

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA - POLO DI RAVENNA

Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA DEI PROCESSI E DEI SISTEMI EDILIZI

TESI DI LAUREA

in
DISEGNO

II TEATRO MARITTIMO DI VILLA ADRIANA
CON IL SUO VESTIBOLO DI ACCESSO:
DALL'INTEGRAZIONE DELLA CAMPAGNA
DI RILIEVO AL MODELLO 3D.

Relatore

Prof. Ing. Luca CIPRIANI

Correlatore: Dott. Filippo FANTINI

Laureando:

Valerio Castigliego

Anno Accademico 2018/2019

Indice

CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE.....	4
1.1 Obiettivi e finalità.....	4
CAPITOLO 2 – LA STORIA DI VILLA ADRIANA.....	7
2.1 Descrizione di Villa Adriana.....	7
2.2 L'imperatore Adriano	8
2.3 La struttura della Villa.....	9
2.4 Il Pecile.....	14
2.5 Cento Camerelle	15
2.6 Il Canopo	16
2.7 Piazza d'oro e Casa Colonica.....	18
2.8 Le Terme	20
2.9 Pretorio	22
2.10 Vestibolo	23
2.11 Antinoeion.....	23
2.12 La sala dei filosofi	24
2.13 Il Teatro Marittimo.....	25
2.14 La riscoperta della villa	28
CAPITOLO 3 – DESCRIZIONE DEL CASO DI STUDIO	29
3.1 Il Teatro Marittimo	29
3.2 Descrizione delle parti del Teatro Marittimo	36
CAPITOLO 4 – DESCRIZIONE DEL WORK FLOW.....	43
4.1 Processo metodologico della campagna di rilievo	44
4.2 Time-line del lavoro svolto	47
4.3 Lavoro svolto <i>in situ</i> : eidotipi e scansioni.....	49

CAPITOLO 5 - STRUMENTAZIONE LASER SCANNER E SOFTWARE	64
5.1 Il rilievo 3D	64
5.2 Laser Scanner	67
5.3 Trattamento dei dati con il software Cyclone	71
CAPITOLO 6 - RISULTATI	80
6.1. Pianta	80
6.2 Sezioni	81
CAPITOLO 7 - CONCLUSIONI.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	93
Bibliografia.....	93
Sitografia	96
RINGRAZIAMENTI	97

CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi e finalità

Le soluzioni tecnologiche, rese oggi disponibili dalle discipline della moderna Geomatica, offrono opportunità di grande interesse per il rilevamento nel settore dei Beni Culturali, sia per quanto riguarda il momento primario del rilievo, cioè la fase di acquisizione del dato metrico, sia per quanto concerne la questione della rappresentazione per oggetti di interesse archeologico, artistico e architettonico.

Il presente studio, riguardante Villa Adriana e nella fattispecie il Teatro Marittimo, parte dalla volontà di descrivere in modo dettagliato l'esperienza del rilievo attraverso le moderne tecnologie di acquisizione digitale e della restituzione di un'opera appartenente all'ambito dell'archeologia.



Immagine 01 – Vista dall'alto di Villa Adriana

In particolare, la suddetta tesi tratta dell'elaborazione ed integrazione di vari rilievi effettuati sul Teatro Marittimo e di come sono stati elaborati al fine di ottenere un modello tridimensionale totale successivo al restauro che fosse fedele allo stato dei luoghi.



Immagine 02 –Vista dall’ alto del Teatro Marittimo durante il restauro

Partendo dall'analisi di dati dalle campagne di rilievo realizzate durante la settimana del Workshop internazionale di rilievo archeologico-modellazione 3D svolto dal 26 Agosto al 2 Settembre 2017 e dei successivi sopralluoghi che hanno avuto come obiettivo quello di integrare digitalmente parti diverse del Teatro Marittimo, si è realizzato un modello analizzabile e che rispecchi lo stato attuale dei luoghi.

Per arrivare a tale risultato è stato necessario dividere il lavoro in due parti: una svolta *in situ* chiamata campagna di rilievo, ed una svolta al computer chiamata elaborazioni dati o post processing.

Nella prima parte si è deciso di dividere il Teatro Marittimo in otto zone da rilevare mediante l'uso dello strumento LS.

Nella fattispecie si è utilizzato uno strumento prodotto dalla casa Leica modello C-5 che viene identificato come *active-sensor*, ossia sensore attivo a tempo di volo.

La campagna condotta ha prodotto 74 scansioni totali necessarie a ricoprire l'intera area d'intervento, questo dato fa immediatamente capire due aspetti fondamentali: in primo luogo che si sta trattando di una superficie molto vasta ed articolata, in secondo luogo che senza l'utilizzo di uno strumento LS sarebbe impossibile ottenere i milioni di dati generati dalla nostra campagna.

Terminata la fase di acquisizione si è proceduto all'esportazione e al trattamento dei dati utilizzando il software Leica Cyclone della medesima casa produttrice. Durante questa fase si possono apprezzare le potenzialità del programma che ha permesso la gestione di milioni di dati: dall'importazione all'allineamento delle range-maps fino all'esportazione delle ortho images.

Il risultato finale consiste nell'esportazione di piante e sezioni che, insieme al modello 3D e alle viste assometriche comporranno l'obiettivo della suddetta tesi.

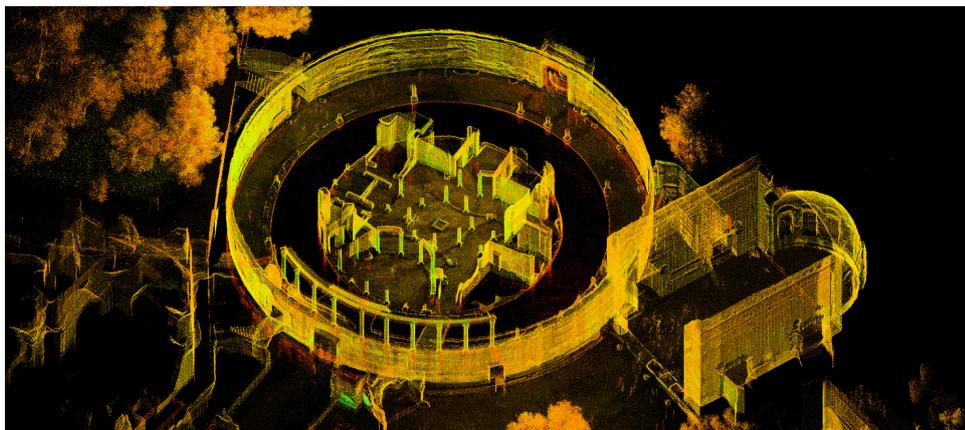


Immagine 03 –Vista assometrica del modello 3d costituito dalla nuvola di punti

CAPITOLO 2 – LA STORIA DI VILLA ADRIANA

2.1 Descrizione di Villa Adriana

Il complesso architettonico denominato "Villa Adriana" si trova nel Lazio, alle pendici dei Monti Tiburtini, a circa 2 miglia dalla città di Tivoli e a 28 chilometri da Roma.

Fu realizzata per volontà dell'Imperatore Adriano¹ (76 d.C. – 138 d.C.) e ci vollero 20 anni per vederla completata.

Per realizzare un complesso così grandioso, sviluppato su un pianoro tufaceo compreso tra due fossi, quello dell'acqua Ferrata ad est e quello di Risicoli o Rocca Bruna ad ovest, Adriano decise di spostare la propria residenza fuori della capitale, scegliendo un territorio verde e ricco di acque: vi passavano, infatti, quattro degli antichi acquedotti romani che servivano Roma (*Anio Vetus*, *Anio Novus*, *Aqua Marcia* e *Aqua Claudia*).

L'imperatore, formidabile stratega, scelse proprio tale posizione per la sua villa per numerosi fattori. Il luogo possedeva un alto valore paesaggistico, con una flora rigogliosa, freschi boschi frondosi, prati e campi; molti corsi d'acqua solcavano la giovane catena dei Monti Tiburtini (originatisi soltanto nel Pliocene, vale a dire tra cinque e due milioni di anni fa), e a causa della morfologia e dell'orogenesi del territorio, alle fresche e abbondanti acque superficiali si aggiungeva la presenza di polle e sorgenti di fonti termali.

La vicinanza con Roma – sole 17 miglia romane, ovvero 28 chilometri e

¹ **Publio Elio Traiano Adriano**, noto semplicemente come Adriano (Italica, 24 gennaio 76 – Baia, 10 luglio 138), è stato un imperatore romano, della dinastia degli imperatori adottivi, che regnò dal 117 alla sua morte.

sul collegamento della via Tiburtina – unita alla posizione rialzata e panoramica, situata tra due affluenti dell’Aniene, la rendeva un sito strategico, agevole e allo stesso tempo facilmente difendibile e controllabile; inoltre era anche non lontano dalle locali cave di travertino.

Ha un'estensione di circa 120 ettari e dal 1999 è uno dei Monumenti Patrimonio dell'Umanità dell'Unesco.

2.2 L'imperatore Adriano

Successore di Traiano, che fu anche suo tutore in seguito alla morte prematura dei genitori, fu noto come uno dei "buoni imperatori". Colto e appassionato ammiratore della cultura greca, viaggiò per tutto l'impero e valorizzò le province, sempre attento a migliorare anche le condizioni dei militari.

In Britannia costruì un vallo fortificato, il famoso Vallo di Adriano².

Inaugurò una nuova strategia militare per l'impero: all'espansione e alla conquista sostituì il consolidamento dei confini e della loro difesa.

Mantenne le conquiste del suo predecessore Traiano, a parte la Mesopotamia che assegnò a un sovrano vassallo. Il suo governo fu caratterizzato da tolleranza, efficienza e splendore delle arti e della filosofia.

² Il Vallo di Adriano (in inglese: *Hadrian's Wall* o *Roman Wall*) era un'imponente fortificazione in pietra, fatta costruire dall'imperatore romano Adriano nella prima metà del II secolo, che segnava il confine tra la provincia romana occupata della Britannia e la Caledonia. Questa fortificazione divideva l'isola in due parti.

Venne costruito per prevenire le incursioni delle tribù dei Pitti che calavano da nord. Il muro rappresentò il confine più settentrionale dell'Impero Romano in Britannia per gran parte del periodo di dominio romano su queste terre; era inoltre il confine più pesantemente fortificato dell'intero impero. Una significativa porzione del vallo è ancora esistente ed è diventato patrimonio dell'umanità dell'UNESCO nel 1987.

Grazie alle ricchezze provenienti dalle conquiste, Adriano ordinò l'edificazione di molti edifici pubblici in Italia e nelle province, come terme, teatri, anfiteatri, strade e porti.

Nella villa che fece costruire a Tivoli riprodusse i monumenti greci che amava di più e trasformò la sua dimora in museo.

L'imperatore fece costruire a Roma, il proprio Mausoleo, noto come "Mole Adriana"³, e fece ricostruire il Pantheon tra il 120 e il 124 d.C., dopo che gli incendi dell'80 e del 110 d.C. avevano danneggiato la costruzione precedente di età augustea.

Un caposaldo della politica adrianea fu l'idea di ampliare, quando possibile, i livelli di tolleranza.

Si fece promotore di una riforma legislativa per alleggerire la posizione degli schiavi, i quali si trovavano in situazioni disumane allorché si verificasse un crimine ai danni del *dominus*.

Anche nei confronti dei cristiani mostrò maggiore tolleranza dei suoi predecessori.

2.3 La struttura della Villa

Quello che ora ci appare come un grandioso complesso di rovine, un tempo era costellato di palazzi, templi, terme, palestre e teatri, distribuiti su una superficie di circa 1 chilometro quadrato.

La villa comprende, infatti, edifici residenziali, terme, ninfei, padiglioni, giardini che si alternano secondo una distribuzione del tutto inusuale, che

³ La **Mole Adriana** o più comunemente nota come **Castel Sant'Angelo**, venne cominciato dall'imperatore Adriano nel 125 come suo mausoleo funebre, ispirandosi all'ormai completo mausoleo di Augusto, fu ultimato da Antonino Pio nel 139. Il Mausoleo destinato a tomba dell'imperatore, successivamente trasformato in fortezza dello Stato Pontificio, ospita i resti dell'imperatore Adriano e di sua moglie Vibia Sabina.

non rispecchia la consueta sequenza di ville e *domus*⁴, anche imperiali. I vari edifici erano collegati fra loro, oltre che da percorsi di superficie, anche da una rete viaria sotterranea carrabile e pedonale per i servizi.

Ovviamente non mancavano le abitazioni per cortigiani, pretoriani, schiavi, atleti e tutta la variegata umanità che orbitava intorno ad Adriano, che qui volle costruire la sua “città ideale”, fuori da Roma e dagli intrighi di palazzo: un sogno del genere avrebbe potuto prendere vita solo nel territorio di Tivoli, caratterizzato da una natura talmente bella da togliere il fiato, lontano dalla città ma abbastanza vicino da permettere all’imperatore di accorrere in ogni momento.

Già dagli studi di Francesco Piranesi⁵ nel 1781 emerse che l'intento di questo monumentale progetto, infatti, non fosse quello di una semplice villa ma di una piccola città.

A conferma di questa ipotesi era l'idea moderna di una villa come costituita da un unico edificio residenziale.

Gli edifici della villa sono, infatti, divisi in quattro grandi gruppi: al primo appartengono la "Piazza d'oro", il "Vestibolo", il "Ninfeo", il "Peristilio di Palazzo", il "Cortile delle biblioteche" e gli "Ospitali".

Il secondo contempla: la "Roccabruna", "l'Accademia" (detta anche "Piccolo Palazzo" o "Palazzo minore").

Il terzo gruppo comprende: il "Pecile", la "Sala della Biblioteca" (detta

⁴ **Domus**: abitazione delle ricche famiglie patrizie utilizzata nell'antica Roma. Era un domicilio privato urbano e si distingueva dalla villa suburbana, che invece era un'abitazione privata situata al di fuori delle mura della città, e dalla villa rustica, situata in campagna e dotata di ambienti appositi per i lavori agricoli.

⁵ **Giovanni Battista Piranesi** detto anche Giambattista (Mogliano Veneto, 4 ottobre 1720 – Roma, 9 novembre 1778) è stato un incisore, architetto e teorico dell'architettura italiana. Le sue tavole incise, segnate da un'intonazione drammatica, appaiono improntate ad un'idea di dignità e magnificenza tutta romana, espressa attraverso la grandiosità e l'isolamento degli elementi architettonici, in modo da pervenire ad un sublime sentimento di grandezza del passato antico.

"Sala dei filosofi"), lo "Stadio" e gli edifici ai lati dello stadio: "l'edificio con tre esedre e fontana" e quello con "criptoportico e peschiera".

L'ultimo gruppo di edifici comprende il "Canopo" e i due complessi delle Terme: le cosiddette "Piccole Terme" e le "Terme Grandi".

Studi successivi hanno dimostrato, sul sito occupato dalla Villa Adriana, l'esistenza di strutture murarie ascrivibili all'età di Silla, di Cesare e di Augusto. Questo ha fatto pensare alla presenza di una villa anteriore, probabilmente arrivata ad Adriano dai beni della moglie Vibia Sabina, figlia di Matidia Maggiore, nipote di Traiano.

Adriano diede a questa villa un volto nuovo, e si suppone che la storia edilizia della villa sia da dividere in tre fasi, identificabili con i tre periodi in cui, nel corso del suo impero (117-138 d.C.), Adriano soggiornò a Roma: dal 118 al 121, dal 126 al 128 e infine dal 134 al 138, periodo in cui Adriano non si mosse più dall'Italia e fece di Villa Adriana il suo soggiorno preferito.

Alla prima fase e in parte anche alla seconda sarebbero da ascrivere gli edifici del complesso sulla Valle di Tempe, alla seconda il Palazzo sulla Valle di Risicoli (Accademia) e le Piccole e Grandi Terme.

Nella terza fase l'attività di Adriano si sarebbe concentrata in particolare nell'adornamento artistico della villa: costruzioni di edifici, sculture in marmo, quadri.

Adriano, come è noto, fu anche un artista di grande valore e si occupò di promuovere diverse opere di ricostruzione e restauro: restaurò, infatti, il Pantheon, la basilica di Nettuno, il foro di Augusto, le terme di Agrippa. Costruì, come già detto il proprio Mausoleo, il Ponte Elio e Tempio di Venere a Roma.

Date queste premesse si capisce come sia verosimile che egli sia stato l'architetto di alcuni degli edifici della sua villa, dove avrebbe dato libero sfogo alla sua fantasia e creatività.

L'utilizzo di ottimi materiali impiegati (tufo e puzzolana tratti dalle cave

della villa stessa) gli avrebbe consentito artifici ardimentosi.

Il suo biografo Elio Sparziano⁶ (*Hadriam*) ci dice che Adriano, nel costruire la sua villa, volle ricordare a se stesso alcune delle località che maggiormente avevano colpito la sua immaginazione durante i suoi numerosi viaggi nell'Impero: Atene (il Liceo, l'Accademia, il Pritaneo, il Pecile), l'Egitto (il Canopo) e la Tessaglia (la Valle di Tempe).

Per questi motivi la villa di Adriano costituisce l'esempio più notevole di una dimora immensa costruita con passione, intesa come luogo della memoria, intessuto di citazioni architettoniche e paesaggistiche, di riproduzioni, su varia scala, di luoghi e città.

Nella villa si possono osservare il Pecile, un enorme giardino, circondato da un porticato con una piscina centrale ed utilizzato per le passeggiate estive ed invernali, il Canopo, un lungo bacino d'acqua ornato da colonne e statue che culmina con un tempio sovrastato da una cupola a spicchi, i resti di due stabilimenti termali: le Grandi Terme e le Piccole Terme.

Queste ultime erano dotate di un *frigidarium*⁷ a cielo aperto e di una sala rotonda con cupola a cassettoni dove si aprivano cinque grandi finestre. Decorati con preziosi stucchi, questi edifici erano dedicati alla famiglia imperiale e ai suoi ospiti.

Le Grandi Terme erano riservate al personale addetto alla Villa, presentavano un sistema di riscaldamento posto sotto il pavimento e un'imponente sala circolare adibita a *sudatio*⁸.

Degna di nota è la grande copertura a crociera della sala centrale ancora

⁶ **Elio Sparziano**: storico romano (sec. IV). È uno degli autori della *Historia Augusta* in cui sono opera sua le biografie di Adriano, Elio Vero, Didio Giuliano, Settimio Severo, Pescennio Nigro, Caracalla e Geta.

⁷ Il **frigidario** (in latino: *frigidarium*, da *frigidus* = freddo) era la parte delle antiche terme romane dove potevano essere presi bagni in acqua fredda.

⁸ **Sudatio** ambiente surriscaldato per provocare la sudorazione all'interno del Calidario (dal latino *calidus* o *calidus* = "caldo") era la parte delle antiche terme romane destinata ai bagni in acqua calda e ai bagni di vapore.

in perfetto equilibrio, nonostante il crollo di uno dei quattro punti di appoggio. Tra i luoghi relativamente ben conservati della villa ci sono l'*accademia*, lo *stadio*, il *palazzo imperiale*, la Sala dei filosofi, il Teatro greco e la Piazza d'oro, una maestosa struttura che aveva funzioni di “rappresentanza” e contemplava un vasto peristilio arricchito da finissimi stucchi.

Lo splendido Teatro Marittimo è invece una sorta di isola con un colonnato ionico, circondata da un canale. Era proprio qui che l'imperatore si rifugiava per pensare.



Villa Adriana: residenza imperiale extraurbana realizzata dall'imperatore Adriano vicino a Tivoli. Un complesso di edifici estesi su una'area di circa 120 ettari, in una zona ricca di fonti d'acqua a 17 miglia romane dall'Urbs.

2.4 Il Pecile

Vasto quadriportico (m. 232 x 97) con i lati brevi curvilinei e un giardino centrale con piscina. Era destinato alle passeggiate, come attesta un'iscrizione trovata nei pressi.

L'orientamento est-ovest permetteva di sfruttare il portico sia come passeggiata estiva (lungo il lato nord) sia come passeggiata invernale (lungo il lato sud).

Quello che ora ci appare come un grande specchio d'acqua, una volta era la perfetta ricostruzione del portico dipinto di Atene, ossia il centro politico e culturale della città, che accoglieva moltissime grandi opere d'arte.

Adriano adorava la Grecia, ed Atene in particolare, e qui a Tivoli fece costruire un monumentale quadriportico che accoglieva un grande giardino con piscina al centro: purtroppo noi oggi possiamo ammirare solo quest'ultima.



Pecile: vasto quadriportico (m. 232 x 97) con i lati brevi curvilinei e un giardino centrale con piscina. Era destinato alle passeggiate.

2.5 Cento Camerelle

Sono una serie di ambienti disposti su più piani che costituivano la poderosa costruzione della parte occidentale del Pecile.

Sono collegati agli edifici soprastanti mediante un sistema di gallerie sotterranee.

Il sistema di costruzioni a quattro piani, ripartiti in piccole stanze, fu progettato per superare il dislivello di ben 15 m e ottenere un vasto pianoro su cui realizzare il quadriportico del Pecile.

Queste stanze erano probabilmente destinate ad abitazione degli schiavi impiegati nel servizio della villa, mentre gli ambienti a livello del piano stradale, sia per l'estrema accessibilità dalla strada carrabile, che per la presenza in alcuni vani di soffitti molto più bassi rispetto a quelli dei piani superiori, possano essere stati utilizzati per lo stoccaggio delle merci e dei prodotti che servivano per la gestione della villa.



Cento Camerelle: sistema di costruzioni a quattro piani, ripartiti in piccole stanze dove era alloggiata la servitù. I locali ed il pianterreno erano adibiti a magazzini.

2.6 Il Canopo

È forse l'area più conosciuta della Villa Adriana, presente in quasi tutte le cartoline di Tivoli; l'edificio rappresenta perfettamente il tempio dedicato a Serapide presente nella città di Canopo, vicino Alessandria d'Egitto, presso il quale era presente un lungo canale navigabile lungo 20 km che Adriano fece ricostruire in scala, per ricordare la morte del suo favorito, Antinoo, che affogò proprio in quelle acque.

Il suggestivo e famoso complesso occupa una stretta e lunga depressione naturale, che fu regolarizzata e rinforzata con muri a contrafforti e sostruzioni precedute da *tabernae*⁹ (in cui è stato ricavato il Museo della Villa).

Il centro della valle è occupato da un lungo canale (m. 119 x 18) con il lato nord curvo, circondato da un colonnato con architrave mistilineo, ai lati corrono altri due colonnati.

Lungo il lato ovest le colonne centrali sono sostituite da sei cariatidi, quattro delle quali sono copie di quelle dell'Eretteo sull'Acropoli di Atene; le altre due raffigurano Sileni (si tratta di calchi in cemento, gli originali sono esposti al Museo, come il resto della decorazione rinvenuta entro il canale).

Verso il lato curvo ci sono altre statue: il Nilo, il Tevere, un cocodrillo. Gli spazi tra le colonne sono occupati da statue di Ares, Athena, Hermes e due Amazzoni.

A sud del canale vi è una piscina rettangolare, con ambienti laterali, che termina con quattro colonne sormontate da una cornice mistilinea. Sul fondo c'è un grande ninfeo (il Serapeo) a esedra semicircolare,

⁹ **Tabernae:** Nell'antica Roma la *taberna* (al plurale *tabernae*) era un ambiente aperto su uno spazio più ampio, dotato di un'ampia porta, in genere dedicato ad attività commerciali.

prolungato da un corridoio, con volta a botte, che termina con un'abside. L'esedra, coperta da una semicupola a spicchi concavi e piani, presenta una serie di nicchie, quattro delle quali costituivano altrettante fontane a cascata, le altre erano occupate da statue. L'edificio va identificato come una grande sala estiva per banchetti (*cenatio*). La pianta si ispira a quella dei templi del culto egiziano.



