

Villa Adriana, esperienze di rilievo digitale ed analisi per il restauro e la musealizzazione dell'Edificio dei Pilastri Dorici

Stefano Bertocci
Giovanni Minutoli

*Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze*

Abstract

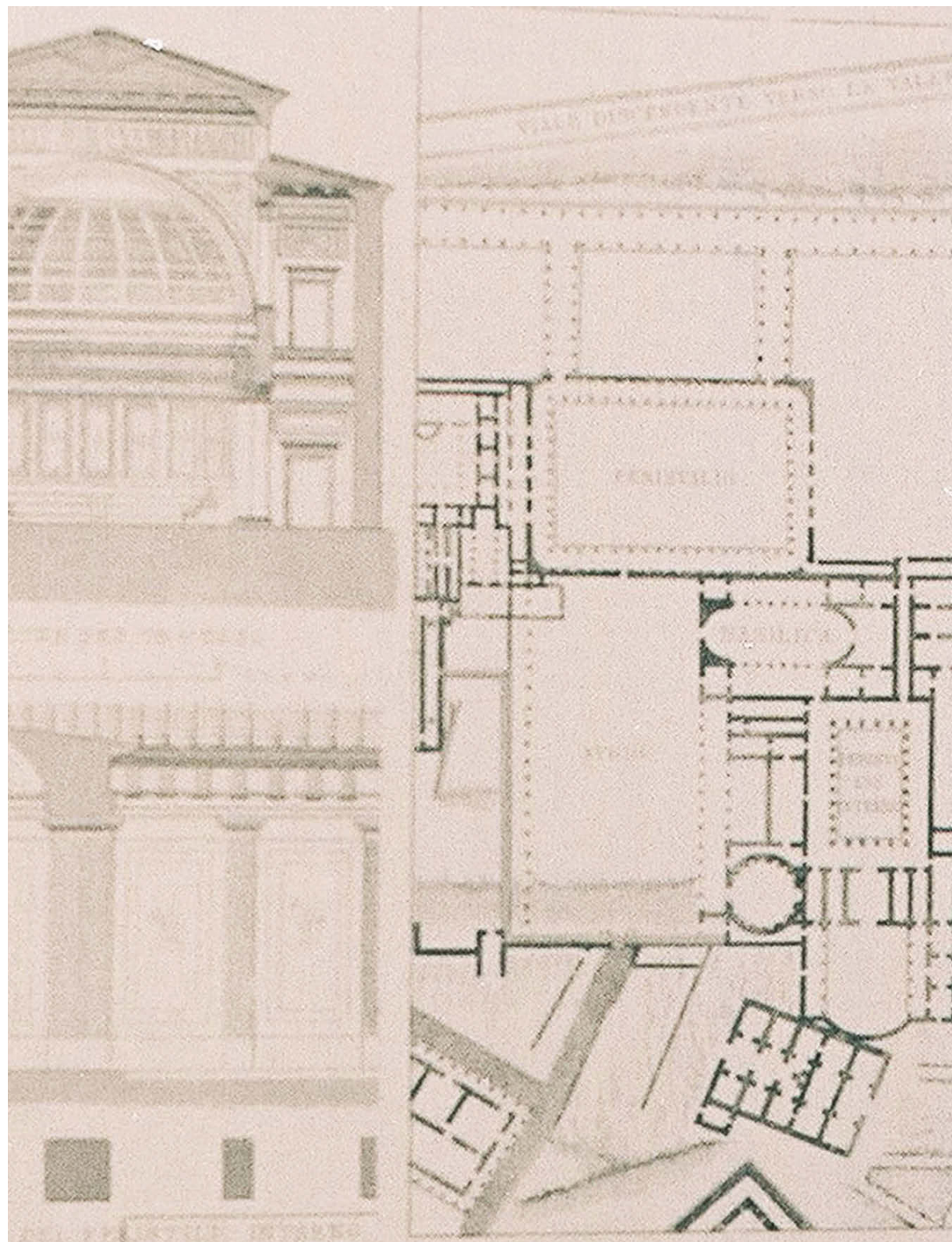
To speak about restoration and enhancement of the great archaeological sites such as Pompei, Herculaneum, Agrigento, and Villa Adriana in Tivoli, just to name a few, means to raise questions regarding protection and safeguarding that often are not easily reconcilable with the use of the sites by tourists and scholars. We have previously proposed a first step regarding a surveying project, using 3D laser scanner digital technologies, for the realization of plans, sections, and reliable models to architectural scale and detail, to constitute the fundamental knowledge, base for any exercise of critical and interpretive activities related to training and the development of conservation and restoration activities.

The construction of Villa Adriana began from around 117 A.D. by the homonymous emperor, as his residence outside Rome. It occupies an area of 120 hectares on the Tiburtini Mountains south east of Tivoli. In the nineteenth century, when the first restoration work began, the Kingdom of Italy partly purchased the Villa; the works had infiltrated almost all components of the villa buildings. In the central area of Hadrian's palace there is the so-called Hall of Doric pillars, which probably welcomed those who were waiting to be admitted to the emperor's presence. The conservation project of building structures was driven by the business practices and with the idea of protecting and safeguarding the artifact without providing for the reconstruction of the pillar system and / or the perimeter walls. The structural analysis of the system has highlighted the structural inadequacy of the peristyle portion rebuilt in 1956. The idea of this first experimental project is to present to visitors a knowledge and learning process, with multiple levels of historical and scientific study, based not only on exposure to passive objects or drawings, but on technological devices, touch screens, and projections, that allow the users of the spaces of the villa to travel back in time to the Hadrian period.

Premessa

Il grandioso complesso adrianeo alle pendici di Tivoli è stato inserito dal 1999 nella lista dei siti tutelati dall'UNESCO con una motivazione che ne tratteggia molto bene gli aspetti principali: "Villa Adriana è un complesso eccezionale di edifici classici creati nel 2° secolo d.C. dall'imperatore ro-





