCLIMATICA E IDENTITÀ SOCIALE. CASO STUDIO A S. LEUCIO DEL SANNIO <i>RURAL BUILDING, BIOCLIMATIC ARCHITECTURE AND SOCIAL IDENTITY.</i> <i>CASE STUDY IN S. LEUCIO DEL SANNIO</i> <i>Dora Francese, Enrico Maria Oliva.....</i>	<i>pag. 93</i>
MODELLI MULTICRITERIO PER LO STUDIO E LA VALORIZZAZIONE DEI PAESAGGI TERRAZZATI IN CAMPANIA: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE <i>MULTI-CRITERIA MODELS FOR THE STUDY AND ENHANCEMENT OF TERRACED LANDSCAPES IN CAMPANIA: STATE OF THE ART AND PROSPECTS</i> <i>Gigliola D'Angelo, Russo Rossella, Emma Buondonno.....</i>	<i>pag. 108</i>
AGRO CALENO TRA BONIFICHE E ARCHITETTURA RURALE DELL'O.N.C.: IL CASO STUDIO DEL BORGO APPIO E DELLA BALZANA <i>AGRO CALENO BETWEEN LAND RECLAMATION AND RURAL ARCHITECTURE OF THE O.N.C.: THE CASE STUDY OF BORGO APPIO AND LA BALZANA</i> <i>Russo Rossella, Gigliola D'Angelo, Emma Buondonno.....</i>	<i>pag. 120</i>
ARCHITETTURA RURALE PUGLIESE: LA MASSERIA CICELLA DI MANDURIA <i>APULIAN RURAL ARCHITECTURE: MASSERIA CICELLA IN MANDURIA</i> <i>Emma Buondonno, Gigliola D'Angelo, Rossella Russo.....</i>	<i>pag.136</i>
SEPARATION ELEMENTS IN THE COUNTRYSIDE OF CASTILLA Y LEÓN <i>Gregorio García López De La Osa, Pilar Cristina Izquierdo Gracia.....</i>	<i>pag. 155</i>
IL PAESAGGIO RURALE DELLA LUCANIA MATERANA. IL BORGO DI CASINELLO TRA INNOVAZIONE SOCIOTECNICA E CULTURA MATERIALE <i>RECOGNIZED LANDSCAPES, THE RURAL LANDSCAPE OF LUCANIA MATERANA: THE VILLAGE OF CASINELLO BETWEEN SOCIOTECHNICAL INNOVATION AND MATERIAL CULTURE</i> <i>Mariangela Bellomo, Antonella Falotico.....</i>	<i>pag. 169</i>
DAL RILIEVO DIGITALE ALL'ANALISI E ALLA REALTÀ VIRTUALE DEL PATRIMONIO RURALE: IL CASO STUDIO DEI SISTEMI IDRICI DELLA MASSERIA DEL CRISTO A MATERA, ITALIA <i>FROM DIGITAL SURVEY TO ANALYSIS AND VIRTUAL REALITY OF RURAL HERITAGE: THE CASE STUDY OF MASSERIA DEL CRISTO WATER SYSTEMS IN MATERA, ITALY</i> <i>Daniele Altamura, Enrico Lamacchia, Ruggero Ermini, Antonella Guida, Nicola Masini.....</i>	<i>pag. 184</i>
CULTIVATED TERRACES AND THEIR MAPPING IN THE MEDITERRANEAN PART OF SLOVENIA <i>Rok Ciglič, Lenart Štaut, Anže Glušič, Luka Čehovin zajc, Drago Perko.....</i>	<i>pag. 200</i>
CASE RURALI NEL MEDITERRANEO: RESTAURO, RIQUALIFICAZIONE E RIUSO DI UNA CASA RURALE E ANNESSI NELLA CALABRIA JONICA <i>RURAL HOUSES IN THE MEDITERRANEAN: RESTORATION, REDEVELOPMENT AND REUSE OF A RURAL HOUSE AND OUTBUILDINGS IN IONIAN CALABRIA</i> <i>Claudia Sicignano.....</i>	<i>pag. 202</i>

RECUPERO INTELLIGENTE NELLE AREE RURALI MEDITERRANEE. STRATEGIE COMPARATIVE TRA ITALIA E SPAGNA <i>SMART REHABILITATION IN THE MEDITERRANEAN RURAL AREAS.</i> <i>COMPARATIVE STRATEGIES IN ITALY & SPAIN</i> Luisa Lombardo, Aiala Bastero, Belén Onecha, Tiziana Campisipag. 210
BORGHI E PAESAGGI RURALI DELLA GARFAGNANA: TUTELA, CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE CULTURALI E NATURALI PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE <i>VILLAGES AND RURAL LANDSCAPES OF THE GARFAGNANA: PROTECTION, CONSERVATION</i> <i>AND ENHANCEMENT OF CULTURAL AND NATURAL RESOURCES</i> <i>FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT</i> Denise Ulivieri, Claudia Avetapag. 236
LA TUTELA DEL PATRIMONIO RURALE TRA CONSERVAZIONE E RISCHI: IL CASO DELLE CASCINE BRESCIANE <i>THE PROTECTION OF RURAL HERITAGE BETWEEN CONSERVATION AND RISK:</i> <i>THE CASE OF FARMSTEADS IN BRESCIA</i> Francesca Tanghettipag. 257
VALORIZZARE L'ESISTENTE E COLTIVARE IL FUTURO. STRATEGIE PROGETTUALI PER IL RIUTILIZZO ADATTIVO E SOSTENIBILE DEL PATRIMONIO RURALE. L'“OLIVAIA” DI ARCO. <i>ENHANCING THE EXISTING AND CULTIVATING THE FUTURE. DESIGN STRATEGIES</i> <i>FOR THE ADAPTIVE AND SUSTAINABLE RE-USE OF THE RURAL HERITAGE.</i> <i>THE “OLIVE GROVE” OF ARCO</i> Maria Paola Gatti, Claudia Battainopag. 273
COSTRUZIONE DEL PAESAGGIO RURALE E RIGENERAZIONE DEL PATRIMONIO TERRITORIALE: IL CASO STUDIO DI UN'AREA INTERNA DELL'ABRUZZO <i>RURAL LANDSCAPE CONSTRUCTION AND TERRITORIAL HERITAGE REGENERATION:</i> <i>THE CASE STUDY OF AN INNER AREA OF ABRUZZO</i> Camilla Salve, Alessandra Tosonepag. 289
TECNICHE COSTRUTTIVE IN PIETRA A SECCO NELLA SIERRA DEL RINCÓN (MADRID): CONSERVAZIONE, TRASMISSIONE DEI SAPERI E INTEGRAZIONE PAESAGGISTICA <i>DRY-STONE CONSTRUCTION TECHNIQUES IN THE SIERRA DEL RINCÓN (MADRID):</i> <i>CONSERVATION, KNOWLEDGE TRANSMISSION, AND LANDSCAPE INTEGRATION</i> Alessia Verniero; Mercedes Del Río Merino; Barbara Liguoripag. 304