Canopo: famoso complesso occupato al centro da un lungo canale (m. 119 x 18) circondato da un colonnato. Sul fondo c'è un grande ninfeo (il Serapeo) a esedra semicircolare che termina con un'abside.

2.7 Piazza d'oro e Casa Colonica

La Piazza d'oro, probabilmente destinata alle funzioni pubbliche, è costituita da un edificio con grande giardino centrale, percorso da una lunga vasca rettangolare affiancata da una serie simmetrica di aiuole e vasche e circondato da un portico a pilastri.

Lo spazio coperto era suddiviso in due navate da colonne in cipollino e granito verde alternati.

Alle spalle del portico vi sono i resti della Casa Colonica, una struttura di epoca precedente, caratterizzato da pavimenti a mosaico di modesta qualità e destinata alla servitù.

In quest'ala della villa furono ritrovati i ritratti imperiali di Vibia Sabina, moglie dell'imperatore, Marco Aurelio e Caracalla.

Si tratta di uno dei più straordinari edifici della Villa, vario e articolato nella disposizione planimetrica e nella struttura architettonica.

Si accede all'edificio tramite un vestibolo a pianta ottagonale, in cui si aprono nicchie alternativamente rettangolari e semicircolari.

La copertura è costituita da una cupola a spicchi, sostenuta da archi poggianti su mensole, terminante con una apertura centrale, circolare.

Ai lati del vestibolo ci sono due piccoli ambienti quadrati, coperti a crociera, con nicchie semicircolari e rettangolari.

La muratura era originariamente rivestita di intonaco. Esternamente al portico, sui lati est e ovest, corrono due criptoportici; l'area centrale del Peristilio era occupata da una lunga vasca in posizione assiale, ai lati della quale erano giardini.

Sul lato sud è un complesso di costruzioni comprendenti un cortile centrale (forse un triclinio estivo) a pianta ottagonale a lati sinuosi, alternativamente concavi e convessi, ognuno sostenuto da due colonne.

Sul lato di fondo è presente un grande ninfeo semicircolare, con nicchie

rettangolari e semicircolari, occupate da fontane; ai lati piccoli ninfei e cortili.



Piazza d'oro: destinata alle funzioni pubbliche, è costituita da un edificio con grande giardino centrale, percorso da una lunga vasca rettangolare e circondato da un portico a pilastri. Ai lati del vestibolo ci sono due piccoli ambienti quadrati, coperti a crociera, con nicchie semicircolari e rettangolari.

2.8 Le Terme

Presenti all'interno della villa anche i resti di due stabilimenti termali, chiamati, per le loro dimensioni, "Grandi" e "Piccole Terme".

Decorate con grande ricchezza e raffinatezza, le Piccole Terme erano destinate agli ospiti di riguardo e alla famiglia imperiale, le Grandi Terme, invece, erano riservate al personale addetto alla villa.

Piccole Terme: comprendono una sala ottagonale con pareti convesse e piane, identificabile forse come *apodyterium*, una piscina con lati absidati, il *tepidarium*¹⁰, il *frigidarium*, con due grandi piscine absidate e la *natatio*¹¹.

Si tratta con ogni probabilità di un complesso termale destinato esclusivamente alle donne o comunque a ospiti di riguardo e alla famiglia imperiale.

Grandi Terme: complesso termale maschile. Lungo il lato ovest corre un corridoio esterno con i forni (*praeternia*). Nella grande sala circolare va forse riconosciuto il bagno turco (*sudatio*) poiché non presenta impianti idraulici. Verso sud si succedono il *tepidarium*, il *calidarium*¹² e una sala con tre piscine. A est del *tepidarium* vi era una grande sala con volta a crociera decorata a stucchi.

Al centro c'era il *frigidarium* con due piscine, una rettangolare e l'altra

¹⁰ **Tepidarium** (dal latino *tepidarium*, da *tepidus* = tiepido) era la parte delle antiche terme romane destinata ai bagni in acqua tiepida.

¹¹ **Natatio:** (dal latino *natatio*, *-ōnis*, s.f. nuoto). Per i romani era una piscina per nuotare che si trovava, nella maggior parte dei casi, all'aperto.

¹² **Calidarium:** (dal latino *caldarium* o *calidarium*, da *caldus* o *calidus* = "caldo") era la parte delle antiche terme romane destinata ai bagni in acqua calda e ai bagni di vapore.

semicircolare.



Piccole Terme: complesso termale destinato esclusivamente alle donne o comunque a ospiti di riguardo e alla famiglia imperiale.



Grandi Terme: destinate al personale addetto alla Villa, presentano gli elementi tipici delle terme romane: sudatio, calidarium, tepidarium, frigidarium, piscine per la natatio e la palestra.

2.9 Pretorio

Nelle vicinanze delle terme era disposto il Pretorio, ovvero l'alloggio dei pretoriani che prestavano servizio al seguito dell'Imperatore.

Era un grande complesso di *tabernae*, a più piani, l'inferiore, a tre piani, era un insieme di costruzioni (in cui era alloggiata la servitù) atte a sorreggere quella superiore, che, decorativamente ricca, era destinata agli ospiti di riguardo.



Pretori: grande complesso di tabernae, a più piani, l'alloggio dei pretoriani che prestavano servizio al seguito dell'Imperatore

2.10 Vestibolo

Si tratta di un edificio inserito tra le Piccole e le Grandi Terme, di cui restano poche tracce. Esso va interpretato in parte come ginnasio e in parte come larario, centro del culto imperiale.



Vestibolo: edificio inserito tra le Piccole e le Grandi Terme, centro del culto imperiale.

2.11 Antinoeion

Nell'edificio, venuto in luce recentemente, tra il 2002 e il 2005, era custodita la tomba-tempio dedicata ad Antinoo, amante dell'Imperatore, morto tragicamente nel Nilo nel 130 d.C.

La struttura richiama in maniera preponderante il mondo egizio come testimoniano i numerosi frammenti di statue in marmo nero raffiguranti divinità egizie rinvenuti durante gli scavi che confermerebbero che quello fosse il luogo di culto del dio Osiride-Antinoo.

Al centro, tra i due templi, il basamento dell'obelisco che è stato identificato con l'Obelisco del Pincio.



Antinoeion: luogo di culto dedicato ad *Antinoos*, amante dell'imperatore. Al centro, tra i due templi, è stato rinvenuto il basamento di un 'obelisco identificato con l'*Obelisco del Pincio*

2.12 La sala dei filosofi

La Sala dei Filosofi è un grande locale rettangolare con una vasta abside circolare in cui si trovano sette nicchie.

È la sala intermedia tra la Piazza del Pecile e il Teatro Marittimo ed era quindi un edificio di raccordo.

Questa sala era ricoperta di marmo rosso che ricordava la potenza dell'imperatore, come documentano le impronte delle lastre sulla malta di allettamento lungo le pareti e i fori per le grappe di sostegno.

Sul muro vi erano sette nicchie sulla cui destinazione ci sono varie ipotesi: c'è chi la ritiene una biblioteca e in queste nicchie avrebbero trovato posto vari *volumina* (libri); chi sostiene che le sette nicchie fossero destinate ad ospitare altrettante statue di saggi e, infine, molti ritengono che l'edificio fosse utilizzato come sala riunioni per il

consiglio.

In questo caso forse le sette statue non sarebbero state relative ai filosofi.



Sala dei Filosofi: un grande locale rettangolare con una vasta abside circolare in cui si trovano sette nicchie.

2.13 Il Teatro Marittimo

“Ma soprattutto, nel cuore di quel ritiro, m’ero fatto costruire un asilo ancor più celato, un isolotto di marmo al centro d’un laghetto contornato di colonne, una stanza segreta che un ponte girevole, così lieve che si può con una mano sola farlo scivolare nella sua corsia, unisce alla riva o, piuttosto, segrega da essa... all’ora della siesta, mi recavo là per dormire, per pensare, per leggere.”

Memorie di Adriano

Il Teatro Marittimo, definizione assegnata dai moderni, è una delle prime costruzioni della villa, tanto che è stata interpretata come la primissima, provvisoria residenza di Adriano nel sito.

Si tratta di uno dei monumenti più noti e rappresentati di Villa Adriana ed è divenuto uno dei simboli dell'unicità e della concezione innovativa dell'impianto architettonico dell'intero complesso residenziale.

L'isola era accessibile attraverso due strutture girevoli in legno e la sensazione, ancora oggi, è quella di trovarsi in un luogo nel quale potersi ritirare per svolgere in tranquillità le proprie attività.

L'Edificio prende il nome da un raffinato fregio figurato in marmo con "soggetto marino" che ne decorava la trabeazione.

Costituito da un corpo circolare preceduto da un pronao (di cui non resta più nulla) che immette in un portico di forma circolare sorretto da colonne ioniche e coperto da volta a botte.

Il colonnato si riflette sull'acqua di un ampio canale che delimita un'isola artificiale, sulla quale si imposta un edificio che può essere identificato come una vera e propria domus, una sorta di residenza minore all'interno della residenza imperiale.

La caratteristica più attuale di questa villa in miniatura è forse proprio la finalità funzionale che sta alla base della progettazione, unita alla capacità di costringere e adattare lo spazio in senso estetico.

Le sue caratteristiche di separatezza rendono credibile l'ipotesi che il luogo costituisse la parte privata del palazzo.

La struttura, iniziata nel 118, fu edificata nei pressi della villa repubblicana.

È un complesso assai singolare, ad un solo piano, senza alcun rapporto con la forma abituale di un teatro romano di cui sono riconoscibili la soglia dell'atrio e tracce di mosaici pavimentali.

È una piccola isola artificiale ove Adriano si ritirava e rifletteva. Era inaccessibile (se non tramite due strutture girevoli) essendo circondata

dalle acque di un canale, utilizzato dall'imperatore come natatio.
Un porticato delimitava il canale mentre l'alto muro circolare racchiudeva e rendeva ancora più inaccessibile la piccola domus.



Teatro Marittimo: una delle prime costruzioni della villa, la provvisoria residenza di Adriano nel sito, una piccola isola artificiale su cui c'è una domus in miniatura a pianta circolare (con atrio, triclinio, cubicula, latrina e piccole terme) ove Adriano si ritirava e rifletteva.

2.14 La riscoperta della villa

Dopo la morte di Adriano la villa continuò ad essere utilizzata ma in seguito fu progressivamente abbandonata e durante il medioevo ridotta a terreno agricolo, salvo essere utilizzata come cava di materiali edili di pregio (marmi, mosaici, decorazioni) per le case di Tivoli, e come riserva di pietra da cui estrarre calce.

Con il declino dell'Impero, infatti, la villa subì varie razzie e per molti secoli venne lasciata in stato d'abbandono e sfruttata come cava di materiali da costruzione.

Il prodigioso patrimonio di statue venne spogliato via via da papi e cardinali, a partire dal Cinquecento.

Soltanto alla fine del XIX secolo, quando la Villa entrò nel patrimonio del Regno d'Italia, iniziarono le prime opere di recupero sistematiche, che si protrassero per tutto il XX secolo, coinvolgendo specialisti archeologi internazionali. Sono ancora in corso scavi e studi, poiché non è stata chiarita la funzione di tutte le strutture.

Villa Adriana ebbe un ruolo fondamentale per la riscoperta dell'architettura antica ad opera degli umanisti del Cinquecento.

Per tutto il Rinascimento svolse un ruolo fondamentale per la riscoperta dell'arte e dell'architettura antica e venne visitata dai più geniali artisti italiani. Nei secoli seguenti, la Villa fu amata dai viaggiatori settecenteschi per il suo paesaggio, con le rovine che emergevano tra i tralci di viti, tra gli olivi o tra le fronde selvatiche.

CAPITOLO 3 – DESCRIZIONE DEL CASO DI STUDIO

3.1 Il Teatro Marittimo

Fu indagato per la prima volta da Pirro Ligorio, che ne dette una prima descrizione. L'architetto menzionò tra l'altro i fregi con soggetto marino dell'architrave del portico anulare che contribuirono, in gran parte, alla nascita del nome attuale che niente ha a che vedere con la funzione originaria dell'edificio.

Ligorio tuttavia non compì degli scavi approfonditi e si evince dalle sue ricostruzioni che non parlano della presenza del canale che circonda la parte centrale della costruzione.

Il Contini, invece redasse una pianta più accurata, riportando, nonostante diversi fraintendimenti, le misure complessive con notevole precisione e comprendendo il ruolo fondamentale che aveva l'acqua in questa struttura.

Piranesi non dedicò grande spazio nelle sue didascalie al Teatro Marittimo,

Numerosi sono gli studi che riguardano l'edificio, poiché tutti i lavori su Villa Adriana parlano del Teatro Marittimo, ma solamente negli anni '80 del XX secolo è stato oggetto di un'accurata monografia e di un attento rilievo da parte di Ueblacker.

Varie sono le ipotesi sull'archetipo architettonico del Teatro Marittimo: secondo Coarelli Adriano si sarebbe ispirato ad una parte del palazzo di Dionisio il Vecchio di Siracusa.

Per Stierlin l'archetipo avrebbe potuto essere una voliera descritta da Varrone nel *De re rustica*; Torelli suppone invece che il monumento si ispiri al ginnasio del Platanistas a Sparta, dove, effettivamente si trovava

un isolotto circolare.

Infine MacDonald e Pinto propongono un nuovo paragone per questo edificio che avrebbe potuto ispirarsi all'*Herodion*, palazzo-fortezza costruito per Erode il Grande verso il 74-73 a.C., dodici chilometri a sud di Gerusalemme.

Questo edificio aveva una pianta circolare e, al suo interno, possedeva delle piccole terme private, un grande cortile e sale di rappresentanza.

Nonostante la diversità delle ipotesi sul modello architettonico dell'edificio, vi è invece concordia sulla destinazione: un luogo appartato e riservato unicamente al sovrano e agli ospiti da lui designati.

Sicuramente infatti il Teatro Marittimo per la sontuosità e la raffinatezza che lo caratterizzano, per l'unicità della pianta, per la posizione appartata ed insieme centrale all'interno del complesso tiburtino, era un luogo voluto e, probabilmente, progettato, dallo stesso Adriano per ritirarsi dalla vita di corte, pur rimanendone al centro.

La presenza di due ponti girevoli che rendevano, volendo, inaccessibile l'isola.

Il Teatro Marittimo, infatti, è una struttura che ha al centro una piccola isola artificiale, anch'essa circolare, circondata da un canale di fresche acque correnti e racchiusa da un porticato anulare con colonne ioniche trabeate.

La superficie circolare indusse l'architetto, in collaborazione, come narrano le fonti, con l'imperatore Adriano stesso, dilettante di architettura, a organizzare gli spazi dei singoli vani secondo superfici curve, in parte colonnate.

Alle articolate concavità e convessità presenti sull'isola faceva equilibrio il porticato ionico con l'avvolgente continuità di colonne e intercolumni.

Non si trattava certo di novità architettoniche, dal momento che già la *domus* Flavia e la *domus* Augustana sul Palatino presentavano ambienti similmente mossi.

È però qui a Villa Adriana che la mobilità dell'acqua e i riflessi all'interno degli ambienti dell'isola e contro i volumi ombrosi del portico generavano una fusione tra artificio architettonico e inediti effetti atmosferici.

È così che anche la regolarità del portico dava l'impressione, con il luccichio dei riflessi, di volersi rompere e trasformarsi in movimento, sposando in tal modo le forme variegate dell'architettura dell'isola.

La piccola residenza appartata dell'isola era dotata – secondo un percorso orientato da Nord a Sud – di *fauces*¹³ laterali con l'attracco per i due ponticelli, di un atrio curvilineo e colonnato, di un peristilio porticato e dal perimetro concavo verso il giardino al centro, di un *tablinum*¹⁴ affiancato da due ambienti simmetrici di servizio.

Il fregio della trabeazione dell'atrio reca ornamentazioni a soggetto marino che sono valse all'intero complesso il nome di Teatro Marittimo.

A sinistra del peristilio, introdotti da colonne trabeate, si aprivano due *cubicula*¹⁵ cruciformi; a destra, invece, erano organizzate delle terme private.

In esse gli ambienti riscaldati (*tepidarium* e *caldarium*) erano posti a destra, mentre il *frigidarium* al centro, anch'esso introdotto, al pari dei *cubicula* che lo fronteggiano, da colonne trabeate.

Il *frigidarium* è collegato, tramite brevi scale, al canale circolare che circonda l'isola che, perciò, poteva essere usato anche come *natatio*.

L'ingresso principale era rivolto a nord, vicino al giardino delle

¹³ **Fauces:** costituivano un corridoio che conduceva dalla *ianua*, la vera e propria porta della *domus*, all'atrio, ed erano precedute dal solo *vestibulum*.

¹⁴ **Tablinum:** In origine era la camera da letto principale, ma in seguito divenne l'ufficio principale e la sala di ricevimento per il padrone di casa.

¹⁵ **Cubicula** o cubicolo (dal latino *cubiculum* "stanza da letto", dal verbo *cupare* "giacere, stare distesi") è nella casa romana un piccolo ambiente destinato a camera da letto, generalmente affiancato da altri simili e dislocato intorno all'atrio.

Biblioteche e unito con la Terrazza inferiore. Ha la pianta rotonda, preceduto da un pronao rettangolare del quale restano solo le basi delle colonne, da cui si passava all'atrio abbellito su ogni lato da una nicchia rettangolare e tramite un ingresso assiale si giungeva infine al portico circolare, sorretto da colonne ioniche e coperto da volta a botte.

Il colonnato si riflette nelle acque di un canale che circonda un'isola artificiale, originalmente collegata da due strutture girevoli in legno mentre oggi vi è collocato un ponte in muratura attribuibile al periodo tardo-antico.

I due ponti girevoli si trovavano vicino ai corridoi d'ingresso, *fauces*, situati esternamente all'atrio curvilineo poggiante sulle colonne scanalate.

È possibile osservare i solchi marmorei delle guide in cui detti ponti lignei trovavano alloggio per lo scorrimento.

Il Teatro Marittimo è una residenza in miniatura, teoricamente inaccessibile dall'esterno, destinata al ritiro ed alla riflessione dell'imperatore che amava nuotare nel canale percorrendolo più volte.

L'edificio è esemplare per quanto riguarda le innovazioni tecniche: il continuo alternarsi delle linee rette e curve, la particolare altezza delle colonne e delle trabeazioni, l'effetto giocato dalla luce e dalla rifrazione nel canale dei leggeri elementi architettonici, creano un particolarissimo effetto spaziale e scenografico.

La singolarità della struttura, il suo stesso valore concettuale di "isola", la ricchezza e la cura dei dettagli, hanno fatto immaginare una partecipazione diretta di Adriano al progetto di quest'edificio.

Sull'isola il ridotto spazio interno è sfruttato ottimamente, creando una *domus* dallo schema tipico, con atrio, vestibolo curvilineo, triclinio (sala da pranzo), *cubicula* (stanze da letto), un peristilio dai lati concavi con una fontana centrale, un *tablinio* con stanze annesse, una latrina e addirittura delle piccole terme con *apodyterium*, *frigidarium*, *calidarium*.

Come detto all'isola si accedeva attraverso due ponti levatoi.

Una volta ritirati impedivano la comunicazione con l'esterno. Il canale non era certo tale da creare una barriera invalicabile ma rendeva l'accesso di eventuali intrusi meno facile e meno silenzioso.

All'arrivo dei ponti levatoi due fauci portavano nel classico atrio dell'abitazione romana: uno spazio circondato da un portico con la classica vaschetta al centro, un atrio però tipicamente adrianeo: una forma leggera e mossa con i quattro lati del portico ad arco di cerchio convessi verso il centro.

A nord, tra i punti di arrivo dei ponti levatoi, si apriva una bella esedra porticata semicircolare in asse alla quale, e dalla parte opposta dell'atrio, c'era il tablinio che, con una larga finestra si affacciava sul canale.

Due porte, poste sulle pareti laterali, davano accesso a due camere da letto: uno di questi cubicoli, posto a ponente e un altro, sempre su questo lato ma accessibile dall'atrio, erano molto eleganti con la parete esterna absidata e sfinestrata, ma erano chiaramente destinati ad ospiti: infatti i due occupanti di quelle camere dovevano condividere una medesima latrina che però era disimpegnata da un corridoio in modo che ognuno degli occupanti potesse usarla senza dover disturbare il sonno dell'altro.

La camera posta ad Est, invece, era dotata di una latrina propria e quindi godeva di una maggiore comodità, destinata probabilmente al padrone di casa.

Ad essa, tra l'altro, era annessa una graziosa stanza, un piccolo soggiorno privato o studiolo.

Vicino, sul lato est dell'isola, vi erano due recessi che, molto aperti, dovevano venire usati per porvi i *clinai*¹⁶ nei periodi estivi.

¹⁶ **klinai** (dal greco, "divani", singolare **klinē**) noti anche come *lectus triclinaris* erano un tipo di mobili antichi usati dagli antichi greci e dagli antichi romani nei loro simposi o *convivia*. Tre klinai erano disposti a forma di "U", che formavano insieme il *triclinium*, che era il luogo in cui gli ospiti della cena si erano ritirati durante il pasto.

Uno di essi guardava il canale e l'altro invece l'atrio, in modo da poter scegliere dove farsi servire la cena.

Vicino, un'altra stanza chiusa doveva essere riservata alle cene invernali. Accanto vi era una terza latrina che comunicava direttamente con la fauce e che poteva essere usata da invitati provenienti dall'esterno.

Infine, come anticipato, vi erano anche delle terme, piccole ma perfette. La legna per il loro funzionamento veniva scaricata in un bugigattolo adiacente all'arrivo sull'isola del ponte levatoio ovest.

Lì, in un limitato spazio di servizio, si accendeva nel *prefurnio* (un grande forno in cui si produceva aria calda ad altissima temperatura) il fuoco per riscaldare due tepidari oggi quasi completamente distrutti.

Ai locali caldi dei bagni si accedeva attraverso l'esedra che fungeva da frigidario e che si apriva a metà del lato occidentale dell'atrio.

Qui, attraverso alcuni scalini, si scendeva nella piscina di acqua fredda, poi altri scalini posti dalla parte opposta della vasca permettevano di risalire fino a una grande portafinestra che si affacciava sul canale e da qui, per mezzo di un'altra scaletta, si poteva scendere a nuotare attorno all'isolotto.

Nel Teatro Marittimo non c'erano cucine o servizi, ma per questo nell'architettura romana essi sono sempre divisi dai quartieri residenziali. Per tutto il periodo in cui Adriano usò il suo pied-à-terre essi potevano trovarsi in qualche sistemazione provvisoria o nella villa repubblicana.

Una piccola e perfetta residenza. Ma perché venne costruita prima di qualsiasi altra, perché venne tirata su con estrema fretta denunciata dalla sua muratura in *opus latericium*, molto più facile e più rapida da fare di quella in *opus mixtum*.

Tutto porta a pensare che fosse indispensabile ad Adriano averla subito. Infatti, come sembra probabile, Adriano aveva deciso di occuparsi direttamente della progettazione e costruzione della sua residenza, pertanto aveva bisogno di soggiornare sul posto e, in quel momento, non

c'era luogo nei dintorni dove stabilirsi.

C'era la villa repubblicana ma doveva essere ristrutturata e l'imperatore non poteva soggiornare in un cantiere.

