

DATI, INFORMAZIONE, CONOSCENZA

Metodi e tecniche integrate di rilevamento.

I modelli tridimensionali, la costruzione e trasmissione dei dati



a cura di *Emma Mandelli*

MATERIA E GEOMETRIA
SEZIONE DOTTORATO
17/2007

COLLANA DELLA SEZIONE
ARCHITETTURA E DISEGNO
DEL DIPARTIMENTO
DI PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA
DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

Direttore:
EMMA MANDELLI

Consiglio di redazione:
M. TERESA BARTOLI MARCO BINI
ROBERTO MAESTRO ROBERTO CORAZZI

© copyright ALINEA EDITRICE S.R.L. - Firenze 2007
50144 Firenze, via Pierluigi da Palestrina, 17/19 rosso - Tel. 055/333428 - Fax. 055/331013

tutti i diritti sono riservati; nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo
(compresi fotocopia e microfilms)

e-mail: ordini@alinea.it
info@alinea.it
http://www.alinea.it

ISBN 978-88-6055-409-3

in copertina: *immagine di libri antichi*

Pubblicato con i fondi:

Ricerca MIUR (ex 40%)

Progetto di ricerca COFIN 2004 dal titolo generale “*Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la costruzione e fruizione di modelli virtuali 3d dell’architettura e della città*”

Coordinatore nazionale *Mario Dozzi*

Unità di Ricerca dell’Università degli Studi di Firenze, titolo ricerca:

“*Metodi e tecniche integrate di rilevamento: I modelli tridimensionali, la costruzione e trasmissione dei dati.*”

Coordinatore e Responsabile scientifico: *Emma Mandelli*

e con il parziale contributo relativo alla

Convenzione Regione Toscana (rep. n° 188/05)

“*Rilevazione del Complesso delle mura della Città Vecchia di Massa Marittima*”

Coordinatore e Responsabile scientifico: *Emma Mandelli*

Comitato di redazione:

Emma Mandelli, Antonello Bello, Gaia Lavoratti

Realizzazione e progetto editoriale:

Antonello Bello

Finito di stampare nel settembre 2007

—
stampa: Genesi Gruppo editoriale s.r.l. - Città di Castello (Perugia)

DATI, INFORMAZIONE, CONOSCENZA
Metodi e tecniche integrate di rilevamento.
I modelli tridimensionali , la costruzione e trasmissione dei dati

A cura di *Emma Mandelli*

Scritti di:

Barbara Aterini

Maria Teresa Bartoli

Carlo Battini

Antonello Bello

Lorenza Bologna

Roberto Corazzi

Carmela Crescenzi

Elena Fossi

Stefania Iurilli

Marco Jaff

Emma Mandelli

Giampiero Mele

Alessandro Merlo

Sara Peluso

Marcello Scalzo

Marco Vannucchi

Uliva Velo

Giorgio Verdiani

INDICE

INTRODUZIONE ALLA RICERCA

- Emma Mandelli* 9 L'impresa dell'integrazione dei dati

MODELLI DI RILIEVO E CONOSCENZA

PER IL TERRITORIO

- Maria Teresa Bartoli* 17 Approccio alla topografia medievale in Toscana
- Alessandro Merlo* 31 Il modello "per il rilievo": l'esempio della fortezza di Verrucole (Lucca)
- Marco Vannucchi* 43 Contributi per la rappresentazione di un territorio extraurbano
- Uliva Velo* 51 La struttura morfologica dello spazio verde

PER L'ARCHITETTURA

- Barbara Aterini* 65 Modelli tridimensionali per lo studio dell'architettura dell'inganno
- Carmela Crescenzi* 73 Il San Lorenzo di Guarino Guarini.
Rilievo integrato: interpretazione dei dati e rappresentazione
- Marco Jaff* 83 Origine e scomparsa del salone grande di Palazzo Guadagni "dietro la Nunziata". Una vicenda ancora da chiarire dell'architettura fiorentina tra l'epoca della Maniera e Tardo Eclettismo.
- Marcello Scalzo* 97 Modelli reali, modelli virtuali.
La Villa medicea di Poggio a Caiano

-
- Lorenza Bologna* 107 Il rilievo dei paramenti murari. Strumenti e applicazioni
- Elena Fossi* 115 Le scale di Andrea Pisano a Firenze: rilievo modellazione e analisi
- Giampiero Mele* 127 Un modello di rilievo integrato per la conoscenza: la facciata di Santa Maria Novella a Firenze
- Sara Peluso* 137 Il rilievo del Salone dei Cinquecento: un esempio di rilievo integrato

MODELLI OPERATIVI. STRUMENTI E GESTIONE

GLI STRUMENTI

- Roberto Corazzi* 143 Il rilievo eseguito con strumentazioni avanzate: endoscopia e laser scanner
- Giorgio Verdiani* 157 Il rilievo tridimensionale digitale e le immagini del reale

MODELLI E GESTIONE

- Carlo Battini* 169 Dal reale al virtuale, dal virtuale al materiale
- Antonello Bello* 179 Gestione del dato informatico nel rilievo architettonico. Un esempio applicativo
- Stefania Iurilli* 191 Rappresentazione e complessità urbana: il caso della cinta muraria di Massa Marittima

Il modello “per il rilievo”: l’esempio della fortezza di Verrucole (Lucca)

Alessandro Merlo

Introduzione

Lo studio della fortezza di Verrucole, un complesso dalla singolare forma planimetrica dovuta alle peculiari fasi di accrescimento, non poteva che partire dalla redazione di un rilievo scientificamente condotto¹. Considerata la sua mole (la fortezza ha uno sviluppo lineare di 220 metri ed una larghezza massima di 45 metri) e la sua articolata morfologia, sono stati utilizzati dei sistemi di misurazione “avanzati” basati su tecnologie *laserscan*, integrati da una campagna topografica e, dove necessario, da rilevazioni di tipo “diretto”².

In virtù, pertanto, delle dimensioni complessive dell’organismo e dell’interesse prevalentemente rivolto agli aspetti architettonici dell’edificio, è stato deciso di impiegare un *laserscan* “a tempo di volo”³ che, a differenza di quelli “a variazione di fase” è in grado di rilevare un elevato numero di punti in tempi assai rapidi.

Al fine di “mettere a registro” le quarantasei “nuvole”⁴, il metodo più semplice ed efficace è stato quello di usare una serie di punti comuni all’insieme delle scansioni – individuati sul manufatto da *target* – rilevati con una stazione totale⁵. Così operando, le scansioni, per quanto numerose e complesse, sono state facilmente assemblate in un unico modello tridimensionale, che presenta un errore massimo di allineamento pari a 8 millimetri.

Nel caso specifico della fortezza di Verrucole, la “nuvola” referenziata è servita per fare due distinte valutazioni⁶: la prima inerente la possibilità di definire un modello digitale “per il rilievo”; la seconda relativa alle differenze che sussistono tra

elaborati grafici eseguiti sulla base di un rilevamento *scanner laser* e gli stessi disegni redatti a partire da un rilevamento condotto, invece, con metodi e strumenti “tradizionali”⁷.