DAL RILIEVO DIGITALE ALL'ANALISI E ALLA REALTÀ VIRTUALE DEL PATRIMONIO RURALE: IL CASO STUDIO DEI SISTEMI IDRICI DELLA MASSERIA DEL CRISTO A MATERA, ITALIA

FROM DIGITAL SURVEY TO ANALYSIS AND VIRTUAL REALITY OF RURAL HERITAGE: THE CASE STUDY OF MASSERIA DEL CRISTO WATER SYSTEMS IN MATERA, ITALY

DANIELE ALTAMURA¹, ENRICO LAMATTINA², RUGGERO ERMINI³, ANTONELLA GUIDA⁴, NICOLA MASINI⁵

¹ Università degli Studi della Basilicata, daniele.altamura@unibas.it

² Università degli Studi della Basilicata, enrico.lamacchia@unibas.it

³ Università degli Studi della Basilicata, ruggero.ermi@unibas.it

⁴ Università degli Studi della Basilicata, antonella.guida@unibas.it

⁵ CNR ISPC Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, nicola.masini@cnr.it

Parole chiave: 3D Survey, Water Systems Analysis; virtual reality; rural heritage, architectural heritage

Introduzione e obiettivi

Negli ultimi anni, la comunità scientifica ha manifestato un crescente interesse verso lo sviluppo di metodologie innovative e tecniche di rilievo digitale tridimensionale, nonché verso l'applicazione della Realtà Virtuale al patrimonio storico. Tali strumenti offrono una solida base per l'analisi delle tecniche costruttive storiche e dei materiali tradizionali [6–11–16]. In tale contesto, il Patrimonio Rurale in stato di abbandono si configura come un rilevante banco di prova, poiché conserva pressoché intatti i segni delle pratiche costruttive tradizionali, rendendo possibile uno studio approfondito. Ciò avviene in misura significativamente maggiore rispetto a quanto riscontrabile nei centri storici, spesso oggetto di consistenti trasformazioni nel corso del tempo.

Sebbene questo patrimonio rappresenti un'opportunità straordinaria per indagare con dettaglio le tracce del passato, esso richiede al contempo l'elaborazione di azioni mirate alla sua conservazione, al recupero e alla valorizzazione.

Il presente studio propone un approccio metodologico finalizzato al rilievo, all'analisi e alla divulgazione dei sistemi storici di gestione delle acque nel contesto rurale materano, attraverso il caso studio della *Masseria del Cristo*, emblematica testimonianza di patrimonio culturale a rischio di scomparsa [13–14–15].

In tal senso, risulta imprescindibile una rapida catalogazione di tali beni, al fine di evitarne la perdita definitiva e di salvaguardarne il valore storico e culturale [1–6–11–16–17–18].

Le informazioni acquisite sono state restituite mediante un modello digitale tridimensionale, fruibile virtualmente attraverso la piattaforma web open source ATON [3]. Il modello è stato generato tramite il processo fotogrammetrico *Structure From Motion* (SFM) [18], realizzato con il software *Agisoft Metashape* [2], a partire da immagini acquisite mediante fotocamere installate su sistemi a pilotaggio "da remoto" (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) [2–16].

Stato dell'arte

Negli ultimi anni, sono state sviluppate tecnologie e sistemi innovativi per lo studio del Patrimonio Culturale materiale, con l'obiettivo di catalogarlo, analizzarlo e renderlo fruibile in forma virtuale. In particolare, l'impiego dei droni, più propriamente detti UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), consente di acquisire rapidamente informazioni di natura geometrica e materica mediante la registrazione di immagini in alta definizione. Tali immagini possono successivamente essere importate in specifici software di fotogrammetria digitale per la generazione di modelli tridimensionali [6–11–18].

La fotogrammetria 3D si basa sulla cattura di immagini da differenti angolazioni di un oggetto o di una scena. Una delle tecniche maggiormente diffuse è la *Structure from Motion* (SFM), che analizza sequenze di immagini per ricostruire la geometria tridimensionale e le posizioni delle camere di ripresa [18]. Il metodo SFM restituisce un modello proporzionalmente corretto, ma non dimensionato né georeferenziato [18]. Pertanto, è necessario convertire il modello ottenuto da un sistema di coordinate locali a uno di tipo assoluto. Questo processo avviene mediante l'individuazione di un numero adeguato di *Ground Control Points* (GCP), identificati e misurati in situ con strumenti ad alta precisione, quali stazioni totali o ricevitori GPS con tecnologia RTK [1–6–10–11–17–18].

I modelli tridimensionali ottenuti attraverso processi fotogrammetrici consentono la visualizzazione di ortomosaici ad alta risoluzione, che rappresentano una base solida per l'elaborazione di elaborati tecnici di dettaglio [1–6–11–17–18]. Tali elaborati permettono un'analisi approfondita della componente superficiale del patrimonio architettonico, finalizzata alla ricostruzione delle tecnologie costruttive tradizionali e dei materiali utilizzati [1–6–17]. Allo stesso tempo, i modelli digitali generati consentono una fruizione virtuale, tramite piattaforme web open source, e la creazione di percorsi immersivi in Realtà Aumentata, garantendo l'accessibilità ad un ampio pubblico [6].

Le tecnologie di Realtà Virtuale e Realtà Aumentata, oltre a costituire strumenti efficaci per la promozione turistica e la valorizzazione del Patrimonio Culturale, si rivelano utili anche nella progettazione di interventi di recupero e manutenzione del patrimonio costruito storico [6–16]. Nonostante tali pratiche siano ormai consolidate, si riscontra una carenza significativa di applicazioni validate nel contesto del Patrimonio Rurale materiale. Le applicazioni attualmente più frequenti si concentrano sul Patrimonio Monumentale, ossia su oggetti, luoghi e spazi di rilevanza storica, culturale e artistica, riconosciuti come beni di interesse collettivo e considerati testimonianze da preservare per le generazioni future.