Doveva creare per se un luogo sicuro, tranquillo e fornito di tutti i comfort: da qui il Teatro Marittimo, un padiglione perfetto che per tutta la durata dei lavori fu un luogo ideale dove stabilirsi e dalla sua posizione strategica dominare la situazione.

Date poi le ridotte dimensioni dell'edificio esso non richiedeva grande manutenzione e sarebbe stato sempre facile per Adriano arrivarci, di giorno e di notte, senza preavviso, sicuro di trovare il piccolo ed elegante padiglione pronto ad accoglierlo con tutte le sue comodità.

Un padiglione piccolo ma perfetto e destinato al soggiorno di un principe, uno tra gli edifici antiche che maggiormente riescono a dare un'idea del lusso e della raffinatezza di cui gli antichi imperatori amavano circondarsi.

Allo stesso tempo questa deliziosa costruzione appare come la tenda di un generale al centro di un accampamento e la sua forma rotonda la fa anche assomigliare a questa.

3.2 Descrizione delle parti del Teatro Marittimo

Il portico, che correva attorno al padiglione, era coperto da una volta a botte e sorretto da 40 colonne dalla parte del canale realizzate in cipollino.

Il suo muro perimetrale era in *opus mixtum* e, forse, venne fatto con più calma, quando già il padiglione era stato finito.

Il materiale usato per il padiglione fu l'*opus latericium* in quanto era il tipo più semplice e rapido.

Per quanto riguarda la sua decorazione già nella prima sistemazione uno zoccolo dovette circondare la base del muro del portico. In certi posti questo si è conservato per 8 cm di altezza a ridosso delle fondazioni.

Il pavimento del portico era di mosaico bianco a stuoia.

Il canale era profondo m 1,50 ed offriva la possibilità di nuotarvi come *natatio* di una grande *terma*. Esso finora è l'unico esempio di piscina ad anello che sia emerso dagli scavi.

Le sue pareti erano rivestite da semplici lastre di marmo.

Le aperture nel muro di cinta sono originali. Nella porta più a nord della Sala dei Filosofi si notano una serie di fori di circa cm 3,50 di diametro che vanno dal basso verso l'alto e sono distanziate di circa cm 30 l'uno dall'altra.

Probabilmente servivano per fissare una barra di ferro con i cardini di un cancello.

Nella latrina annessa al cubicolo orientale si vedono le tracce di un pentimento per cui si spostò la sua posizione in un primo momento sistemata vicina alla finestra e della quale si era cominciato a fare anche lo scarico: poi si cambiò idea. Lo scarico fu lasciato interrotto e mentre la latrina venne spostata verso il centro.

Salvo alcuni ambienti in cui, dato lo stato delle murature, non si può

accertare se le pareti fossero o no rivestite con *crustae*, si constata che, incluse le latrine tutte le altre erano rivestite di lastre di marmo.

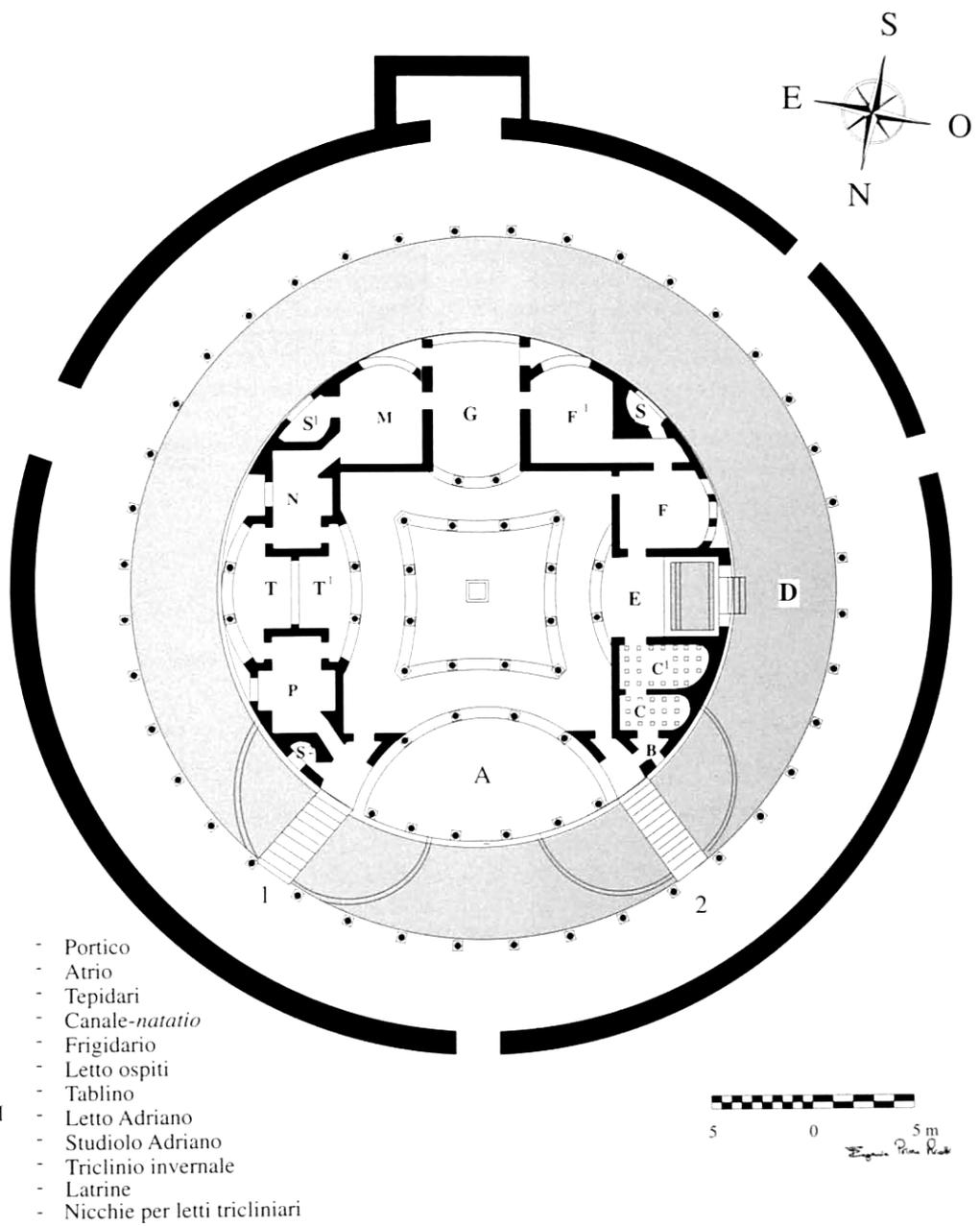
Si trovano anche resti dello zoccolo: un battiscopa spesso di giallo antico, ma anche di pavonazzetto.

Il canale era rivestito di lastre semplici.

I pavimenti di cui sono rimaste soltanto le impressioni sul cemento, avevano disegni diversi tra loro: quello del cubicolo che aveva accesso dall'atrio era costituito da un pavimento di mattonelle di marmo poste a spina di pesce o, più correttamente, a stuoia a T listellata.

Come sempre accade nelle parti della Villa destinate all'imperatore, le pavimentazioni sono principalmente in *opus sectile*¹⁷, mentre i tessellati, tutti *in situ*, sono in numero limitato e confinati nelle parti secondarie esterne all'isola.

¹⁷ *Opus sectile*: è un'antica tecnica artistica che utilizza marmi (o, in alcuni casi, anche paste vitree) tagliati per realizzare pavimentazioni e decorazioni murarie a intarsio.



Pianta del Teatro Marittimo.



Teatro Marittimo, vista dall'alto.



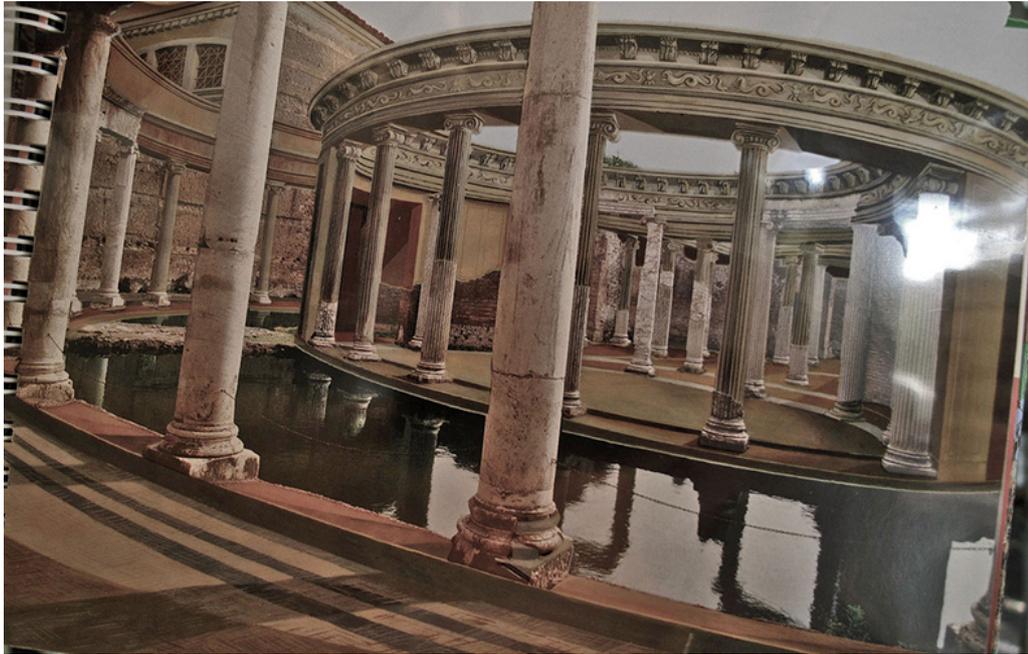
Teatro Marittimo: colonnato.



Teatro Marittimo: colonnato.



Teatro Marittimo: colonnato.



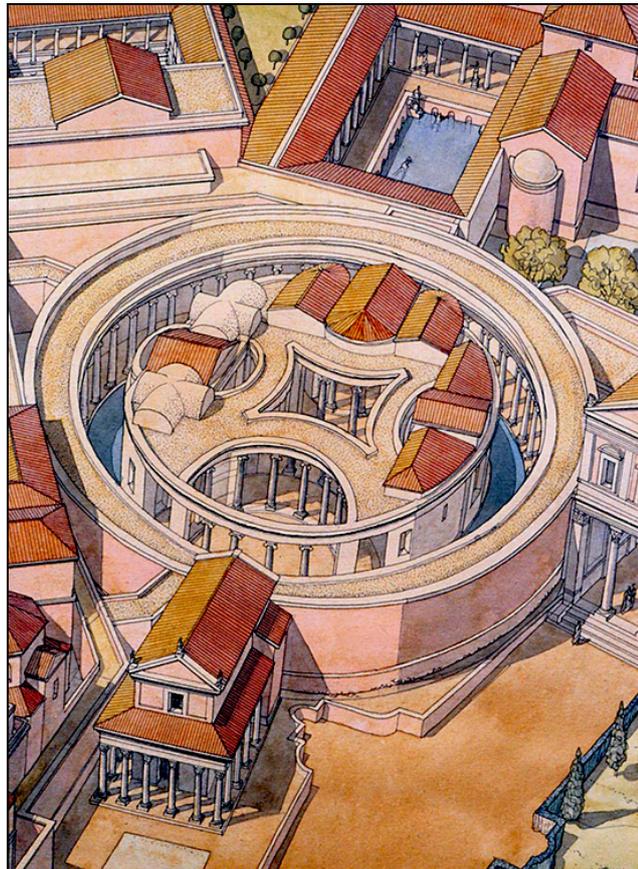
Ricostruzione del Teatro Marittimo.



Teatro Marittimo e Sala dei Filosofi, vista dall'alto.



Riproduzione in 3D del Teatro Marittimo.



Disegno del Teatro Marittimo.

CAPITOLO 4 – DESCRIZIONE DEL WORK FLOW

FASI DI LAVORO		
1	Analisi del Teatro Marittimo	<ul style="list-style-type: none">• inquadramento storico• inquadramento architettonico
2	Processo metodologico dei rilevamenti in situ	<ul style="list-style-type: none">• Individuazione peculiarità del caso di studio• Posizionamento dei target• Collocazione della stazione laser scanner• scansioni
3	Processamento dei dati	<ul style="list-style-type: none">• Esportazione• Importazione• Allineamento• Estrapolazione delle piante e sezioni
4	Modello 3d	<ul style="list-style-type: none">• viste assometriche, piante e sezioni

4.1 Processo metodologico della campagna di rilievo

Lo studio in questione tratta dell'integrazione di vari rilievi effettuati su Villa Adriana, più precisamente sul Teatro Marittimo, e di come sono stati elaborati al fine di ottenere un modello tridimensionale totale.

Si è partiti dalla raccolta di dati e campagne di rilievo realizzate durante la settimana del Workshop internazionale di rilievo archeologico-modellazione reality based svolto dal 26 Agosto al 2 Settembre 2017 e di successivi sopralluoghi che hanno avuto come obiettivo quello di rilevare digitalmente parti diverse del Teatro Marittimo e di mettere a disposizione di studi successivi un modello che è analizzabile e che rispecchi lo stato attuale dei luoghi studiati.

Come prima operazione è stato necessario recarsi presso Villa Adriana, alle porte del Comune di Tivoli, per prendere visione della parte interessata dal presente studio: il Teatro Marittimo.

Una volta *in loco* il suddetto lavoro ha previsto la divisione in otto gruppi che hanno realizzato un numero di scansioni utili per il rilievo.

Lo strumento utilizzato è stato un Laser scanner, modello C5, della casa produttrice Leica.

Il laser è composto da un treppiede regolabile, una base calibrata e da una parte superiore che costituisce il vero e proprio strumento.

Ha un campo visivo di 360° in orizzontale e 270° in verticale.

Una volta individuato il punto preciso in cui effettuare il rilievo e aver deciso il numero di stazioni necessarie a garantire un risultato accurato e più preciso possibile, si è proceduto a montare la strumentazione in corrispondenza della prima stazione.

È stato fondamentale regolare lo strumento sia in altezza che a livello. Successivamente si è agganciato lo strumento in sommità e si sono impostati i parametri di scansione.

Tale operazione si è resa necessaria in quanto le scansioni possono essere regolate secondo l'intensità: più l'immagine richiesta è elevata, infatti, maggiore è il tempo che lo strumento impiega per concludere l'iter di scansione.

Una volta acceso e settato il Laser scanner C5 inizia a ruotare di 360°, molto lentamente, sull'asse orizzontale. Contemporaneamente l'ottica centrale ruota molto velocemente sul proprio asse verticale lanciando un laser che, infrangendosi su qualunque ostacolo, batte più punti al secondo che formeranno una nuvola (*point cloud*).

Alla fine di questo processo di scansione verrà generato un file con estensione .ptx, esportabile su PC, che andrà elaborato con il software Cyclone (sempre della medesima Leica).

Una volta aperto il file su PC esso assumerà le sembianze di una vera e propria nuvola di punti dal colore monocromatico che, a seconda della densità dei punti, assumerà un'intensità più o meno maggiore.

Da quanto emerso sopra si evince che il lavoro analizzato in questo studio consta di due parti ben distinte: la prima è realizzata *in situ*, anche chiamata "campagna di rilievo", mentre la seconda si svolge al computer e viene denominata "*post processing*".

Ovviamente è necessario ripetere il procedimento di scansione per un numero di volte tale da consentire un quadro preciso e privo di errori. È inoltre importante rilevarle in maniera consecutiva e in modo geograficamente logico, altrimenti si rischia di non riuscire ad allinearle in fase di post processing.

Una volta eseguite tutte le scansioni, si è proceduto all'esportazione dei dati dal Laser scanner e l'importazione nel software Cyclone.

A questo punto si è eseguita una visualizzazione, un controllo ed un'integrazione dei target.

Una volta ottenute le scansioni composte da una serie di punti si è reso necessario un passaggio successivo: sono state caricate le scansioni a due

a due, in entrambe le scansioni si è dovuto controllare che i target abbiano lo stesso nome (es. target 01, spigolo alo destro, porta) e la stessa posizione.

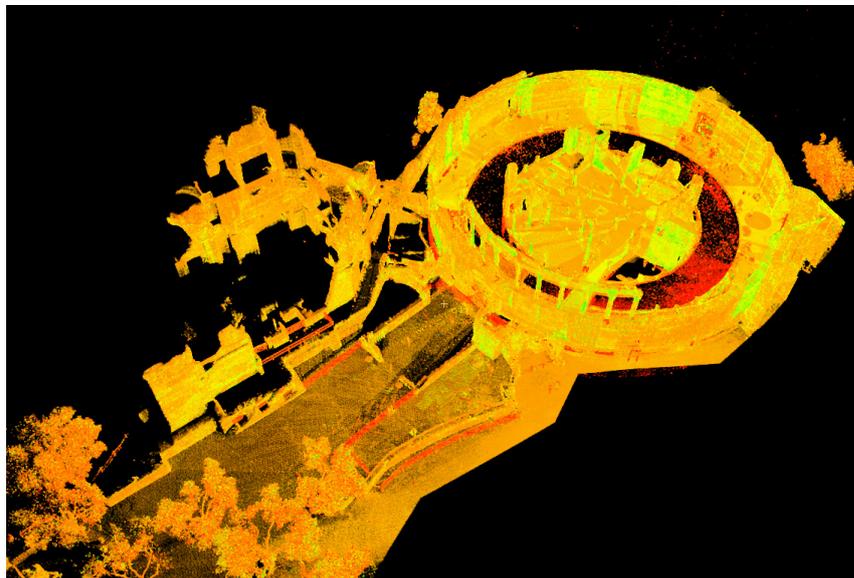
Pertanto il target 01 dovrà essere posizionato in ambedue le scansioni, nello stesso punto ed avere lo stesso nome, maggiori discordanze emergeranno e più altro sarà l'errore in fase di registrazione.

Il software Cyclone rende possibile questa operazione.

Per svolgere al meglio tale passaggio si è reso necessario avere a disposizione almeno tre punti ausiliari su cui poter effettuare la registrazione.

Tali punti, come già detto in precedenza, sono stati disposti in maniera omogenea sulla dimensione della pianta e in modo da formare un triangolo.

A questo punto il software, una volta acquisiti i punti ci permette un allineamento tra tutti i rilievi precedenti così da creare un modello unico.



Point Cloud del modello 3D totale

4.2 Time-line del lavoro svolto

Sabato 26 = posizionamento dei target. Tempo 360 minuti = 6 ore

Gli obiettivi codificati RAD verranno utilizzati durante l'officina.

Funzionano sia per la fotogrammetria che per lo scanner.

Da ogni stazione almeno 3 bersagli in comune con il prossimo e il precedente DEVONO essere chiaramente visibili e acquisiti ad una risoluzione adeguata ($\leq 0,5$ cm).

Questo significa che non tutti gli obiettivi devono essere acquisiti ad alta risoluzione, solo 3 (meglio 4) devono essere in comune con le scansioni del vicinato.

Domenica 27 = 33 scansioni. Tempo 363 minuti = 6 ore

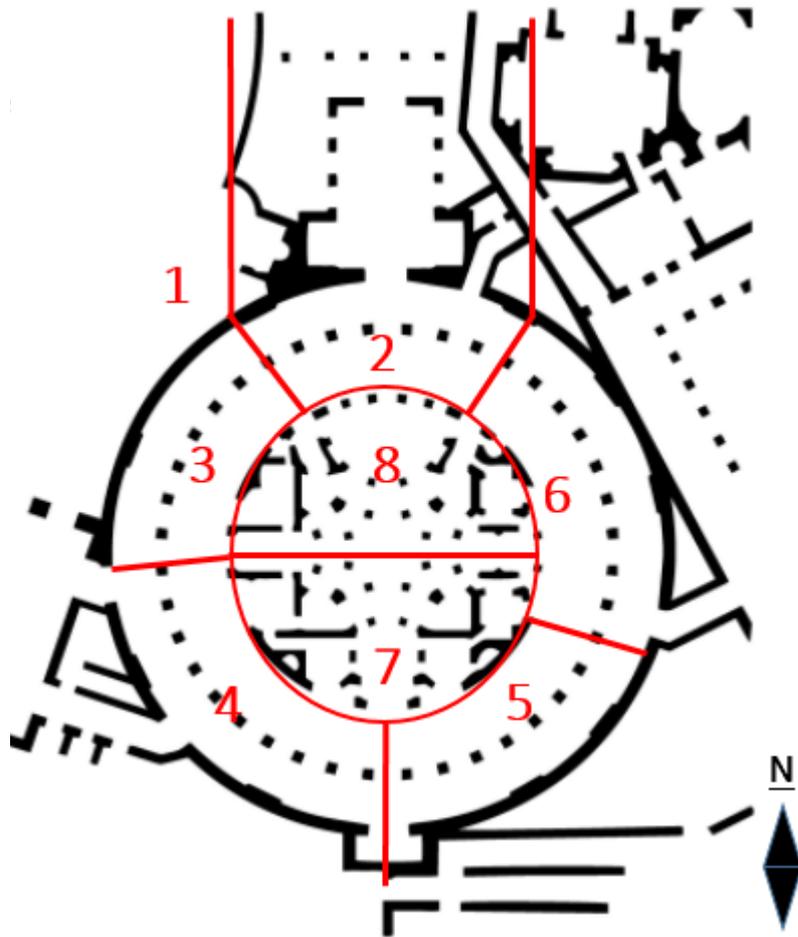
Lunedì 28 = 37 scansioni. Tempo 407 minuti = 7 ore

Martedì 29 = 11 scansioni. Tempo 2 ore

La campagna di rilievo ha prodotto in totale 74 scansioni che sono state necessarie per ricoprire l'intera area oggetto del rilievo.

Successivamente sono state impiegate per l'importazione ed il trattamento grezzo dei dati circa 397 ore di lavoro con il software Cyclone.

TABELLA RIEPILOGATIVA	
GIORNIDI LAVORO	4
ORE DI LAVORO	21
NUMERO DI SCANSIONI	79
ORE DI TRATTAMENTO DATI	397



Suddivisione dei gruppi

Il Teatro Marittimo, oggetto del rilievo, data la sua dimensione è stato diviso in gruppi per facilitare il lavoro.

Ogni gruppo è stato coordinato in modo tale da essere seguito uno stesso iter generale, valido per tutti.

