

# UN PAESAGGIO MEDIEVALE TRA PIEMONTE E LIGURIA

Il sito di Santa Giulitta e l'Alta Val Tanaro

*a cura di Paolo Demeglio*



# HERIDIUM

---

Collana della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio  
del Politecnico di Torino

1

HEREDIUM

Collana della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio del Politecnico di Torino - n. 1

*Direttore:*

Carlo Tosco

*Comitato scientifico del volume:*

Paolo Demeglio, Chiara Devoti, Maurizio Gomez Serito, Emanuele Romeo

*Autorizzazioni:*

Tutte le immagini pubblicate sono state soggette a comunicazione del proposito di pubblicare, come da circolare n. 33 del 7 settembre 2017 della Direzione Generale Archivi del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.

Istituto Geografico Militare: autorizzazione n. 7039 del 01.10.2019

Le foto all'interno dei singoli contributi sono degli Autori, ove non diversamente indicato

La presente pubblicazione è finanziata con i fondi dedicati alla Scuola di Specializzazione nel contesto del Dipartimento d'Eccellenza MIUR 2018-2022 conferito al DIST del Politecnico di Torino



La ricerca, nel corso degli anni, ha beneficiato della collaborazione e dei contributi di:



ISSN 2704-8373

ISBN 978-88-7814-946-5

e-ISBN 978-88-7814-947-2

© 2019 All'Insegna del Giglio s.a.s.

Edizioni All'Insegna del Giglio s.a.s.

via Arrigo Boito, 50-52

50019 Sesto Fiorentino (FI)

tel. +39 055 6142 675

e-mail [redazione@insegnadelgiglio.it](mailto:redazione@insegnadelgiglio.it); [ordini@insegnadelgiglio.it](mailto:ordini@insegnadelgiglio.it)

sito web [www.insegnadelgiglio.it](http://www.insegnadelgiglio.it)

Stampato a Sesto Fiorentino

dicembre 2019, BDprint

Un paesaggio medievale tra Piemonte e Liguria  
Il sito di Santa Giulitta e l'Alta Val Tanaro

*a cura di Paolo Demeglio*

# Indice

- 9 Una nuova collana di studi della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio  
*Carlo Tosco*
- 11 Saluti  
*Giorgio Ferraris*  
Presidente dell'Unione Montana dei Comuni dell'Alta Val Tanaro  
*Giuseppe Carazzone*  
Sindaco di Bagnasco  
*Sebastiano Carrara*  
Presidente del Fondo Storico "Alberto Fiore"
- 15 Valorizzare e tutelare il patrimonio culturale locale. Le attività del Fondo Storico "Alberto Fiore" per l'Alta Val Tanaro e Santa Giulitta  
*Alessia Castagnino*
- 21 Introduzione  
*Paolo Demeglio*

## 1. Indagini archeologiche: dal dettaglio alla ricomposizione

*a cura di Paolo Demeglio*

### SAGGI

- 25 Archeologia a Santa Giulitta e in Alta Val Tanaro: una dinamica diacronica e diatopica  
*Paolo Demeglio*
- 59 Rilievo fotogrammetrico tramite UAV: tecniche geomatiche di analisi e ricostruzione tridimensionale del sito di Santa Giulitta  
*Walter Alberto, Gabriele Garnero, Paola Guerreschi, Luigi Perotti*
- 71 *Cost distance e viewshed analysis* per un modello ricostruttivo dei percorsi in Alta Val Tanaro  
*Micaela Leonardi*
- 85 L'applicazione del metodo di datazione del radiocarbonio alle malte della fortificazione  
*Rita Vecchiattini*
- 95 Il materiale ceramico da Santa Giulitta  
*Laura Vaschetti*

### SCHEDA

- 99 Testimonianze archeologiche in Alta Val Tanaro  
*Tiziana Casaburi*
- 110 Tracce medievali nell'architettura religiosa  
*Denise Rusinà*
- 116 Le fortificazioni dell'insediamento di Bagnasco: analisi delle strutture murarie  
*Simone Vallero*
- 121 Ipotesi interpretative e modelli per una ricomposizione tridimensionale delle trasformazioni del complesso religioso di Santa Giulitta  
*Giosuè Pier Carlo Bronzino*
- 126 Le strutture difensive: caratteristiche e analisi stratigrafica  
*Marta Banino, Alice Giani, Luigi Gritella, Luca Malvicino*
- 138 Analisi chimiche: report di indagine  
*Elisa Bertone, Silvia Spriano*
- 141 *Castrum* di Santa Giulitta: cenni sulla tradizione delle presenze "saracene" a Bagnasco  
*Giammario Odello*

## 2. Strumenti per l'indagine di un paesaggio: approcci storici

a cura di Chiara Devoti

SAGGI	SCHEDA
149 Immagine e immaginario per il territorio della Val Tanaro: Santa Giulitta e il suo contesto nella cartografia storica <i>Chiara Devoti</i>	208 Le carte del sale <i>Elisa Piolatto</i>
167 Introduzione alle fonti documentarie per la storia dell'architettura, del territorio e del paesaggio <i>Laura Guardamagna</i>	212 Regesto documentario per il complesso religioso di Santa Giulitta in Bagnasco (1315-1899) <i>Elena Gianasso</i>
177 L'Alta Val Tanaro nelle più antiche fonti medievali <i>Giuseppe Banfo</i>	220 Visite pastorali per la storia di Santa Giulitta <i>Elena Gianasso</i>
189 Fra le chiese dell'Alta Valle Tanaro: dati e problemi <i>Giovanni Coccoluto</i>	222 Infrastrutture e insediamenti dell'Alta Val Tanaro: alcuni casi emblematici <i>Valentina Quitadamo</i>
195 Gli affreschi di Santa Giulitta: uno sguardo sulla valle del Tanaro tra Gotico e Rinascimento <i>Massimiliano Caldera</i>	226 Strumenti GIS per la gestione dei dati <i>Valentina Quitadamo</i>
203 Indagini sulla chiesa di età moderna <i>Elena Gianasso</i>	228 Infrastrutture e mobilità per lo sviluppo del territorio <i>Massimo Nappo, Veronica Polia</i>
	235 Il paesaggio agroforestale della Alta Val Tanaro <i>Marco Devecchi, Paola Gullino, Federica Larcher</i>
	239 Il paesaggio colturale e boschivo storico dell'area di Bagnasco. Metodologie di ricerca e confronto con il paesaggio attuale <i>Caterina Lucarini, Francesca Matrone</i>

## 3. Aspetti metodologici finalizzati alla conservazione e alla valorizzazione

a cura di Emanuele Romeo

SAGGI	SCHEDA
247 Rovine e paesaggio: dalla conoscenza alla valorizzazione compatibile <i>Emanuele Romeo</i>	269 Le analisi sulla vegetazione ruderale finalizzate alla conservazione del contesto <i>Alessandro Viva</i>
253 Il complesso religioso di Santa Giulitta: verso una prospettiva di conservazione integrata <i>Monica Naretto</i>	275 Il rilievo fotografico e il fotoraddrizzamento come strumento di conoscenza degli elevati <i>Silvia Summa</i>
259 Comunicare la conoscenza, partecipare alla conservazione: la valorizzazione <i>in progress</i> di Santa Giulitta <i>Riccardo Rudiero</i>	278 L'individuazione e la catalogazione degli elementi lapidei e dei frammenti erratici nel cantiere di conoscenza e di restauro <i>Mario Leonardo Melano, Umberto Montanari</i>
265 Valutazioni integrate per sistemi territoriali complessi <i>Marta Bottero, Giulio Mondini</i>	281 Documentazione metrica della cappella di Santa Giulitta <i>Fulvio Rinaudo</i>
	285 La consistenza materiale della cappella di Santa Giulitta: analisi per la conservazione <i>Federica Bergamini, Roberta Vignuolo</i>
	294 Valutazione di aree strategiche e a rischio per un territorio montano: il caso di Ormea <i>Elisa Piolatto</i>
	298 Uno studio sui possibili sviluppi turistici dell'Alta Val Tanaro attraverso il metodo <i>Choice Experiments</i> <i>Caterina Catanzani</i>

#### **4. Architetture di pietra tra medioevo ed età moderna: i linguaggi aggiornati delle risorse locali**

*a cura di Maurizio Gomez Serito*

##### SAGGI

- 305 Geomorfologia del sito: geologia del paesaggio e dei materiali  
*Maurizio Gomez Serito*
- 311 Cappelle medievali nel distretto della pieve di Priola: un repertorio di materiali, tecniche e geometrie  
*Luca Finco*
- 329 La chiesa maggiore di Santa Giulitta: una lettura inedita  
*Luca Finco, Maurizio Gomez Serito*
- 349 L'analisi materica per lo studio di un sito archeologico: la fortificazione di Santa Giulitta  
*Valentina Saba*

##### SCHEDA

- 357 Rilievi nell'antica cappella, a partire da un'analisi delle murature  
*Luca Finco*
- 364 Un contributo per la conoscenza della chiesa maggiore di Santa Giulitta: la termografia all'infrarosso per la lettura delle tessiture murarie e l'interpretazione delle fasi costruttive  
*Luca Finco, Mario Girotto, Maurizio Gomez Serito, Monica Volinia*
- 374 Lettura degli apparati murari e analisi materica per un'ipotesi delle trasformazioni del complesso dei Santi Giulitta e Quirico  
*Francesca Matrone, Francesca Perlo*