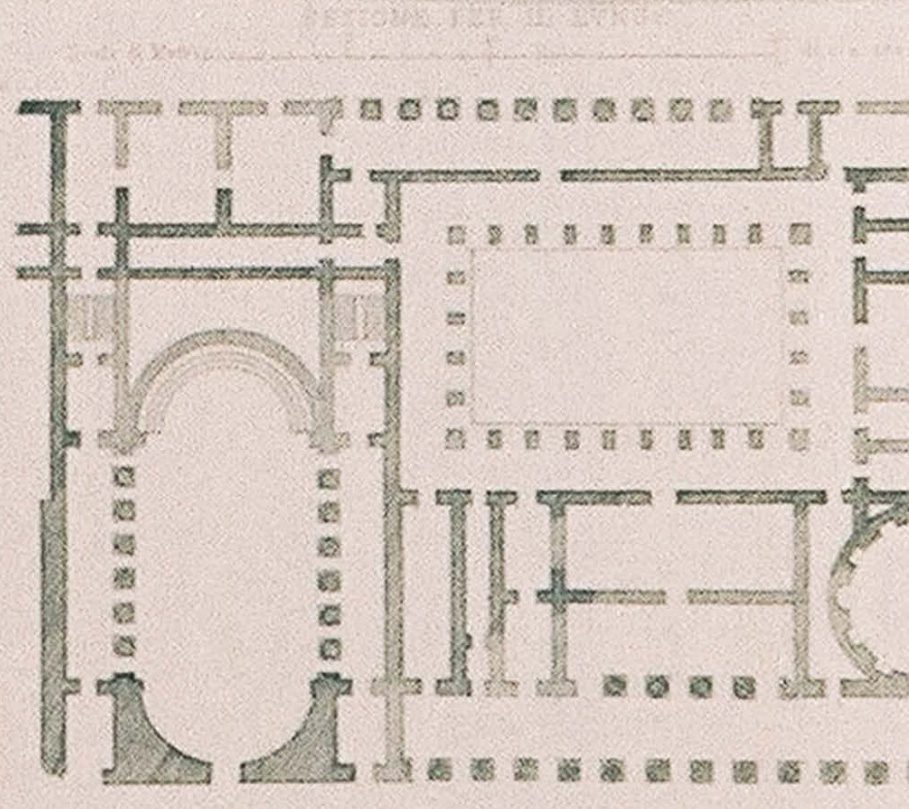
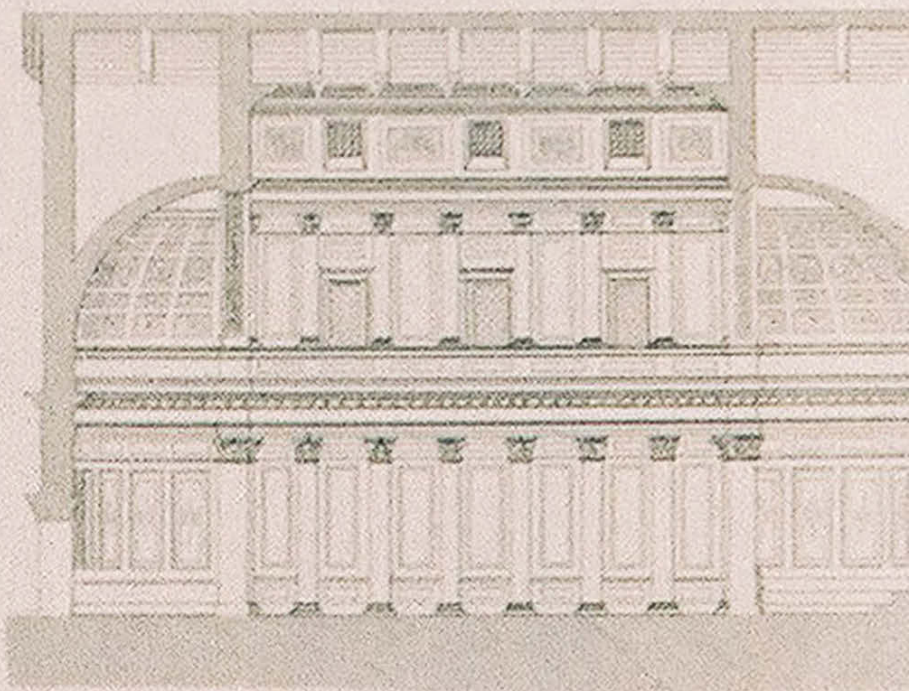
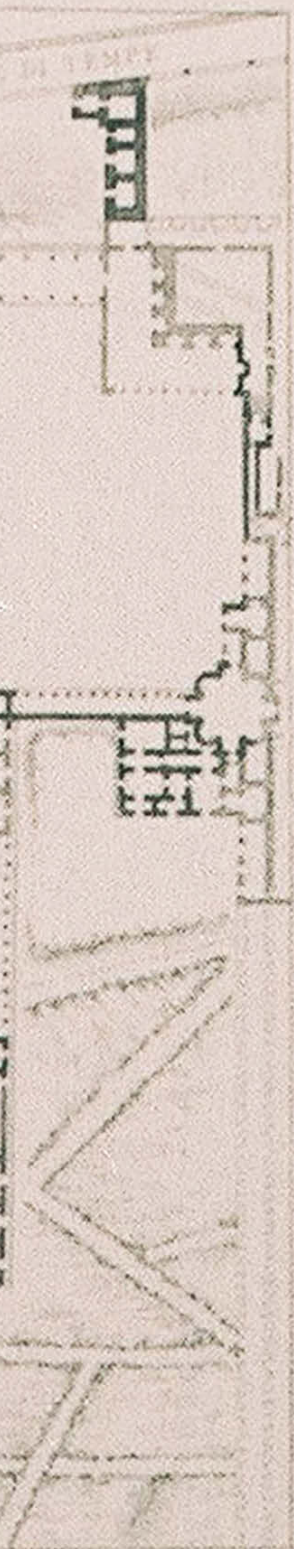


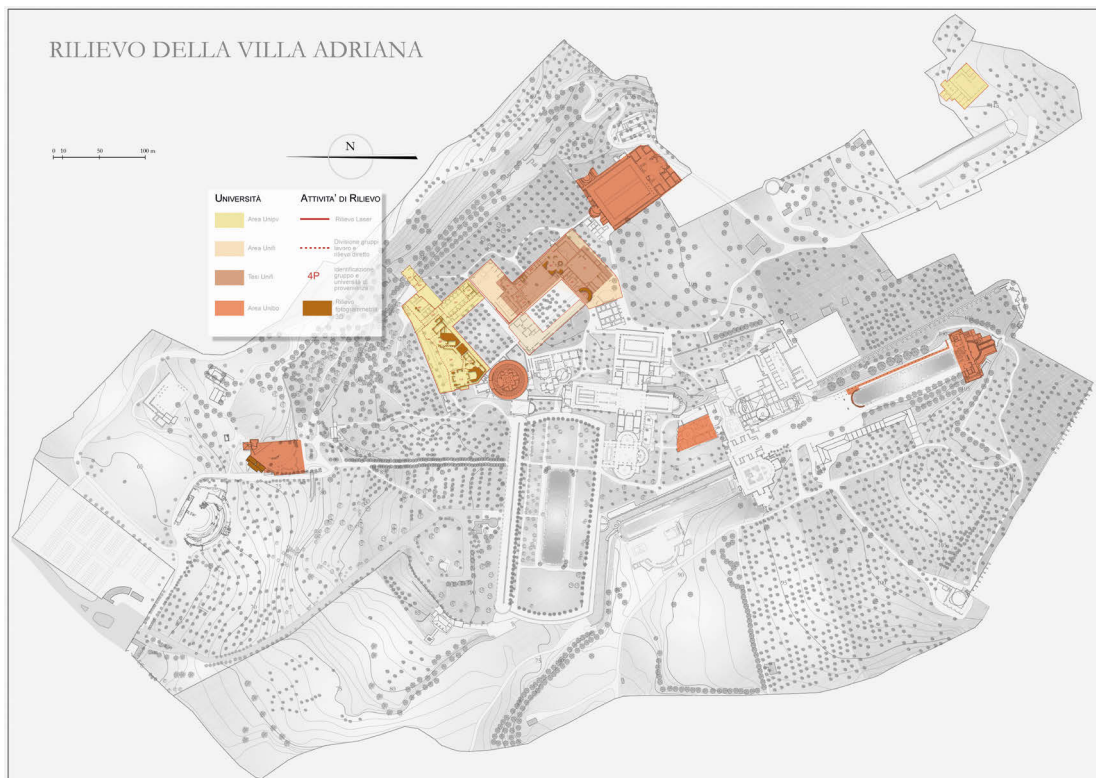
Fig.1
Planimetria
generale di
Villa Adriana
con indicazione
dello stato di
avanzamento dei
rilievi realizzati
con tecnologia
laser scanner 3D