4.3 Lavoro svolto *in situ*: eidotipi e scansioni

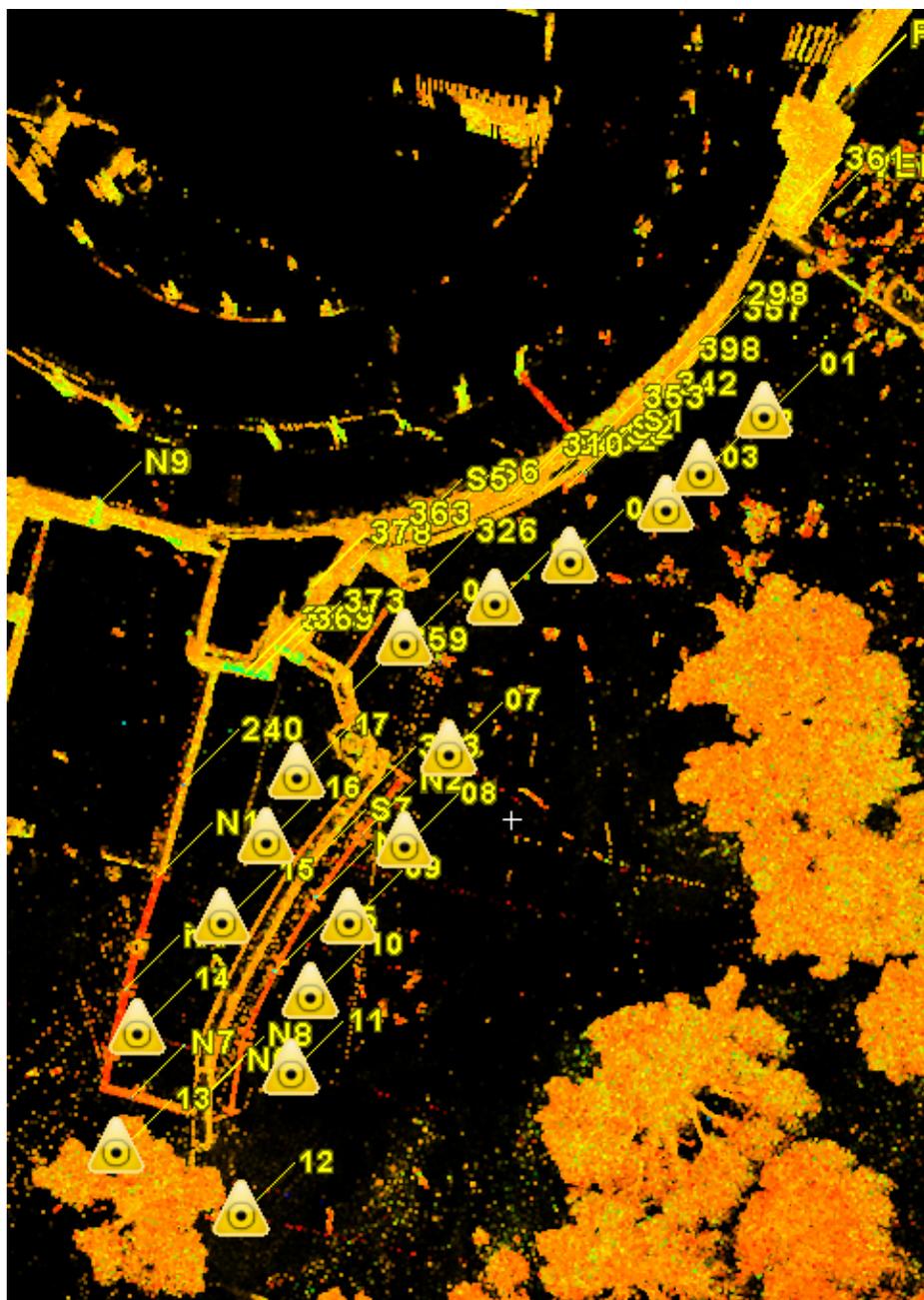


Immagine estrapolata dal software dove si evince il posizionamento delle stazioni precedentemente concordate in situ.

I triangoli gialli raffigurano la posizione della strumentazione.

Le stazioni devono rispettare le linee guida stabilite per ottenere una buona risoluzione.

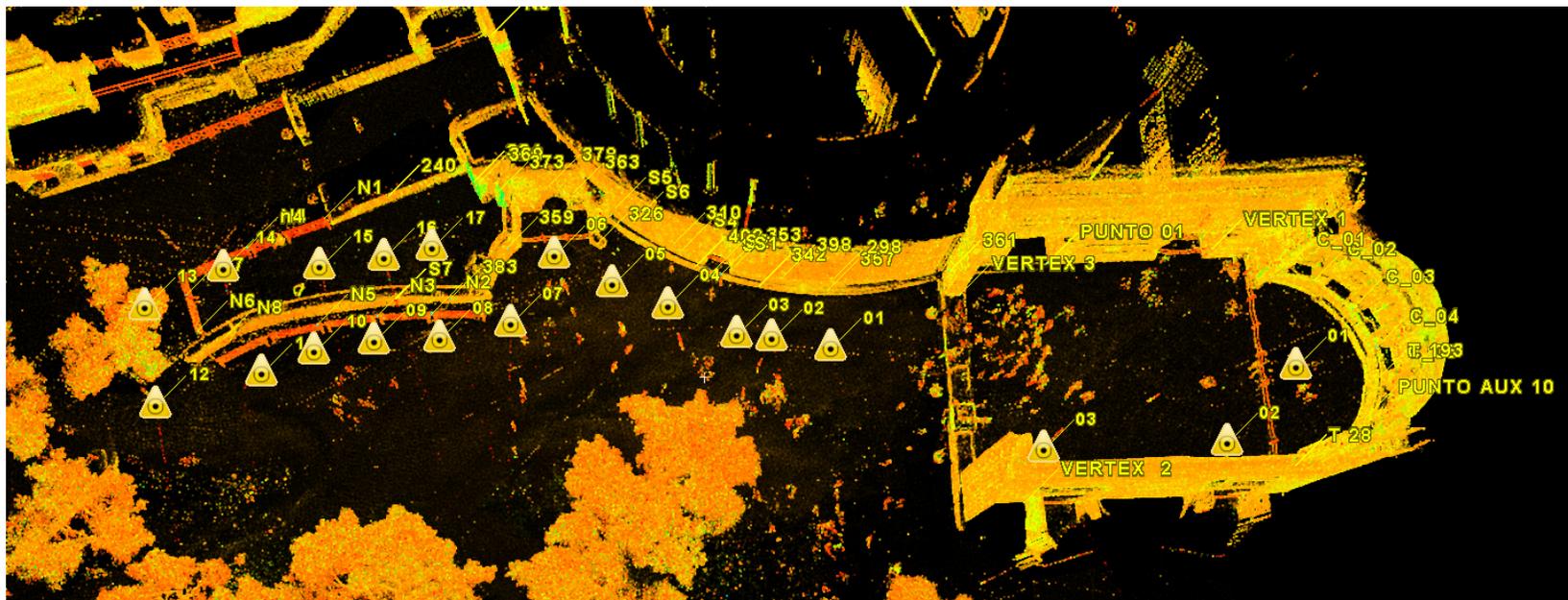
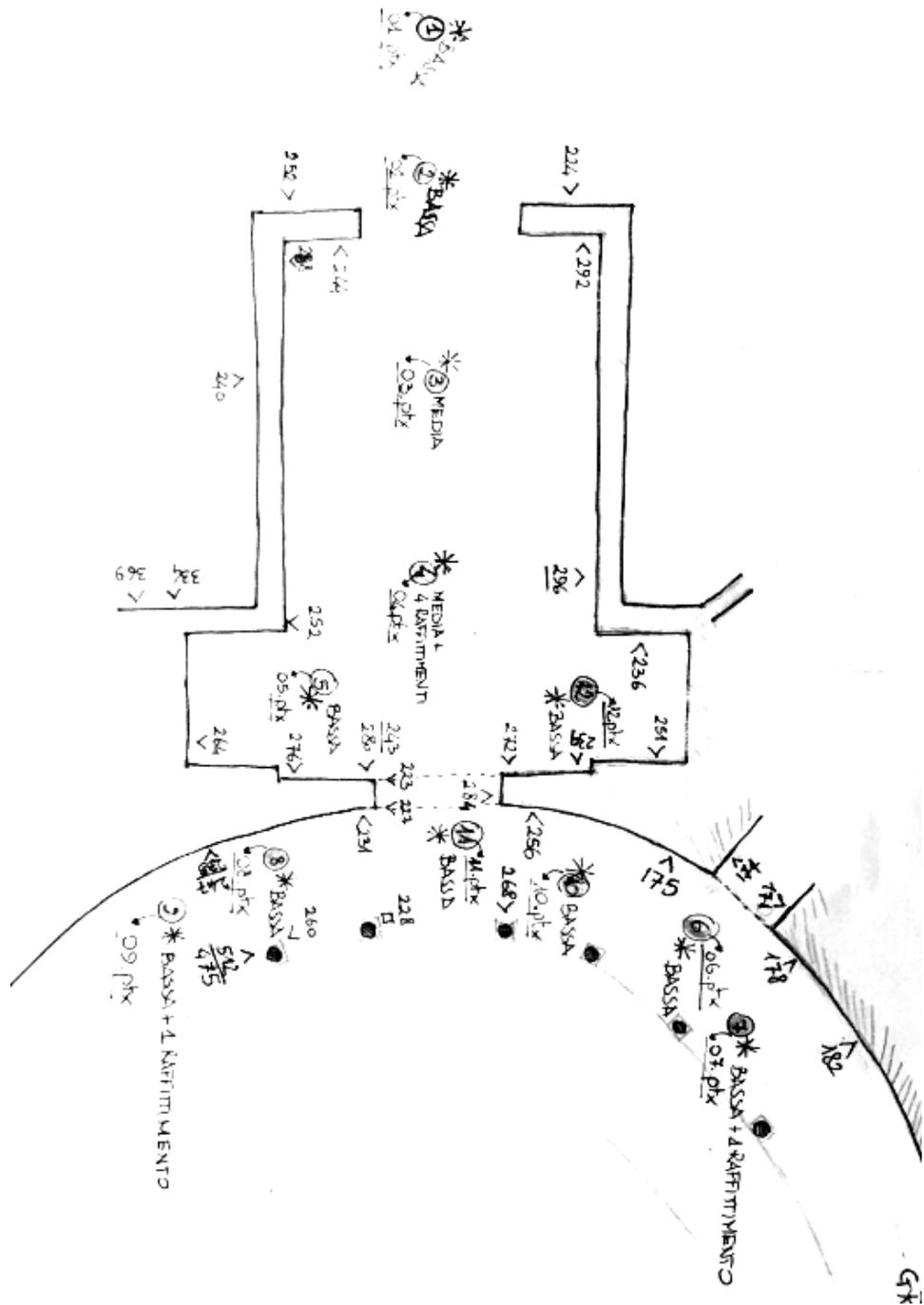
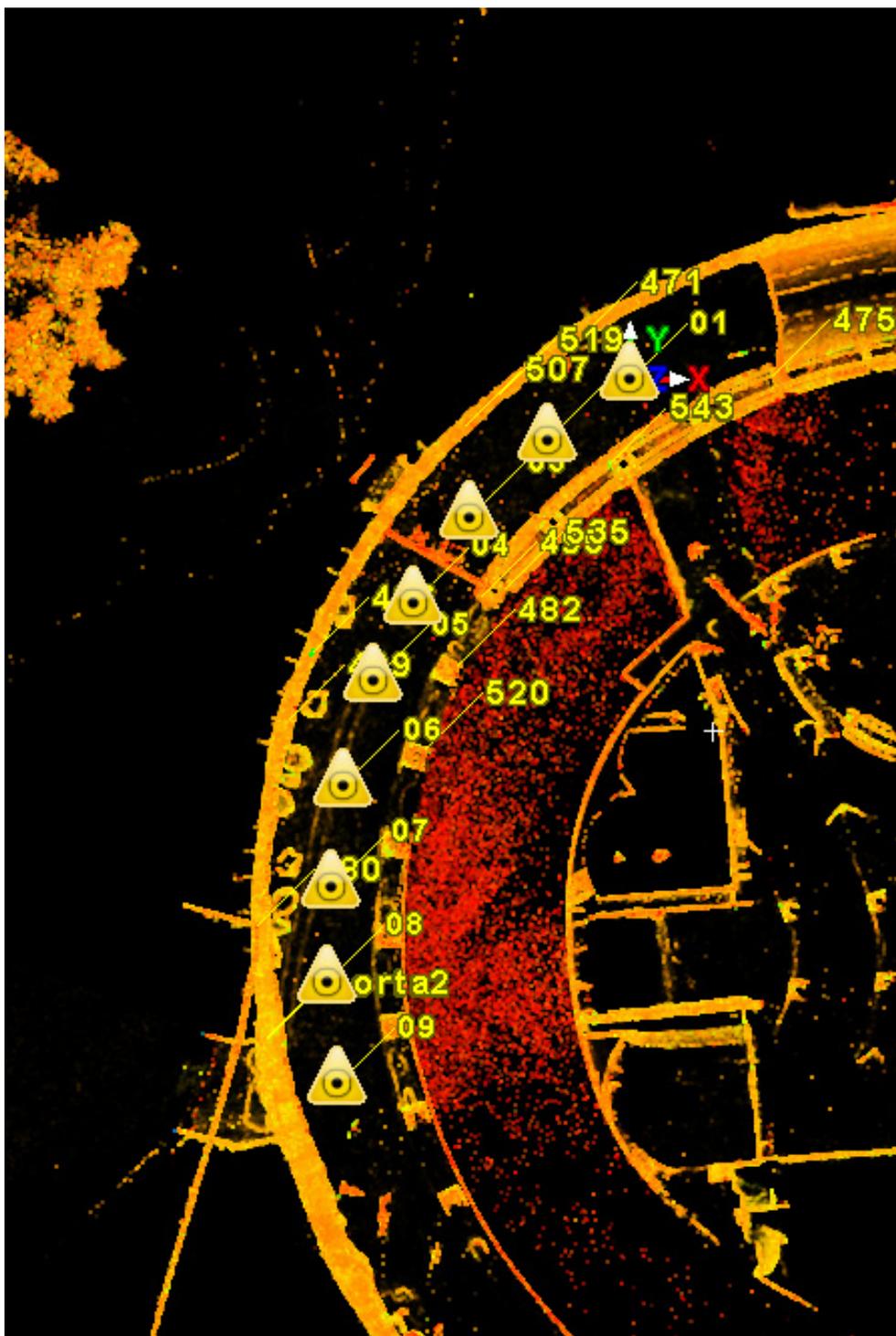


Immagine di Cyclone relativa al gruppo 01 dove si vede il collegamento tra la Sala dei Filosofi e il Teatro Marittimo

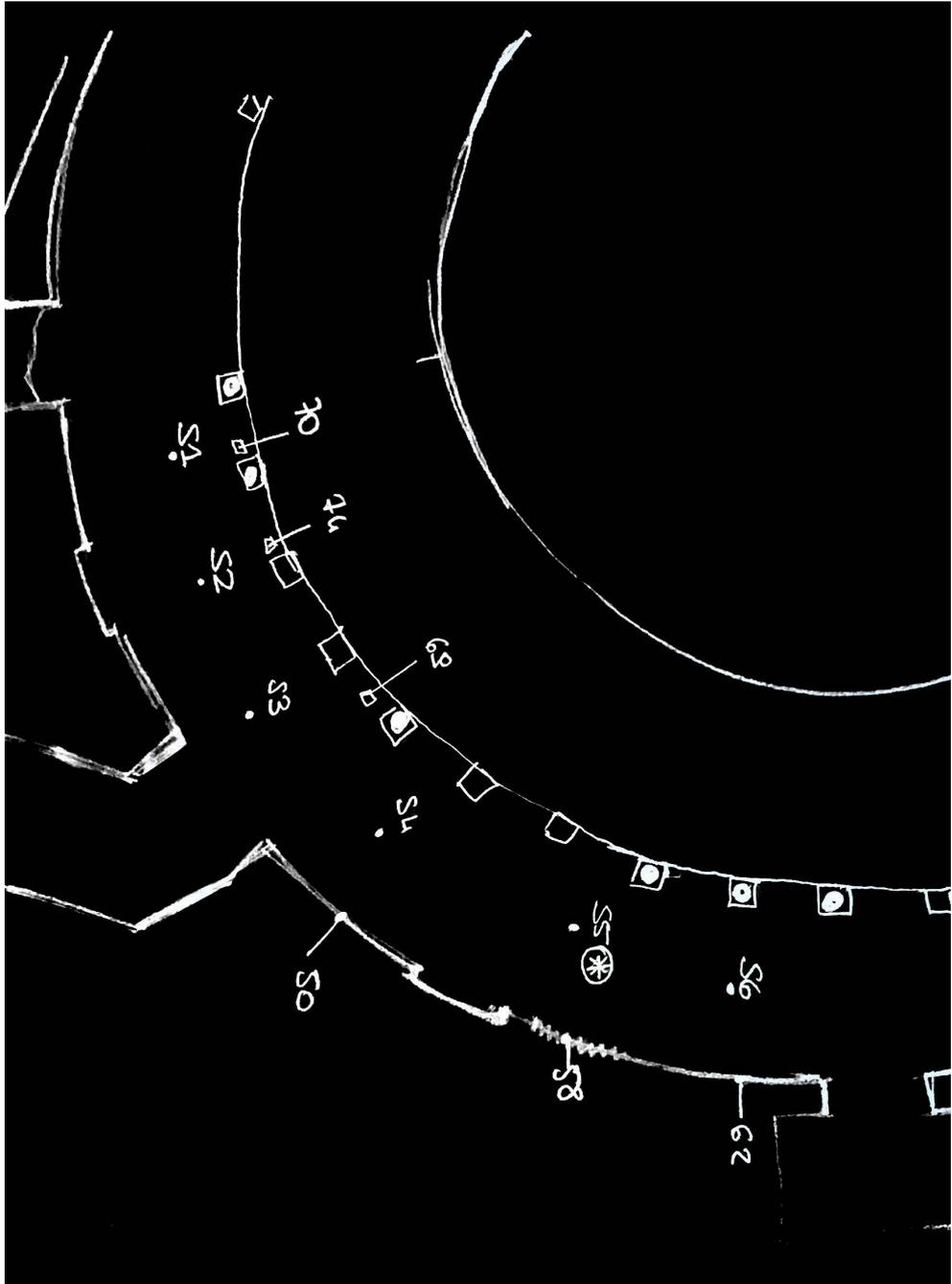


Ediotipo del gruppo 2 con posizionamento delle stazioni (operazione preliminare al rilievo)



Gruppo 03 posizionamento delle stazioni.

Nei tratti più articolati è necessario ridurre lo spazio tra le stazioni.



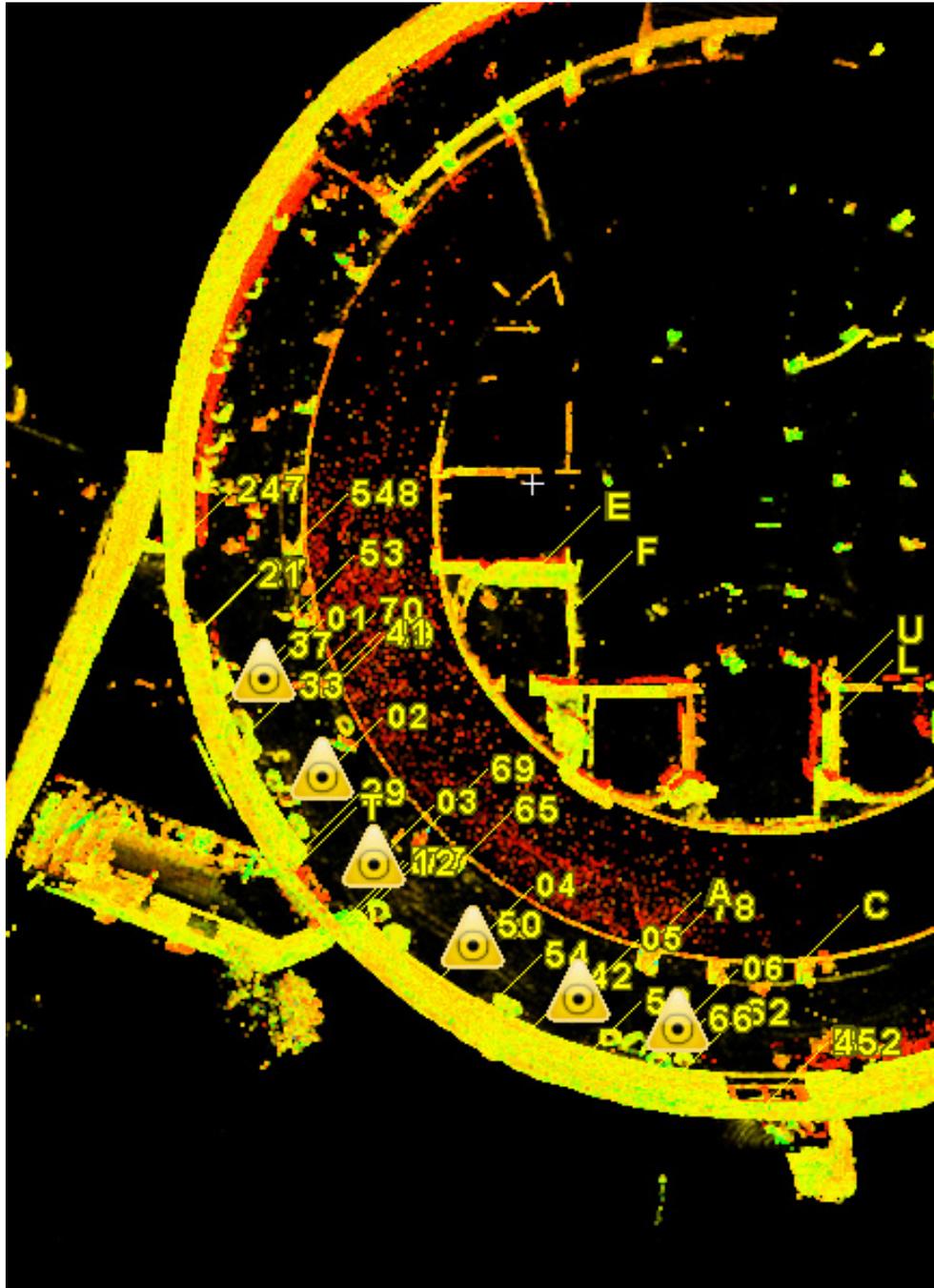


Immagine gruppo 04 e relativo eidotipo.

In queste immagini possiamo notare come gli eidotipi debbano essere di guida per la progettazione del rilievo e si deve cercare di rimanere fedeli ad esso.