Tuttavia, se il Patrimonio Monumentale rappresenta la memoria e l'identità di un luogo, allo stesso modo le Architetture Rurali costituiscono testimonianze di pratiche storiche finalizzate alla produzione delle risorse necessarie alla sussistenza delle comunità, insediate in un territorio più ampio che, evidentemente, comprende anche la città.

Approccio teorico e metodologico

Il presente contributo si propone di validare l'applicazione dei processi fotogrammetrici di rilievo digitale per l'elaborazione di modelli tridimensionali del Patrimonio Rurale, i quali possono costituire un adeguato punto di partenza per l'analisi delle tecniche costruttive storiche e dei materiali impiegati nei sistemi rurali di gestione delle risorse idriche, in particolare in siti di difficile accesso. Al contempo, tali modelli digitali, se integrati all'interno di piattaforme web open source, da un lato garantiscono la

fruizione virtuale e la disseminazione dei risultati a beneficio di studenti e ricercatori, dall'altro consentono ai tecnici di effettuare ispezioni da remoto per finalità di recupero e manutenzione, grazie all'ausilio di sensori di telerilevamento [11].

L'approccio metodologico proposto si articola nelle seguenti fasi:

1. *Acquisizione dei dati.* Tale fase si suddivide nei seguenti sottofasi: *analisi territoriale, ricerca storica e rilievo digitale dello stato di fatto.* La ricerca bibliografica e archivistica è stata condotta con l'obiettivo di acquisire una conoscenza approfondita del contesto, mentre il rilievo digitale con UAV, supportato dalla tecnica tradizionale della triangolazione, ha consentito una rapida e preziosa acquisizione delle caratteristiche geometriche e materiche di manufatti altrimenti inaccessibili;
2. *Sviluppo dei dati.* Questa fase comprende la generazione del modello tridimensionale e l'analisi dei dati. Il modello digitale 3D è stato elaborato mediante la fotogrammetria, a partire dai dati acquisiti tramite drone;
3. *Analisi dei dati.* Il modello 3D ottenuto costituisce la base per l'analisi delle pratiche e delle tecniche storiche di gestione dell'acqua;
4. *Inserimento dei dati.* Il modello 3D, integrato con i risultati dell'analisi, è stato implementato all'interno di una piattaforma web open source al fine di garantirne la fruizione virtuale e promuovere la valorizzazione culturale di tale patrimonio.

Acquisizione dei dati

La masseria storica denominata *Masseria del Cristo* sorge a un'altitudine di 250 metri sul livello del mare, ubicata su un affioramento calcareo nel *Piano di Chiatamura*, a circa 10 chilometri a ovest dell'area urbana di Matera, lungo l'antico tracciato della *Strada Comunale da Matera a Madonna di Picciano*, che corre parallelamente al corso del torrente *Gravina di Picciano* (Fig. 1b) [13–14–15]. L'edificio si colloca in prossimità del lieve pendio di una bancata rocciosa, caratterizzata da una forma stretta e allungata con orientamento nord-ovest/sud-est, circondato da campi coltivati e ingloba inoltre due cave dismesse, successivamente riconvertite in spazi funzionali.

Antichi documenti risalenti all'inizio del XVII secolo fanno riferimento a quest'area con i toponimi *Voccuzza* o *Boccuzza*, menzionando la presenza di un'azienda agricola di proprietà della *famiglia Giacuzzi* [13]. Circa un secolo più tardi, tale proprietà venne ceduta dagli eredi alla *famiglia Paolicelli*, già possessori di terreni confinanti.

Di straordinario rilievo storico è il documento noto come *fede*, un certificato datato 16 settembre 1700 (*Archivio di Stato di Matera, Fondo notarile, Protocolli originali dei notai di Matera, Notaio Sarcuni Tommaso, n. 35, Protocolli Atti vari 1700, cc. Iv–2r, allegato*), redatto dal *Pubblico Tabulario* (una sorta di ufficiale pubblico) della città di Matera, *Don Giacomo Antonio Casamassima*. In tale atto, la masseria viene descritta con dovizia di particolari e rappresentata graficamente con il suo vasto possedimento. La mappa allegata si distingue per un sorprendente realismo, nel quale risultano chiaramente leggibili la morfologia del terreno, i corsi d'acqua, la viabilità e le aree coltivate [13] (Fig. 1a).

La mappa storica in oggetto (Fig. 1a) rappresenta un edificio singolo, di modeste dimensioni, dotato di copertura a falde e camino, affiancato da tre cortili recintati presumibilmente delimitati da muretti a secco [5]. È inoltre indicato un pozzo adiacente. Nel 1706, la proprietà passò dalla *famiglia Paolicelli*

alla *Cappella del Santissimo Sacramento della Cattedrale di Matera*, la quale, negli anni successivi, acquisì anche altri fondi limitrofi [13].