mano Adriano. Esso combina i migliori elementi del patrimonio architettonico d'Egitto, Grecia e Roma, sotto forma di una città ideale". Sono state certamente individuate le due principali fasi della realizzazione del grande complesso attraverso bolli o marchi di fabbrica, presenti per la maggior parte sui laterizi delle strutture visibili, tuttavia ad oggi il sito risulta non completamente indagato e valutato nella sua effettiva estensione. Una delle fasi principali comprende la realizzazione della maggior parte degli edifici; questa si sviluppa sulle strutture di una preesistente villa risalente all'età repubblicana, prende avvio a partire dal 118 d.C. e doveva essere terminata nel 125 d. C. al termine del primo viaggio di Adriano nel suo impero. Questa comprende il cosiddetto Palazzo Imperiale, la Biblioteca Greca la Biblioteca Latina e la Terrazza Superiore delle Biblioteche, il Teatro Marittimo, la Sala dei Filosofi, gli Hospitalia, il Pecile e le Cento Camerelle, le Terme con Eliocamino, lo Stadio, le Piccole Terme e le Grandi Terme. La seconda fase invece si conclude alla morte dell'imperatore nel 138 d. C. e comprende il complesso della Piazza d'Oro, il Ninfeo Fede, il Palazzo d'Inverno, il Ninfeo - Stadio, il Canopo, il Padiglione e la Terrazza di Tempe, l'Edificio a Pilatri Dorici, Roccabruna, l'Accademia, l'Odeon, la Palestra e il Teatro Greco (Adembri, 2000; Adembri, Cinque, 2006; Aurigemma, 1969; Macdonald, Pinto, 1995). La villa rimase in uso anche dopo la morte di Adriano poiché in diverse strutture, fra quelle sopra citate, appaiono varie fasi edilizie che confermano questa ipotesi. Successivamente all'abbandono dell'area i resti dei numerosi edifici divennero fino al tardo medioevo cava di materiali edilizi e di elementi architettonici. Solo in epoca rinascimentale artisti e architetti riscoprirono i resti di quella che fu la villa di Adriano e cominciarono a frequentarla per studiarne gli affascinanti resti. È alla metà del cinquecento che l'architetto napoletano Pirro Ligorio, su incarico dal cardinale Ippolito II d'Este, intraprese una serie di sondaggi nel territorio di Tivoli alla ricerca di reperti antichi. Dalle indagini emersero numerose sculture e arredi marmorei in parte riutilizzati per decorare la splendida villa d'Este a Tivoli. Proprio l'apprezzamento nei confronti dei capolavori di scultura rinvenuti e delle raffinate decorazioni dei frammenti architettonici comportò la dispersione di vari pezzi prima negli antiquari e poi in diversi musei italiani ed europei. Durante il XVII secolo i Barberini e i Doria Pamphilj intrapresero numerosi scavi e nel secolo successivo si ebbero le più importanti scoperte come i due centauri e il mosaico dell'accademia. Fu solo con l'unità d'Italia che si portarono avanti ricerche sistematiche poiché nel 1870 lo stato italiano acquisì buona parte dell'area della antica villa.

Il progetto di rilievo digitale di Villa Adriana a Tivoli

Le applicazioni ed i risultati scientifici maturati in anni di esperienze condotte dal Laboratorio Congiunto *LandscapeSurvey& Design* dell'Università di Firenze e dal Laboratorio di Rilievo LRA del Dipartimento di Architettura della stessa università, anche in siti del Patrimonio UNESCO quali, oltre a diversi monumenti del centro storico di Firenze, Petra in Giordania, Masada in Israele, l'isola di Kizhi in Russia e alcune grandi fortezze spagno-

RILIEVO DELLA VILLA ADRIANA



le in centro America, hanno consentito di mettere a sistema le più avanzate tecnologie digitali nel settore del rilievo per la documentazione digitale del patrimonio architettonico ed archeologico (Bertocci, Parrinello, 2015). Il progetto relativo al rilievo digitale di Villa Adriana a Tivoli è stato condotto coordinato dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, con la partecipazione del Dipartimento di Ingegneria civile ed architettura dell'Università di Pavia e del Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna. Il progetto si è sviluppato, sotto la sorveglianza Dott.ssa Benedetta Adembri della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Lazio, dal 2012 al 2016 con campagne di rilevamento digitale che si sono sviluppate attraverso workshop sul sito svolti sia a fini didattici che di ricerca (Adembri, Bertocci, Bua, Di Tondo, Fantini, Parrinello, Picchio, 2013). Le campagne hanno interessato delle aree nelle quali gli studenti delle Università hanno sperimentato assieme a docenti e ricercatori, le tecnologie di rilievo digitale applicate al rilevamento archeologico. Il corpus dei materiali prodotti da queste attività, utile banca dati per l'analisi delle strutture in elevato, è stato organizzato secondo una struttura corrispondente alle singole attività condotte¹.

Le campagne di rilevamento, svolte con gruppi di ricercatori e studenti delle tre università coinvolte nel progetto, hanno riguardato alcune sperimentazioni condotte sulla base di una documentazione laser scanner 3D;

¹ I rilievi eseguiti sono relativi alle aree evidenziate nella planimetria della fig. 1. Il gruppo del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, ha studiato l'area di Palazzo e le Terme con Eliocamino, producendo: rilievo laser scanner del complesso, rilievo fotogrammetrico dei paramenti murari, piante e sezioni alla scala architettonica, modelli 3D (zona Pilastrici doric, esedra della fontana, Biblioteca e Basilichetta). Il gruppo del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura dell'Università di Pavia ha studiato la zona degli Hospitalia, l'area delle biblioteche ed il Plutonio, producendo: rilievo laser scanner, rilievo fotogrammetrico dei paramenti murari, piante e sezioni alla scala architettonica. Il gruppo del Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna ha studiato la zona del Teatro Marittimo, il Serapeo e parte della vasca del Canopo, le Piccole Terme e la Piazza d'Oro producendo: rilievo laser scanner, piante e sezioni alla scala architettonica ed alcuni modelli 3D.