387 Note biografiche degli autori

WALTER ALBERTO<sup>1</sup>, GABRIELE GARNERO<sup>2</sup>, PAOLA GUERRESCHI<sup>2</sup>, LUIGI PEROTTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Imageo srl, Spin-off dell'Università di Torino

<sup>2</sup>LARTU, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico e Università di Torino

<sup>3</sup>Geosilab, Dipartimento Scienze della Terra, Università di Torino

## Rilievo fotogrammetrico tramite UAV: tecniche geomatiche di analisi e ricostruzione tridimensionale del sito di Santa Giulitta

### 1. Lo stato dell'arte: strumenti geomatici per il Cultural Heritage

In questi ultimi anni si assiste a un importante sviluppo della geomatica, disciplina che riunisce competenze scientifiche provenienti da differenti campi:

- la *cartografia* (tematica e di base) che, mediante la rappresentazione grafica di una porzione di superficie terrestre, in conformità a regole semiologiche, descrive fenomeni georiferiti di natura fisica o antropica;
- la *geodesia* che studia i modelli di rappresentazione della Terra avvalendosi di elementi geometrici di base (geoide, ellissoide, ...) e, con l'impiego di strumentazioni che sfruttano le osservazioni dalle varie costellazioni di posizionamento singolo o differenziale, con differenti attendibilità che vanno dai pochi metri ai pochissimi millimetri;
- la *topografia*, scienza applicata per il rilievo diretto sul territorio di angoli, distanze e dislivelli (con l'ausilio di strumentazioni oggi sempre più performanti che garantiscono quindi errori sempre più limitati);
- la *fotogrammetria*, tecnica molto diffusa oggi, che a partire da almeno due fotogrammi, ora digitali, permette la costruzione di modelli 3D di singoli oggetti o parti di territorio e anche la generazione di "ortofoto", ossia di fotografie metricamente corrette che, inserite in un sistema di riferimento noto, permettono di effettuare misure cartografiche;
- il *telerilevamento*, disciplina che, sulla base delle conoscenze sull'interazione tra gli oggetti posti sulla superficie terrestre e l'energia elettromagnetica emessa o riflessa, elabora le immagini acquisite da piattaforme aeree o satellitari, ottenendo informazioni rilevanti per la classificazione ed il monitoraggio dell'ambiente e del territorio.

Queste discipline e tecniche in differenti settori permettono di accrescere la quantità e la qualità delle informazioni territoriali: dalle immagini satellitari sempre più dettagliate<sup>1</sup>, alle immagini ottenute attraverso volo con drone, come viene chiamato comunemente un Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR)<sup>2</sup>.

Fondamentale è il supporto dato a queste discipline dalle costellazioni di satelliti GNSS (*Global Navigation Satellite System*), come gli americani GPS, i russi GLONASS e gli europei GALILEO, indispensabili alla determinazione dell'esatta posizione dei punti sulla superficie terrestre e quindi alla definizione delle reti d'inquadramento dinamiche utilizzate dai moderni sistemi GIS (*Geographic Information System*) per la produzione, l'analisi e l'elaborazione dei dati cartografici in formato

vettoriale (se la superficie da cartografare è rappresentata mediante primitive geometriche di punti, linee e poligoni) o in formato raster (se la superficie è discretizzata in celle comunemente chiamate *pixel*).

Tutto questo complesso sistema generato dall'interazione tra le differenti discipline e i nuovi strumenti tecnologici e dei più performanti software e hardware, permette di dare un importante e consistente supporto alle azioni legate al territorio, che vanno dall'analisi territoriale, alla simulazione, al monitoraggio, alla salvaguardia dell'ambiente, alla pianificazione del territorio e alla tutela dei beni culturali.

*Integrazione e interdisciplinarietà* sono quindi rappresentativi di un nuovo modo di intendere lo studio finalizzato agli interventi di acquisizione e gestione relativamente all'ambiente e ai beni culturali in particolare.

### 2. Metodologia di applicazione: l'APR e la fotogrammetria

Lo studio che ci è stato proposto è stato condotto nel contesto delle integrazioni delle varie discipline della geomatica applicate allo studio del sito archeologico di Santa Giulitta, trattato in questo volume.

L'obiettivo auspicato è di fornire un rilievo globale del sito inserito nel suo ambiente, tenendo presenti le interrelazioni tra le diverse emergenze e arrivando, se possibile, alla comprensione della logica di formazione del complesso fortificato e a un supporto per la datazione relativa delle diverse porzioni del complesso, il tutto in assenza di un'attività di scavo che potesse fornire reperti.

Morfologicamente il territorio su cui si è andati a operare presenta un dislivello di circa cinquanta metri tra la quota della Chiesa di Santa Giulitta e la torre a monte; tutto il complesso è immerso in una fitta boscaglia in cui l'inclinazione raggiunta in alcuni punti è tale da non permettere di spingersi all'interno della stessa in totale sicurezza. Per superare queste difficoltà logistiche si è programmato quindi un volo con un APR per acquisire un consistente numero di fotogrammi funzionali all'elaborazione fotogrammetrica tridimensionale (modelli 3D) e bidimensionale (ortofoto) di tutto il sito.

Il drone è oggi un dispositivo molto diffuso, economicamente accessibile, adatto a eseguire rilevamenti su piccole porzioni di territorio, solitamente utilizzato nelle attività professionali, perché apprezzato per le potenzialità insite nel dispositivo, così come in ambito amatoriale. Esistono APR di differenti fasce di prezzo, dove la qualità della



strumentazione montata a bordo (camera, sensori, etc.), insieme alla tipologia di aeromobile (ala fissa, quadricottero, esacottero, etc.), a vari dispositivi di *payload* (*gimbal* su più assi, ...) e al software di post-elaborazione ne fanno salire il prezzo.

L'uso degli APR è regolamentato dal Codice di Navigazione per i mezzi aerei a pilotaggio remoto emanato dall'ENAC<sup>3</sup>, che detta le norme di utilizzo di questi strumenti nell'ambito delle attività professionali: ci soffermeremo brevemente a descrivere alcuni articoli della normativa di riferimento, per il tipo di drone utilizzato in questo rilievo. L'ENAC definisce prima di tutto i SAPR (Sistemi a Pilotaggio Remoto) che comprendono l'APR (ossia il velivolo), ma anche il sistema di comando ed il pilota (ossia l'operatore); secondo il regolamento i SAPR sono suddivisi in due categorie in funzione della loro massa: inferiori o superiori ai 25 kg (art. 6).

I modelli di massa inferiore a 25 kg (artt. 8-11), come quello utilizzato per il rilievo di Santa Giulitta, possono eseguire operazioni specializzate in aree non critiche, ovvero che non prevedono il sorvolo di aree congestionate, di zone urbane, di agglomerati di persone, di linee ferroviarie o autostradali. Le operazioni in questo caso devono essere svolte in un volume di spazio, definito V150, che impone come limite di altezza dal punto di decollo a terra 150 metri e come raggio di azione massimo 500 metri. Le operazioni devono essere condotte in condizioni di luce diurna, ad una distanza orizzontale non minore di 150 metri dalle aree critiche e a una distanza pari ad almeno 50 metri da persone che non siano sotto il controllo diretto dell'operatore (pilota); inoltre è necessario mantenere una distanza di almeno 5 km da un aeroporto e dai sentieri di avvicinamento da e per l'aeroporto.

L'operazione di volo deve essere compiuta dall'operatore abilitato in modalità VLOS (*Visual Line Of Sight*), ovvero in costante contatto visivo con l'APR. Per i modelli con peso inferiore o uguale a 2 kg (art. 12) tutte le operazioni specializzate sono considerate non critiche in tutti gli scenari; permane comunque il divieto di sorvolo di assembramenti di persone.

La tecnica fotogrammetrica si applica avvalendosi di fotografie da cui è possibile ricostruire la posizione, le dimensioni e la forma degli oggetti sul territorio, attraverso il riconoscimento di punti omologhi per coppie di fotogrammi<sup>4</sup>. La fotogrammetria moderna trae i suoi elementi fondanti sulle tecniche della Computer Vision, scienza che studia le modalità di estrazione di informazioni a partire dalle immagini per generare modelli tridimensionali.

Grazie alle sue caratteristiche di semplicità di acquisizione dei dati e alle sempre più "user-friendly" procedure di elaborazione dei dati, risulta certamente essere una tecnica utile in molti settori scientifico-disciplinari, riconosciuta quale strumento di supporto alle indagini a diverse scale territoriali.

La scala dell'indagine infatti è il parametro che determina il contributo di questa tecnica in settori anche apparentemente molto distanti fra loro: per esempio l'ambito dei beni culturali (oggetto di questo lavoro), risulta essere in grande sviluppo nel caso dell'analisi di reperti o manufatti architettonici grazie alla possibilità di ricostruire modelli realistici in 3D.

### 3. Il caso studio

L'APR utilizzato nel presente lavoro è un quadricottero Phantom 4 prodotto dalla DJI (fig. 1).