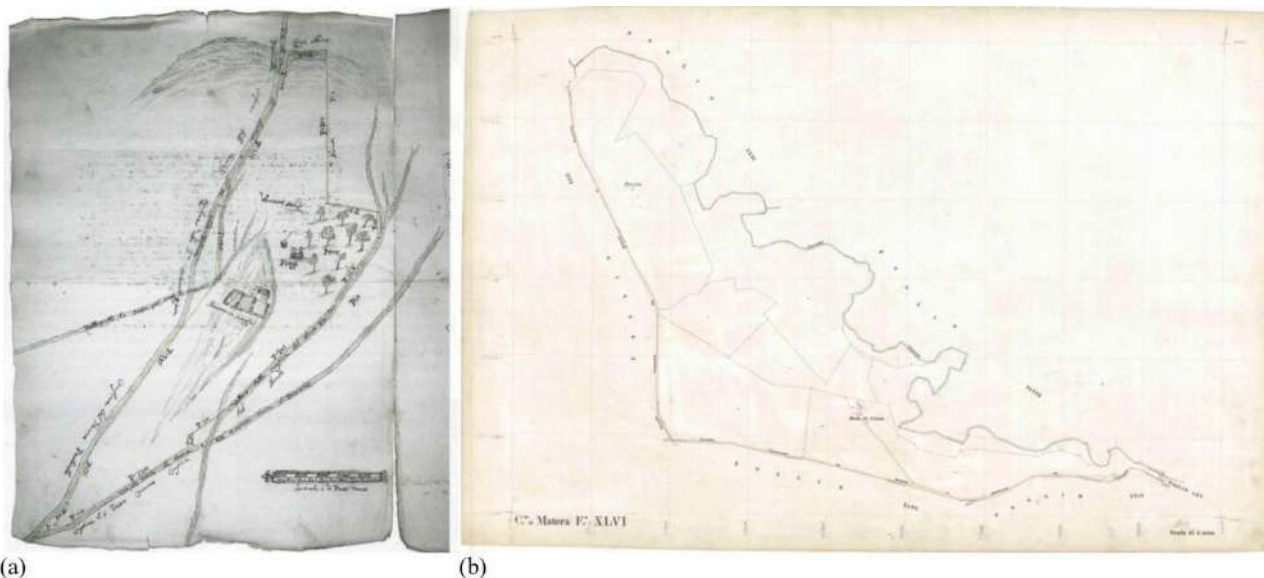


Fig. 1. (a) ASM, Fondo notarile. Protocolli originali dei notai di Matera. Notaio Sarcuni Tommaso, n.35, Protocolli Atti vari 1700, cc. Iv-2r allegato (Matera, 16 Settembre 1700). (b) Cadastral map of the Masseria del Cristo area (1898-1901).

La prima attestazione scritta relativa ai sistemi di captazione delle acque risale anch'essa al XVIII secolo. In un documento datato 1742 si legge: «[...] cinque pozzi uno sorgivo, e quattro di acqua piovana [...]» (BMNM 1742; *Biblioteca Museo Nazionale di Matera*, GIUSEPPE GATTINI SENIORE, *Compasso del territorio della città di Matera*, ms. 1742, cc. 67v–68r). Sebbene tale fonte non fornisca indicazioni precise sulla data di costruzione di tali manufatti, ne testimonia inequivocabilmente l'esistenza già nella prima metà del Settecento.

Nonostante il valore storico e culturale di questi sistemi di approvvigionamento idrico, non si dispone ancora di una conoscenza sistematica e approfondita di tale patrimonio, le cui informazioni risultano frammentarie e parziali. Per questa ragione, si rende necessario il ricorso a tecnologie digitali innovative al fine di elaborare un'analisi integrata delle caratteristiche costruttive e delle pratiche storiche che hanno generato il bene oggetto di studio.

Il rilievo fotogrammetrico effettuato tramite UAV ha consentito una rapida e accurata acquisizione dei dati anche in siti inaccessibili, la cui precaria condizione di conservazione rende pericoloso un sopralluogo in presenza [1–10–11–16–17–18]. L'intervento è stato programmato da remoto attraverso il software integrato del drone Autel Robotics Evo II 6K, con il quale è stato successivamente eseguito il rilievo fotogrammetrico in situ. Al fine di incrementare la precisione del rilievo, sono stati predisposti *marker* ben visibili per l'individuazione dei *Ground Control Points* (GCP) [1–10–11–16–17–18].

L'acquisizione mediante drone ha interessato un'area di circa 30.000 m², nel rispetto di specifici parametri necessari alla ricostruzione accurata del modello 3D (Fig. 2).

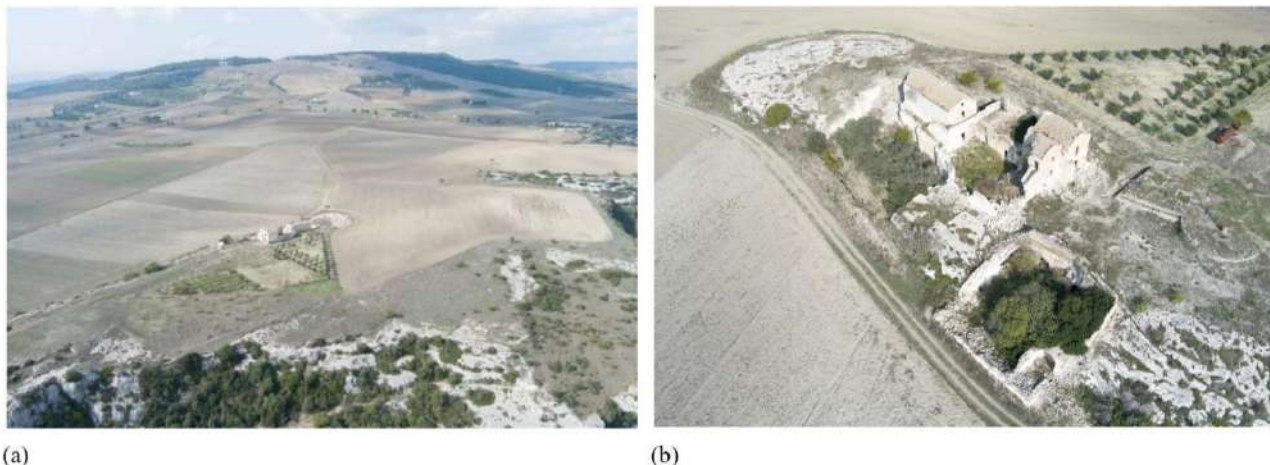


Fig.2. (a-b) Inquadrature di volo eseguite con drone **Autel Robotics Evo II 6K** a differenti quote altimetriche e con **camera inclinata**.

Sviluppo dei dati

I dati acquisiti tramite il rilievo UAV sono stati elaborati mediante il software **Agisoft Metashape** [2], il quale identifica i punti in comune tra le immagini, calcola e determina la posizione della camera per ciascun fotogramma e ottimizza i parametri di calibrazione della stessa, ottenendo una *nuvola di punti sparsa*. Tale nuvola di punti sparsa è stata successivamente processata per generare una *nuvola di punti densa*. Prima della creazione del *modello*, si è reso necessario impiegare strumenti di pulizia manuale al fine di eliminare lacune nella ricostruzione tridimensionale e correggere eventuali anomalie. La nuvola di punti così ottenuta è stata convertita in una *mesh* 3D dettagliata e ottimizzata mediante avanzati algoritmi di triangolazione implementati in **Agisoft Metashape** [2] (Fig. 3).



Fig.3. Dalla nuvola di punti sparsa alla nuvola di punti densa fino al modello 3D nel software **Agisoft Metashape**.

Analisi dei dati

Il *modello* digitale tridimensionale, realizzato nella fase di elaborazione dei dati, ha consentito di individuare e catalogare le tipologie dei sistemi di approvvigionamento idrico, nonché di comprendere le tecniche costruttive tradizionali e i materiali impiegati.