queste costituiscono una base attendibile, passibile di essere convertita in vari elaborati, per la documentazione del sito dalla scala territoriale, relativa alla composizione dei manufatti nel sistema parco, alla scala del più specifico dettaglio architettonico. È stata condotta anche una campagna di rilievi topografici di supporto alle applicazioni fotogrammetriche e laser scanner che hanno portato alla realizzazione di modelli 3D di alcune parti del complesso. I dati delle nuvole di punti, ad elevata affidabilità metrica, provenienti dalla elaborazione delle scansioni laser, faranno parte del database di documentazione insieme alle riprese fotografiche e video. Il progetto prevede inoltre una fase di post produzione dei dati, costituita da ulteriori elaborazioni 2D e 3D delle nuvole di punti realizzate, della documentazione diretta, e dei disegni e delle foto, al fine di costruire un affidabile apparato critico documentario costituito da disegni vettoriali (piante, sezioni e prospetti), rendering 3D e dettagli in 2D e 3D di particolari architettonici di interesse (Adembri, Bertocci, Bua, Di Tondo, Fantini, Parrinello, Picchio, 2013; Adembri, Di Tondo, Fantini, 2010; Adembri, Di Tondo, Fantini, 2011). La banca dati della documentazione digitale deve inoltre costituire un contenitore “aperto e flessibile” pensato per accogliere la copiosa mole di studi e ricerche che, nel corso degli anni, sono stati svolti sulla Villa attraverso un’implementazione dei dati costante nel tempo. La mappa generale del sito, prodotta dalla elaborazione dei dati di rilievo, dovrà costituire la base cartografica appropriata per il data base generale, una piattaforma interattiva in grado di raccogliere i risultati delle diverse ricerche, funzionale ai possibili impieghi da parte della comunità scientifica e dell’attività preposte alla gestione del sito archeologico (Management Plan). La realizzazione di questa piattaforma interattiva, basata sull’imprescindibile banca dati delle misure (mappe ed elaborazioni affidabili dello stato dei luoghi), prevede una coerente attività di documentazione del sito, da effettuare mediante l’ausilio dei contemporanei sistemi di rilevamento 3D (laser scanner 3D, *drone mapping*, fotogrammetria *closerange*) e di diagnostica non distruttiva. Per questa ragione la piattaforma in corso di realizzazione dovrà essere concepita come uno strumento in grado di favorire non solo l’integrazione di dati provenienti da diverse sorgenti, ma anche la gestione di questi in relazione ai tempi e alle diverse scale di dettaglio. Gli sviluppi del progetto dovranno prevedere la messa a punto di una “mappa intelligente”, prodotta seguendo sperimentati criteri metodologici, che permetterebbe di mettere a disposizione degli studiosi le informazioni raccolte ed i vari studi che, con il tempo, dovrebbe configurarsi come il contenitore ufficiale della grande mole di studi e di ricerche che nel corso degli anni sono stati svolti sulla Villa Adriana e che troverebbero una sede appropriata ed una migliore struttura logica, anche rispetto ai possibili utilizzi contemporanei. I dati sino ad oggi prodotti costituiranno in futuro, se adeguatamente conservati e se copriranno l’intero complesso, la base documentaria per la conservazione del sito e potranno venire facilmente sfruttati anche per una migliore fruizione museale, pensando alle possibilità di simulazione, anche a scopi didattici, di eventuali ricostruzio-

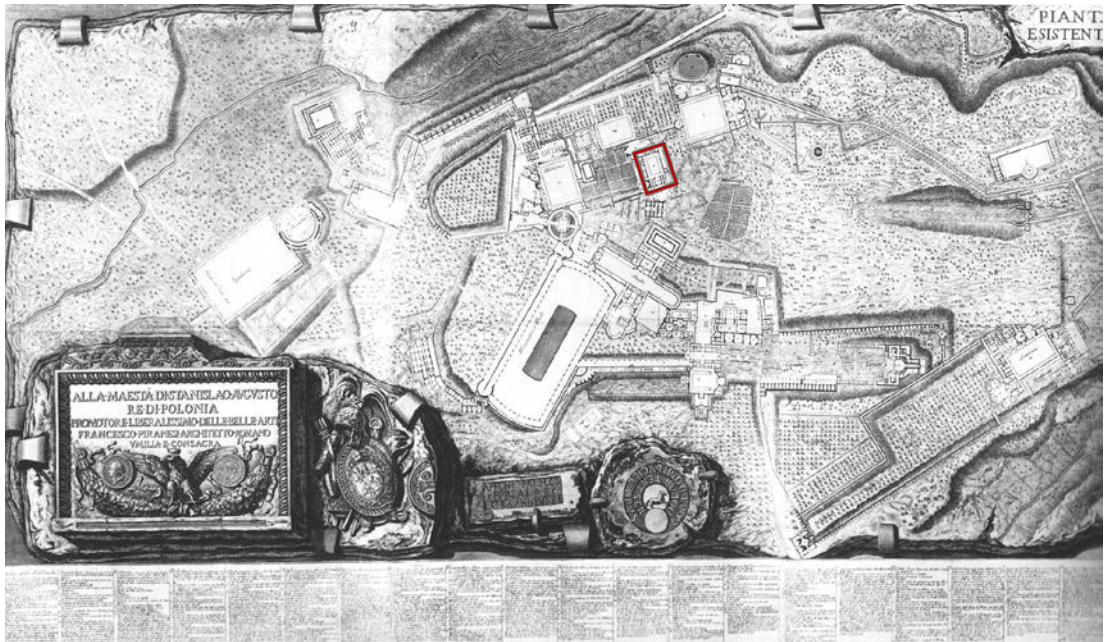
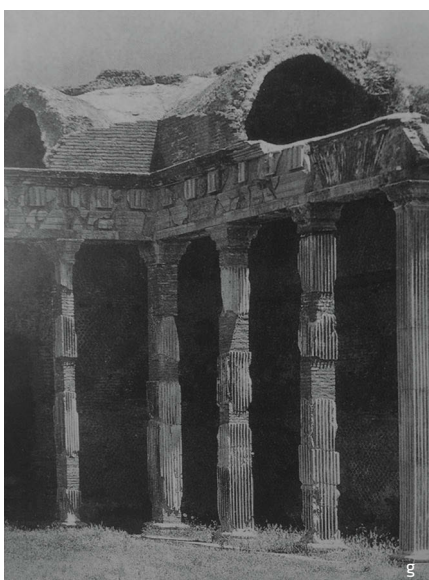
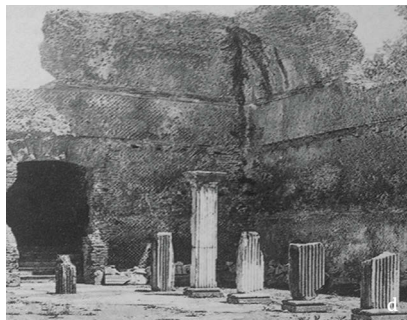
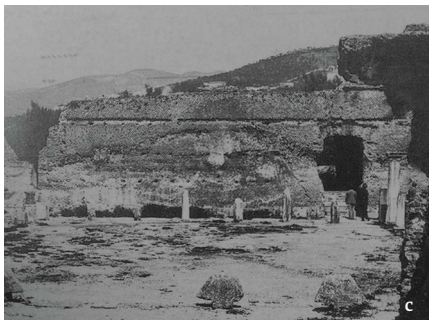
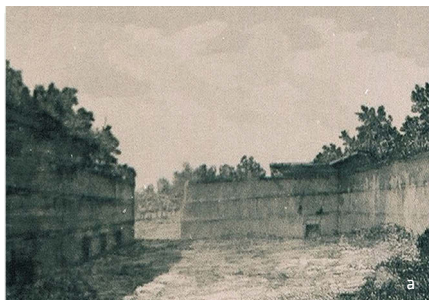


Fig.2
G. B. Piranesi, Pianta Fabbriche esistenti nella Villa Adriana 1781, in rosso Edificio dei Pilastri Dorici

ni virtuali o proposte di interventi di restauro e valorizzazione. Lo sviluppo del progetto prevede anche attività didattiche che si svolgeranno nel quadro di seminari accademici dando la possibilità a studenti, dottorandi e specialisti, provenienti non solo dall'Italia, di partecipare attivamente a tali attività, che saranno guidate da studiosi e professori esperti nel settore della documentazione digitale del patrimonio con la finalità di acquisire ulteriori conoscenze sulle più recenti metodologie di acquisizione dei dati di siti di interesse architettonico ed archeologico. La costruzione di un progetto così concepito permetterebbe di rendere fruibili le informazioni a vari livelli di utenza e a scale diverse, disponibili sia a tecnici esperti ed amministratori che ad un pubblico più ampio con uscite che potrebbero valorizzare percorsi tematici anche a fini turistici. La sistematizzazione delle informazione e la messa in valore dei dati, creando strutture cognitive che siano in grado di elaborare e rappresentare la complessità reale del sito, oltre a costituire la base documentaria fondativa del piano di conservazione, permetterebbero di elaborare sperimentazioni e previsioni di sviluppo congrue con il Management Plan del sito (Bertocci, Parrinello, 2015; Bertocci, Parrinello, Vital, 2014; Guidi, Remondino, Russo, Menna, Rizzi, Ercoli, 2009).