Il suo peso è di poco inferiore a 1,4 kg; è dotato di una camera fotografica connessa al *gimbal* che permette di controllare da remoto, per mano dell'operatore, la rotazione della camera orizzontale e verticale (da  $-90^\circ$  a  $+30^\circ$ ), è dotato inoltre di un sistema di stabilizzazione per mantenere il più possibile fissa la ripresa anche in caso di rollio, beccheggio o imbardata dell'APR, generati per esempio da perturbazioni atmosferiche; la fotocamera monta un sensore da 12 Megapixel e produce immagini da  $4000 \times 3000$  pixel.

L'APR è fornito di uno strumento GNSS per la ricezione del segnale satellitare delle costellazioni americana GPS e russa GLONASS indispensabile per la realizzazione automatica del volo: grazie a questi sensori le immagini digitali acquisite contengono nei metadati l'informazione del posizionamento nel sistema di coordinate geografiche globali WGS 84 (*World Geodetic System 1984*).

La teoria della fotogrammetria aerea per l'acquisizione delle immagini fotografiche prevede che il piano di volo garantisca un ricoprimento tra i singoli fotogrammi pari ad almeno il 60% longitudinalmente e al 20% trasversalmente tra due strisciate adiacenti. Questa esigenza deriva dalla necessità di ricostruire la visione stereoscopica, ovvero di percepire la tridimensionalità degli oggetti e quindi distinguerne la profondità.

Per similitudine al principio dell'acuità stereoscopica umana, dove il nostro cervello elabora due immagini catturate singolarmente da ogni occhio, percepite quindi da due punti di vista differenti, nella fotogrammetria è



fig. 1 – Alcune inquadrature dell'APR Phantom 4 DJI in cui è visibile la dotazione montata a bordo: camera fotografica e *gimbal*.

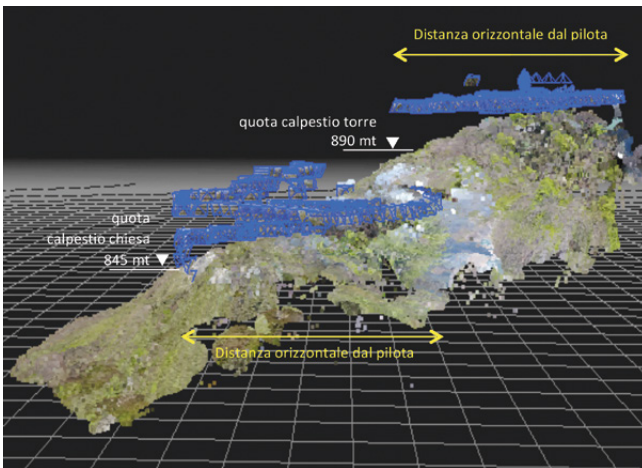


fig. 2 – Schema dei due voli effettuati per rispettare le regole di circolazione emanate dall’ENAC.



fig. 3 – A sinistra la stazione Master posta sulla parte alta della torre; a destra dettaglio della stazione Master.



fig. 4 – A sinistra target di metallo dipinto a colori vivaci; a destra target con il ricevitore Rover.

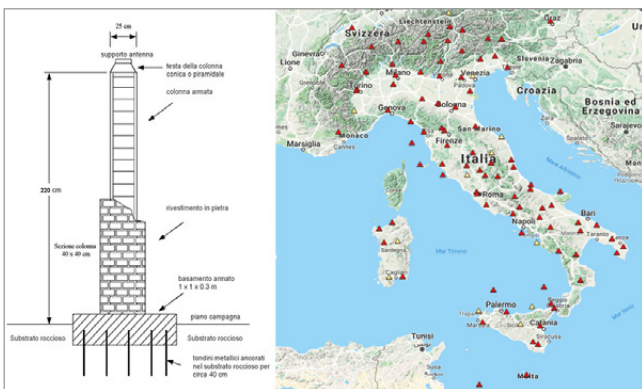


fig. 5 – A sinistra la materializzazione della stazione permanente di Alpe Devero; a destra le stazioni permanenti della Rete Dinamica Nazionale.

indispensabile che in due scatti successivi si visualizzi un’identica porzione di spazio per poter avere la percezione tridimensionale<sup>5</sup>.

La ripresa del sito archeologico<sup>6</sup> è stata eseguita all’inizio del mese di aprile 2017, in una giornata di sole che, peraltro, genera condizioni di illuminamento non sempre ideali per la ripresa, dovute alla presenza di ombre che provocano difficoltà sia di interpretazione, sia di *post-processing* delle immagini. Anche la presenza di vegetazione, oltre a limitare la visibilità dell’APR da parte dell’operatore durante le riprese, genera artefatti nei prodotti elaborati. Per rispettare le regole di volo e l’operatività in VLOS, sono stati eseguiti due voli differenti: il primo sulla zona superiore (torre, porta e muri isolati), il secondo sulla zona inferiore, presso la chiesa e gli speroni rocciosi.

Nel corso della ripresa sono state scattate circa 1600 foto tra nadirali e oblique, con un settaggio di scatto ogni 2 secondi in modo da produrre, sulla base della velocità di volo, un ricoprimento longitudinale e trasversale adeguato (fig. 2).

La prima fase di lavoro consiste nella creazione di una rete topografica di inquadramento su cui georiferire l’intero rilievo nella rete geodetica nazionale: si è predisposta una rete strumentale composta da una stazione GNSS Master (fig. 3) e da un certo numero di punti d’appoggio misurati con un ricevitore GNSS Rover. La stazione Master, collocata sulla parte alta della torre, è stata lasciata in modalità acquisizione per tutta la durata del rilievo; nel frattempo alcuni *target*, fisicamente costituiti da piastre metalliche quadrate (50x50cm) dipinte con colori vivaci per aumentarne la riconoscibilità nelle immagini, sono state distribuite in modo regolare su tutta l’area da rilevare e occupate dal ricevitore Rover per alcuni minuti, in modo da ottenere misure molto accurate (fig. 4). Le coordinate dei *target* saranno utilizzate nelle fasi di post-processamento fotogrammetrico delle immagini.

Queste operazioni ci hanno permesso di realizzare la rete relativa al nostro progetto inquadrata nella rete GNSS della Regione Piemonte, a sua volta inquadrata nella Rete Dinamica Nazionale (RDN) (fig. 5).

Il software che si è utilizzato per effettuare le ricostruzioni fotogrammetriche dei modelli è 3DFZephyr Aerial prodotto dalla 3Dflow<sup>7</sup>. Nel dettaglio, la ricostruzione del modello tridimensionale fotorealistico, definita *Structure from Motion* nell’ambito della Computer Vision, è il risultato di cinque distinte elaborazioni automatiche effettuate da 3DFZephyr:

- creazione del progetto di lavoro con l’orientamento relativo delle fotocamere ed estrazione della nuvola sparsa di punti;
- infittimento della nuvola sparsa con la realizzazione della nuvola densa di punti;
- ricoprimento della stessa con faccette triangolari ottenendo la *mesh*, reticolo che definisce un oggetto 3D nello spazio rappresentato da un insieme di vertici (i punti della nuvola densa), spigoli e faccette;
- sovrapposizione alla *mesh* di una *texture* estratta dalle foto originali;
- orientamento assoluto e scalatura del modello finale.

Per ogni fase del processamento complessivo è necessario impostare un certo numero di parametri<sup>8</sup>.

La prima fase ha visto la creazione del progetto di lavoro e il caricamento nel software delle foto da processare. Il software ha individuato automaticamente i dati dell'Exif (*EXchangeable Image File*) registrati ad ogni scatto che rappresentano le specifiche del formato immagine incorporati nella stessa, ovvero il modello della macchina, la lunghezza focale con cui sono state riprese, e la dimensione (FC330; 4 mm; 4000x3000 px). In assenza di certificati di calibrazione, spuntando l'opportuna voce, il software cerca on-line i certificati della camera riconosciuta.

La creazione del modello avviene normalmente in modo automatico ma, per ogni fase, il settaggio dei parametri implementati nel software è indispensabile per ottenere i risultati attesi in base alla modalità di acquisizione dei fotogrammi. I parametri proposti di default sono efficaci nella maggior parte dei casi, ma è sempre possibile ottenere un risultato più performante modificandoli e adattandoli alle singole esigenze.

L'algoritmo *Samantha*, implementato nel software, ha come primo obiettivo l'allineamento automatico dei fotogrammi e l'estrazione dei punti chiave utili alla generazione di una "prima bozza" del futuro modello. È fondamentale riuscire a estrarre i punti caratteristici, o punti notevoli, individuati sulle immagini mediante il reperimento di corrispondenze da un gruppo di foto.

Si può stabilire il numero di *keypoint* da estrarre e il tipo di *matching* che sovrintende l'allineamento delle immagini; tuttavia è utile porre l'accento sul fatto che individuare un elevato numero di punti per ciascuna immagine non dà la garanzia che la ricostruzione sia più accurata (fig. 6).

Al termine della definizione delle corrispondenze il software controlla l'errore di riproiezione riscontrato per ogni punto e verifica il numero minimo di punti che sono necessari per collimare tra loro un insieme d'immagini. Per controllare la ricostruzione e per diminuire le possibilità di deriva, 3DFZephyr permette di controllare globalmente questo processo.