Tale architettura rurale conserva preziose testimonianze di complesse e ingegnose pratiche idrauliche, frutto di un sapere storico volto a garantire l'approvvigionamento delle risorse idriche necessarie alla sopravvivenza degli abitanti [4-7-8-9-12-13-14].



Fig. 4. Pianta, prospetti e sezioni dell'area della Masseria del Cristo e dei suoi sistemi integrati di gestione delle risorse idriche.

L'area presenta una rete di strutture costruite, scavate e semi-scavate destinate all'intercettazione, convogliamento, raccolta e utilizzazione della risorsa idrica, che sfruttano le caratteristiche geomorfologiche del territorio [4-7-8-12-13] (Fig. 4).

Le acque meteoriche vengono intercettate dalla superficie calcarenitica, nella quale *canali* scavati (Fig. 5a) trasferiscono l'acqua in *vasche* scavate (Fig. 5b) destinate al processo di sedimentazione [7-9].

Altri canali convogliano l'acqua decantata in tre diverse *cisterne* appartenenti a due tipologie architettoniche distinte per tecniche costruttive e geometrie, ma entrambe realizzate in roccia calcarenitica: due cisterne “*a campana*” (Fig. 5c), interamente ricavate nel banco roccioso, e una cisterna “*a tetto*” (Fig. 5d), che consiste in una cisterna “*a campana*” coperta da una volta a botte. Il tetto della più recente delle architetture, ossia della cisterna “*a tetto*”, intercetta le acque meteoriche e le convoglia all'interno della cisterna mediante *grondaie* perimetrali. Il materiale impiegato per la costruzione della copertura è stato certamente ricavato in loco, prelevato dalle *cave* presenti nell'area [9-12].



Fig. 5. Fotografie e sezione tecnologica di (a) canale scavato, (b) vasca di decantazione scavata, (c) cisterna "a campana" e (d) cisterna "a tetto".

Le operazioni di manutenzione e pulizia venivano effettuate mediante la rimozione dell'apposita *bocca* di campionamento [7-9-12]. L'utilizzo delle risorse idriche avveniva tramite prelievo diretto dalle bocche superiori, mediante secchi calati manualmente dall'alto. Le due cisterne "*a campana*" presentano, a valle delle rispettive *bocche*, un ulteriore *canale* che convoglia l'acqua in eccesso verso due *abbeveratoi rupestri* destinati all'approvvigionamento idrico degli animali.

Inserimento dei dati

L'integrazione tra metodologie di ricerca tradizionali, quali *l'analisi bibliografica e archivistica*, e il *rilievo digitale* consente di acquisire una comprensione ampia e approfondita dell'artefatto analizzato. Per rappresentare e diffondere tale conoscenza, si è scelto di realizzare un *modello* 3D del caso di studio, sul quale vengono evidenziate le diverse componenti che lo costituiscono, al fine di associarvi informazioni specifiche.

Tale modello offre un approccio immersivo per la catalogazione del patrimonio materiale, rivolto sia a studiosi e tecnici, sia a un ampio pubblico non specializzato, garantendo una fruizione semplice e coinvolgente. Esso rappresenta altresì un mezzo per esplorare a distanza patrimoni inaccessibili attraverso una fruizione virtuale. Per questo motivo, è stato deciso di caricare il modello sulla piattaforma open source ATON [3], sviluppata dal CNR (*Consiglio Nazionale delle Ricerche*), che permette agli utenti di visualizzare e interagire con il modello in un ambiente di Realtà Virtuale.

La piattaforma consente inoltre di associare al modello 3D dati esterni quali documenti archivistici storici, fotografie e disegni tecnici prodotti durante le fasi di analisi. Una modalità dinamica di fruizione delle informazioni come questa si rivela utile per sensibilizzare sul tema del patrimonio a rischio e per garantire l'esplorazione di siti altrimenti inaccessibili.

Risultati ottenuti e considerazioni

Questo studio mette in luce il potenziale dei processi fotogrammetrici digitali come base metodologica per la catalogazione del Patrimonio Culturale, integrata con ricerche archivistiche e bibliografiche. L'unione tra rilievi geometrici e documentazione storica consente di ottenere una comprensione globale e approfondita degli edifici storici.

In tal modo, patrimoni fragili e a rischio di scomparsa possono essere rapidamente rilevati e catalogati, al fine di documentarli e fornire conoscenze utili per interventi di restauro e manutenzione. Tali processi permettono la creazione rapida e precisa di *modelli* digitali 3D, che possono essere utilizzati sia per acquisire informazioni tempestivamente sia per diffondere la conoscenza in modo semplice, rendendola virtualmente accessibile tramite piattaforme web. In particolare, questa ricerca valida l'uso della piattaforma open source ATON [25], senza concentrarsi sullo sviluppo di nuove piattaforme.

Tali scelte derivano dalla necessità di individuare la modalità più agevole per il rilievo e l'analisi di un edificio a rischio di crollo, evidenziando l'urgenza di testimoniare il valore di questo patrimonio.

Le ricerche bibliografiche e archivistiche condotte sul caso di studio, estese anche alla consultazione di altre pubblicazioni non strettamente riferite alla *Masseria del Cristo*, hanno fornito informazioni fondamentali per la lettura e la comprensione delle sue caratteristiche architettoniche. Queste indagini

hanno permesso di identificare materiali tradizionali e tecniche costruttive, espressione di conoscenze e pratiche storiche riscontrabili anche nel tessuto urbano storico della città.

La consultazione di modelli virtuali 3D consente un'acquisizione rapida e agevole della conoscenza relativa ai patrimoni architettonici, riducendo i tempi di lavoro e sostituendo i tradizionali processi di ricerca documentale, spesso raccolti in voluminosi faldoni cartacei. Parallelamente, la creazione di un modello digitale può suscitare la curiosità di un pubblico meno specializzato, come cittadini comuni e studenti, stimolando l'interesse verso il tema del patrimonio storico.

Prospettive e conclusioni

Il patrimonio rurale costituisce un prezioso esempio di cultura materiale, offrendo testimonianze rilevanti di tipologie architettoniche, tecniche e materiali costruttivi ancora non pienamente comprese e studiate. Le pratiche costruttive dell'architettura urbana trovano un ambito di applicazione in contesti rurali, dove si sviluppano in modo differenziato e caso per caso.

L'adattamento al substrato naturale genera casi specifici di notevole interesse, meritevoli di approfondita attenzione da parte della comunità scientifica.