La concezione del rilievo digitale come una banca dati fruibile ed aggiornabile (e non come un elaborato compiuto e finito in un determinato momento storico) costituita da elaborati multi-scala è da anni oggetto di ricerca da parte del Laboratorio Congiunto *LandscapeSurvey and Design* ed è stata applicata, tramite ricerche e convenzioni per la fornitura di servizi, a varie realtà sia siti archeologici che urbane di interesse storico sia italiane



che estere. Fra queste si ricordano i principali progetti condotti quali il Piano del centro storico di Montepulciano (SI), il Piano di ricostruzione post sisma del comune di Acciano (AQ), il rilievo di parti del centro storico di Taranto e del quartiere di Salah al Din Street a Gerusalemme Est, il rilievo di Carsulae (TN), di Masada (Israele), l'analisi del paesaggio dell'Isola di Kizhi, museo nazionale dell'architettura in legno (Russia).

pagina a fronte

Fig.3
Edificio dei Pilastr Dorici
a. disegno storico
b. ipotesi ricostruttiva
c|d|e|f. foto storiche
g|h. stato attuale

L'analisi dell'edificio dei Pilastr Dorici

Il restauro e la valorizzazione delle grandi aree archeologiche quali, Pompei, Ercolano, Agrigento, e villa Adriana a Tivoli, solo per citarne alcune, pongono quesiti di tutela e salvaguardia che spesso mal si accordano con la fruizione dei luoghi da parte di turisti e studiosi. La televisione ci ha ormai abituato a vedere le città con gli occhi degli antichi senza la necessità di aver eseguito studi preliminari adeguati per la comprensione dei luoghi e senza essersi documentati prima. Questo processo di comunicazione del patrimonio culturale archeologico non trova un effettivo riscontro sul campo, infatti spesso le aree archeologiche sono fruite senza un vero percorso e senza avere una adeguata cartellonistica. I processi di ricostruzioni e anastilosi che, nei decenni passati, hanno permesso di comprendere come si presentavano gli antichi edifici prima di divenire ruderi, oggi non sono più ammessi né valutabili e le tecnologie digitali, attraverso l'ausilio della realtà virtuale, potrebbero aiutarci nella comprensione delle città antiche. Molti limiti tecnici di questi "nuovi modi" di comunicare sono stati ormai superati, la proiezione di immagini olografiche o tridimensionali in esterno sono possibili grazie all'utilizzo di proiettori ad alta definizione e pellicole, per le proiezioni, con elevate caratteristiche di riflettanza quindi idonee agli esterni.

Queste tecnologie hanno radicalmente aggiornato il modo in cui i musei si presentano al pubblico e come questi si relazionano allo spazio museale; i musei sono tornati ad essere luoghi di crescita culturale funzionali alla formazione come quando sono stati "inventati". È indispensabile che

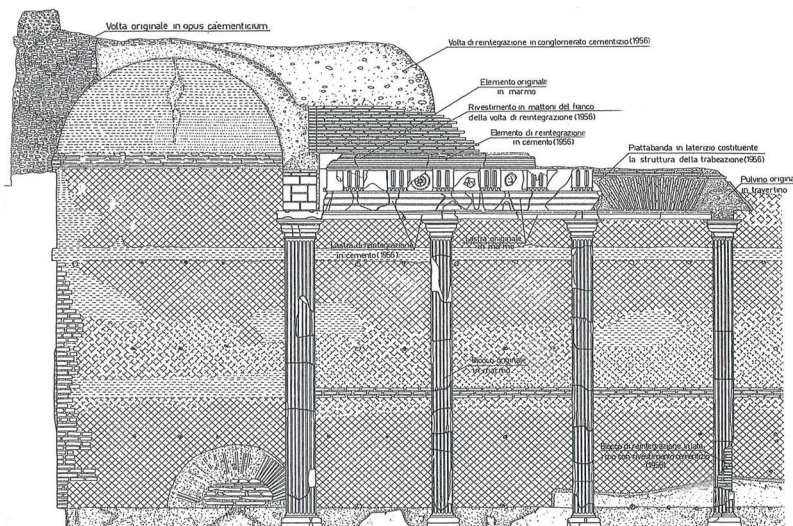
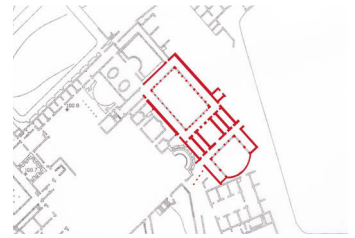


Fig.4
Analisi dell'anastilosi di una porzione dell'edificio. (Gizzi, 1999)

pagina a fronte

Fig. 5
Edificio dei Pilastri
Dorici:
a. planimetria
con riferimenti
fotografici
b|m. fotografie
n. planimetria

² La maggior parte di questi sistemi di consolidamento "alle grandi masse murarie" in Villa Adriana è stata demolita con l'avvento della "filosofia" delle inserzioni occulte di materiali ferrosi od acciaioli. Scrive a tal proposito, Mario Lollo Ghetti: «All'epoca del governo pontificio nel XIX secolo, esaurita la fase della semplice ricerca di materiali pregiati o dello studio antiquariato, l'allora Camerlengato mise in opera degli interventi conservativi, principalmente grandi speroni murari, tesi ad evitare il dissesto statico ed il conseguente tracollo di alcuni principali edifici della Villa. Speroni o riprese murarie che benché dannose per la comprensione dell'organismo architettonico nei suoi valori competitivi, hanno indubbiamente assolto il loro compito e costituiscono, oggi, una preziosa documentazione di un modo di concepire l'intervento di conservazione che noi intendiamo fermamente preservare, a documentazione dell'evoluzione e del progredire della scienza, assolutamente non esatta del restauro» Lollo Ghetti, 1990, pp. 4-5 del dattiloscritto.

aree e parchi archeologici facciano lo stesso percorso di crescita ed ammodernamento in modo da fornire ai visitatori non solo delle "sensazioni" ma anche una formazione dando un valore aggiunto all'esperienza di visita.