Per supportare il software nel riconoscimento delle foto vicine e velocizzare le operazioni di *matching* è indispensabile indicare la metodologia di acquisizione delle foto: le opzioni previste sono sequenziale, sparsa, circolare, griglia approssimata. Nel software sono implementate queste differenti scelte, in particolare pensando alle immagini acquisite da drone, in cui vi è ordinariamente una notevole percentuale di sovrapposizione tra le stesse. Questa fase è detta di *Image Alignment*. Al termine si ottiene una prima approssimata ricostruzione della scena in 3D (fig. 7).

Nella seconda fase il software lavora per restituire una nuvola più definita, più densa, e per produrre l'effetto 3D ovvero per creare la mappa di profondità (*depth map*).

Ricordando che il numero minimo d'immagini da utilizzare, per ottenere la visione stereoscopica, è pari a 2, il software richiede di specificare comunque il numero minimo di fotogrammi che puntano alla medesima scena e che sono necessari per conseguire la mappa di

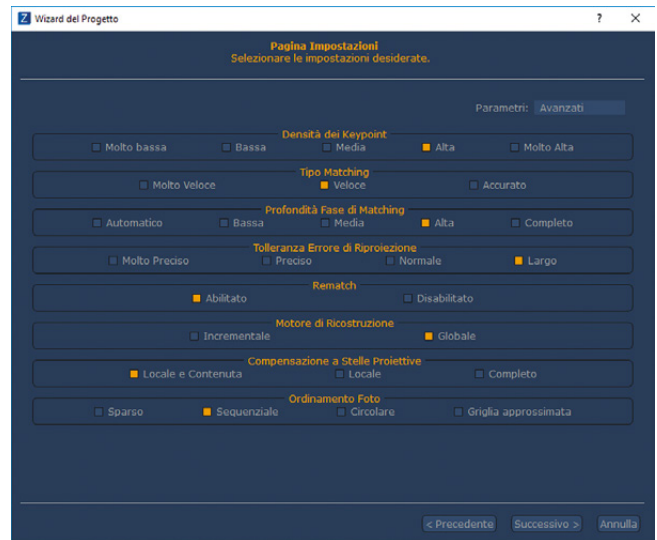


fig. 6 – I parametri per estrarre la nuvola di punti.

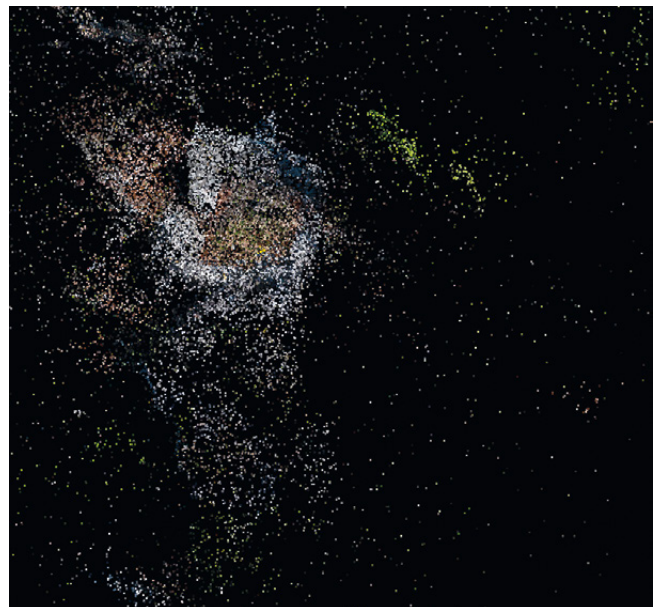
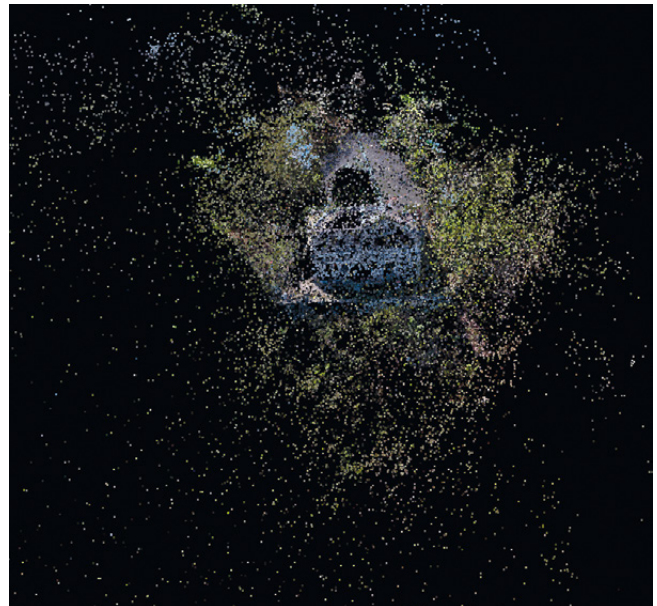


fig. 7 – *Image Alignment*: la nuvola sparsa di punti della Chiesa di Santa Giulitta (sopra), e della torre (sotto).

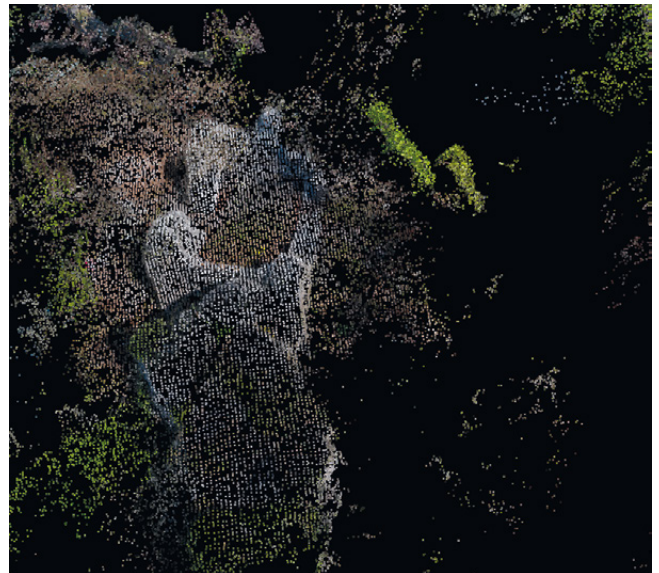
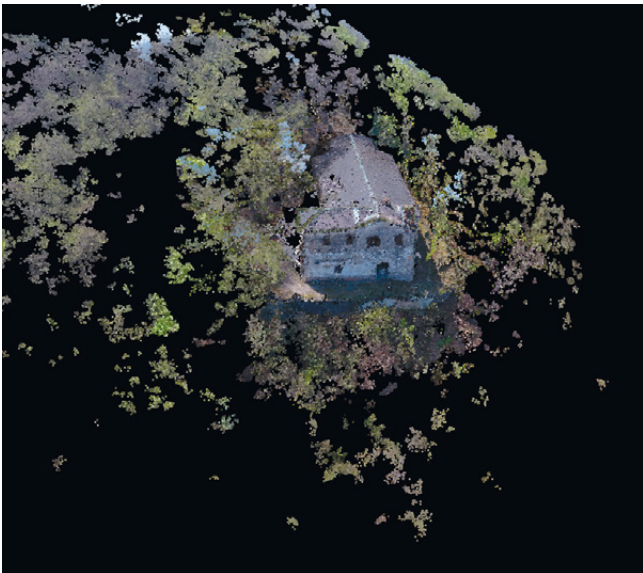


fig. 8 – A sinistra la nuvola densa della Chiesa di Santa Giulitta; a destra la nuvola densa della torre.

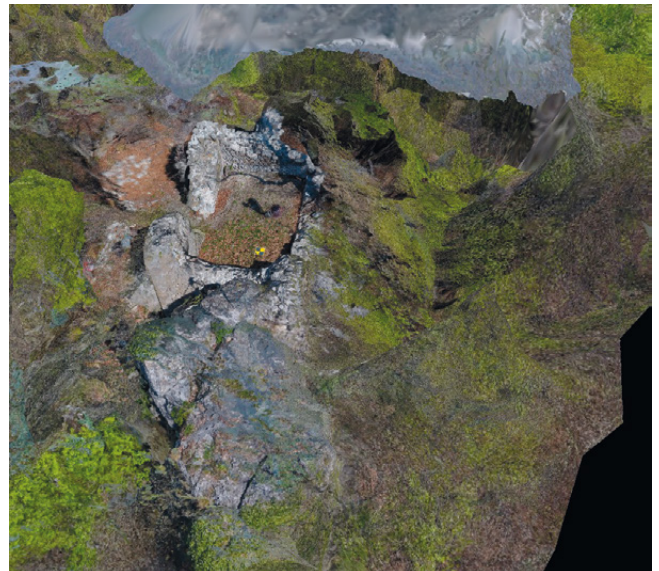
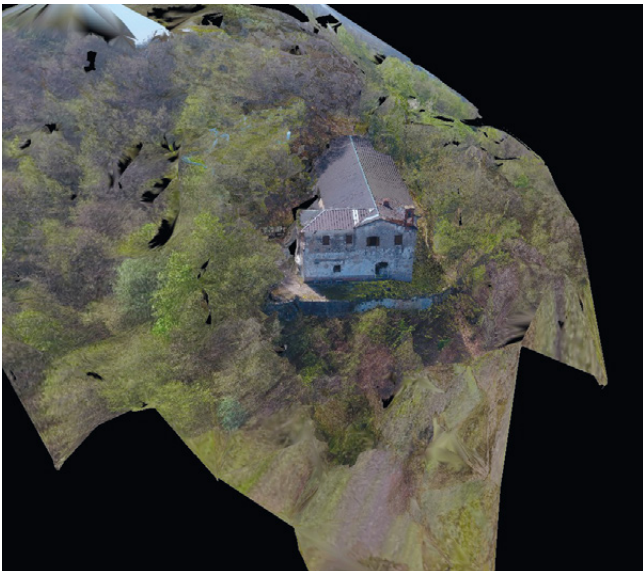


fig. 9 – A sinistra la *mesh* della Chiesa di Santa Giulitta; a destra la *mesh* della torre.