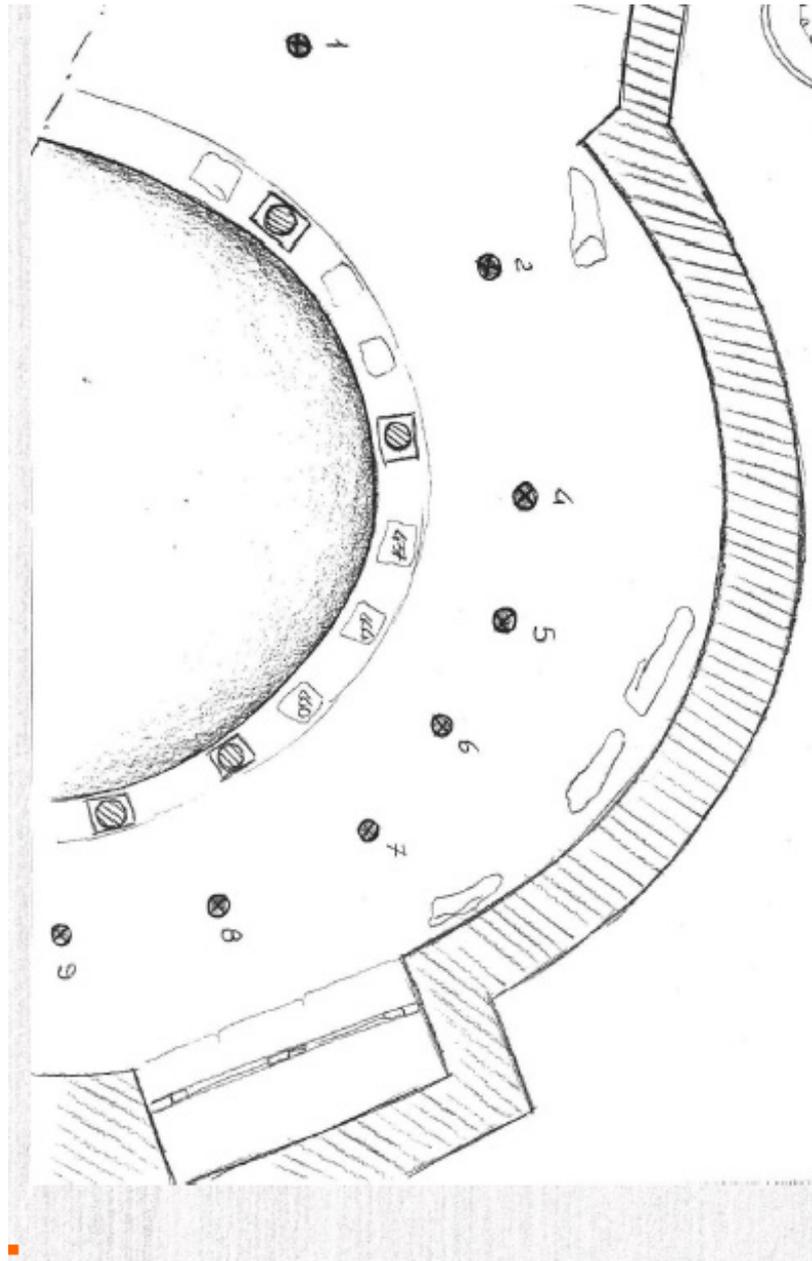


Immagine gruppo 05, eidotipo

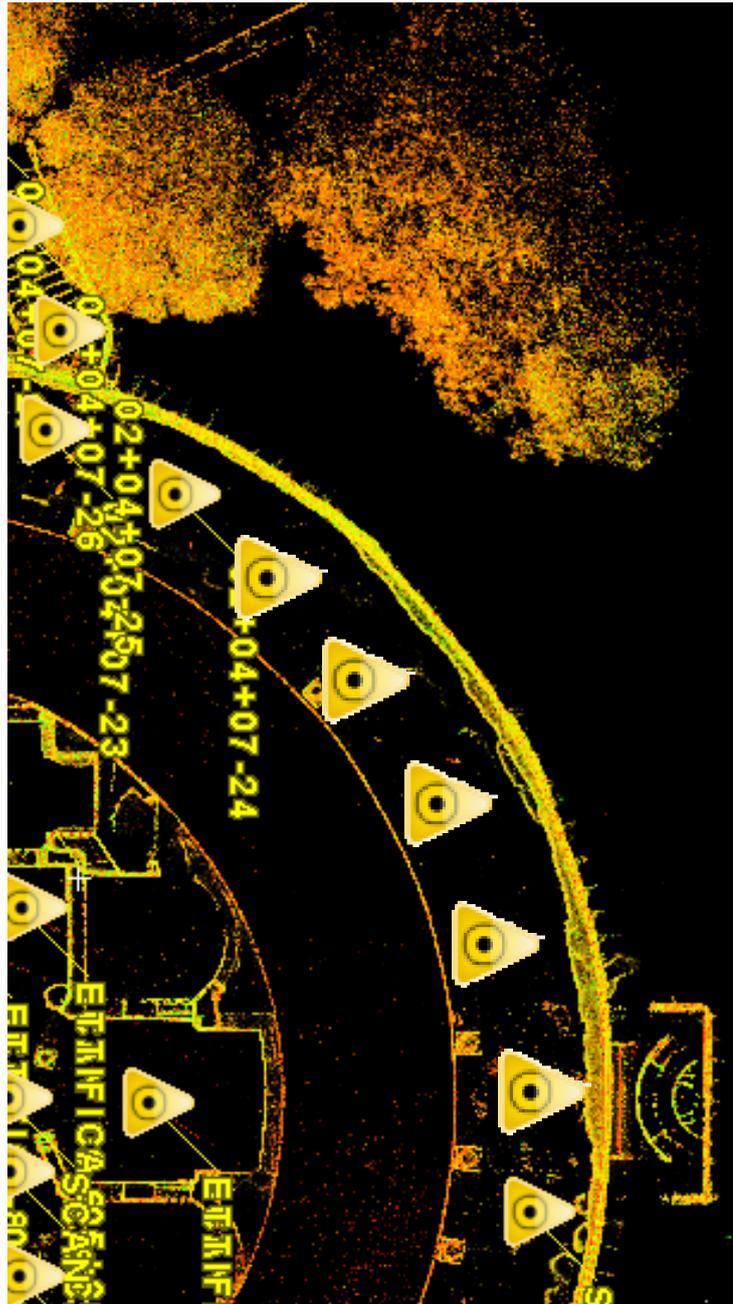
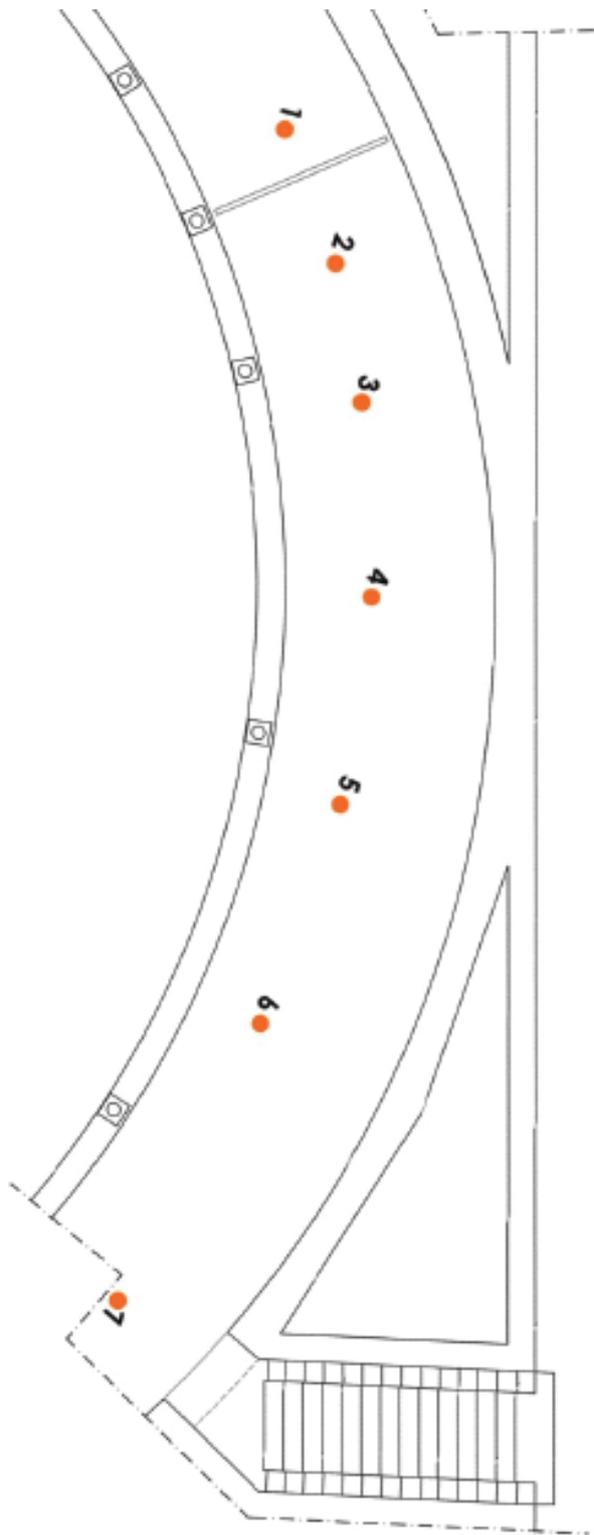
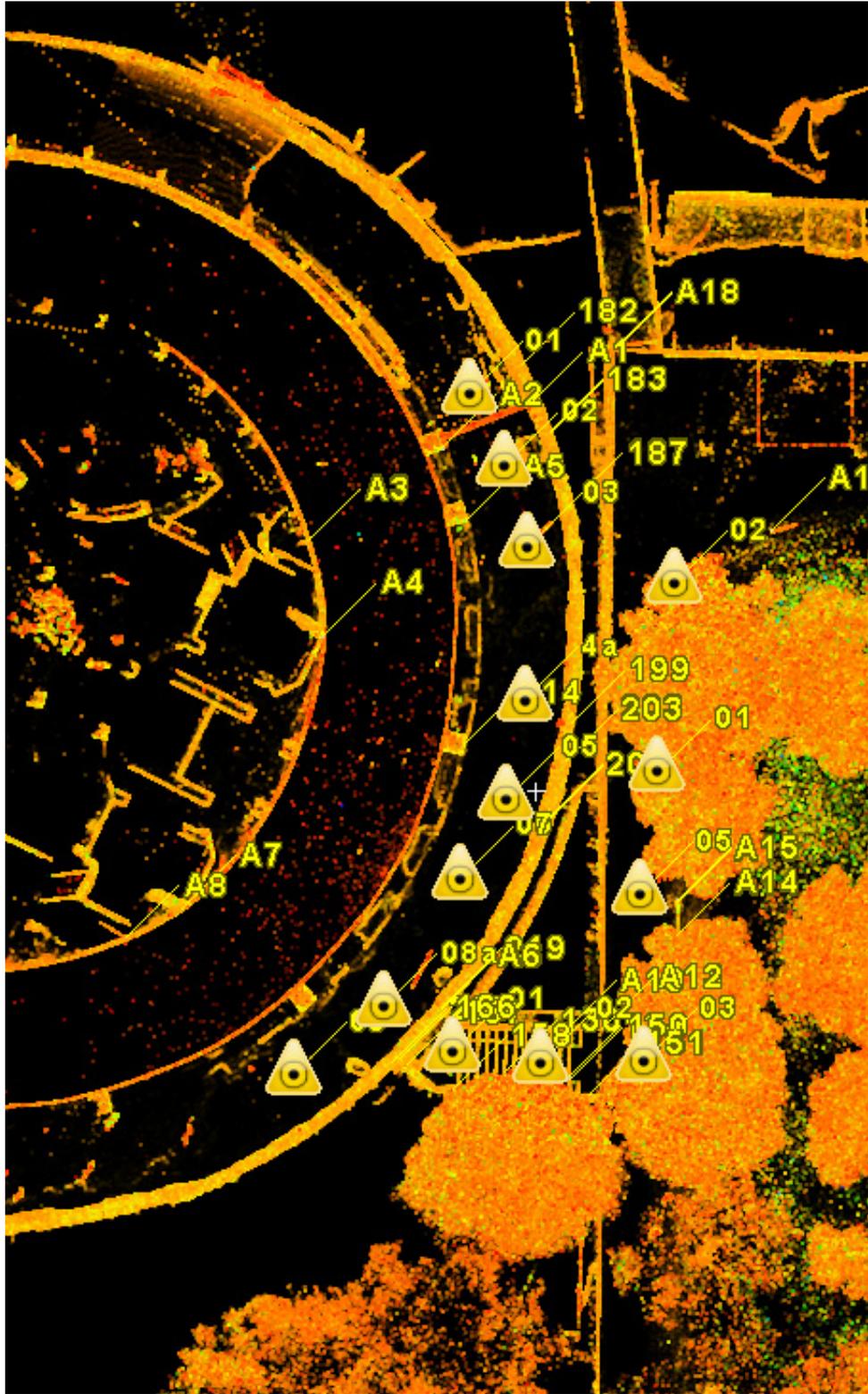


Immagine relativa al gr 05 raffigurante le stazioni effettuate con lo scanner





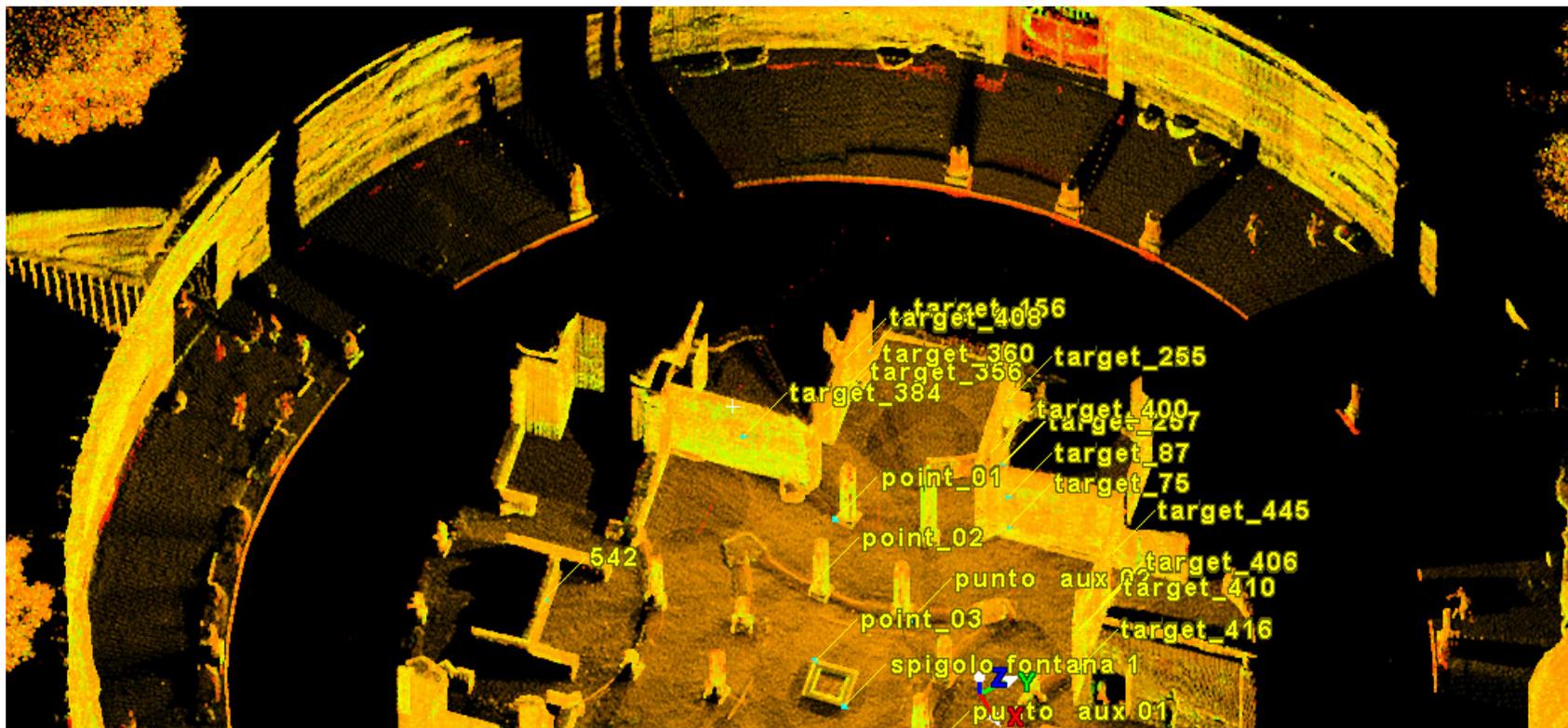
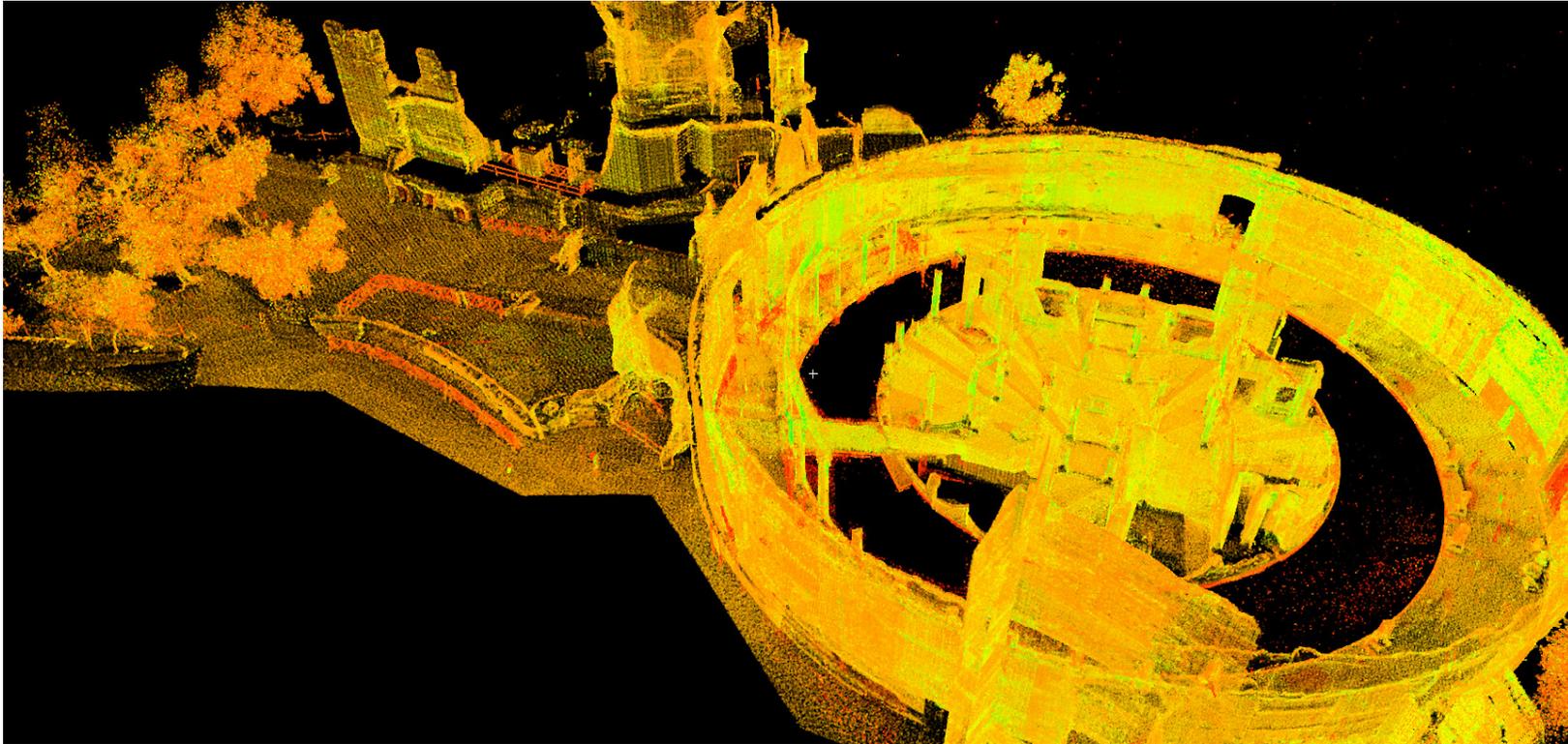


Immagine relativa ad un'assonometria effettuata con il software Cyclone raffigurante alcuni target



Gruppo 08b: visualizzazione delle stazioni e dei target – vista dall’alto



La metodologia del rilievo può riassumersi attraverso i seguenti aspetti:

1) Preparazione del rilievo

È buona pratica realizzare degli *eidotipi* che rappresentino la configurazione schematica della zona in analisi, le varie localizzazioni dello scanner, l'estensione delle singole acquisizioni sull'oggetto, la posizione, il tipo e il nome dei target che si intende utilizzare.

Quando si devono eseguire prese da posizioni sopraelevate e vengono utilizzati ponteggi o sistemi elevatori è inoltre necessario assicurarsi della stabilità del supporto poiché oscillazioni anche minime dello scanner in fase di acquisizione comporterebbero irrecuperabili deformazioni della *range map*.

2) Condizioni atmosferiche

Le condizioni atmosferiche in cui è in grado di lavorare lo strumento consentono intervalli di accettabilità abbastanza ampi.

Tuttavia c'è da notare che è sconsigliabile effettuare una scansione in condizioni estreme, in particolare, valori troppo differenti della temperatura potrebbero alterare la misura della distanza a causa della diversa densità dell'aria in due momenti di scansione abbastanza lontani uno dall'altro.

Non ci sono finora studi precisi sull'influenza di tali variazioni estreme.

Per quanto riguarda l'umidità le conclusioni si possono trarre con maggiore certezza: è sicuramente sconsigliabile effettuare delle scansioni con tassi di umidità molto alti. In tali condizioni, infatti, le goccioline d'acqua sospese in aria o sugli oggetti da scansionare possono fungere da finte superfici di riflessione per i raggi laser, alterando così in maniera imprevedibile la misura.

3) Impostazioni strumento

Il tempo necessario per l'acquisizione di una *range map* va da qualche secondo a qualche minuto.

L'acquisizione tridimensionale va quindi effettuata fissando l'attrezzatura su un cavalletto.

Lo strumento viene messo in bolla utilizzando le rotelle di regolazione poste sulla basetta.

È in genere possibile definire solo l'area che si vuole acquisire e la densità di punti desiderata.

Definendo questi soli parametri, l'acquisizione risulta un processo completamente automatico.

4) Tecnica di presa

Come in ogni campagna che intenda documentare in modo esaustivo spazi articolati, è generalmente necessario realizzare più acquisizioni, da punti di vista differenti.

Questo consente, in primo luogo, di registrare i dati relativi alle zone di sottosquadro, acquisendo una documentazione quanto più possibile uniformemente distribuita sull'oggetto.

Inoltre, occorre considerare che la densità dei punti rilevati sull'oggetto varia con la distanza e l'inclinazione della superficie da rilevare rispetto allo strumento.

È inoltre importante curare l'acquisizione di una zona di ricoprimento tra scansioni adiacenti in grado di fornire informazioni geometriche utili al collegamento delle scansioni stesse nella fase successiva di allineamento.

CAPITOLO 5 - STRUMENTAZIONE LASER SCANNER E SOFTWARE

5.1 Il rilievo 3D

Ogni scansione produce una nuvola di punti (*point cloud*) dotata di un proprio sistema di riferimento la cui origine generalmente coincide con la testa dello *scanner*.

Generalmente, per acquisire i dati di un oggetto complesso, sono necessarie più scansioni da posizioni differenti, che devono successivamente essere ricomposte in un unico modello mediante le operazioni di registrazione.

Il rilievo *scanner laser* può avvenire:

- **In presenza di supporto topografico:** l'allineamento delle scansioni avverrà mediante il riconoscimento di target battuti dalla stazione totale.
- **In assenza di supporto topografico:** l'allineamento delle scansioni avverrà mediante il riconoscimento di target o di punti notevoli dell'architettura.

Le differenti scansioni vengono trasferite dalla memoria dello *scanner* ad un *computer* per poter essere processate e registrate tra loro (allineamento o messa a registro).

In fase preliminare si procede generalmente ad un filtraggio del rumore presente nella nuvola di punti ed all'eliminazione di dati spuri o legati al disturbo (pulitura della nuvola).

Le *range maps* ottenute dallo scanner laser 3D vengono generalmente allineate fra loro utilizzando dei software appositi in dotazione con lo strumento.

In questa sede, per effettuare tale operazione, è stato utilizzato il software Cyclone (Leica Geosystems)¹⁸.

L'insieme delle range map, fra loro allineate, costituisce la cosiddetta nuvola di punti che dovrebbe descrivere per intero l'oggetto del rilievo.

La registrazione (allineamento) è la procedura che consente di allineare ed unire le singole acquisizioni in una unica nuvola di punti secondo un determinato sistema di riferimento.

Essa può essere eseguita mediante algoritmi di *surface matching* o mediante uso di punti di controllo materializzati mediante target artificiali.

Quando l'oggetto ripreso è particolarmente vasto e complesso risulta indispensabile esportare la nuvola di punti che lo rappresenta per porzioni più piccole.

Nel caso del Teatro Marittimo, si è provveduto ad esportare la nuvola di punti secondo gli elementi principali che lo costituiscono: colonne, trabeazioni, murature, terreno...

Questa operazione è particolarmente utile poiché il tempo impiegato dal processo di triangolazione, che trasformerà la *point cloud* in *mesh*, è tanto maggiore quanto più elevato è il numero di punti che costituisce la nuvola.