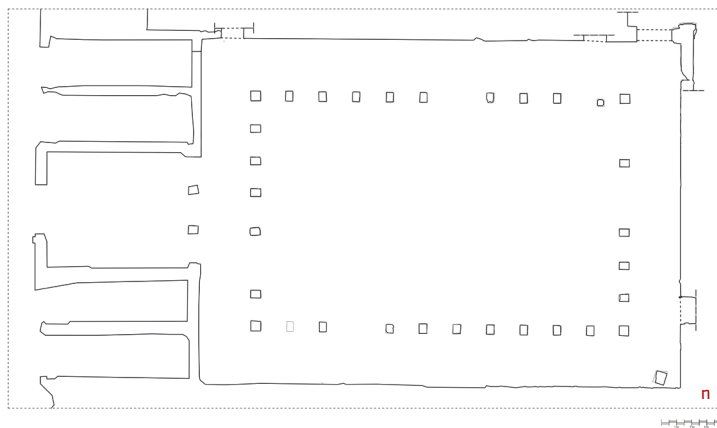
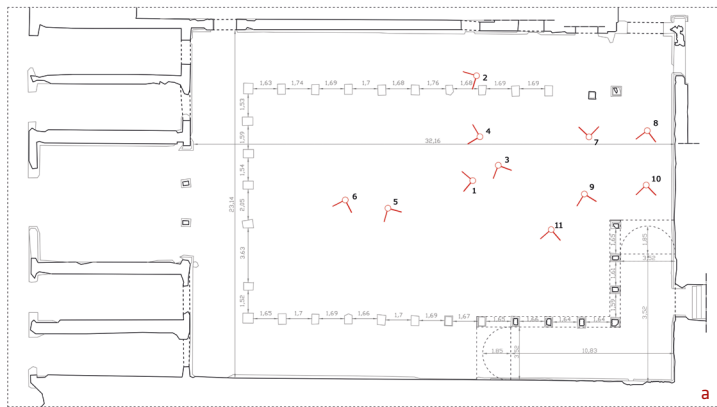
Altro tema importante è quello delle coperture delle aree archeologiche, *l'ara pacis augustae*, la villa del Casale in Sicilia sono state occasioni di dialogo, incontri e scontri che al di là delle semplici valutazioni estetiche hanno permesso di approfondire alcune tematiche di metodo ma anche di prassi per la salvaguardia del patrimonio storico artistico italiano. La scelta di affrontare uno studio che valutasse le problematiche proprie della teoria e della pratica del restauro integrando gli aspetti museali nasce dall'esigenza di intervenire nelle aree archeologiche con progetti multidisciplinari che salvaguardino il patrimonio e ne incentivino la fruizione diventando motori di rinascita culturale ed economica. Il restauro archeologico, come tutte le discipline legate al restauro, prevedono un approccio multidisciplinare che riesca a far dialogare architetti, archeologi e storici dell'arte, rendendo il frutto dei loro lavori chiaro e comprensibile ai visitatori siano essi studiosi o turisti creando dei livelli di lettura per *step* di approfondimento che accontentino tutte le tipologie di fruitori.

Nell'Ottocento villa Adriana fu in parte acquistata dal Regno d'Italia che vi iniziò i primi lavori di restauro; questi interessarono quasi tutti gli edifici componenti la villa. La maggior parte degli interventi ottocenteschi miravano al consolidamento delle strutture murarie con la creazione di contrafforti e/o puntellamenti in laterizi; inoltre nel canopo sono state reintegrate le volte del criptoportico sotto il vestibolo delle terme. Nelle Piccole Terme, tra il 1850 e il 1900, si realizzano catene in ferro disposte a croce e nella zona di risarcitura, in prossimità del capo chiave, si realizza un intonaco che simula, attraverso una "graffiatura", un'opera reticolata originaria. La documentazione relativa ai restauri dell'ottocento ci permette di comprendere lo stato di degrado in cui versavano le strutture della villa.

Nella prima metà del Novecento vari edifici sono stati interessati da interventi di anastilosi, tra questi: il Canopo dove vengono ricostruite le arcate "siriache"; la Piazza d'oro dove si rialzano le colonne integrando le parti mancanti dei fusti con elementi in cemento; similmente accade nell'Edificio con tre esedre e nel Teatro Marittimo dove, inoltre, viene ricostruita una delle volte (Gizzi, 1999, pp. 1-76).

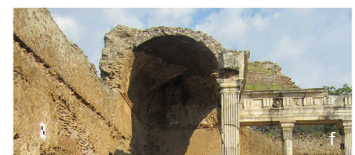
Nella seconda metà del Novecento tutta l'area archeologica è interessata da molteplici interventi di restauro, consolidamento e anastilosi: nella Piazza d'oro si rimontano gli elementi della trabeazione e si ricostruiscono le arcate in laterizi nel lato meridionale; nel Pecile viene ripristinato il fondo della vasca; nelle grandi terme vengono rialzate alcune colonne in marmo di Carrara e tre colonne in cipollino, con relativo riposizionamento di uno dei capitelli ionici e reintegrazione, in cemento, di un altro capitello. In seguito agli interventi di consolidamento vengono eliminati vari speroni di sostegno ottocenteschi².

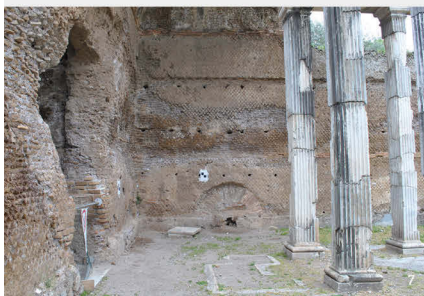
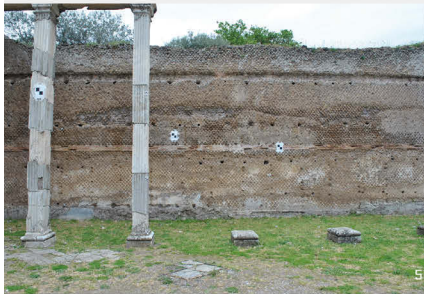
Da un'analisi generale dello stato di conservazione dei restauri antichi si può dire che gli interventi reintegrativi fatti con i laterizi non presentano



problemi, mentre gli inserimenti di elementi in ferro (nelle colonne, nei pilastri) e le catene, stanno causando diversi problemi dovuti all'ossidazione del ferro esposto agli agenti atmosferici. Anche gli elementi ricostruiti con l'ausilio di conglomerato cementizio presentano i primi sintomi di incoerenza, scagliandosi e polverizzandosi.

Nella zona centrale del Palazzo di Adriano si trova la cosiddetta Sala dei pilastri dorici; questa, che probabilmente accoglieva coloro che erano in attesa di essere ammessi alla presenza dell'imperatore, fungeva da recinto per le cerimonie. La sala era seguita da un ambiente, diviso in cinque passaggi da alti muri, che immette in una sala coperta a volta e cinta da colonne la cui parete terminale era conformata a esedra. Non è ancora stato chiarito se il vano sia un cortile, con un peristilio voltato a botte che corre lungo le pareti, o se si tratti di un vasto ambiente coperto. Sostegni delle volta a botte erano i pilastri marmorei scanalati, ancora in parte sul posto, al di sopra di questi correva una trabeazione dorica, da cui l'appellativo con cui la sala è conosciuta, realizzata con piattabanda di mattoni rivestite di marmo. Durante gli scavi della parte centrale del vano è stata rinvenuta una pavimentazione con lastre di bardiglio disposte in diagonale mentre sotto la parte voltata perimetrale sono state ritrovate le tracce di un pavimento in *opus sectile*.





Nel 1956 sotto la direzione dell'architetto Italo Gismondi venne realizzata l'anastilosi dell'angolo est della Sala. Salvatore Aurigemma riferisce che "sono stati ricomposti, ad uno degli angoli del quadriportico, con i molti frammenti già prima superstiti, e con altri recuperati più recentemente mediante scavi nei pressi immediati della sala, sei pilastri, e cioè un pilastro angolare a pianta quadrata, e cinque rettangolari, con la faccia breve rivolta al centro del quadriportico; e sui pulvini sovrapposti a capitelli è stata sostituita la trabeazione, a piattabanda in laterizio, ornate - talune - dagli elementi marmorei decorativi recuperati" (Aurigemma, 1961, pp. 145-147). Per la ricostruzione è stata impiegata un'anima di laterizi rivestiti di intonaco cementizio graffiato, servito a differenziare nettamente le parti aggiunte. Giuseppe Aureli, capomastro che condusse molti interventi all'interno della villa dalla metà degli anni Cinquanta sino alla metà del decennio successivo, riferisce che per la ricostruzione dei pilastri e della volta si utilizzò, come elemento di riferimento architettonico e proporzionale, il piccolo brano di innesto angolare di volte a botte superstite. Dalla fine degli anni cinquanta del Novecento si sono realizzati solo interventi di manutenzione che non hanno interessato le strutture (Aurigemma, 1969).