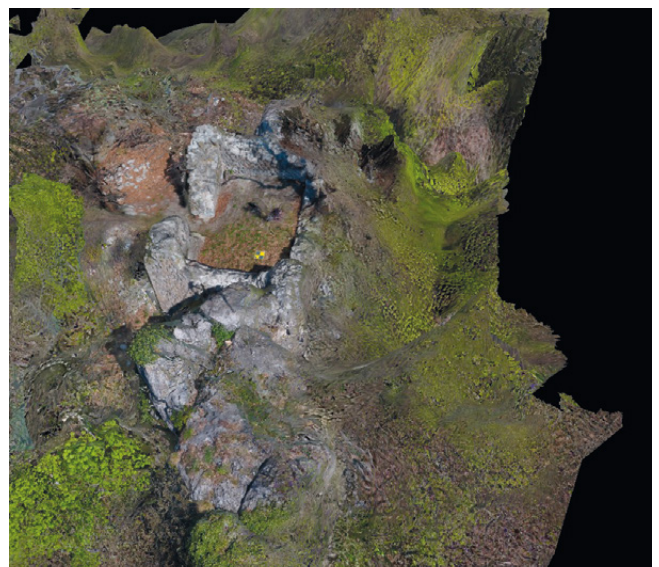


fig. 10 – La *mesh* con *texture* a sinistra della Chiesa di Santa Giulitta e a destra della torre.

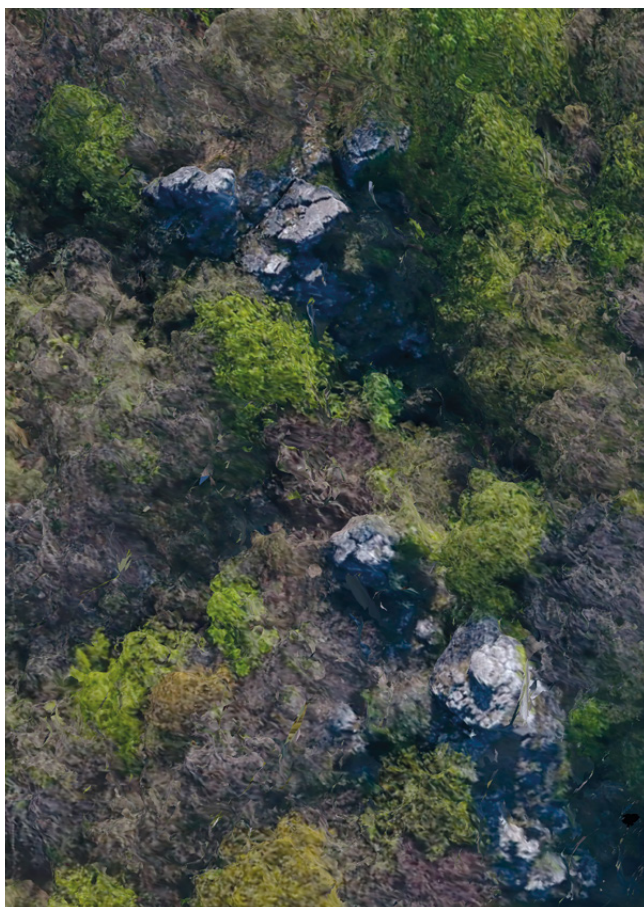


fig. 11 – A sinistra un dettaglio degli speroni rocciosi con ricostruzione a spigoli smussati; a destra due dettagli della Chiesa di Santa Giulitta con ricostruzione a spigoli netti.

profondità. Importante è anche il livello di discretizzazione dell'area che si sta ricostruendo in funzione del dettaglio che si vuole ottenere (fig. 8).

Nella fase successiva, quella della generazione delle superfici o *mesh*, è necessario impostare i parametri che controllano le facce triangolari contigue (*TIN - Triangulated Irregular Network*) che vengono ad appoggiarsi alla nuvola densa (fig. 9). È possibile proseguire l'affinamento del modello optando per una ricostruzione a spigoli netti oppure smussati.

Nella ricostruzione del modello degli speroni rocciosi posti sul versante orientato a ovest verso la valle del Tanaro, si è utilizzata la modalità "foto aeree" con una ricostruzione a "spigoli smussati", che ha generato un'immagine realistica delle chiome della vegetazione presente, mentre per il modello della chiesa, della torre e del muro isolato a lato della torre si è utilizzata la modalità "ambiente urbano" con un tipo di ricostruzione a "spigoli netti" che è risultata essere migliore nel cogliere il dettaglio architettonico.

Per ottenere il modello tridimensionale finale fotorealistico, l'ultima elaborazione che deve essere eseguita da 3DFZephyr consiste nel sovrapporre una *texture*, tratta dalle immagini fotografiche, alle superfici triangolari generate in precedenza: il valore dei pixel della *texture* viene assegnato alle faccette triangolari della *mesh*. L'algoritmo implementato in 3DFZephyr gestisce in autonomia il bilanciamento del colore tratto dalle fotocamere. Se si

desidera ottenere un risultato finale ad alta risoluzione il tempo macchina per elaborare il modello aumenta notevolmente e così il peso del prodotto elaborato (figg. 10-11)<sup>9</sup>.

## 4. Prodotti ottenuti

### 4.1 Modello 3D

Come anticipato, sono stati elaborati differenti modelli: uno complessivo dell'area, uno focalizzato sulla chiesa, uno sulla torre, uno sulla porta, infine uno sugli speroni rocciosi sul versante che si affaccia sulla Val Tanaro. Le ricostruzioni 3D prodotte sono navigabili a 360 gradi, ma esclusivamente per chi visualizza il risultato all'interno del software fotogrammetrico 3DFZephyr. Per rendere disponibili i risultati è possibile estrarre immagini statiche bidimensionali da particolari punti di vista (fig. 12).

Sono disponibili strumenti web di visione dinamica 3D sui quali pubblicare i risultati delle elaborazioni fotogrammetriche a partire da software commerciali. A titolo esemplificativo è stato pubblicato il modello fotorealistico della torre, attraverso l'applicazione Sketchfab<sup>10</sup> nella sua versione *basic*, accessibile gratuitamente<sup>11</sup> (fig. 13). Questo servizio di visualizzazione dei modelli 3D dinamici offre la possibilità di eseguire un *upload* della scena ricostruita e di navigare interattivamente spostandosi all'interno di essa.