Per la registrazione delle *range map* relative al caso di studio, come già accennato, è stato utilizzato il software Cyclone.

Questo software consente di impiegare contemporaneamente più tipi di vincolo:

punti di coordinate note, costituiti da target acquisiti tramite scansione e **contemporaneamente misurabili con metodi topografici.**

Questo tipo di vincolo è impiegato per la referenziazione in sistemi di

¹⁸ **Leica Geosystems HDS Cyclone**: software che consente di registrare ed operare con nuvole di punti acquisite da alcuni tra gli scanner laser più utilizzati.

riferimento precedentemente determinati (per esempio facciate di edifici).

Legami tra range map con porzioni di superficie in comune:

Questo tipo di vincolo, basato sulla superficie comune alla coppia di *range map*, è particolarmente efficace per il collegamento di scansioni relative a zone molto articolate ed è quello che è stato utilizzato per l'allineamento delle *range maps* del Teatro Marittimo.

Questo tipo di vincolo, richiede una soluzione iniziale approssimata, definita tramite l'individuazione manuale di almeno tre punti omologhi sulle due scansioni.

L'allineamento si basa, sulla forma dell'oggetto: se questa è ricca di irregolarità asimmetriche, le *range map* tendono ad "allinearsi" correttamente, diversamente, se i riferimenti tridimensionali sono carenti, l'algoritmo di allineamento, talvolta, non è in grado di definire una soluzione univoca.

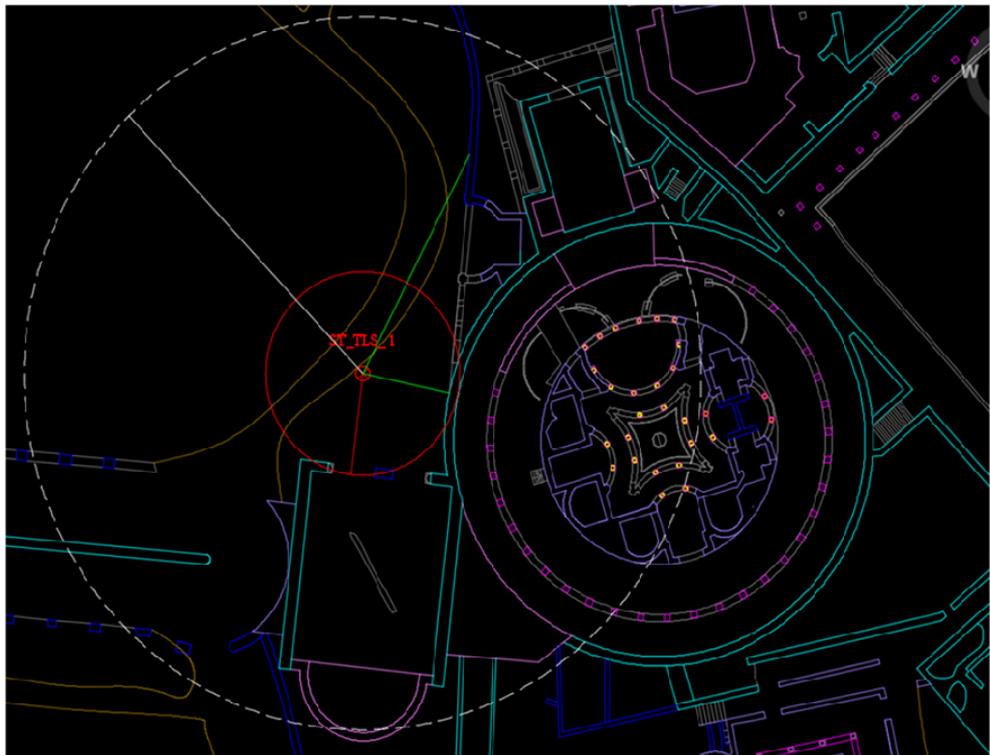
Dopo aver mutuamente allineato ciascuna coppia di scansioni si è ottenuta una nuvola di punti densa complessiva che descrive a tutto tondo le superfici del Teatro Marittimo.

5.2 Laser Scanner

Il laser scanner fornisce un set di dati formato da 70-80 scansioni (mappe di portata) che saranno allineate e pretrattate utilizzando l'applicazione Leica Cyclone.



SCHEMA GRAFICO DEL RANGE DI SCANSIONE



10 m

0,1 m

SCHEMA GRAFICO TOTALE DEL RANGE DI SCANSIONE



TABELLA RIEPILOGATIVA

Maximum range	35 m
Distanza max degli obiettivi	10 m
Tempo di scansione a media risoluzione	5 min
Impostazione di ogni stazione	2/3 min

1) Risoluzione

È la più piccola variazione nella misurazione che può essere misurata.

È la fase di campionamento spaziale minima consentita dal dispositivo di misurazione.

Le caratteristiche che contribuiscono alla determinazione della risoluzione sono:

- 1) L'aumento angolare minimo
- 2) Dimensione spot laser.

2) Precisione

È l'errore tra la misurazione di una quantità e il suo valore reale (o accettato per il reale) e dipende da fattori sistematici e casuali.

Nel caso di misurazioni ripetute dello stesso valore, è determinante come viene misurata la distanza tra la media dei dati rilevati e i dati effettivi.

Nel caso di sensori attivi ToF e Phase Shift ci sono due categorie:

- 1) **precisione angolare**: la rotazione del sistema a specchio che segnala il segnale ha deviazioni angolari che portano a un errore nella posizione del punto nello spazio.
- 2) **Precisione nelle misurazioni della distanza**: la precisione nella posizione del punto varia in modo lineare rispetto alla distanza dalla sorgente di emissione e al tipo di metodo di misurazione (ToF, PS).

Negli scanner a triangolazione, la precisione varia a seconda del quadrato della distanza oggetto-scanner.

3) Influenza di riflettività / riflessione e condizioni ambientali

Indipendentemente dall'intensità del segnale, le proprietà del materiale di una superficie influiscono significativamente sulla qualità della misurazione. Reflectivity / Reflection porta a materiali che cooperano otticamente e che non cooperano, dove le finiture superficiali lucide o la riflessione a specchio sono progressivamente meno facili da rilevare.

Materiali traslucidi come il marmo tendono a disperdere (dispersione) parte del segnale sotto la superficie con l'effetto indesiderato di operare una traduzione sistematica della misurazione della superficie.

In generale, gli scanner basati su tecnologia ToF producono risultati più stabili anche su materiali traslucidi, sebbene conducano a misurazioni inaffidabili; Nella stessa situazione, gli scanner PS producono risultati estremamente scarsi. Inoltre, la qualità della misurazione può essere influenzata dalla temperatura e dalle condizioni atmosferiche (in particolare, condizioni di luce ambientale elevate possono aumentare i livelli di dispersione delle misure).

5.3 Trattamento dei dati con il software Cyclone

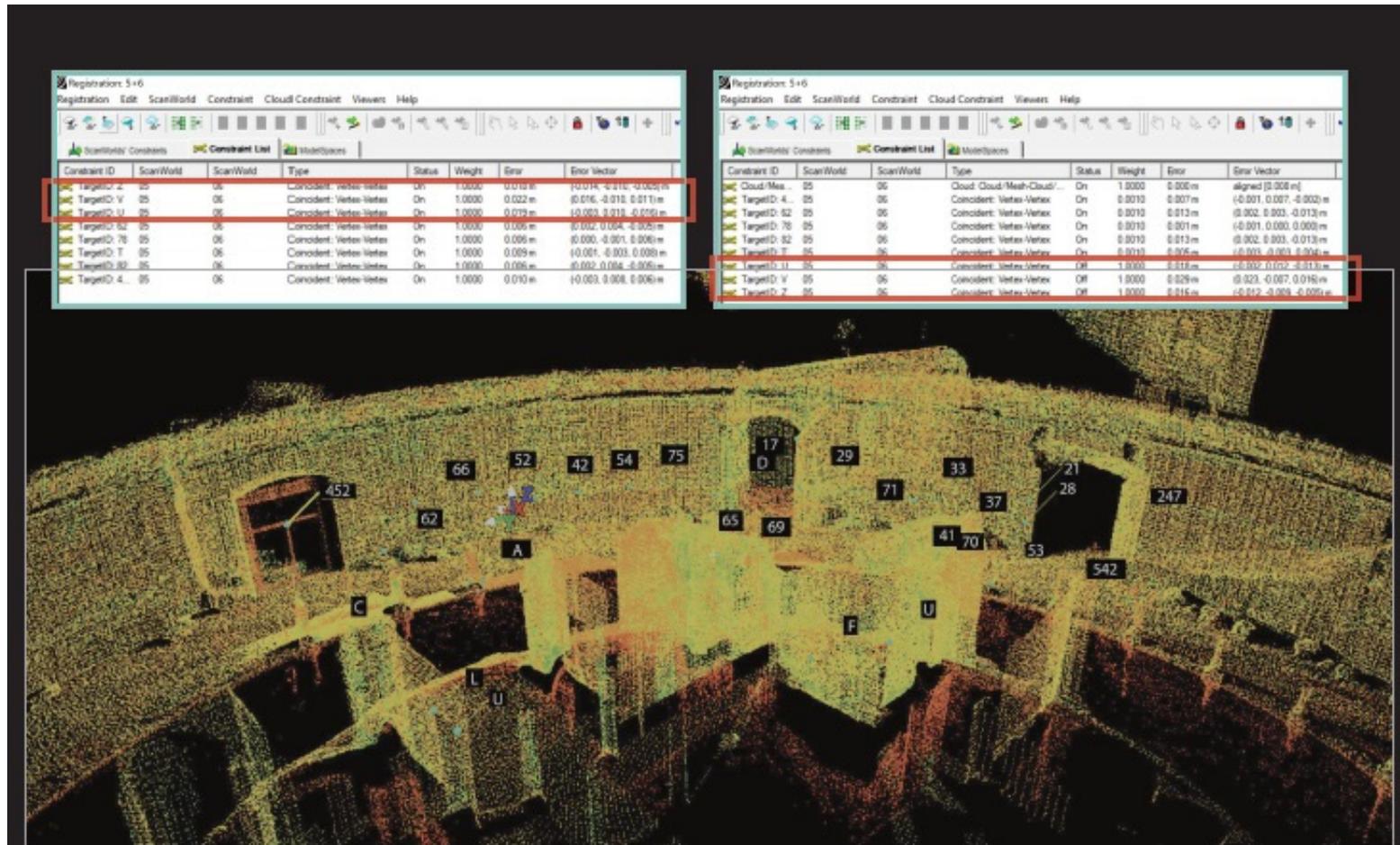
Operazioni preliminari:

- Predisposizione della cartella di lavoro
- Importazione dei *files* .ptx
- Creazione dei singoli ModelSpace

Registrazione

- Copiature delle nuvole nel ControlSpace
- Riconoscimento dei target
- Scelta della nuvola "Home"
- Allineamento delle nuvole sulla "Home"
- Calibrazione dell'errore
- "Congelamento" della registrazione
- Creazione del ModelSpace totale

REGISTRAZIONE DELLE NUVOLE

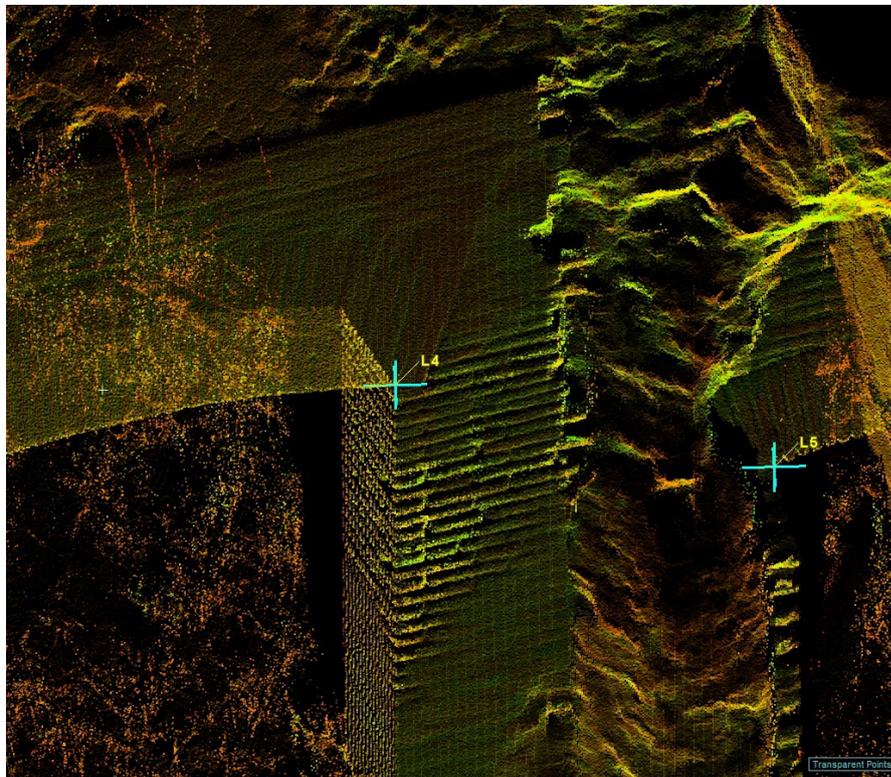


Come allineare le scansioni

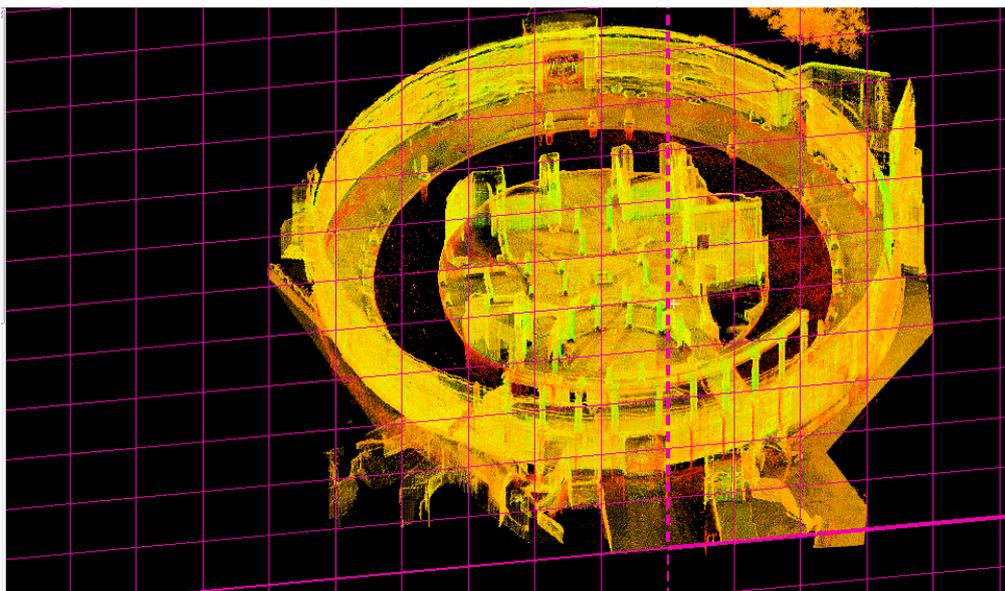
Per allineare due scansioni è necessario definire un insieme di punti omologhi (detti anche PUNTI DI TIE) presenti in entrambe le due scansioni da allineare.

Individueremo i punti di legame utilizzando il centro del TARGET CODICE RAD.

È anche possibile utilizzare i PUNTI NATURALI (angoli, caratteristiche, altri elementi specifici facilmente riconoscibili), ma in generale portano a risultati meno accurati.



CYCLONE	
1	VISUALIZZAZIONE DI NUVOLE DI PUNTI;
2	REGISTRAZIONE DI NUVOLE DI PUNTI;
3	MISURAZIONE DI DISTANZE TRA PUNTI, SEGMENTI, VOLUMI ...;
4	ESPORTAZIONI DI SELEZIONI DI PUNTI VERSO ALTRI SOFTWARE;
5	ESPORTAZIONI DI ORTOIMMAGINI E SNAPSHOT DI VISTE SCELTE.



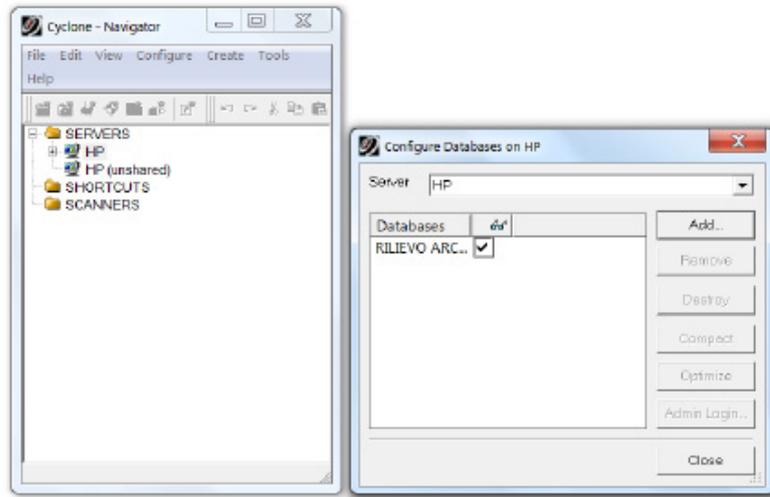
1. Preliminarmente a qualsiasi altra operazione è necessario creare una cartella di lavoro.

Nella finestra “Navigator” > in “Servers” vi sono due cartelle, entrambe con il nome del computer; quella da utilizzare è la prima (senza la dizione “unshared”).

2. Cliccare con il pulsante dx sul nome del computer > “databases” >

“add” > indicare il percorso della cartella dove si trovano i file ptx (o pts) e dare un nome al file .imp (lo stesso nome automaticamente viene inserito nel casella “Database Name”).

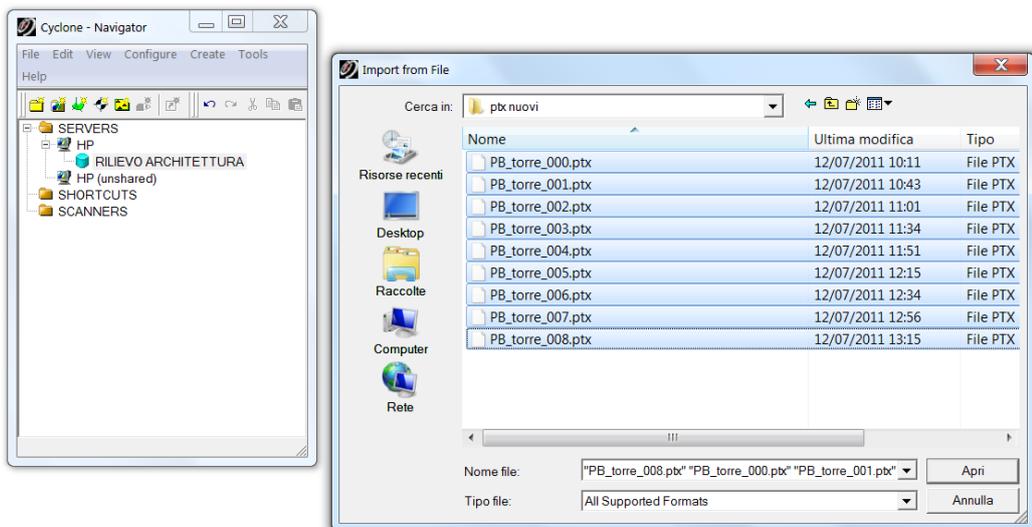
Chiudere la finestra “Configure Database”.



Cliccare con il pulsante dx sul nome del database > “import” > si apre la finestra “import from file”: scegliere i file ptx da importare.

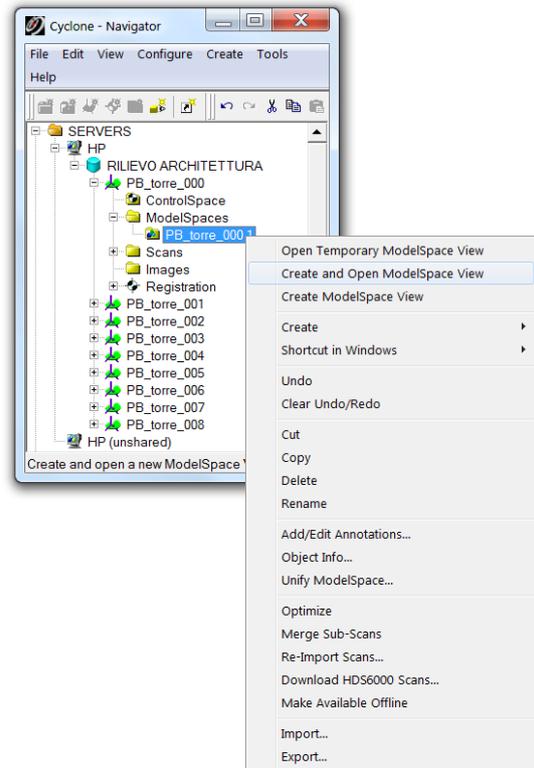
Selezionare assieme tutti i files da importare > “open” > scegliere l’opzione “separate original clouds”.

Il software importa i files (creando una copia di quelli originali) e per ognuno di questi dà origine ad uno ScanWorld (⊥).



Aprire la cartella del primo ScanWorld (ha lo stesso nome del file importato); al suo interno aprire a sua volta la cartella “ModelSpace”.

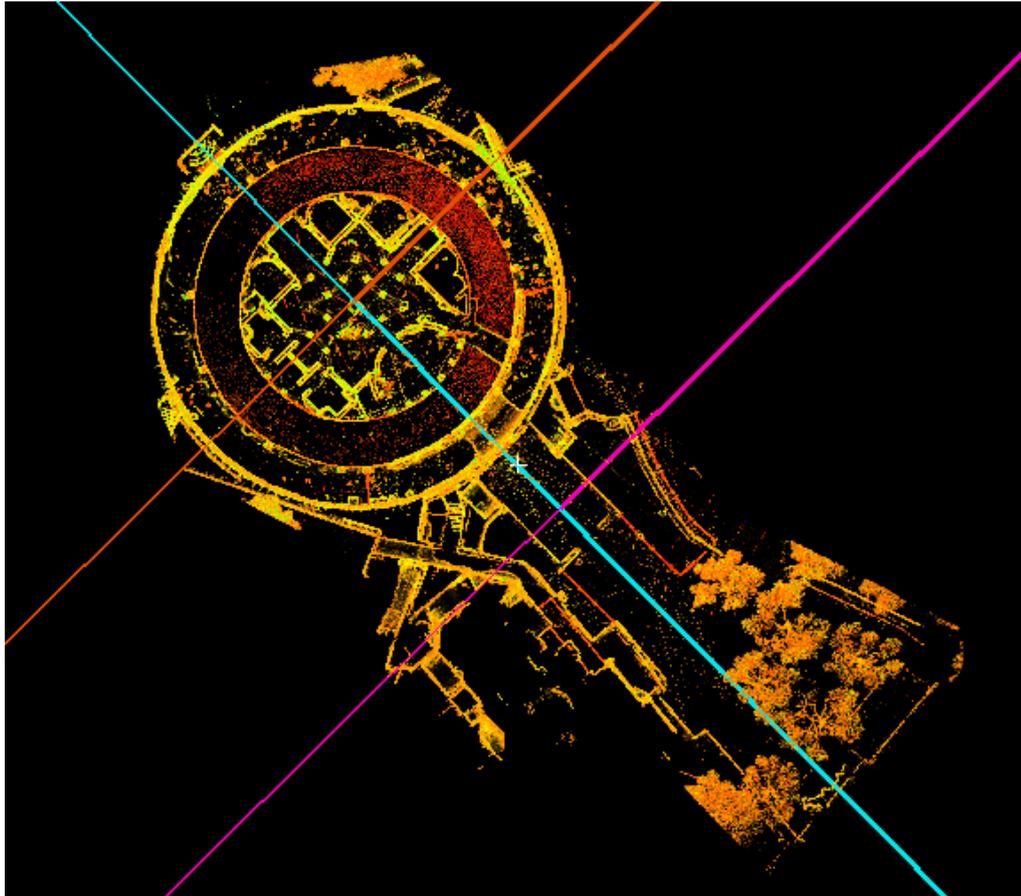
Cliccare con il pulsante dx sulla cartella presente > “Create and Open ModelSpace View”.