Il modello “per il rilievo”

La modellazione digitale è uno dei settori all’avanguardia dell’informatica contemporanea e trova applicazione oggi nei più svariati campi: sotto lo stesso termine sono infatti compresi modelli utilizzati per i videogames e nell’industrial design, in medicina ed in architettura, dove è indubbio che la modellazione 3D abbia inciso non solo nei processi legati alle dinamiche del progetto, ma anche negli ambiti disciplinari affini, come quello della rappresentazione e della comunicazione. Per poter differenziare un modello tridimensionale rispetto ad un altro è pertanto opportuno fare riferimento alle finalità per cui vengono prodotti. In questa ottica ci si è chiesti se sia possibile definire un modello “per il rilievo” – palesando nel termine “rilievo” il fine a cui questo modello deve ottemperare – e quali requisiti esso debba soddisfare. La risposta è stata che il principale attributo di questo genere di modello risiede nella possibilità di misurare tutti gli enti geometrici che lo costituiscono, i quali, pertanto, devono mantenere inalterata non solo la propria geometria, ma anche e soprattutto le loro dimensioni.

Un modello che assolve a queste prerogative è la stessa nuvola di punti, la quale, come già ho avuto occasione di sottolineare⁸, è la rappresentazione del manufatto (o dell’insieme dei manufatti) più fedele alla realtà⁹. Onde evitare equivoci, è

importante però precisare che il modello definito dalla nuvola di punti non è il prodotto finale del rilievo, ma la base di partenza per tutte quelle analisi – diagnostiche, metrologiche e morfologiche, tanto per citarne alcune – dirette alla conoscenza dell'edificio¹⁰.

Un modello "a nuvola di punti" è quindi, nell'accezione che qui si intende dare, la trasposizione, mediante soluzioni informatizzate, dell'oggetto indagato in uno spazio virtuale. Azione, questa, acritica e delegata quasi per intero alla strumentazione adottata¹¹, tesa all'acquisizione del reale continuo mediante un numero elevato di punti che, in modo automatico (senza pertanto che il rilevatore possa mettere in opera quell'intervento di discretizzazione sul quale si basa l'atto stesso del rilevare¹²) vengono trasferiti in un *software*¹³.

In conseguenza di ciò, la scansione non fa parte del processo di rilevamento metrico-geometrico di un manufatto, ma ne è propedeutica. Solo dopo aver acquisito il modello "a nuvola di punti" dell'oggetto, il rilevatore (e non più, al limite un operatore generico al quale può essere demandata la scansione) è in grado di cimentarsi nel suo rilevamento; due le modalità: - eseguire dei rilievi "diretti" all'interno dello spazio digitale definito dalla "nuvola" stessa, con il vantaggio di poter conoscere la misura di elementi posti anche a molti metri di distanza l'uno dall'altro e con la sicurezza che lo strumento di misura – quella sorta di rotella metrica infinitamente allungabile – non ammette errori;

- convertire il dato puntiforme in superfici continue. Il modello "a nuvola di punti" presenta in sé numerosi limiti applicativi legati soprattutto al fatto che è costituito da dati discontinui (i punti stessi) che non permettono, ad esempio, di effettuare operazioni di *rendering*. Attualmente i metodi esistenti per sopperire a tale deficit consistono:

1. nell'estrazione dal modello "a nuvola di punti" di elementi vettoriali atti a definire le caratteristiche geometrico-morfologiche dell'architettura e nell'utilizzarli come generatrici di elementi tridimensionali;

2. nella conversione automatica dell'insieme dei punti in superfici *mesh* o *NURBS*.

I modelli che si ricavano da quest'ultima procedura sono quelli che approssimano in modo migliore il modello "a

nuvola di punti"; (il rilievo *scanner laser* delle architetture, specialmente di quelle appartenenti all'edilizia storica, genera infatti "nuvole" dall'andamento assai articolato che meglio si addicono a strumenti che operano per superfici).

Nel caso della fortezza di Verrucole è stato scelto, pertanto, di esplorare il campo delle procedure automatiche di modellazione, nel quale i processi di riconoscimento e definizione delle geometrie dell'architettura vengono delegate ai *software*, valutando poi la coerenza tra i caratteri dell'organismo rilevato e il modello digitale ottenuto.

I *software* testati, *Cyra Cyclone 5.1* e *Geomagic Studio 7*, generano entrambi delle superfici a partire dalla nuvola di punti, ma mentre il primo dà origine a delle *mesh*, il secondo produce delle *NURBS*. *Cyclone* presenta un semplice menù di scelta tra tre opzioni disponibili: *basic*, *complex* e *tin*. In tutti i casi il processo di creazione della *mesh* è molto veloce, ma gli esiti non sono stati quelli sperati: i modelli che se ne ricavano non rispettano infatti la morfologia originaria dell'architettura ed i relativi *files* hanno, in termini di *kbyte*, dimensioni eccessive. Inoltre, gli strumenti di decimazione messi a disposizione dal programma, che possono operare sia sulla *mesh* che sulla nuvola di punti prima della sua trasformazione in superfici, producono modelli ancora più divergenti dal dato rilevato che, non di rado, presentano dei fori.

Con il secondo *software*, uno degli applicativi più utilizzati nel campo del *reverse modeling*, i risultati sono stati decisamente migliori. Il modello *NURBS*, ottenuto attraverso le funzioni legate al *wrap* (letteralmente "fasciare" la "nuvola" con una superficie), non mostra fenomeni di deformazione geometrica, né fori sul contorno. Una serie di difetti, però, ne compromettono l'utilizzo minimizzandone i vantaggi: il *file* di scambio tra *Cyclone* e *Geomagic* è in formato *DXF*, un *file* testuale eccessivamente pesante che ha obbligato ad operare solo su porzioni ridotte del manufatto; i tempi di generazione della superficie sono oltremodo lunghi e, infine, dal punto di vista qualitativo, la resa delle superfici si è rivelata assolutamente inadatta a descrivere un paramento murario in pietra. I tre limiti elencati sono presumibilmente ascrivibili al fatto che il *software* non nasce per operare sull'architettura, ma per il design, campo nel quale si eseguono, in genere, modelli

di oggetti dalle dimensioni limitate, realizzati prevalentemente con materiali privi di asperità.

I due programmi non hanno quindi consentito di realizzare un modello gestibile (dal punto di vista della complessità del dato) che permettesse di misurare il manufatto in ogni sua parte senza che ne fossero compromesse le caratteristiche geometriche.