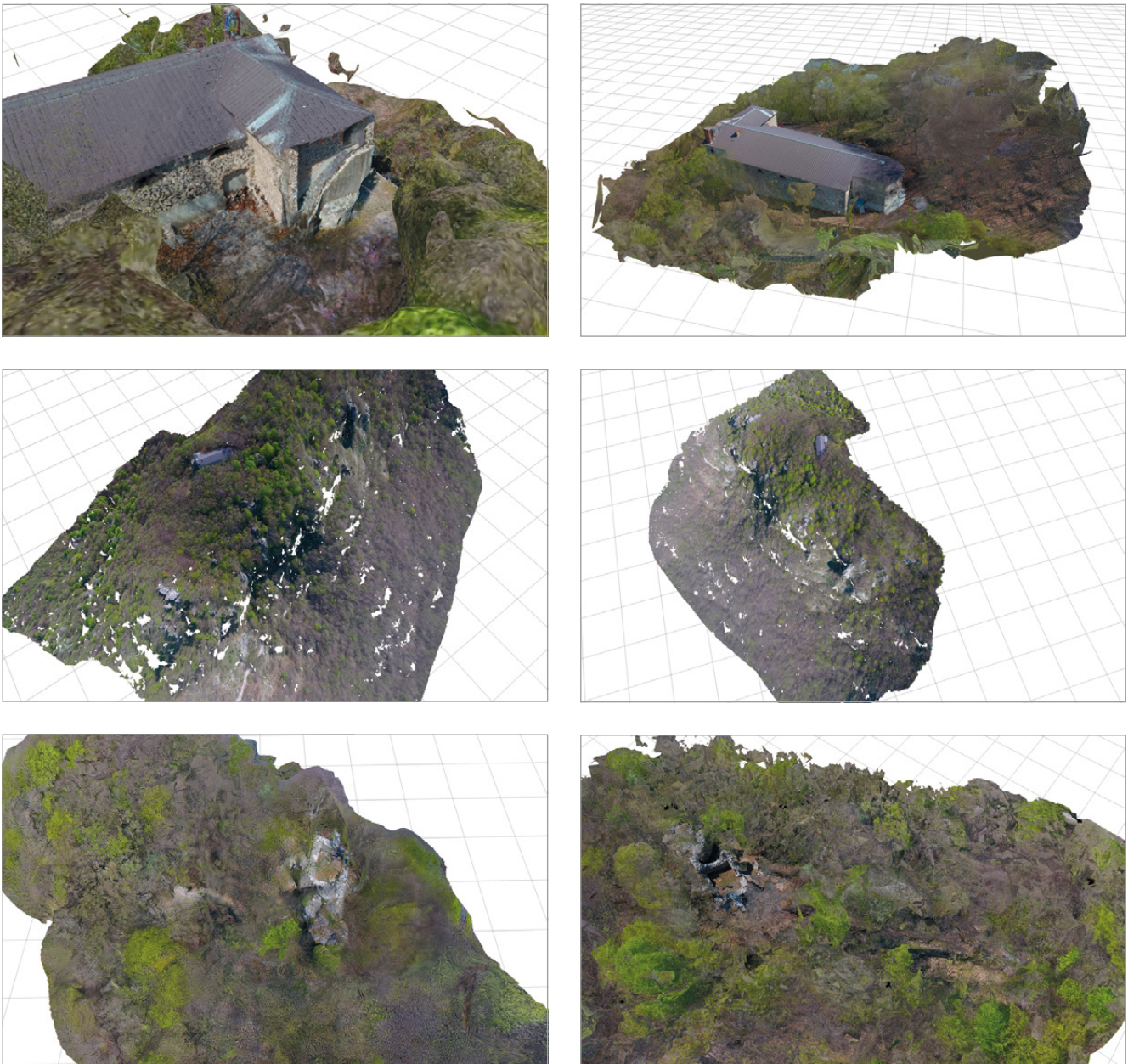


fig. 12 – Immagini tratte dalle ricostruzioni fotorealistiche in 3D.

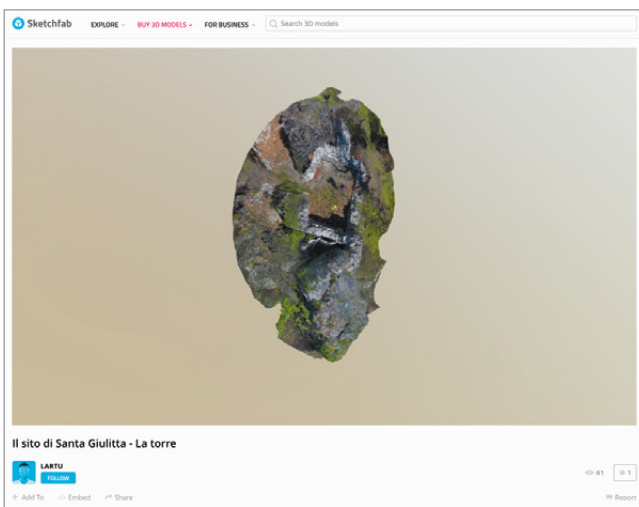


fig. 13 – Il modello fotorealistico della torre, ottenuto attraverso l'applicazione Sketchfab nella sua versione *basic*.

## 4.2 Ortofoto

Un altro prodotto realizzato è l'ortofoto, con una risoluzione finale a 5 centimetri. Si tratta di un'immagine nadirale geometricamente corretta, per costruire la quale i fotogrammi originali hanno subito una fase di correzione degli errori prospettici detta "ortorettifica", grazie alla quale, sul mosaico finale, sarà possibile misurare le distanze (fig. 14).

## 4.3 DSM

Per comprendere meglio la relazione che lega tra loro le singole componenti del complesso è stato realizzato anche il modello digitale delle superfici o *Digital Surface Model* (DSM). Il software ha generato automaticamente un DSM con una scala cromatica dal blu al rosso: il colore freddo (blu) è stato attribuito ai luoghi posti alle

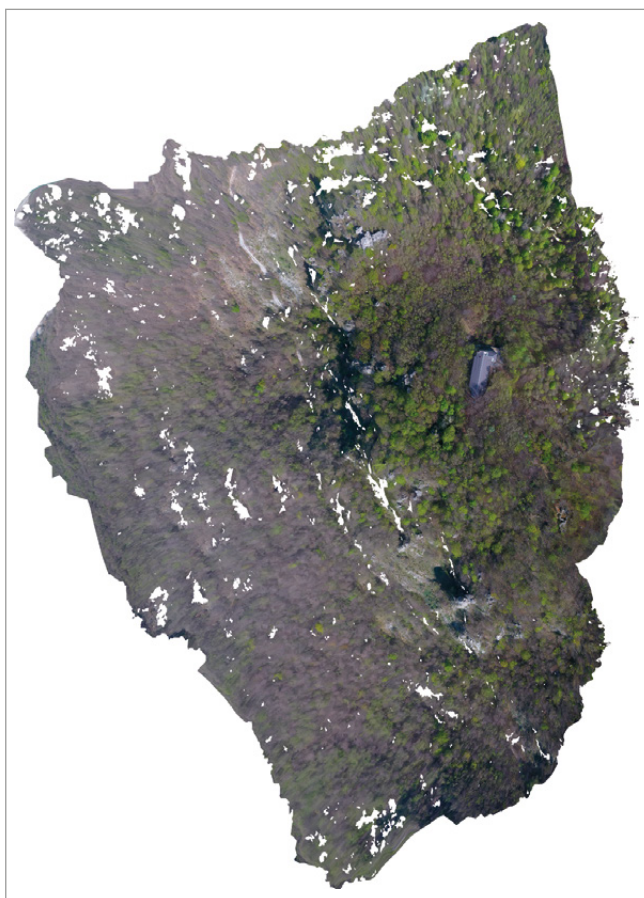


fig. 14 – L’ortofoto.

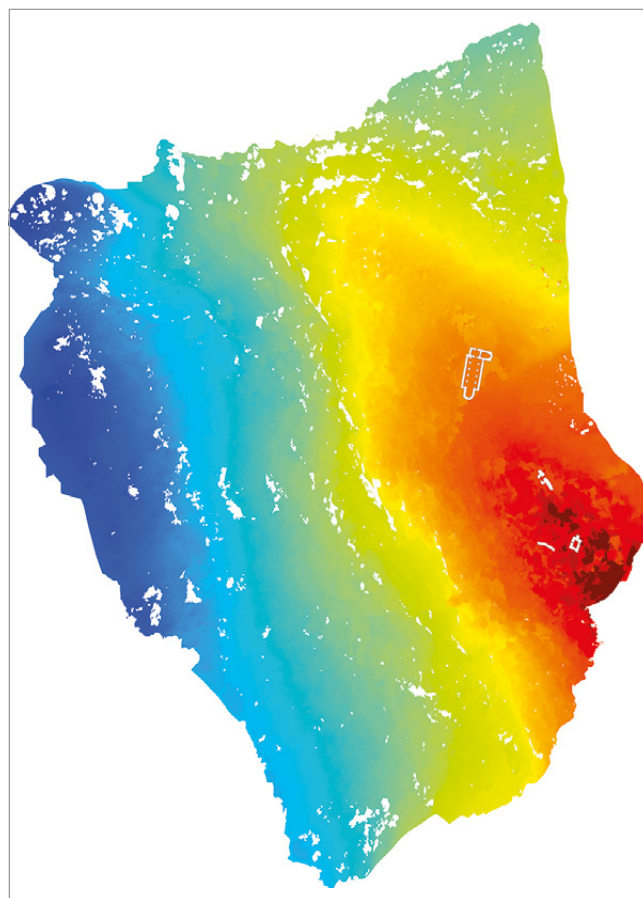


fig. 15 – Il rilievo topografico in bianco sovrapposto al DSM.

quote minori, sul versante rivolto verso la Val Tanaro, mentre il colore caldo (rosso) rappresenta i luoghi posti alle quote maggiori. Le sfumature di colore tra gli estremi rappresentano le quote intermedie. Sia sull’ortofoto sia sul DSM si è proposta un’elaborazione in cui si sovrappone (in bianco) il rilievo topografico terrestre eseguito nel 2015 da un altro gruppo di lavoro<sup>12</sup> (fig. 15).

#### 4.4 Immagini satellitari

Nelle prime fasi di studio del lavoro è stata acquistata un’immagine satellitare ad alta risoluzione Worldview-2. Si tratta di un satellite commerciale lanciato nel 2009 (orbita a 770 km di altezza), che acquisisce immagini multispettrali a 8 bande<sup>13</sup> con una risoluzione di 2 metri e immagini pancromatiche con una risoluzione di 0.50 metri (fig. 16).

La speranza era che attraverso l’analisi di questa immagine, ripresa in inverno, si potesse avere un contributo cognitivo alla situazione del sito senza vegetazione fogliare. Purtroppo il passaggio del satellite alle nostre latitudini avviene sempre intorno alle ore 10 solari della mattina, quindi sull’immagine sono presenti molte ombre generate dalla morfologia del terreno e persiste il problema della vegetazione che, pur senza fogliame, interferisce con la piena visibilità degli elementi. Tuttavia si coglie molto bene l’intervento di pulitura nella zona della porta e del muro alto che per contro risulta meno riconoscibile nell’ortofoto prodotta da APR (fig. 17).