Lo stato generale di abbandono del caso di studio qui analizzato invia due segnali contrastanti: da un lato, negli ultimi decenni non ha subito trasformazioni, offrendo così un quadro pressoché intatto delle tecniche tradizionali; dall'altro, versa in condizioni conservative critiche. Tale patrimonio è a rischio di scomparsa imminente ed è pertanto imprescindibile procedere alla sua documentazione e tutela. Le moderne tecniche digitali di rilievo e rappresentazione forniscono strumenti rapidi e completi a tale scopo, consentendo l'elaborazione di un quadro conoscitivo approfondito che si integra con le metodologie di ricerca tradizionali.

Questo approccio ha permesso di analizzare nel dettaglio il caso specifico della *Masseria del Cristo* a Matera, offrendo un esempio concreto di documentazione digitale. Il risultato di tale processo è una conoscenza specifica dell'artefatto, che coniuga la rappresentazione geometrica con le informazioni storiche. Il modello 3D ottenuto è pubblicato online e può essere agevolmente utilizzato non solo da ricercatori, ma anche da un pubblico non specializzato. Il caso di studio qui trattato ha rappresentato un banco di prova per questo flusso di lavoro metodologico che, se replicato su altre architetture analoghe, costituisce un punto di partenza per un più ampio processo di catalogazione del patrimonio architettonico.

Lo studio del passato è fonte profonda di conoscenza per il presente: in un'epoca in cui la tematica della sostenibilità riveste primaria importanza, dall'architettura storica possiamo apprendere la capacità di relazionarci con l'ambiente naturale e l'uso sostenibile delle risorse.

Tuttavia, molti di questi patrimoni sono minacciati da un'imminente scomparsa, a causa di decenni di abbandono e trascuratezza; pertanto, intervenire con tempestività per documentarli costituisce un dovere imprescindibile per gli studiosi.

Key words: 3D Survey, Water Systems Analysis, Virtual Reality, Rural Heritage, Architectural Heritage

Introduction and targets

In recent years, the scientific community has shown a growing interest in developing innovative methodologies and techniques of 3D digital survey and application of Virtual Reality for the Historical Heritage. These provide a solid basis to analyse historical building techniques and materials [6-11-16].

In this respect, the abandoned Rural Heritage represents an important test bench, because it preserves unchanged the testimonies of traditional practices allowing a thorough study, unlike what has generally happened inside the historical centers, which have undergone major changes over time.

While this heritage provides an extraordinary opportunity to study in detail the traces of the past, it also requires the development of actions for its conservation, recovery and enhancement. This study proposes a methodological approach with the aim of detecting, analysing and disseminating the historical water management systems in the rural context of Matera, through the case study of *Masseria del Cristo*, which represents an emblematic example of Cultural Heritage in danger of disappearing [13-14-15]. At the same time, the rapid cataloguing of this heritage is therefore essential to avoid losing such precious value [1-6-11-16-17-18].

The acquired information is shown on a 3D digital model, which can be used for the virtual fruition on the ATON open source web platform [3]. This model is obtained by the Structure From Motion (SfM) photogrammetric process [18] in Agisoft Metashape [2], which uses frames acquired through cameras mounted on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [2-16].

State of art

In recent years, innovative technologies and systems have been developed to study the material Cultural Heritage with the aim of cataloguing it, analysing it and making it virtually usable. Specifically, the use of drones, more properly UAV, provides geometric and material information through the rapid acquisition of HD frames, which can be subsequently imported into a specific digital photogrammetry software to generate 3D models [6-11-18].

3D photogrammetry is based on capturing images from different angles of an object or scene. One of the most widely used techniques is the *Structure from Motion* (SfM), which analyses image sequences to reconstruct the 3D geometries and positions of cameras [18]. The SfM method returns a model that is proportionally correct but not correctly dimensioned and georeferenced [18]. As a result, the developed model must change from a local coordinate system to an absolute one. This process takes place through the identification of an appropriate number of *Ground Control Points* (GCP), which are identified and measured on the ground with precision instruments such as total stations or RTK GPS receivers [1-6-10-11-17-18].

3D models developed through photogrammetric processes allow the display of detailed orthomosaics, which provide a solid basis for the elaboration of detailed technical drawings [1-6-11-17-18]. The drawings produced allow analysis of the surface component of the Architecture Heritage in order to reconstruct its technological, traditional building techniques and materials [1-6-17]. At the same time, these models allow virtual fruition, through open source web platforms, and the creation of immersive paths in Augmented Reality, ensuring accessibility to all [6].

Virtual and Augmented Realities, as well as being used for the promotion of tourism and the enhancement of Cultural Heritage, are useful tools for the project of recovery and maintenance interventions on the Built Heritage [6-16].

Despite the fact that these practices are now well established, there is an important lack of validated applications for the material Rural Heritage and a very frequent application to the *Monumental Heritage* and therefore to objects, places and spaces of historical, cultural and artistic relevance, which are considered to be public interest assets and which constitute a trace to be preserved for future generations.

However, if the *Monumental Heritage* represents the memory and identity of a place, in the same way, Rural Architectures are a testimony to historical practices aimed at producing the resources necessary for the subsistence of the inhabitants of a larger territory, which evidently includes the city.

Theoretical and methodological approach

This contribution aims at validating the application of digital surveying photogrammetric processes to develop 3D digital models of Rural Heritage, which can be an appropriate starting point for the analysis of historical building techniques and materials used for rural water resource management systems in inaccessible sites. At the same time, these digital models, if implemented within open-source web platforms, on one hand, guarantee the virtual fruition and results dissemination for students and researchers, on other hand, technicians can perform remote site inspections for recovery and maintenance projects using remote sensing sensors [11].

The proposed methodological approach is structured in the following steps:

1. *Data acquisition*. This step is structured in the following sub-steps: *territorial analysis*, *historical search* and *digital survey*. The literature and archival search has been developed in order to acquire a deep knowledge and the UAV digital survey with the use of triangulation traditional technique allowed the fast and precious acquisition of geometric and material characteristics of these inaccessible artefacts;
2. *Data development*. This step is structured in the following sub-steps: *3D model generation* and *data analysis*. A digital 3D model has been developed with photogrammetric processing of the data acquired through the drone;
3. *Data analysis*. The obtained 3D model provides the basis for the analysis of historical water management practice and techniques;
4. *Data entry*. The obtained 3D model, with the developed analysis, has been implemented within an open-source web platform to ensure virtual fruition and cultural promotion of this heritage.