Per le finalità del rilievo *tout court*, quello cioè finalizzato alla conoscenza metrico-geometrica del manufatto – e non, come purtroppo sempre più spesso accade, alla creazione di modelli il cui fine principale sembra essere quello della loro somiglianza (solo percettiva e spesso non dimensionale) con l'oggetto reale – il modello "a nuvola di punti" resta quello più indicato. Le motivazioni alla base di questa asserzione fanno riferimento sia alla maggiore fedeltà di questo modello, rispetto agli altri, all'oggetto reale, che ai compiti del rilevatore. Mentre opera su di un manufatto, reale o virtuale che sia, egli (e non la macchina) compie infatti delle scelte "sapienti", in base alla propria esperienza ed alle peculiarità dell'oggetto indagato, alle quali è in gran parte delegato il buon esito dell'intero lavoro. L'innegabile vantaggio che si ricava dall'utilizzo del modello "per il rilievo" è che, in qualunque istante, è possibile, rilevando a tavolino quello stesso modello, redigere ulteriori rappresentazioni in grado di descrivere integralmente l'oggetto in studio. Ed in questo risiede la potenzialità di questo nuovo strumento.

Gli elaborati bidimensionali

In un rilievo di tipo tradizionale, piante, prospetti e sezioni, vengono realizzate ricostruendo su di un supporto bidimensionale le geometrie della struttura (riconosciute dal rilevatore ancor prima dell'inizio delle operazioni di misurazione) utilizzando le sole misure di lunghezza prelevate direttamente sull'organismo architettonico, in corrispondenza di quei punti che il rilevatore stesso ha riconosciuto come necessari per poter descrivere in modo univoco la morfologia del manufatto.

In un rilievo *scanner laser*, invece, l'individuazione delle geometrie dell'architettura avviene nella fase di restituzione dei dati ed è assimilabile, forzando il concetto, ad una delle

tante letture realizzabili. In questo caso, due sono gli iter con i quali è possibile redigere degli elaborati bidimensionali: mediante operazioni automatiche o semiautomatiche che consentono, una volta definito il piano di sezione/proiezione, di estrarre quelle polilinee che meglio descrivono la geometria degli elementi, oppure ricavare tali polilinee "ribattendo" manualmente (in un applicativo CAD) i punti della "nuvola" appartenenti al piano di sezione scelto¹⁴.

Metodo questo ultimo che può apparire improprio rispetto alla scelta di realizzare un rilievo utilizzando tecnologie contemporanee; in realtà l'errore che il disegnatore può eventualmente compiere – che sta nell'individuare con poca precisione i punti che devono essere ribattuti – può essere assai ridotto se la definizione della *bitmap* consente una visualizzazione a monitor del modello già ad una scala di 1:20.

Inoltre, la redazione degli elaborati bidimensionali secondo questa procedura permette di operare al di fuori del programma di gestione delle "nuvole", con il conseguente vantaggio di poter essere svolta anche da semplici operatori CAD¹⁵.

I problemi che si sono presentati nel rilievo della fortezza di Verrucole, inerenti rispettivamente la quotatura degli elaborati e la versione cosiddetta "materica" degli stessi, sono emblematici del modo di operare con lo *scanner laser*.

Se corrisponde a verità il fatto che in un rilievo tradizionale le quote devono necessariamente palesare sia i procedimenti di misurazione adottati (vedi la presenza delle diagonali), che la sequenza stessa delle operazioni di misura svolte e, pertanto, essere in numero necessario e sufficiente a definire (e poter ricostruire a tavolino) la geometria del manufatto, che significato assume quotare con le stesse regole un disegno frutto di una scansione laser in cui la logica della rilevazione e della restituzione seguono modalità diverse?

La risposta a questo secondo quesito dovrebbe forse essere cercata nei criteri utilizzati per quotare i disegni di progetto, nei quali le quote hanno la funzione di mettere in evidenza le misure occorrenti a descrivere di volta in volta il tema che si desidera trattare: gli interassi delle strutture portanti, ad esempio, in un elaborato strutturale, oppure le misure perimetrali dei locali se l'elaborato ha lo scopo di quantificare la superficie dei vani.

In un rilievo *scanner laser*, pertanto, le quote dovrebbero avere una finalità "descrittiva" e non "ricostruttiva" della geometria della struttura come è invece indispensabile che avvenga in un rilievo tradizionale¹⁶ quotato. Sempre a tale proposito, molto si è discusso sulla necessità di rappresentare nella pianta generale della fortezza un sistema in grado di "tenere assieme" le distinte parti, agevolandone la lettura.

Il problema si mostrava con particolare evidenza nel lungo tratto centrale in cui si contrappongono le due cortine murarie, che risultava privo di indicazioni utili, ad esempio, a capire la dimensione della superficie racchiusa. In un rilievo tradizionale questo compito è indirettamente assolto dal sistema delle diagonali e da tutte quelle misure "ausiliarie" di cui si necessita quando si opera mediante trilaterazione. Ed è proprio al concetto di trilaterazione che si è fatto ricorso – nonostante sia estraneo alla rilevazione *scanner laser* – per poter giustapporre nello spazio bidimensionale del foglio da disegno i diversi elementi

rappresentati, che sono stati così inseriti in una maglia "rigida" di riferimento, con funzione "descrittiva" e non "ricostruttiva". Per operare correttamente anche dal punto di vista proiettivo, le "trilaterazioni" sono state condotte sullo stesso piano di riferimento utilizzato per la sezione orizzontale, avendo cura, in particolare nella pianta del perimetro murario, di mettere le misure all'interno del solo spazio sezionato da ciascun piano. Gli elaborati "materici" – sui quali oltre alla geometria degli elementi è possibile apprezzare la *texture* e il colore delle superfici – sono stati realizzati sovrapponendo il disegno geometrico a fil di ferro alla *bitmap* generata dalla "nuvola" che, opportunamente trattata con programmi di elaborazione di immagini, ha consentito di avere una restituzione quanto mai efficace dell'aspetto dei materiali. L'apposizione, infine, delle ombre a 45 gradi ha agevolato la comprensione della struttura volumetrica e formale della fortezza e del rapporto che questa intrattiene con il contesto orografico della verruca.

NOTE:

1. Il rilievo della fortezza è stato realizzato da Michele Giacomelli ed Elisa Giobbi – coadiuvati dal prof. Giorgio Verdiani e da Nicola Fino nel rilevamento *scanner laser* e dall'arch. Mauro Giannini nella campagna topografica – tra il 2006 e il 2007, ed è parte integrante della loro tesi di laurea: *Fortezza di Verrucole: informazione storico-critica e rilievo sistematico per una proposta progettuale* (relatore: prof. Emma Mandelli, correlatore interno: prof. Alessandro Merlo, correlatori esterni: prof. Domenico Taddei, arch. Andrea Navacchi), discussa nel luglio 2007 presso la Facoltà di Architettura di Firenze. Le immagini del presente contributo sono tratte dalla relazione di tesi, alla quale si rimanda per le indicazioni relative alle fonti iconografiche.
2. La conformazione particolarmente accidentata dell'intorno della fortezza ha reso impossibile l'impiego dello *scanner laser* per la presa dei prospetti Sud-Ovest e Nord-Est.
3. E' stato impiegato un *laserscan* Faro LS CAM2, uno dei migliori strumenti oggi sul mercato sia per il numero di punti in grado di rilevare (più di 28 milioni per ogni scansione), che per la rapidità di acquisizione del dato (120.000 punti al secondo).
4. Con il termine "nuvola" si intenda l'insieme dei punti derivanti da

una scansione effettuata con uno *scanner laser*.