pagina a fronte

Fig.6

Particolari del complesso, con individuazione dei materiali e delle tecniche costruttive

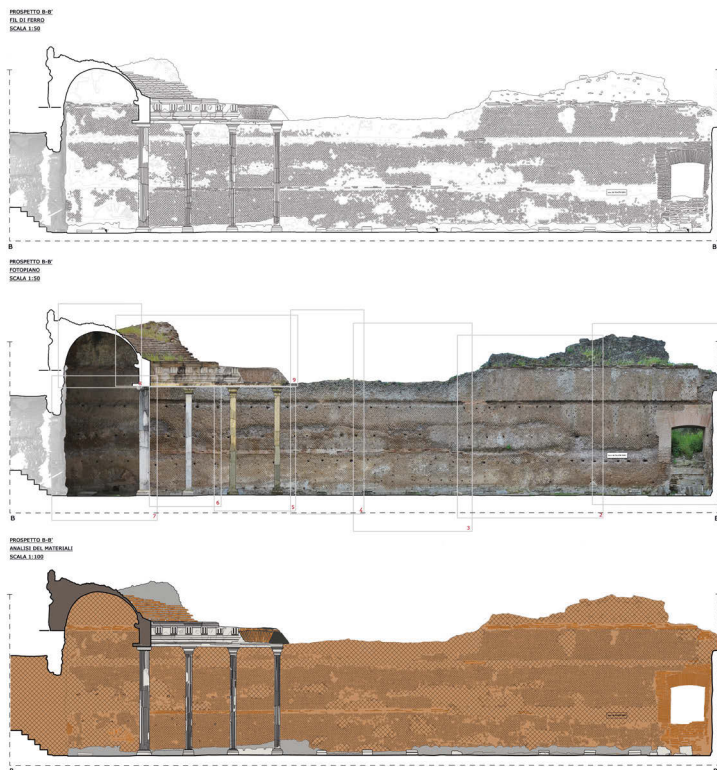
Fig.7

Edificio dei Pilastri Dorici:

- rilievo
- fotopiano
- materico

Il progetto di restauro

Il restauro degli edifici in stato di rudere (Giusberti, 1994; Masetti Bitelli, 1993; Marino, 2009) pone delle problematicità di intervento che non sono presenti nelle altre tipologie di restauro, in quanto spesso si è costretti a intervenire per salvaguardare il manufatto con azioni integrative che ri-



sultano anche ri-compositive dell'immagine del monumento, realizzando di fatto interventi di anastilosi "involontari". Il progetto conservativo delle strutture murarie è stato guidato dalla prassi operativa e con l'idea di tutelare e salvaguardare il manufatto senza prevedere la ricostruzione del sistema di pilastri e/o delle murature perimetrali. La volta, parzialmente riedificata, e i pilastri iniziano a manifestare quelle forme di degrado tipiche delle ricostruzioni della metà del Novecento; i ferri utilizzati per gli interventi si ossidano e di conseguenza aumentando di sezione lesionano le murature aggravando il quadro fessurativo (Giuffrè, 1988; Giuffrè 1991).

A seguito di un attento rilievo laser scanner si è potuto comprendere le geometrie generali dell'edificio e le morfologie dei singoli elementi costruttivi che caratterizzano la sala dei pilastri dorici, ottenendo anche una tridimensionale dello stato dei luoghi al momento del rilievo. Sulla base di questa documentazione si è potuto realizzare la modellazione e la ricostruzione virtuale dei resti della sala e la stampa tridimensionale di alcune porzioni dell'edificio.

L'analisi dei dissesti, lesioni e deformazioni, non ha messo in evidenza particolari forme di dissesto delle murature perimetrali, mentre l'analisi dei degradi, eseguita dopo il rilievo materico realizzato attraverso procedimenti fotogrammetrici calibrati sulla base del rilievo laser scanner, ha evidenziato la necessità di interventi di consolidamento e protezione (Borri, De Maria, Donà, Gangi, 2011, pp. 89-113).

Questi potrebbero venire realizzati attraverso l'eliminazione della vegetazione infestante, la revisione e il rifacimento delle copertine archeologiche con guaina elastomerica e strato di sacrificio realizzato a base di argilla espansa impastata con legante acrilico, tipo Primal, su molte porzioni di muratura (Fiorani, 2014; Giusberti, 1994). Si dovrebbe inoltre prevedere la stuccatura delle parti erose e/o alveolizzate e la integrazione sottosquadro, raccordando le superfici circostanti secondo il profilo esistente e con livello di sottosquadro variabile tra tre e sei millimetri a seconda delle dimensioni delle integrazioni³. Le murature necessitano di iniezioni per la riadesioni dei rigonfiamenti e dei distacchi di porzioni della pietre e di parti laterizio mediante iniezione di malta tipo LedanTb o Leit previa sigillatura dei bordi perimetrali con malta di finitura fino al completo riempimento delle cavità retrostanti. Nel caso di porzioni rilevanti di materiali con rigonfiamenti e distacchi si procederà al distacco della porzione, pulitura delle superfici interne mediante spazzole e aria compressa, incollaggio con malta a base di calce idraulica Lafarge, resina acrilica tipo Primal e polvere di pietra o laterizio nelle porzioni definite a seguito di apposite prove in cantiere. Nel caso di schegge (scagliatura) l'incollaggio di frammenti di medie dimensioni avverrà mediante chiodatura degli stessi con barre in VTR del diametro 6mm utilizzando un idoneo perforatore a rotazione in modo da non sollecitare la struttura⁴.

L'analisi strutturale del sistema voltato e dei piedritti ha messo in evidenza l'inadeguatezza strutturale (Giuffrè, 1988; Giuffrè 1991) della porzione

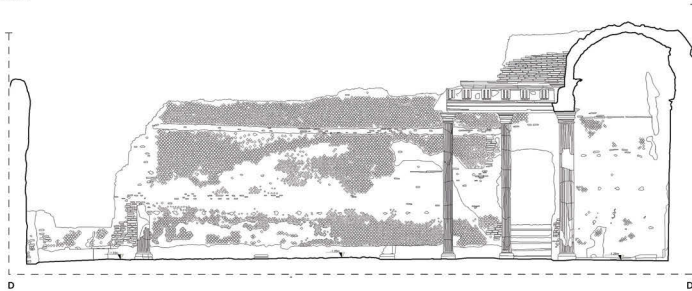
³ Queste integrazioni dovrebbero essere eseguite con malta a base di calce Lafarge, grassello di calce e sabbia gialla, pozzolana e sabbia di fiume secondo proporzioni definite sulla base di preventivi tasselli. Le stuccature dovrebbero essere eseguite a più livelli in corrispondenza di cavità (alveoli) di una certa profondità al fine di evitare l'esecuzione di strati di stuccature con spessore superiore ai 1 cm. Il supporto dovrà essere opportunamente bagnato al fine di evitare eccessivi fenomeni di ritiro delle stuccature. Nel caso di cavità profonde si dovrà inserire una apposita struttura di supporto formata da microbarre in VTR ancorate al supporto lapideo o laterizio mediante resina epossidica bicomponente e posizionate in maniera da garantire il corretto aggrappaggio della stuccatura.

di peristilio ricostruita negli 1956; nella volta, verificata con il metodo Grafico di Mery, la curva delle pressioni è rimasta interna al terzo medio e i valori ottenuti H e S risultano irrisori rispetto alla resistenza a compressione ammissibile della muratura con cui è realizzata la volta. Risultando l'arco privo di carichi permanenti, di esercizio e carichi accidentali, l'analisi dei carichi ha valutato solo il peso proprio, non sapendo se al di sopra si trovavano altri ambienti e/o si poggiavano altre strutture non è stato possibile ipotizzare altri dati per la verifica. I piedritti, il pilastro quadrangolare in angolo e gli altri a sezione rettangolare, sono stati verificati a pressoflessione; per la verificati è stato scelto il pilastro con sezione minore e maggiormente sollecitato⁵.