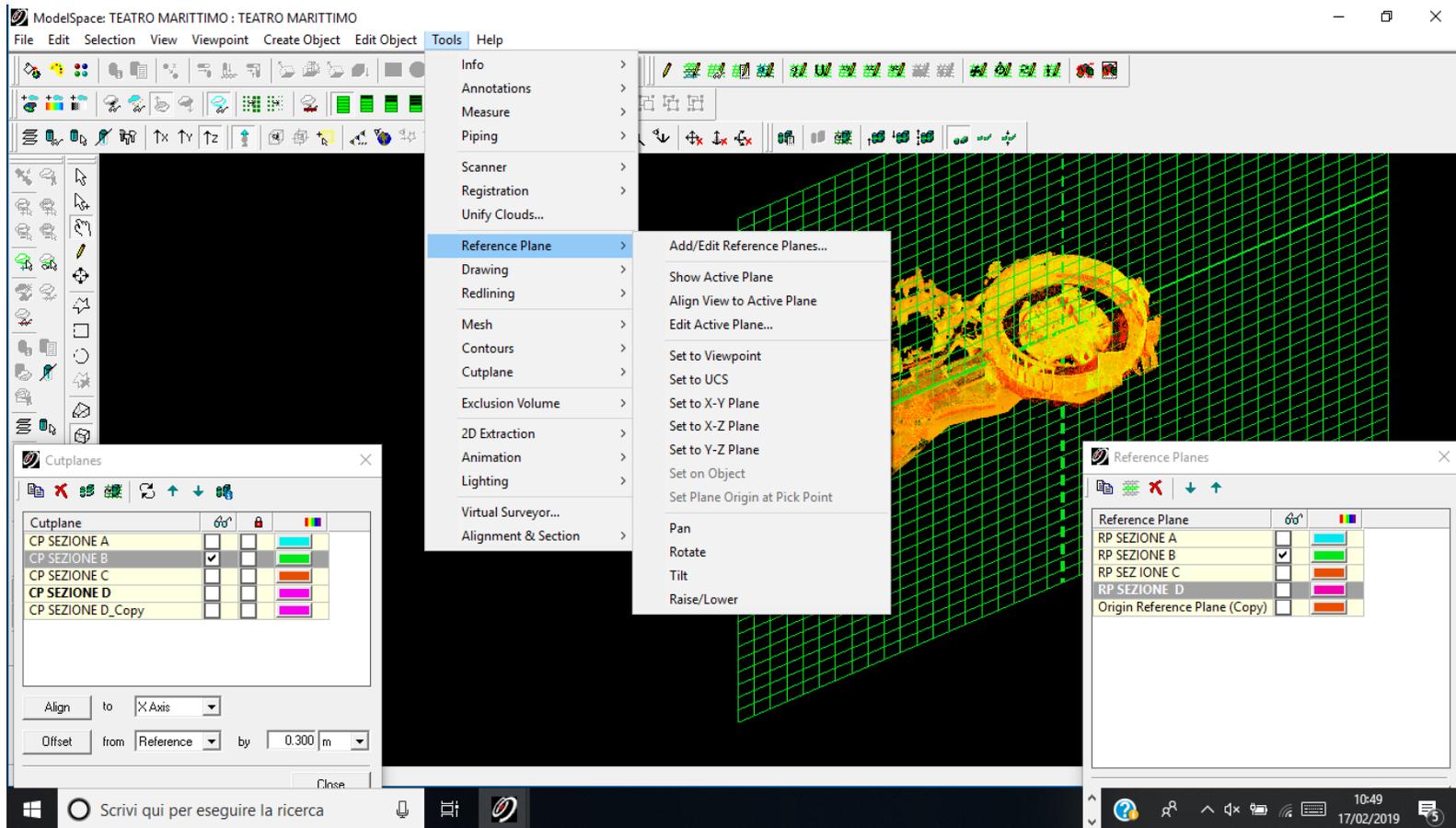
LAVORAZIONE - OPERAZIONI SUL MODELLO

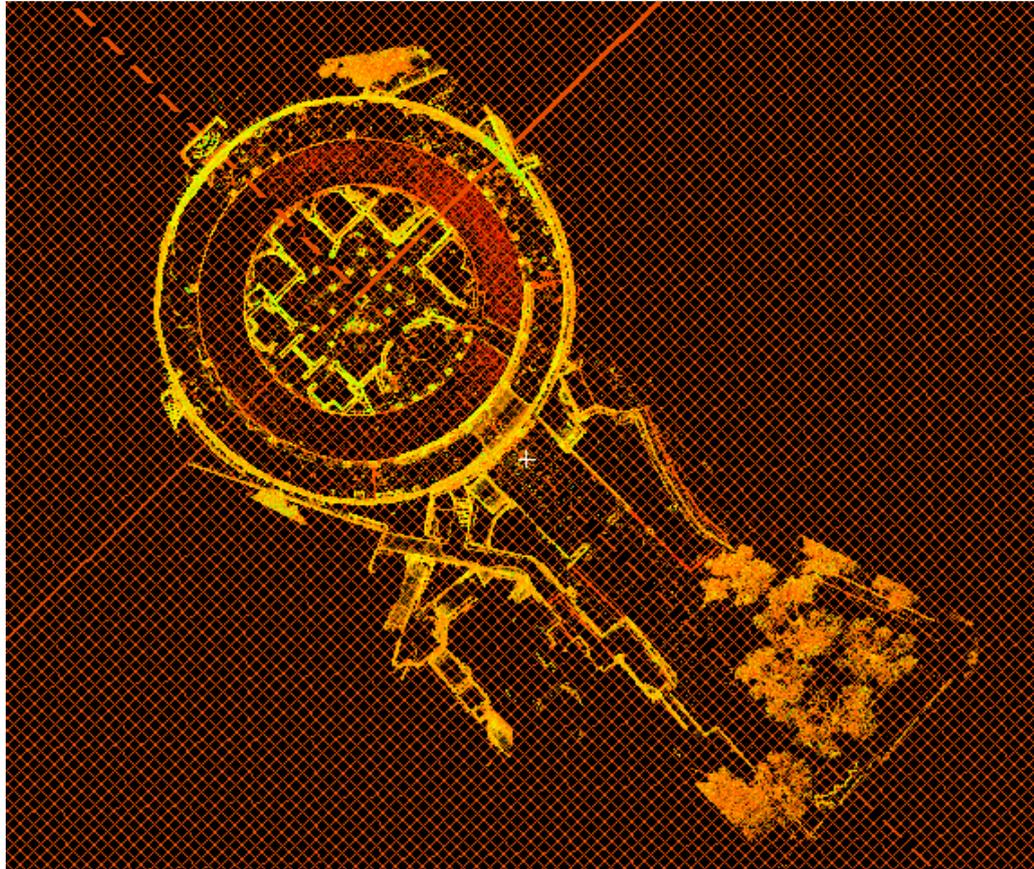
Produzione di screenshot

- Posizionamento del piano di riferimento
- Associazione di un piano di taglio
- Scelta del punto di vista
- Scelta del tipo di sezione
- Settaggio dei parametri
- Produzione di screenshot
- Esportazione di bitmap da ribattere in CAD
- Esportazione di polilinee
- Esportazione dei punti per modellazione



Pianta con piani di sezione verticali





Come prima operazione sul modello si è provveduto a impostare dei *reference plane*, successivamente si è passati ad associare dei cut plane con questi piani.

Alcuni di questi possono essere impostati paralleli al piano orizzontale per ottenere così una pianta ad una qualsiasi quota desiderata.

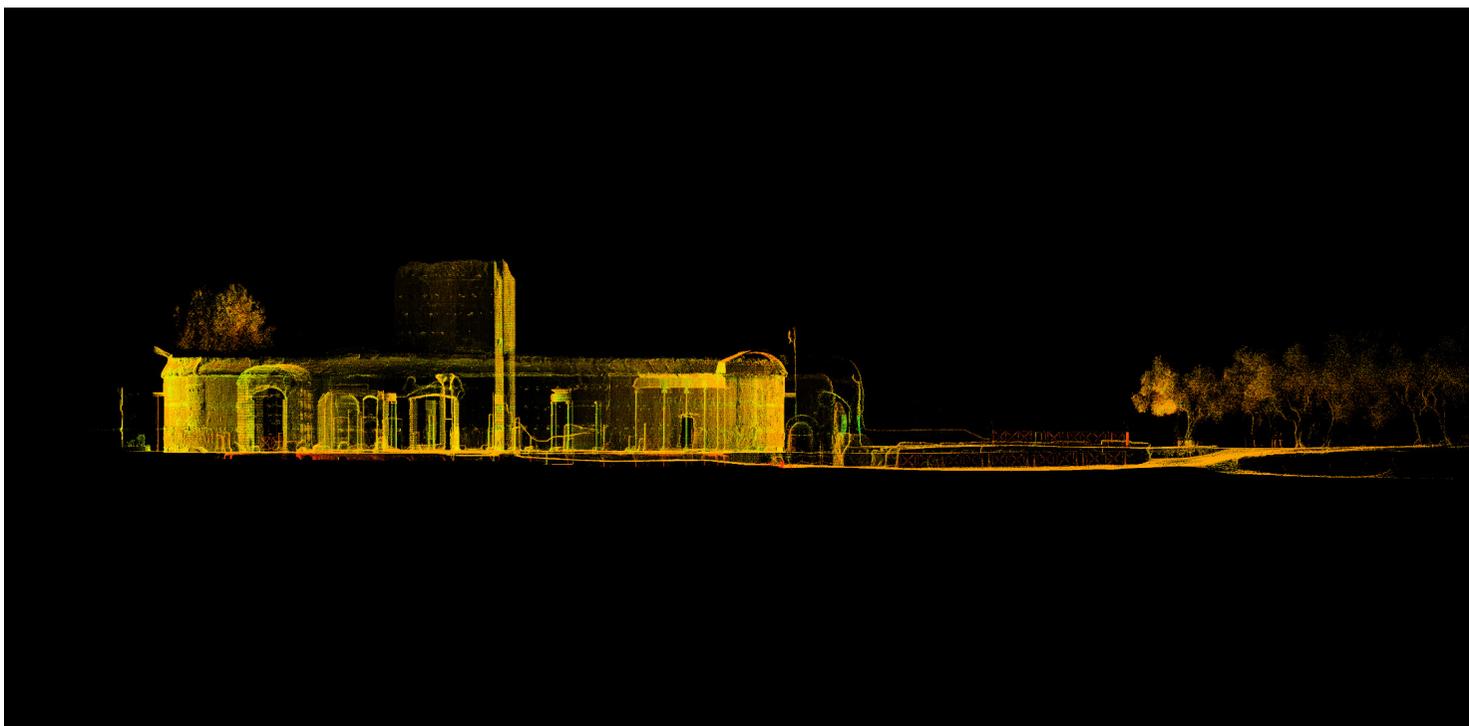
Altri, invece, possono essere predisposti perpendicolari al piano orizzontale, ottenendo così delle sezioni sulle quali possiamo analizzare dei fattori molto importanti quali: lo spessore dei muri e le altezze.