5. La stazione totale utilizzata, una *Leica 706* di tipo *no-prism*, è quella in dotazione al Dipartimento di Progettazione dell'Architettura di Firenze.
6. Tali valutazioni, proprie dell'autore del presente articolo, vanno al di là dello studio realizzato dai due laureandi, che era finalizzato alla comprensione della morfologia della fortificazione, alla ricostruzione delle fasi di formazione e trasformazione della struttura militare e, infine, alla progettazione delle opere necessarie a consentirne l'utilizzo come "porta" al sistema fortificato della Garfagnana.
7. Nel presente testo, con il termine "rilevamento" sono indicate le operazioni legate alla presa della misura e le ricerche volte alla conoscenza dei manufatti; con la parola "rilievo", invece, gli esiti che da tali operazioni hanno origine, prescindendo dalla forma con cui vengono elaborati (grafica su supporto cartaceo, informatizzata, testuale, ecc.).
8. MERLO A., TROIANO D., ZUCCONI M., *Sistemi e mezzi informatici per il rilievo, la catalogazione e la gestione del patrimonio edilizio*, in "E-arcom'07", atti del convegno, Ancona 2007.
9. In questo senso la nuvola di punti può essere considerata una versione "portatile" dell'architettura rilevata, precisa nella stessa misura in cui le scansioni e la loro messa a registro, lo sono state.

Il modello digitale "a nuvola di punti" della fortezza è la fortezza stessa; una sua rappresentazione completa e assolutamente fedele al reale prodotta in scala uno a uno, che fissa l'obiettivo stato del complesso nel luglio 2006.

10. Per tale motivo è stato definito "modello per il rilievo" e non "modello di rilievo", dizione quest'ultima che potrebbe far supporre, erroneamente, che è stato realizzato a seguito di un rilievo.

11. L'intervento dell'operatore è relegato essenzialmente alla impostazione di due parametri: numero di punti rilevati per ogni scansione (per gli *scanner* che utilizzano tecnologie "a tempo di volo") o passo della scansione stessa (per quelli "a variazione di fase") e area da rilevare.

12. In un rilievo "tradizionale", diretto o indiretto che sia, il problema principale sta nel mettere in relazione la posizione di quei punti che il rilevatore ritiene indispensabili per la corretta definizione della geometria del manufatto; l'operazione di discretizzazione del continuo avviene già, pertanto, nella fase di progettazione del rilievo. Rilevamento e restituzione sono due fasi consequenziali di uno stesso procedimento.

13. Il programma è in grado di riconoscere la reciproca disposizione all'interno di uno spazio cartesiano con origine (in ogni singola

scansione) nella testa dello *scanner* e alcune caratteristiche qualitative, come, ad esempio, il valore di riflettanza. Le coordinate cartesiane di ciascun punto vengono elaborate a partire dai primitivi dati provenienti dallo *scanner* che, come una stazione totale, opera un rilevamento di tipo polare (la posizione di ogni singolo punto viene determinata attraverso due angoli e una distanza).

14. Dopo aver visualizzato tale piano frontalmente (da un centro posto all'infinito in direzione perpendicolare al piano) e averne fatto un'immagine *raster* ad altissima risoluzione.

15. Questa procedura è stata utilizzata per la restituzione di due piante della fortezza (piante della rocca e pianta del perimetro murario), una planimetria, due sezioni longitudinali, sette sezioni trasversali e due prospetti.

16. In un rilievo *scanner laser*, pertanto, le quote dovrebbero mostrare solo le principali dimensioni degli elementi che costituiscono un'architettura: nel caso di un arco, ad esempio, dopo aver verificato sperimentalmente sulla nuvola di punti che la sua geometria è "a tutto sesto", la quota dell'imposta e della chiave saranno sufficienti a definire la sua geometria e non vi sarà la necessità di quotare ulteriori punti a suffragio del fatto che possieda proprio tale forma, come invece sarebbe necessario nel caso di un rilievo di tipo tradizionale.