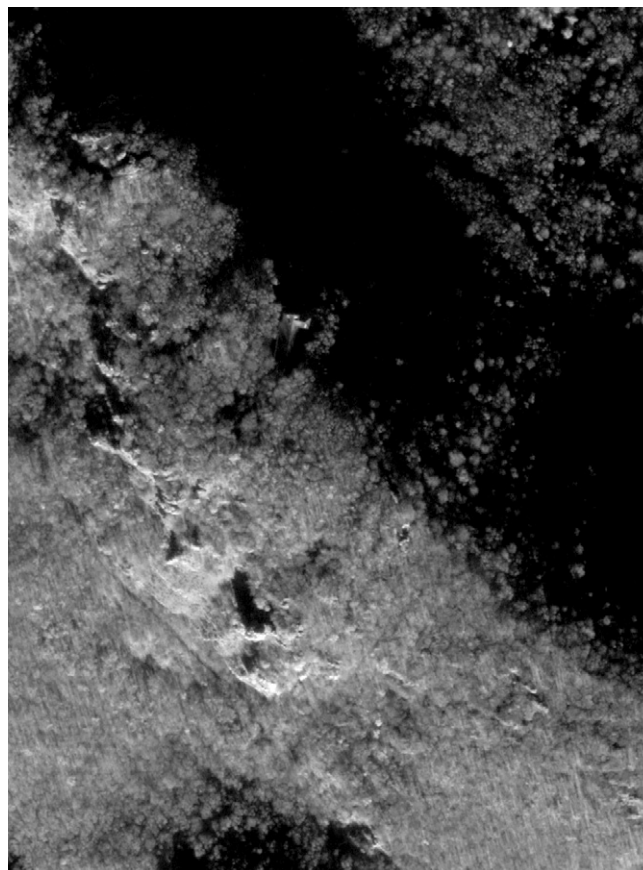


fig. 16 – Inquadratura del sito di Santa Giulitta sull’immagine satellitare ad alta risoluzione Worldview-2.

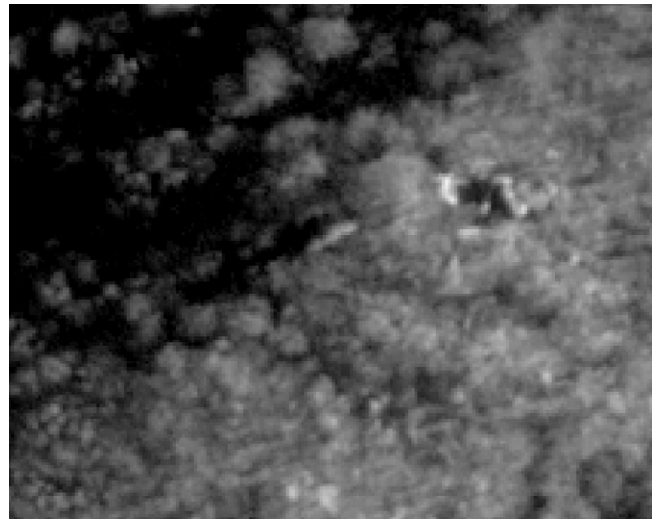


fig. 17 – Particolari del sito di Santa Giulitta: a sinistra l’ortofoto, a destra l’immagine satellitare ad alta risoluzione Worldview-2.

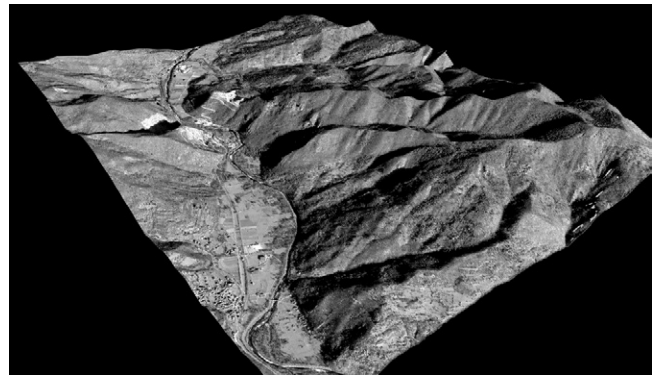


fig. 18 – Inquadrate dell’immagine satellitare ad alta risoluzione Worldview-2 drappeggiata sul Modello Digitale del Terreno (DTM).

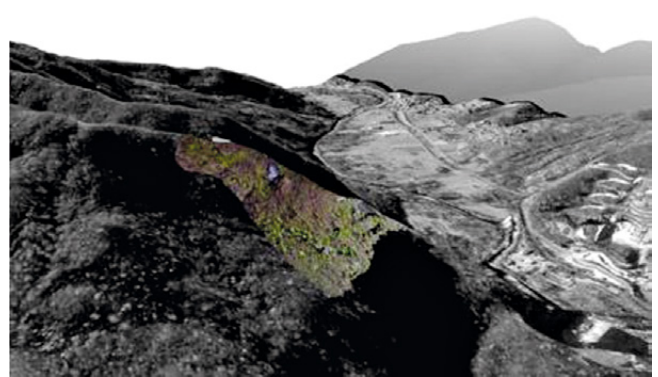
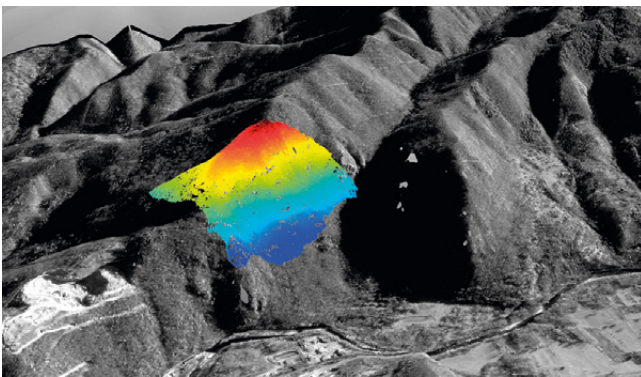


fig. 19 – A sinistra il DSM, a destra l’ortofoto drappeggiata sulla foto satellitare e sul DTM.

#### 4.5 Interrelazione tra i prodotti ottenuti

Si è effettuato un ritaglio della zona di interesse dal modello digitale del terreno (DTM) della Regione Piemonte relativo al volo ICE 2009-11 a passo 5 metri, mediante il software GIS ArcMap di ESRI. Successivamente, con il software ArcScene di ESRI, utilizzando l’informazione dell’altimetria contenuta nel DTM, si è prodotta una visualizzazione tridimensionale della zona, su cui è stata infine drappeggiata l’immagine satellitare. L’operazione ha consentito di ottenere un’immagine di grande impatto visivo il cui merito principale è la contestualizzazione del complesso di Santa Giulitta

rispetto alla porzione della Val Tanaro connessa con il comune di Bagnasco. L’emergenza morfologica del sito traspare in particolare in relazione con lo spartiacque intervallivo rispetto alla finitima regione ligure, confermando il ruolo di polo viario per il “sistema castrum” di Santa Giulitta (fig. 18).

La stessa operazione ci ha permesso di drappeggiare i prodotti elaborati in precedenza dal rilievo APR ovvero l’ortofoto e il DSM (fig. 19).

Altri prodotti sono stati ottenuti dalla sovrapposizione del DSM e dell’ortofoto, gestendo la trasparenza (fig. 20).

Di particolare interesse è stata la ricostruzione della torre per lo studio dell’aggancio della struttura muraria



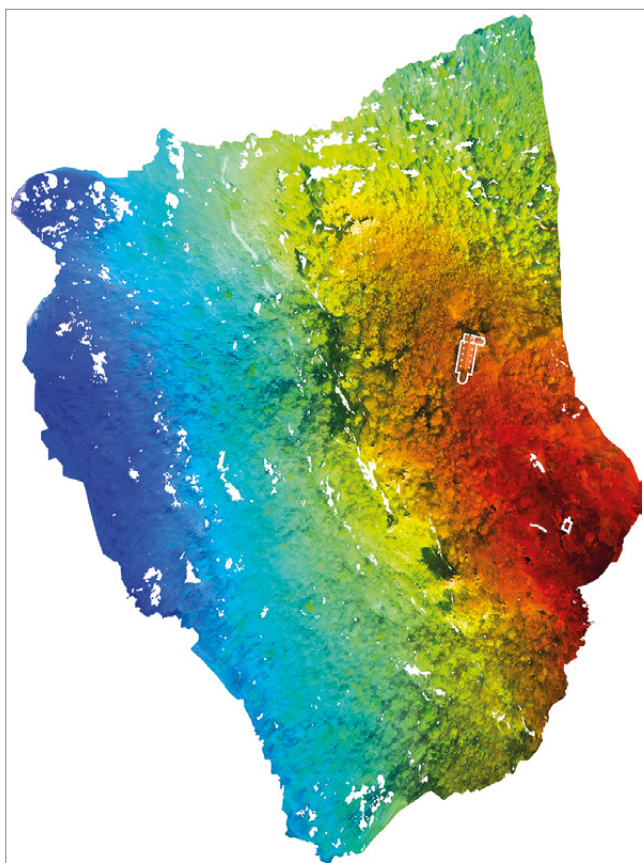


fig. 20 – Sovrapposizione del DSM e dell'ortofoto con la gestione della trasparenza.

alla parete rocciosa posteriore, irraggiungibile a coloro che effettuarono negli anni precedenti la campagna di ricognizione archeologica (fig. 21).