CAPITOLO 6 - RISULTATI

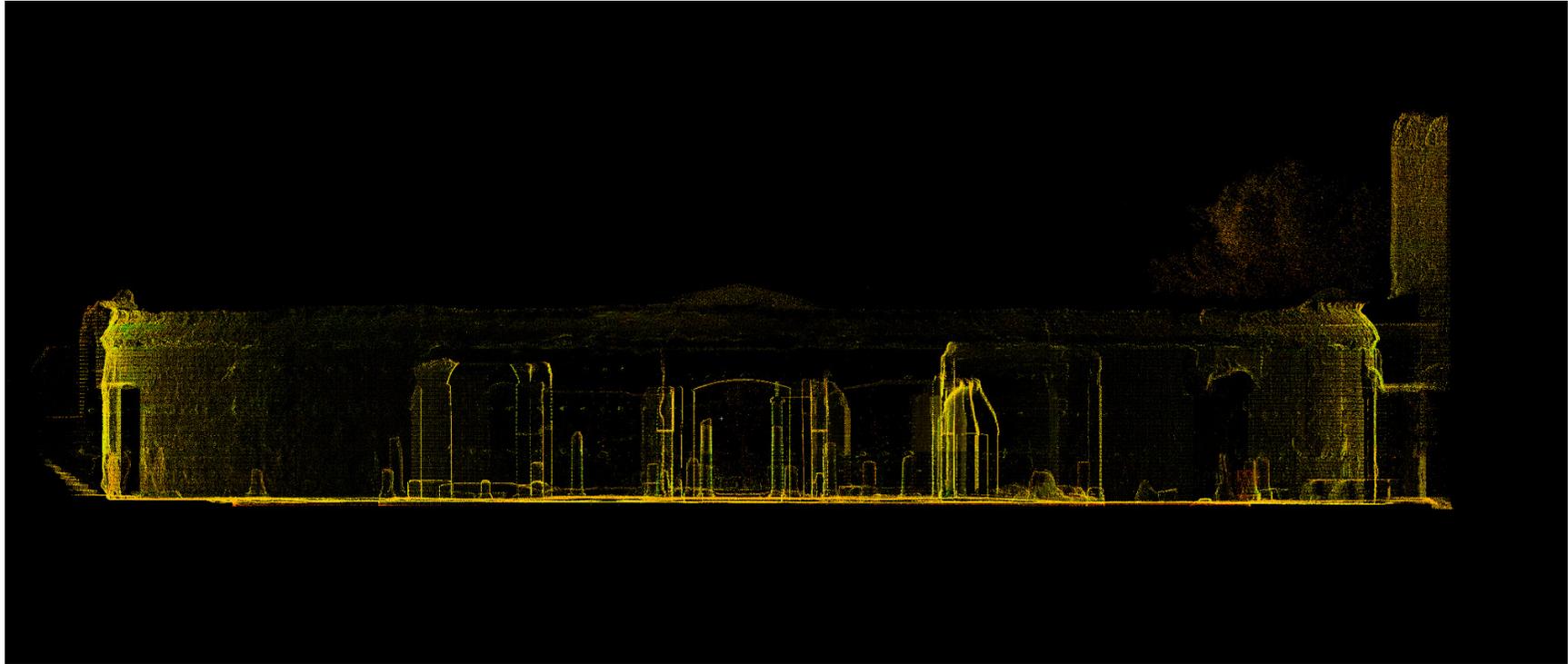
6.1. Pianta



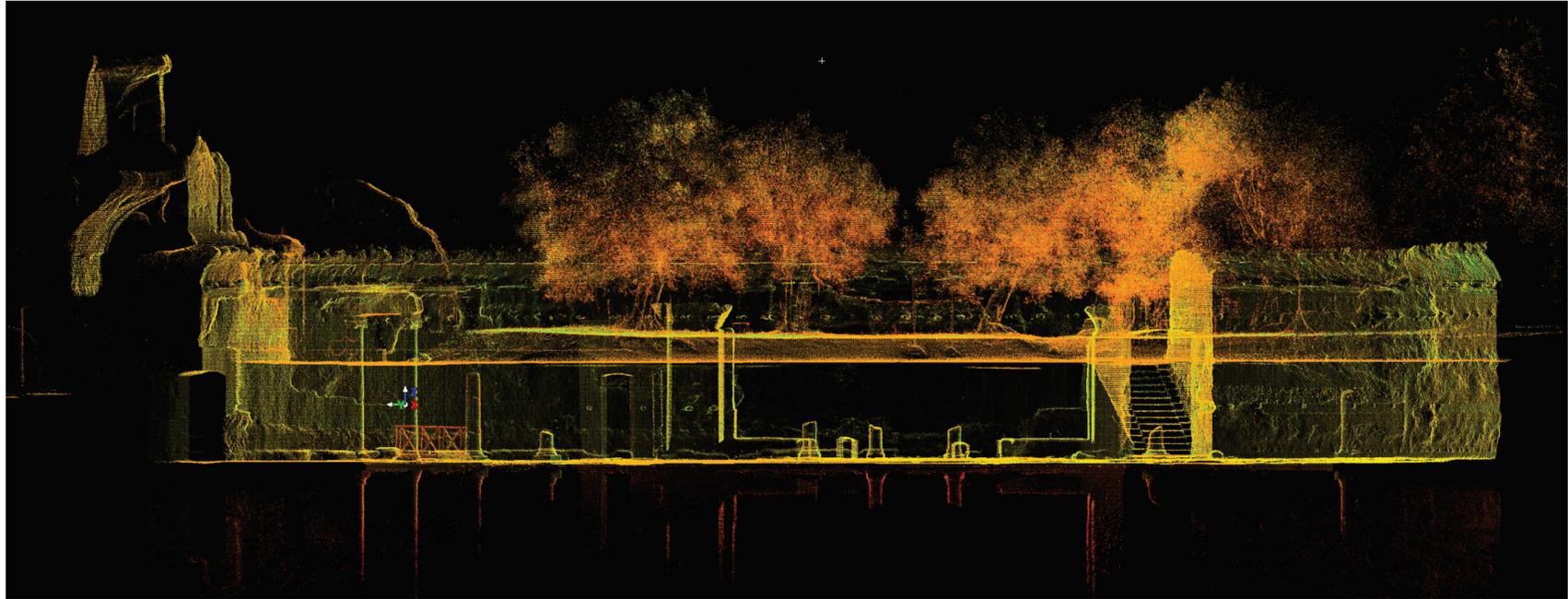
6.2 Sezioni



Longitudinale

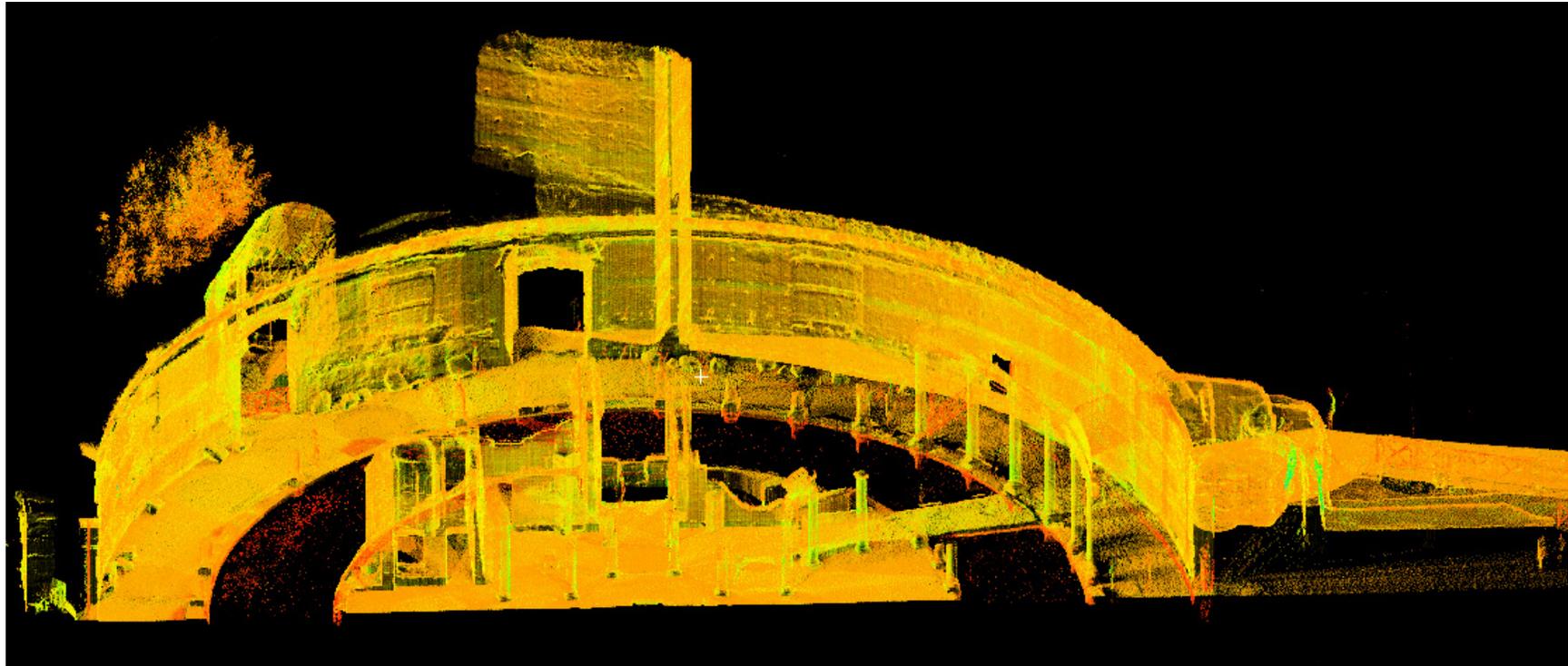


Trasversale

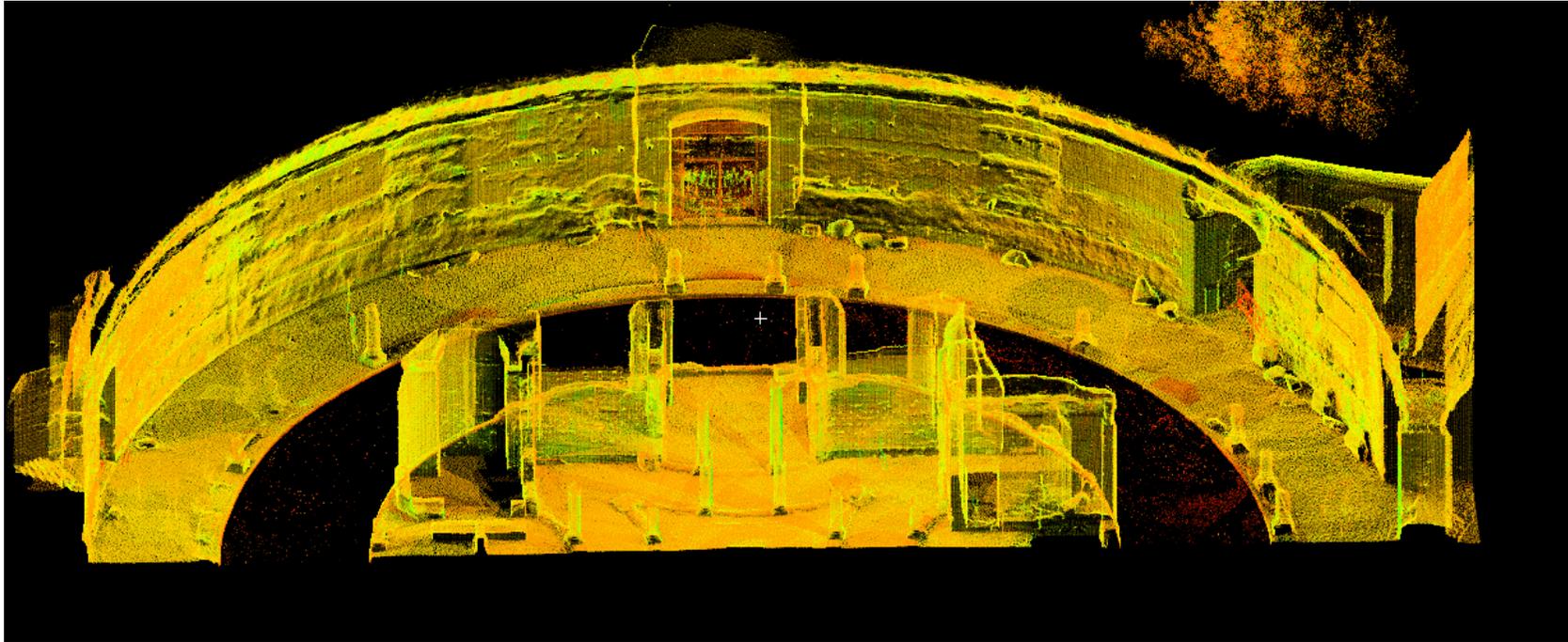




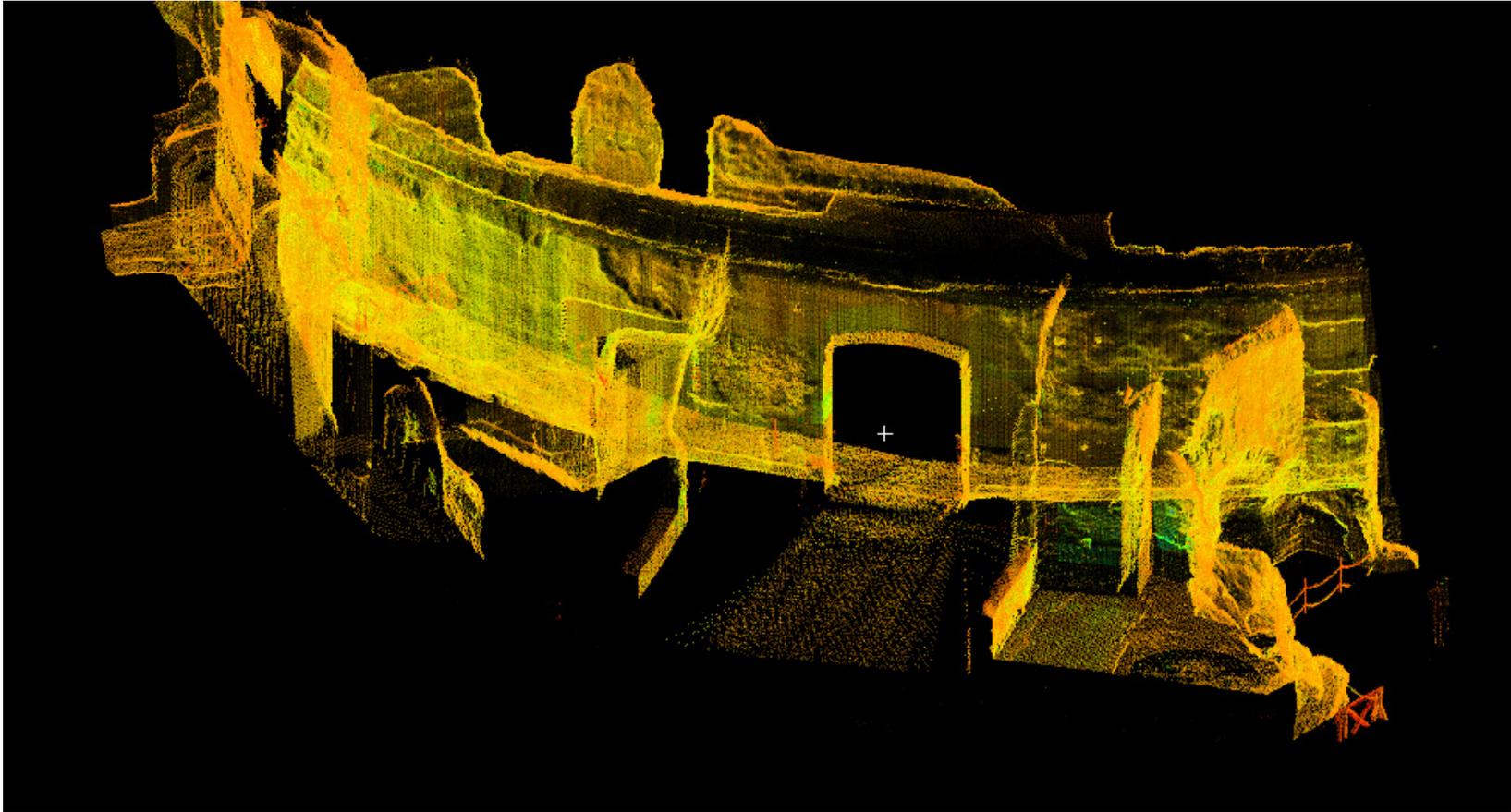
Assonometrie

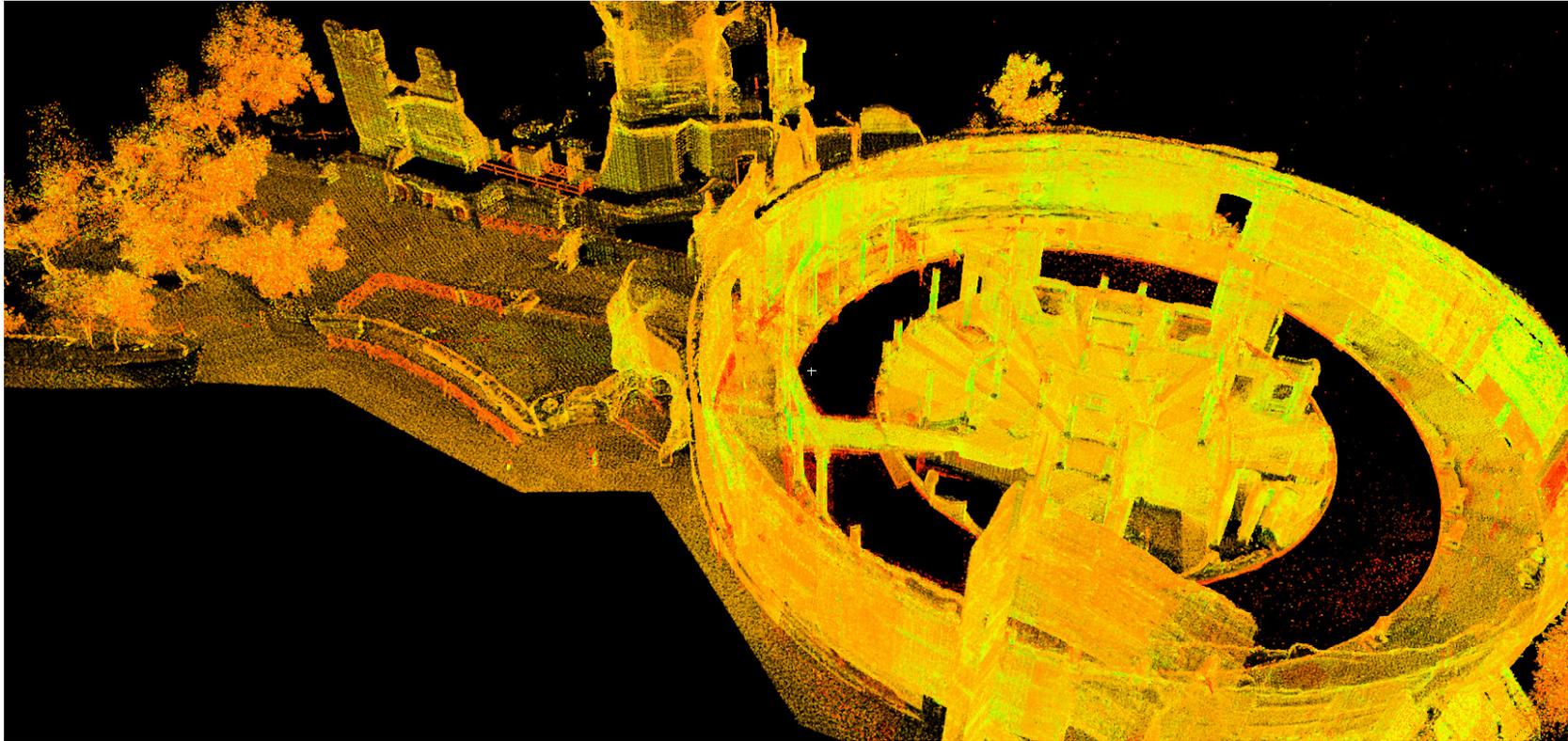


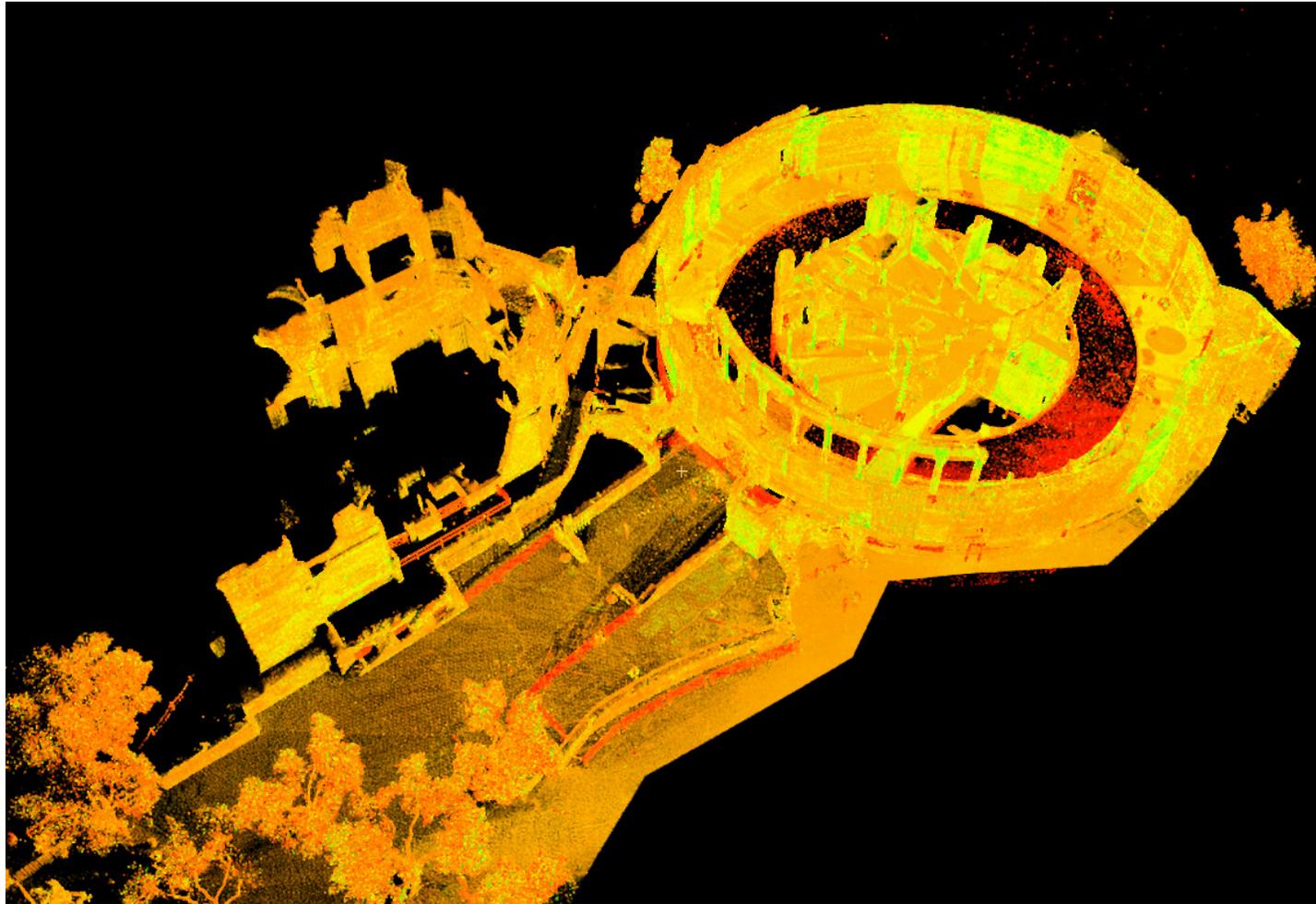
Longitudinale



Trasversale







CAPITOLO 7 - CONCLUSIONI

L'Italia gode di un'enorme ricchezza nell'ambito dei beni culturali; la lunga e fiorente storia artistica ed intellettuale che il nostro Paese possiede ha consentito a ogni città o grande capoluogo, di poter testimoniare con resti concreti e variegati la storia e le vicende accadute nei secoli passati.

Villa Adriana è uno dei più importanti siti archeologici, pertanto alla luce del recente restauro sul Teatro Marittimo nasce l'esigenza di effettuare un nuovo rilievo al fine di ottenere un modello fedele con lo stato dei luoghi.

Per eseguire questo compito così delicato entrano in scena le innovative tecniche di rilevamento 3d, che sempre di più stanno prendendo piede nel mondo del rilevamento e della progettazione.

Esse infatti permettono di descrivere visivamente, ogni tipo di oggetto, dalle forme e dimensioni più svariate.

Con tecniche e metodologie appropriate è possibile effettuare rilievi partendo dal più piccolo reperto archeologico fino al grande edificio storico.

Tra le più utilizzate troviamo il Laser scanner grazie al quale possiamo ottenere un grandissimo numero di informazioni: altezze, angoli, spessori e qualsiasi dato metrico.

La campagna di rilievo ha prodotto 74 scansioni che propongono una nuvola di punti che rappresentano lo stato dei luoghi del Teatro Marittimo.

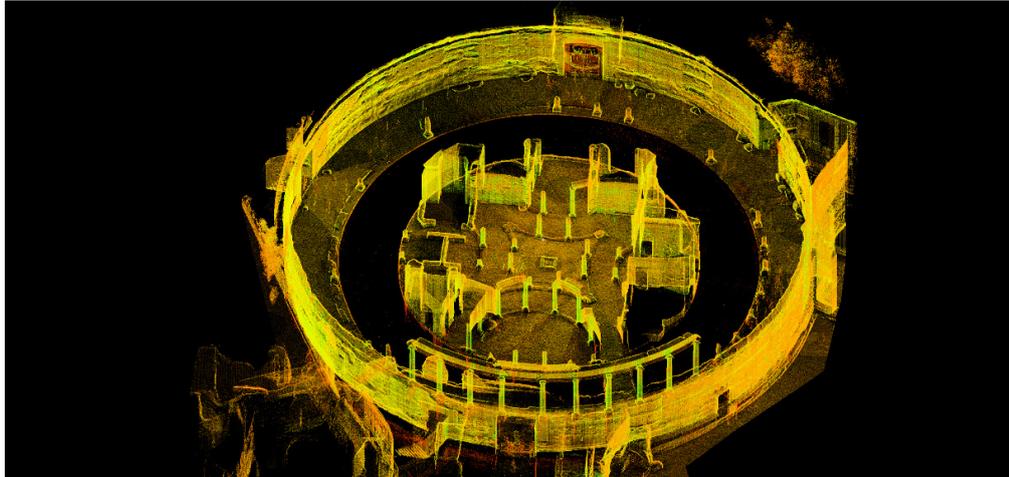


Immagine della nuvola di punti raffigurante lo stato dei luoghi del Teatro Marittimo dopo il restauro

Si è raggiunto l'obiettivo prefissato, ossia quello di produrre un modello digitale 3D del Teatro Marittimo che servirà ad allineare nel tempo tutti gli elementi della Villa di Adriano e ottenere così un elaborato digitale unico dell'intera complesso.

Il presente lavoro, nel breve periodo, permetterà agli enti, nonché agli esperti del settore di poter trarre delle valutazioni concrete e di potervi effettuare degli studi che fino ad oggi non potevano essere svolti in assenza di un modello con un grado di dettaglio simile che potrebbe portare un apporto non indifferente per i nuovi studi.

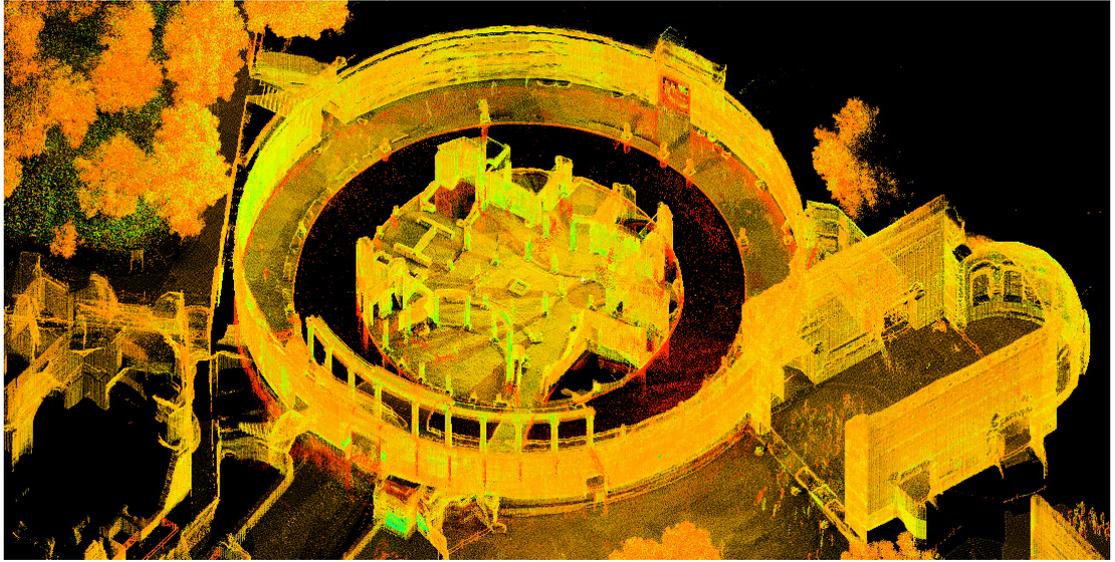


Immagine della nuvola di punti raffigurante il collegamento tra il Teatro Marittimo e la Sala dei Filosofi.

Esempio di come il modello possa essere integrato con altri modelli per ricostruire l'intera Villa di Adriano.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

ADEMBRI B., CINQUE G. E., (2010), “*Tecnica e tecnologia nell’Edificio con Peschiera di Villa Adriana*”, in Ghini G., a cura di, Sesto Incontro di Studi sul Lazio e la Sabina, Atti dell’omonimo Convegno, Roma, pp. 47-56

ADEMBRI B., CINQUE G.E. (a cura di), *Villa Adriana, la pianta del centenario*, Centro Di, 1906-2006

AURIGEMMA S., *Villa Adriana*, Istituto Poligrafico dello Stato, Libreria dello Stato, Roma, 1961

BIANCHI BANDINELLI R., (1950), *Storicità dell’arte classica*, Firenze

CANINA L., (1842), *L’architettura antica descritta e dimostrata coi monumenti*, v. III, Architettura romana, Roma

CECAMORE C., (2002), *Palatium. Topografia storica del Palatino tra III sec. a.C. e I sec. d.C.*, Roma

CINQUE G. E., (2009) “*L’Edificio con Tre Esedre*”, in Adembri B., Cinque G. E., Lazzeri E., “*Cupole, volte e calotte: la magnificenza e l’Impero*”, in corso di stampa in Atti del Convegno Disegnare l’armonia, Firenze

CINQUE G. E., (2008), “*Rilevare, non solo misurare*”, in Fiocco G., Morelli R., a cura di, *Città e campagna: un binomio da ripensare*, Annali del Dipartimento di Storia, n.4, p. 185- 202

CINQUE G.E., LAZZERI E., (2010), “*Roccabruna: un’architettura adrianea a immagine del Cielo*”, in *Mensura coeli - Atti dell’VIII Convegno Nazionale di Archeoastronomia*, Ferrara

CINQUE G.E., LAZZERI E., *Analisi geometriche e progettuali in alcuni complessi di Villa Adriana*,

CINQUE G.E., *Approcci preliminari allo studio della pianta della Villa Adriana di Tivoli*, Facoltà di Ingegneria. Università di Roma Tor Vergata

CUOMO S., (2007), *Technology and culture in Greek and Roman antiquity*, Cambridge

FORTE M., (1989), *Stabiae: pitture e stucchi delle ville romane*, Napoli

FORTE M., (2007), a cura di, *La villa di Livia: un percorso di ricerca di archeologia virtuale*, Roma

GODIN ET AL., 2001, *Pompei*.

LAZZERI E., (2009), “*Roccabruna*”, in Adembri B., Cinque G. E., Lazzeri E. “*Cupole, volte e calotte: la magnificenza e l’Impero*”, in corso di stampa in Atti del Convegno Disegnare l’armonia, Firenze

MACDONALD W. L., (1977), “*Roman Architects*”, in Kostof S., a cura di, *The Architect: chapters in the history of the profession*, New York

MIELSCH HARALD, a cura di Gianluca Tagliamone, *La villa Romana, con guida archeologica alle ville romane*, 1999, Giunti

MINIERO FORTE P., (1989), *Stabiae: pitture e stucchi delle ville romane*, Napoli

MINIERO FORTE P., (1993), “*Paesaggio con cantiere edile*”, cat. 220, in AA.VV., *Riscoprire Pompei.*, Roma

MONETI A., *Analecta Romana, Istituti Danici*, L’Erma di Bretschneider Quaderni dell’Istituto di Topografia antica dell’Università di Roma VIII, *Ricerche sull’architettura di villa Adriana*, De Luca Editore, Roma, 1975

RICOTTI E.S.P., *Villa Adriana, Il sogno di un imperatore*, Roma, 2001, L’Erma di Bretschneider.

SMALLWOOD E. M., (1966), a cura di, *Documents Illustrating The Principates of Nerva Trajan and Hadrian*, Cambridge

TAYLOR RABUN M., (2003), *Roman builders: a study in architectural process*, Cambridge

TORELLI M., (1995), *Studies in the Romanization of Italy*, Alberta
LEON, RAFAEL HIDALGO PILAR, Roma, Tibur Baetica.
Investigationes Adrianeas,
UEBLACKER M., (1985) *Das Teatro Marittimo in der Villa Hadriana*,
Mainz Am Rhein.
VINCENTI V., *Mosaici antichi in Italia, Regione quarta, Pavimenti*
Musivi e cementizi di Villa Adriana, Istituti Editoriali, Pisa Roma

Sitografia

www.villaadriana.beniculturali.it

<https://www.laboratorioroma.it>

<http://www.villa-adriana.net/pages/ita/page13.html>

<https://www.romanoimpero.com/2012/05/villa-adriana.html>

<https://www.iltermopolio.com/archeo-e-arte/villa-adriana-a-tivoli>

<http://www.tivolitouring.com/elenco/villa-adriana>

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare va al mio relatore, il Professor Ingegnere Luca Cipriani, e al mio correlatore, il Professore Filippo Fantini, per avermi dato la possibilità di lavorare a un progetto così importante come Villa Adriana, per aver stimolato il mio interesse ed avermi guidato nella realizzazione di questo lavoro.

Dedica

Dedico questo traguardo a tutti i miei cari, in particolare alle persone che oggi non possono essere qui a godere con me di questo giorno.

Ai miei nonni, stimolo e guida per la mia crescita personale e professionale.

A mia mamma, mio papà e mio zio Claudio: l'affetto e il sostegno che mi avete dimostrato rendono questo traguardo ancora più prezioso.

Ai miei compagni di avventura: Giuliano, Daniele e Fausto con cui ho condiviso gioie, sacrifici e successi.