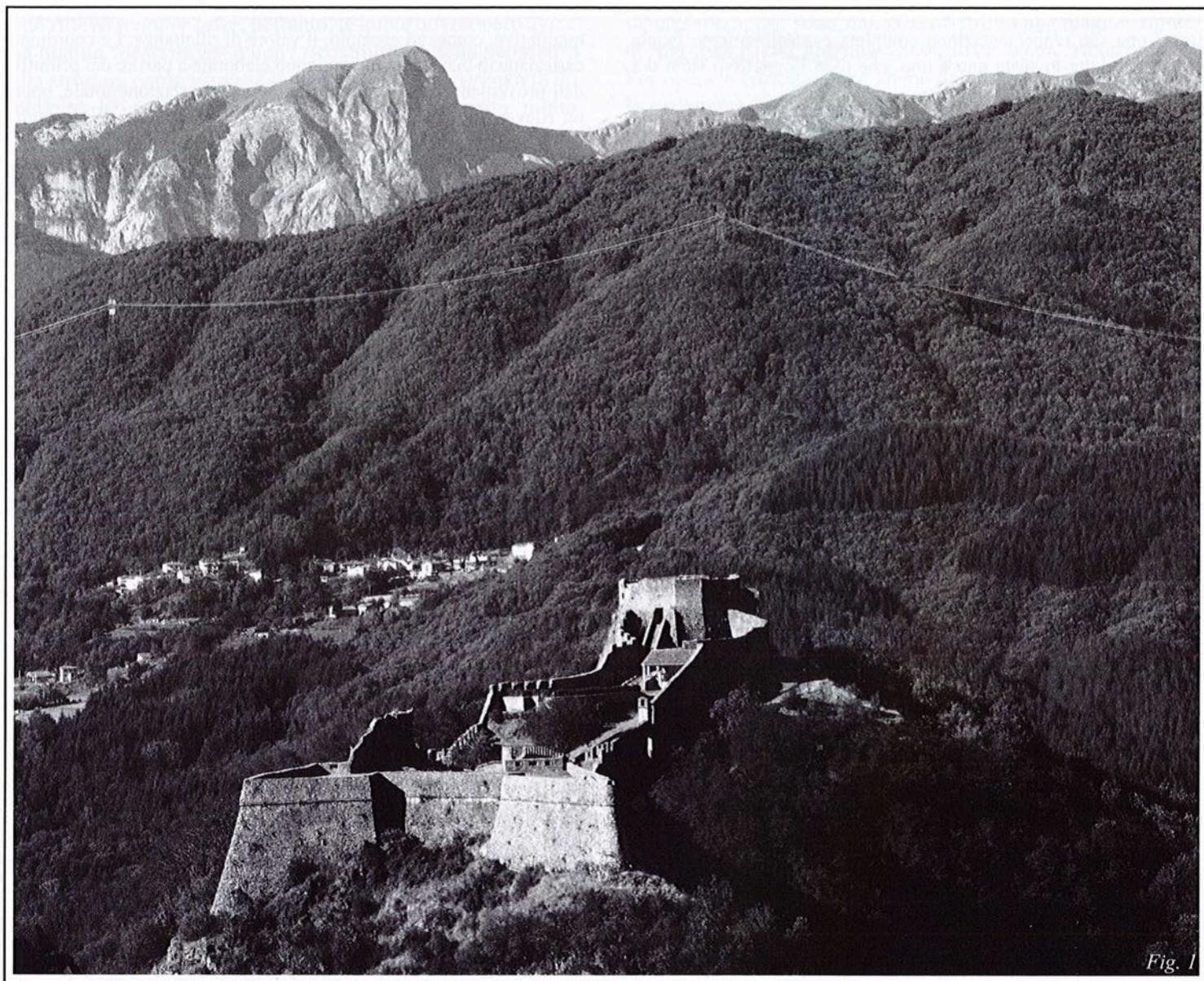


Fig. 1

Fig. 1
Verrucole.

La fortezza è posta nel Comune di San Romano in Garfagnana e deve il suo nome alla conformazione a "verruca" del colle su cui sorge.

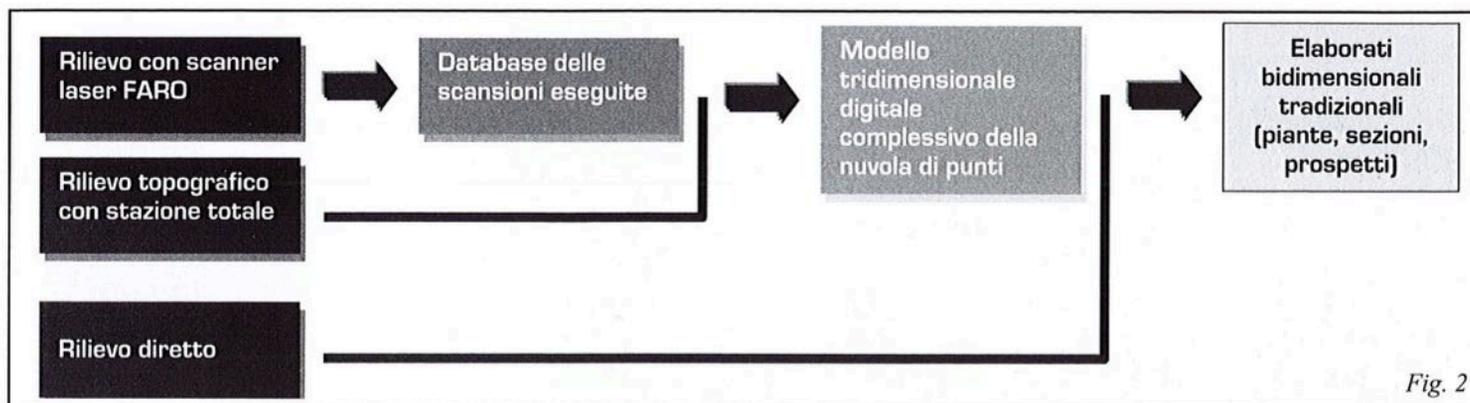


Fig. 2

Fig. 2

Organigramma.

Operazioni di rilievo e restituzione della fortezza.

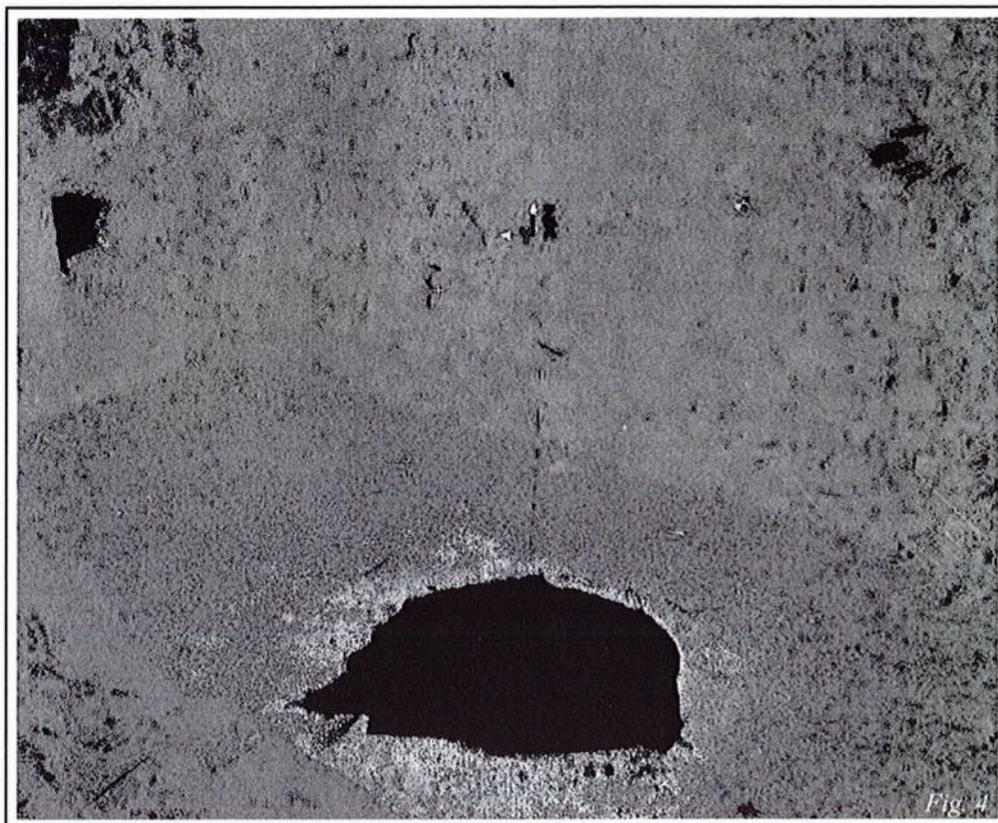


Fig. 3

Fig. 3

Rilievo scanner laser.

Scanner laser FARO LS CAM2 durante il rilevamento della casamatta sotterranea: si possono notare i target collocati sul paramento murario, necessari per la successiva messa a registro su base topografica delle singole scansioni.