Data acquisition

The historical farmhouse of *Masseria del Cristo* is located 250 meters above sea level and it is located on a limestone outcrop in the *Piano di Chiatamura*, about 10 kilometers west of the urban area of Matera, along the ancient route *Strada Comunale da Matera a Madonna di Picciano* that is parallel to the *Gravina di Picciano* Stream (Fig.1b) [13-14-15]. The structure is located next to the slight slope of a rocky bank with a narrow and elongated shape with NW-SE orientation, surrounded by cultivated fields and incorporating two quarries which subsequently became functional spaces.

Ancient documents of the beginning of the 17th century call this area *Voccuzza* or *Boccuzza*, mentioning the presence of a farm owned by the *Giacuzzi Family* [13]. A century later, this property was sold by the heirs to the *Paolicelli Family*, already owners of neighboring lands. An extraordinary document is the *Fede*, a certificate dated 16th September 1700 (ASM, *Fondo notarile. Protocolli originali dei notai di Matera*. Notaio Sarcuni Tommaso, n.35, *Protocolli Atti vari* 1700, cc. Iv-2r allegato) issued by the *Pubblico Tabulario* of Matera City (a kind of public officer) Don Giacomo Antonio Casamassima, where the farm is described and graphically represented with its large estate.

This map is surprisingly realistic, showing clearly the shapes of the land, the waterways, the roads and the crops [13] (Fig. 1a).

This historical map (Fig.1a) shows a single modest building with a pitched roof and fireplace and three adjacent fenced courtyards presumably with drystone walls [5]. An adjacent well is also indicated. In 1706 the estate passed from the *Paolicelli* to the *Chapel of the Blessed Sacrament of the Cathedral of Matera*, which in the following years also acquired other contiguous properties [13].

The first written evidence of water collecting systems also dates back to the 18th century. They are described in a document dated 1742: «[...] cinque pozzi uno sorgivo, e quattro di acqua piovana [...]», which means «[...] five wells, one spring, and four rainwater [...]» (BMNM 1742; Biblioteca Museo Nazionale di Matera, GIUSEPPE GATTINI SENIORE, *Compasso del territorio della città di Matera*, ms. 1742, cc. 67v-68r). This document does not provide exact information on the date of construction of these structures, but witnesses their existence in the first half of the 18th century.

Despite the historical and cultural value of these water supply systems, a proper knowledge of this heritage has not yet been developed and this little knowledge about it appears to be fragmented. For this reason, the use of innovative digital technologies is necessary for the development of an integrated analysis of the construction characteristics and historical practices that have produced the heritage under study.

The UAV photogrammetric survey enabled fast and accurate acquisition in inaccessible sites, which have a critical state of conservation making an on-site visit unsafe [1-10-11-16-17-18]. This step was remotely programmed through the integrated software of the drone *Autel Robotics Evo II 6K*, with which the photogrammetric in situ survey was subsequently conducted. To improve the accuracy of the survey, well visible markers have been set up for ground control points (GCP) [1-10-11-16-17-18]. The drone acquisition has affected an area of about 30000 m² respecting specific parameters that allow an accurate 3D model reconstruction (Fig.2).

Data development

The data acquired through the UAV survey were processed on *Agisoft Metashape* software [2], which identifies common points in the frames, calculates and determines the camera position for each image and optimizes the camera's calibration parameters, obtaining a *sparse point cloud*. The *sparse point cloud* has been processed to obtain the *dense point cloud*. Before model generation, it was necessary to use manual cleaning tools to remove gaps in the reconstruction of the 3D model and to correct anomalies. The obtained point cloud has been transformed into a detailed and optimized 3D mesh using advanced triangulation algorithms on *Agisoft Metashape* [2] (Fig.3).

Data analysis

The 3D digital model created through the *data development step* has made it possible to identify and catalogue types of water supply systems and to understand the traditional building techniques and materials. This rural architecture preserves important traces of complex ingenious hydraulic practices, which are the product of historical knowledge aimed at supplying water resources necessary for the survival of its inhabitants [4-7-8-9-12-13-14].

The area presents a network of built, excavated and semi-excavated structures of *interception*, *channelling*, *collection* and *use* of water resource, that exploited the geological and morphological characteristics of the territory [4-7-8-12-13] (Fig.4).

Rainwater is intercepted by the *limestone surface*, in which excavated *channels* (Fig. 5a) transfer water into *dug tanks* (Fig. 5b) for the settling process [7-9].

Other *channels* transfer the decanted water into three different *cisterns* of two architectural types for building techniques and geometries, but both made with *calcarene* rock: two “*a campana*” *cisterns* (meaning “bell type” cistern) (Fig.5c), completely dug in the rocky bank, and one “*a tetto*” *cistern* (meaning “cistern with roof”) (Fig.5d), which looks like a covered “*a campana*” *cistern* with a *barrel vault*. The roof of the latest architecture of the “*a tetto*” *cistern* intercepts rainwater and transfers it inside the *cistern* through the perimeter *gutters*. The material used for the construction of the roof was certainly taken on site from the quarries [9-12].

Maintenance and cleaning were carried out by removing the sampling mouth itself [7-9-12]. The use of resources occurred through direct withdrawal from the upper mouths using buckets lowered manually from above. The two “*a campana*” *cisterns* have a further channel downstream of their mouth which transfers the excess water through a channel to two dug *drinking troughs for animals*.

Data entry

The union of traditional research methodology such as literature and archival searches and digital survey allows one to get a wide and deep understanding of the analysed artifact. To represent and disseminate this knowledge the idea is to have a 3D model of the case study on which the various parts that compose it are highlighted in order to associate specific information with it.

This model offers an immersive approach to catalogue material heritage for scholars and technicians and at the same time to easy and engaging dissemination to a broad and non specialist audience. This is also a way to remotely explore an inaccessible heritage through a virtual fruition.

Therefore it was decided to upload it to the ATON open source platform [3], created by the CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), which allows users to view the model and interact with it in a virtual reality environment. This platform makes it possible to associate with the 3D model also external data such historical archival documents, photographs and technical drawings produced during the analysis steps. A dynamic way of information fruition like this can be useful for raising awareness on the topic of heritage at risk and guaranteeing the exploration of the inaccessible ones.

The developed model can be found at the link: https://aton.ispc.cnr.it/s/ISPC_Potenza/20250128-rbz951tnj.