### 5. Per una prima ipotesi di conclusione: immagini a confronto

A fronte di una esigenza emersa nel contesto del programma di ricerca su Santa Giulitta, ossia la possibilità di una visione complessiva dell'insediamento (edificio di culto con le sue differenti parti e stratificazioni), del complesso delle fortificazioni (con almeno due sezioni chiaramente identificabili nella cosiddetta porta e nella torre sommitale) e delle interrelazioni con l'articolata morfologia del sito, che permettesse di superare la difficoltà di lettura delle diverse componenti, l'APR con le sue oltre 1500 riprese e l'immagine satellitare pancromatica e multispettrale, hanno permesso una "visione dall'alto" da affiancare a una modellazione in 3D.

Nonostante quanto prodotto non possa sostituirsi mai a un rilevamento di dettaglio operato sul campo, la capacità evocativa delle immagini in 3D fornisce utilissimi supporti all'interpretazione delle fonti storiche, integra i dati discretizzati dei ridotti rilievi sul terreno (impianti e alzati) ricomponendoli all'interno delle logiche più ampie dell'intero insediamento di Santa Giulitta. In particolare, la possibilità di leggere le interrelazioni territoriali sui due versanti del rilevato montuoso e di conseguenza i legami

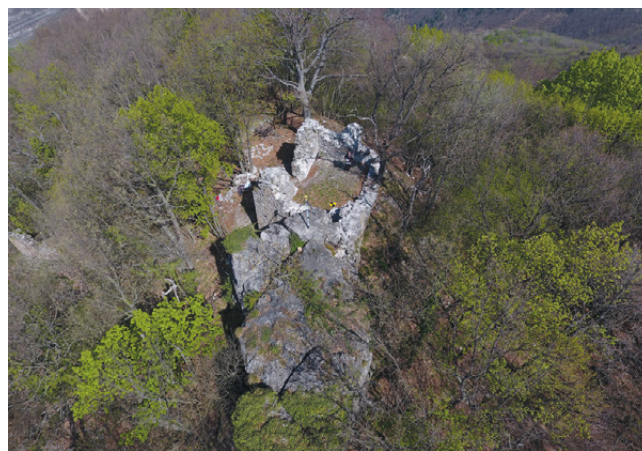


fig. 21 – Sopra l'immagine della torre ripresa dall'APR; sotto la scena ricostruita in 3D.

funzionali e relazionali tra Valle del Tanaro e Ponente ligure va a integrare visivamente le informazioni viarie ottenute con l'analisi della *cost distance* e della *viewshed analysis* per la ricostruzione dei percorsi in media Val Tanaro<sup>14</sup>.

### Note

- <sup>1</sup> GARNERO 2016.
- <sup>2</sup> FERRANTE, GARNERO 2016.
- <sup>3</sup> <https://www.enac.gov.it/Home/>; <https://www.enac.gov.it/la-normativa/normativa-enac/regolamenti/regolamenti-ad-hoc/regolamento-mezzi-aerei-pilotaggio-remoto> (ultima consultazione: dicembre 2018).
- <sup>4</sup> MICHELETTI, CHANDLER, LANE 2015; SMITH, CARRIVICK, QUINCEY 2015
- <sup>5</sup> JAMES, ROBSON 2012.
- <sup>6</sup> DEMEGLIO 2013; Id. 2014; Id. 2014a; DEMEGLIO, LEONARDI 2015.
- <sup>7</sup> <https://www.3dflow.net/it/> (ultima consultazione: dicembre 2018).
- <sup>8</sup> REMONDINO, SPERA, NOCERINO, MENNA, NEX 2014.
- <sup>9</sup> I primi risultati di questo lavoro sono stati presentati alla XXI Conferenza Nazionale ASITA per cui si rimanda a ALBERTO, DEVOTI, GARNERO, GUERRESCHI, PEROTTI 2017.
- <sup>10</sup> <https://sketchfab.com/>.
- <sup>11</sup> <https://sketchfab.com/models/b3a2cef8ff254186b684739442566b5d>.
- <sup>12</sup> Le indagini svolte nel sito di Santa Giulitta, si inseriscono in un programma di studio della Scuola di Specializzazione in Beni architettonici e del Paesaggio del Politecnico di Torino, che ha riguardato l'Alta Val Tanaro a partire dal biennio 2012-13. Una campagna di rilevamento della struttura fortificata è stata operata dall'arch. Rossella Cuncu nel 2015, restituita in seguito dagli architetti Marta Banino, Alice Giani, Luigi Gritella, Luca Malvicino.
- <sup>13</sup> *Coastal* consente analisi specifiche degli ambienti marini e costieri, *Blue, Green, Yellow, Red, Red Edge* per le analisi nel settore dell'Oil and Gas e dell'agricoltura di precisione e 2 bande nell'infrarosso vicino.
- <sup>14</sup> Si confronti il contributo di M. LEONARDI nel presente volume.

## Bibliografia

- ALBERTO W., DEVOTI C., GARNERO G., GUERRESCHI G., PEROTTI L. 2017, *La ricostruzione in 3D del sito archeologico di Santa Giulitta a Bagnasco (CN)*, in *Atti della XXI Conferenza Nazionale ASITA* (Roma, 21-23 novembre 2017), Salerno, pp. 17-24.
- DEMEGLIO P. 2013, *(CN) Bagnasco, loc. Santa Giulitta*, «Archeologia Medievale», XL, *Schede*, pp. 288-289.
- DEMEGLIO P. 2014, *Il sito fortificato di Santa Giulitta a Bagnasco (alta val Tanaro, CN)*, in B. MAURINA, C.A. POSTINGER (a cura di), *Prima dei castelli medievali: materiali e luoghi nell'arco alpino occidentale*. Atti della tavola rotonda (Rovereto 2013), «Atti della Accademia Roveretana degli Agiati», CCLXIV a.a., ser. IX, vol. IV, A, fasc. II, pp. 168-183.
- DEMEGLIO P. 2014a, *Nucetto, Bagnasco, Priola, Garesio, Ormea. Alta Val Tanaro. Indagini preliminari paesaggistico-archeologiche*, «Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte», 29, *Notiziario*, pp. 102-104.
- DEMEGLIO P., LEONARDI M. 2015, *L'archeologia del paesaggio in alta val Tanaro e il sito di Santa Giulitta a Bagnasco (CN): aggiornamenti e prospettive di ricerca*, in P. ARTHUR, M.L. IMPERIALE (a cura di), *Atti del VII Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Lecce, 9-12 settembre 2015), Firenze, I, pp. 406-410.
- FERRANTE F., GARNERO G. 2016, *I droni nelle applicazioni catastali: possibili impieghi*, «Territorio Italia - Governo del Territorio, Catasto, Mercato immobiliare», a. XVI, 1, pp. 45-59.
- GARNERO G. 2016, *Riprese aeree innovative per le emergenze*, «Geomedia», XX, 5, pp. 16-19.
- JAMES M.R., ROBSON S. 2012, *Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: accuracy and geoscience application*, «Journal of Geophysical Research», 117, pp. 1-17.
- MICHELETTI N., CHANDLER J.H., LANE S.N. 2015, *Structure from Motion (SfM) photogrammetry*, in S.J. COOK, L.E. CLARKE, J.M. NIELD (eds.), *Geomorphological Techniques* (online edition), London, cap. 2, sec. 2.2.
- REMONDINO F., SPERA M., NOCERINO E., MENNA F., NEX F. 2014, *State of the art in high density image matching*, «The Photogrammetric Record», 29, pp. 144-166.
- SMITH M.V., CARRIVICK J.L., QUINCEY D.J. 2015, *Structure from motion photogrammetry*, «Physical Geography», 40, 2, pp. 247-275.



**POLITECNICO  
DI TORINO**

**III Livello**

Scuola di specializzazione in  
Beni architettonici e del paesaggio

## HERIDIUM / 1

Collana della Scuola di Specializzazione  
in Beni Architettonici e del Paesaggio  
del Politecnico di Torino

L'Alta Val Tanaro, e in particolare il sito di Santa Giulitta nel comune di Bagnasco (CN), iniziano a disvelarsi nella loro multiforme complessità. Infatti, da un lato il fulcro dell'indagine è costituito dall'insieme di edifici e ruderi che testimoniano il susseguirsi di un elemento fortificato di origine altomedievale, forse bizantino, e di un complesso religioso che, a partire da un momento che si colloca tra fine dell'XI e l'inizio del XII secolo fino a oggi, è stato importante luogo di devozione per la comunità che si riuniva, e ancora si riunisce, intorno al culto dei Santi Giulitta e Quirico. Ma dall'altro lo studio a cura della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio del Politecnico di Torino – che con questo volume rinnova la sua collana – ha analizzato vari aspetti della valle nella sua interezza con ottica multidisciplinare e in una dinamica di lungo periodo, tra l'età romana e l'epoca contemporanea: dai dati archeologici alle emergenze architettoniche e artistiche, dal tessuto insediativo ai centri produttivi, dalle caratteristiche geomorfologiche al patrimonio arboreo, dai siti industriali dismessi alle ipotesi di valorizzazione del territorio.

€ 75,00

ISSN 2704-8373

ISBN 978-88-7814-946-5

e-ISBN 978-88-7814-947-2



*All'Insegna del Giglio*

HER-1



Un paesaggio medievale tra Piemonte e Liguria  
Il sito di Santa Giulitta e l'Alta Val Tanaro



a cura di Paolo Demeglio

1