**Fig. 4****Rilievo scanner laser.**

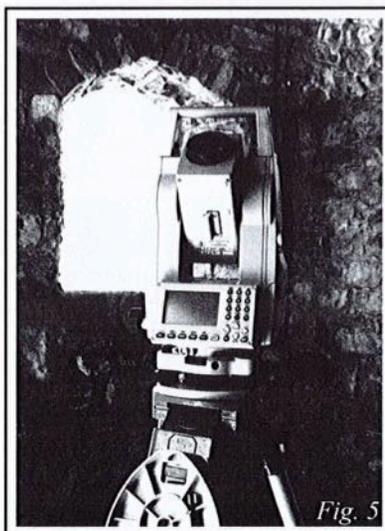
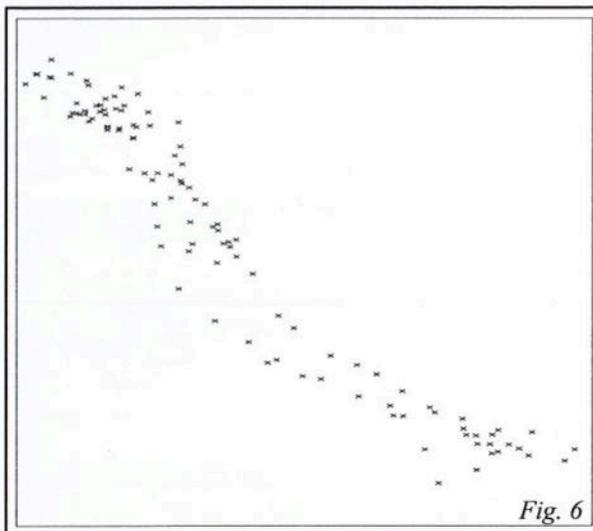
Scansione della casamatta sotterranea in falsi colori.

Fig. 5**Rilievo topografico.**

Stazione totale LEICA 706 durante una fase di rilievo degli interni della fortezza.

Fig. 6**Rilievo topografico.**

Veduta assometria dell'insieme di punti battuti con stazione totale.

**Fig. 5****Fig. 6**

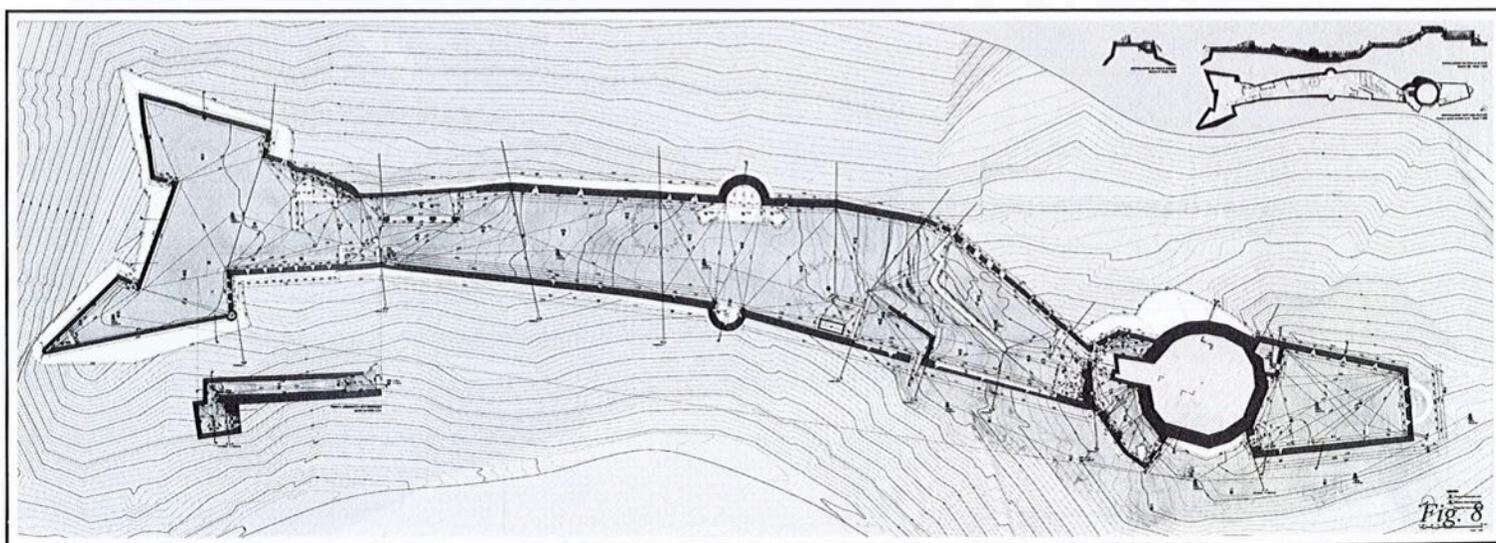
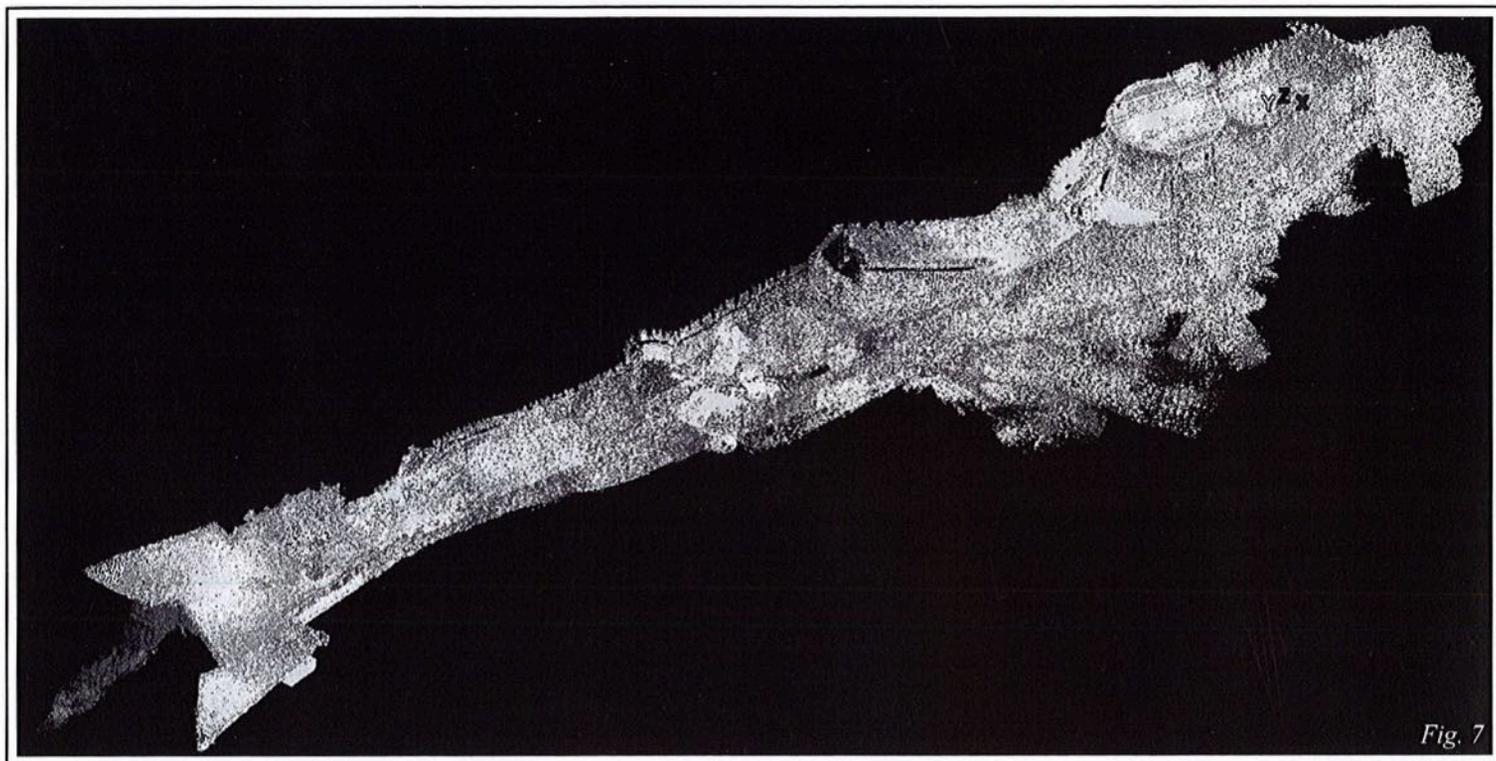
pagina seguente