Obtained results and considerations

This study highlights the potential of digital photogrammetric processes as a base for methodological approach to catalogue cultural heritage together with archival and literature search. It is possible to obtain a global and deep understanding of historical buildings by joining geometrical surveys with historical documentation.

Thus fragile heritage at risk of disappearing can be quickly surveyed and catalogued in order to document them and provide knowledge for restoration and maintenance. These processes can be used for rapid and precise creation of 3D digital models, which can be used both to quickly acquire information and to easily disseminate knowledge by making it virtually accessible with web platforms. In fact, this research validates ATON's existing open source web platform [25], rather than focusing on the development of a new platform.

These choices come from the need to find the easiest way to survey and analyse a building which is at risk of collapsing. Hence the urgency to testify the value of this heritage.

The literature and archival searches on the case study, which has however extended to the reading of other publications not specifically referring to the Masseria del Cristo, have provided important information to read and understand its architectural characteristics. These searches identified traditional materials and construction techniques, products of historical knowledge and practices that we also find within the historic urban fabric of the city.

These analyses allowed us to understand the traditional materials and construction techniques used for the realization of this fabric and the historical practices aimed at water supply of the architecture in the rural context of Matera. The consultation of 3D virtual models allows quick and easy acquisition of knowledge relating to architectural heritages, reducing working time and replacing traditional document-search processes grouped in thick paper folders. At the same time, creating a digital model can arouse the curiosity of a less specific audience, such as ordinary citizens and students, and stimulate interest in the theme of historical heritage.

Perspectives and conclusions

Rural Heritage is a precious example of material culture that offers important evidence of architectural typologies, techniques and construction materials, not yet fully understood and studied.

The construction practices of urban architecture find a field of application in the countryside where they are developed differently on a case-by-case basis. The adaptation to the natural substrate generates some truly interesting specific cases worthy of attention from scholars. The general state of abandonment of this case of study offers two contrasting signals: firstly in recent decades it has not been transformed thus offers us an unaltered picture of traditional techniques; secondly it is in a critical state of conservation. This heritage is at risk of imminent disappearance and it is necessary to document and preserve it. Modern digital survey and representation techniques provide a rapid and complete tool for this purpose and can lead to an in-depth cognitive framework combined with traditional research methodologies. This helped to analyze the specific case of the Masseria del Cristo in Matera and offered an example of digital documentation. The result of this process is a specific knowledge of the artifact which unites geometrical representation with historical information.

The 3D model obtained is published online and can easily be used by not only researchers, but also non-specialist public. The here analysed case study served as a test bench for this methodological workflow which, if replied to other similar architectures, represents a starting point for a wider process of cataloguing Architectural Heritage.

Studying the past is a deep source of knowledge for the present: in an era in which the theme of sustainability is of primary importance, from historical architecture we can learn the ability to relate to the natural environment and the sustainable use of resources. However, many of these heritages are at risk of imminent disappearance following decades of abandonment and neglect, therefore acting promptly to document them is a duty of scholars.

Riferimenti bibliografici/ bibliographical references

1. AICARDI I., CHIABRANDO, F., LINGUA, A. M., NOARDO, F. (2016). UAV photogrammetry with oblique images: A review of processing strategies. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 835-842. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives/XLI-B1-835-2016>.
2. AGISOFT LLC. (2021). Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7. Agisoft. Retrieved from <https://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/>.
3. Aton open source platform link: <https://osiris.itabc.cnr.it/aton/>.
4. BOBBINK I., GAO W., BANFI I. (2023). A Hidden Water-Harvesting System: The Sassi of Matera. *Blue Papers* 2(2):9-48.
5. DOGLIONI A., SIMEONE V. (2019). Gravine: peculiar morphological elements of the landscape in south-east Italy. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, Special Issue 1 (2019)©. Sapienza Università Editrice, pp. 29-31.
6. FASCIA R., BARBIERI., GASPARI F., IOLI F., PINTO L. (2024). From 3D survey to digital reality of a complex architecture: a digital workflow for cultural heritage promotion 48(2).
7. GRANO M. C. (2020). Palombari, cisterne e pozzi per l'approvvigionamento idrico nei Sassi di Matera (Basilicata). In: *Il Capitale Culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, n. 21, pp. 377-389.
8. LAMACCHIA E. (2023), Evoluzione architettonica della Masseria del Cristo o del Santissimo Sacramento in agro di Matera, In: *Mathera. Rivista trimestrale di storia e cultura del territorio*, anno VII-VIII nn. 26/27, pp.176-181.
9. LAUREANO P. (1993). *Giardini di pietra. I Sassi di Matera e la civiltà mediterranea*. Bollati Boringhieri editore s.r.l., Torino.
10. LUHMANN, T., ROBSON, S., KYLE, S., BOEHM, J. (2019). *Close-range photogrammetry and 3D imaging*. De Gruyter.
11. MASINI N., SOLDOVIERI F. (Eds) (2017). *Sensing the Past. From artifact to historical site. Series: Geotechnologies and the Environment*, Vol. 16. Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-50516-9, doi: 10.1007/978-3-319-50518-3.
12. MANFREDA S., MITA L. DAL SASSO S., DIBERNARDI F. R., ERMINI R., MININNI M.V., BIXIO A., CONTE A., FIORENTINO M. (2016). La gestione delle risorse idriche nella città dei Sassi (Matera). *L'Acqua. Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana* 3/2016, pp. 39-46.
13. PELOSI M. (2023), Il latifondo e la masseria di Boccuzza o del Cristo lungo la Gravina di Picciano. In: *Mathera* anno VII-VIII nn. 26/27, pp.170-175.
14. TOMMASELLI M. (2006) *Il patrimonio rurale materano*. Collana Parcomurgia, Matera.

15. TOMMASELLI M. (1986) Le masserie fortificate del materano. De Luca, Roma.
16. RAHAMAN, H.; CHAMPION, E. TO 3D or Not 3D: Choosing a Photogrammetry Workflow for Heritage Groups.
17. REMONDINO, F., & CAMPANA, S. (2014). 3D recording and modeling in archaeology and cultural heritage: Theory and best practices. Archaeopress Publishing Ltd.
18. WESTOBY, M. J., BRASINGTON, J., GLASSER, N. F., HAMBREY, M. J., & REYNOLDS, J. M. (2012). Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geosciences applications. Geomorphology, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>. 179, 300-314.