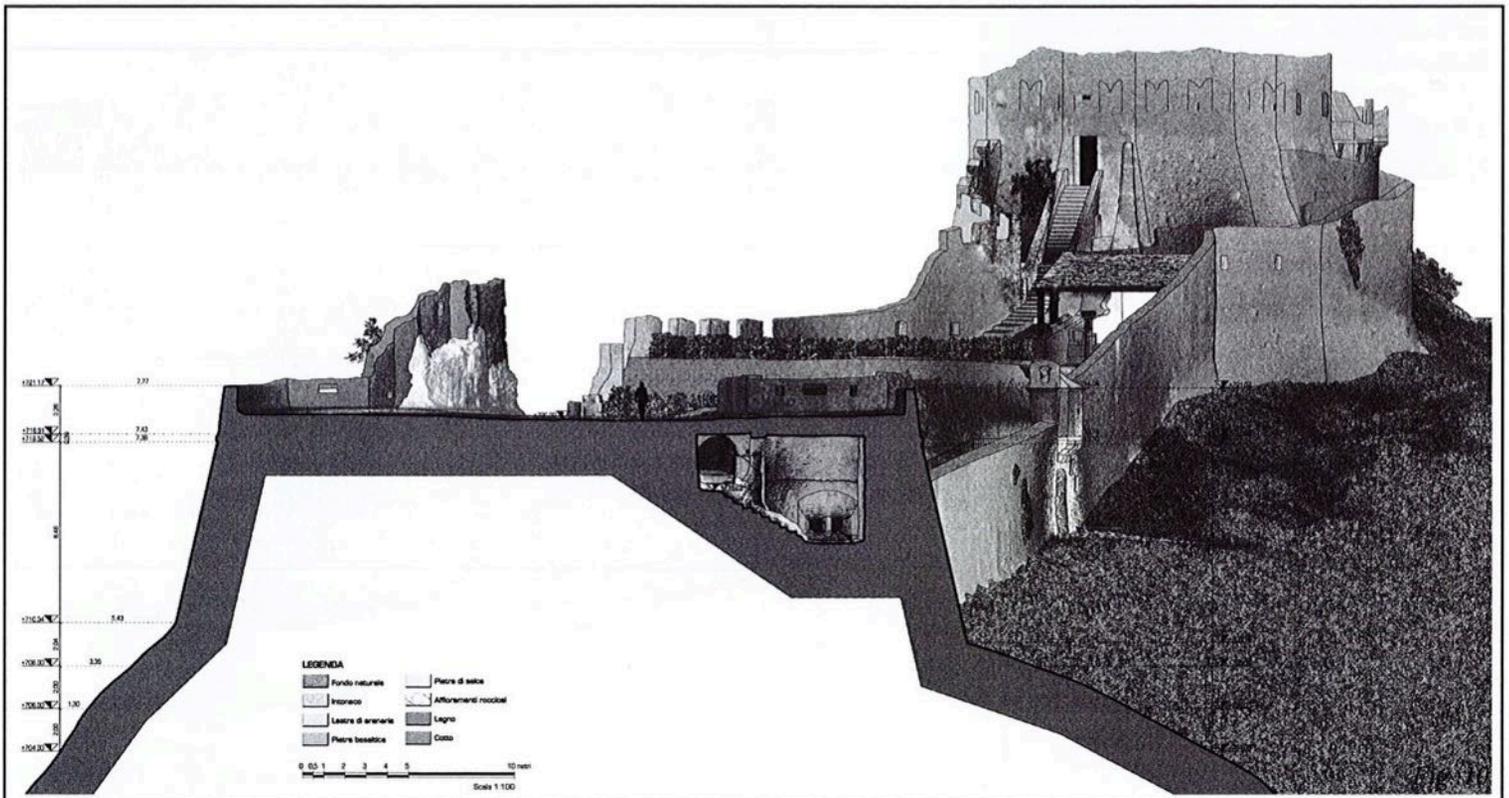
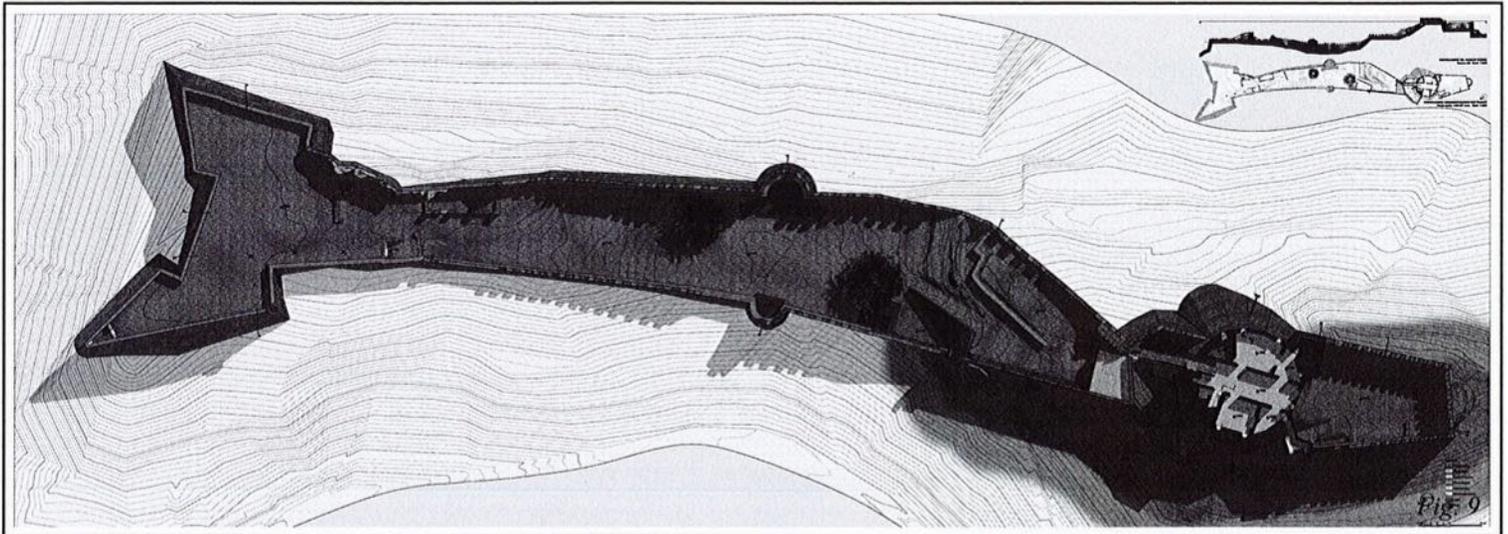
Fig. 7**Rilievo scanner laser.**

Veduta assometrica complessiva del modello a nuvola di punti, risultato della messa a registro delle scansioni di rilievo della fortezza.

Fig. 8**Rappresentazione tecnica.**

Pianta quota variabile sul livello del mare (disegno in scala ordinaria 1:100).





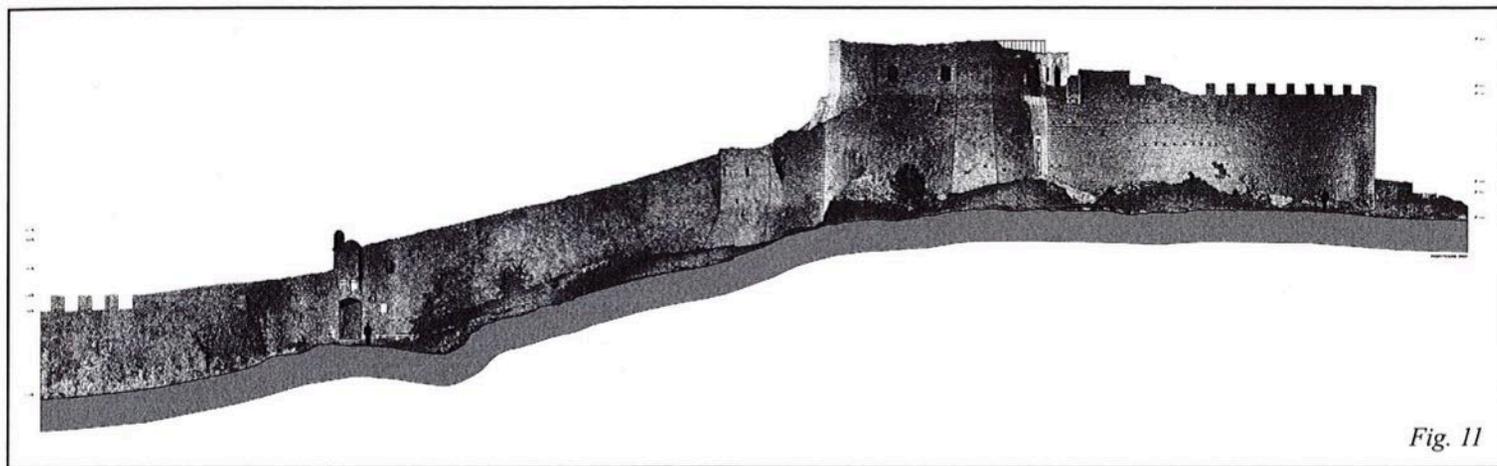


Fig. 11

pagina precedente

Fig. 9

Rappresentazione materico cromatica.

Pianta quota +734,57s.l.m.

(disegno in scala originaria 1:100).

Fig. 10

Rappresentazione tecnica.

Sezione trasversale sulla casamatta sotterranea

(disegno in scala originaria 1:100).

Fig. 11

Rappresentazione tecnica.

Prospetto Nord-Ovest

(disegno originario scala 1:50).

Fig. 12

Rappresentazione tecnica.

Particolare del Prospetto Nord-Ovest

(disegno originario scala 1:50).

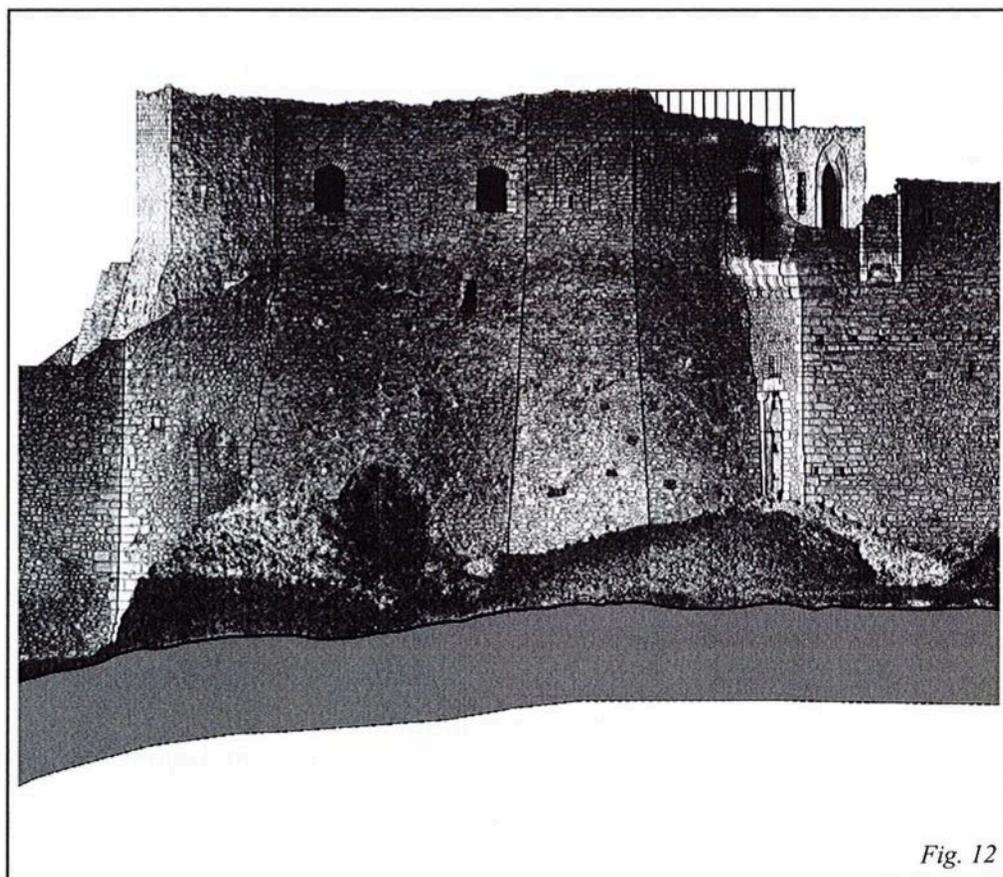


Fig. 12