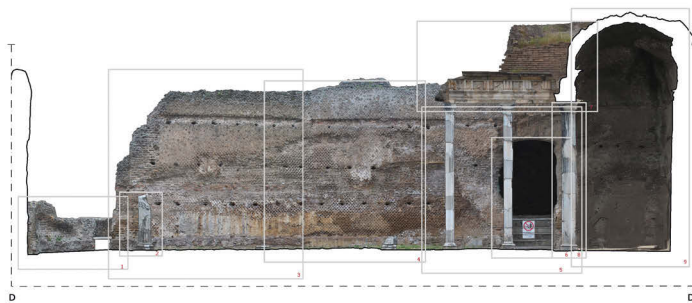
Questi carichi agiscono ciascuno nel proprio baricentro e hanno come risultante P_{totale} che risulta esterna all'area di base del pilastro, ne deriva quindi un'instabilità statica dell'elemento; sarà quindi necessario introdurre una nuova catena che elimina la componente orizzontale⁶. La verifi-

Fig.8
Edificio dei Pilastri Dorici:
- rilievo
- fotopiano
- materico

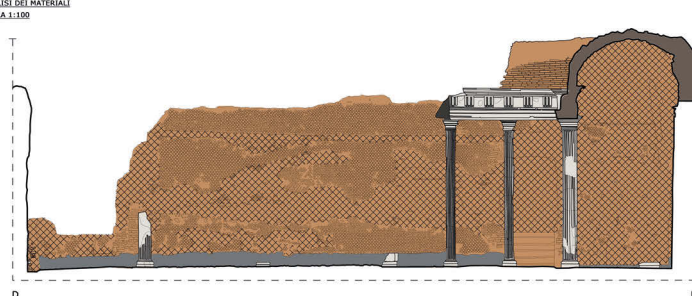
PROSPETTO D-D'
FIL DI FERRO
SCALA 1:150



PROSPETTO D-D'
FIL DI FERRO
SCALA 1:150



PROSPETTO D-D'
ANALISI DEI MATERIALI
SCALA 1:100



⁴ La messa in opera avverrà con prodotti reversibili tipo resine termoplastiche o malte di calce, miscelata a resine acriliche e comunque di composizione tali da garantire una resistenza meccanica adeguata e un ritiro pressoché nullo. L'intervento dovrà mirare a ricostruire le caratteristiche strutturali dei singoli elementi senza alterare il funzionamento originario. Nel caso di elementi di particolare dimensione, nella trabeazione, o aventi il rischio di caduta dovranno essere inserite apposite barre in VTR fissate al supporto con resina epossidica bicomponente tipo Araldite BY158.

⁵ Sono stati valutati i pesi propri che gravano sul piedritto: 1. I pesi sopra la sezione di rene dell'arco: ottenuti tramite la costruzione della funicolare dei carichi nella precedente verifica; 2. I pesi sotto la sezione di rene dell'arco: P1 (porzione di arco), P2 (architrave), P3 (colonna).

Fig.9
Edificio Pilastri
Dorici:
analisi del degrado

pagina a fronte

Fig. 10
Edificio Pilastri
Dorici:
analisi delle
deformazioni

ca dei pilastri ci fa riflettere sulla possibilità, che alcuni autori ammettono, che la sala fosse coperta: se i pilastri sono effettivamente quelli originali risultano sotto dimensionati per sopportare il peso di un ulteriore piano e di un sistema di coperture, facendo propendere per l'ipotesi che l'edificio sia da sempre un grande cortile.

L'inserimento della catena risulta solo parzialmente risolutivo e per una adeguata messa in sicurezza sarebbe opportuno prevedere di inserire dei piedritti in ferro sagomato e puntellati a pressione, questi elementi dovrebbero essere smontabili e ritensionabili nel caso si modificano le condizioni a contorno.

Il progetto di musealizzazione

L'idea di progetto è quella di presentare ai visitatori un percorso di conoscenza e apprendimento, con più livelli di approfondimento storico-scientifico, basato non solo sull'esposizione passiva di reperti o elaborati grafici (Amendolea, 1995; pp. 176-195), ma su dispositivi tecnologici, *touch screen* e proiezioni che permettano ai fruitori di percorrere gli spazi della villa ritornando indietro nel tempo al periodo adrianeo.

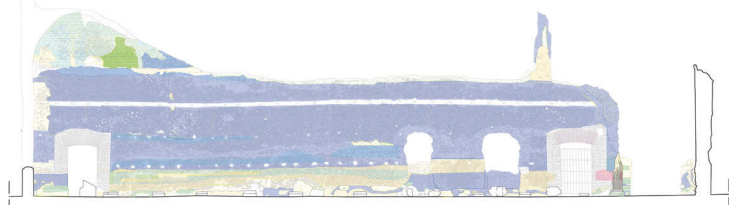
Attualmente sono disponibili una serie di dispositivi ed apprestamenti che potrebbero venire inseriti lungo il percorso archeologico: pannelli totem interattivi *touch screen*, pavimenti interattivi, box per ologrammi e pareti vetrate *touch*, per mantenere alta l'attenzione del visitatore. Tutte le tecnologie interattive e multimediali sopra citate sono state ideate con l'obiettivo di creare spazi educativi e percorsi conoscitivi vivaci che pos-

ANALISI DEL DEGRADO.

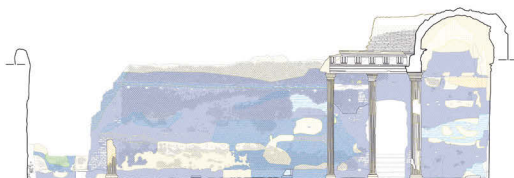
DEGRADAZIONI E ALTERAZIONI	
	PITTING
	PATINA BIOLOGICA
	EROSIONE
	UMIDITÀ DI RISALITA
	FESSILATA
	FRATTURAZIONE
	VEGETAZIONE SPONTANEA
	INCROSTAZIONE
	MACCHIA
	POLVERIZZAZIONE
	ALTERAZIONE CROMATICA
	EFFLORISCENZA
	DISGREGAZIONE



PROSPETTO B-B.
Scala 1:50



PROSPETTO C-C.
Scala 1:50



PROSPETTO A-A.
Scala 1:50



PROSPETTO D-D.
Scala 1:50



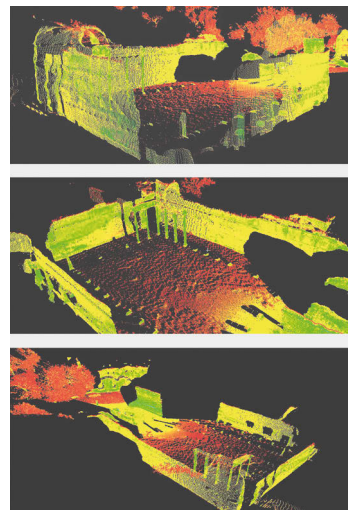
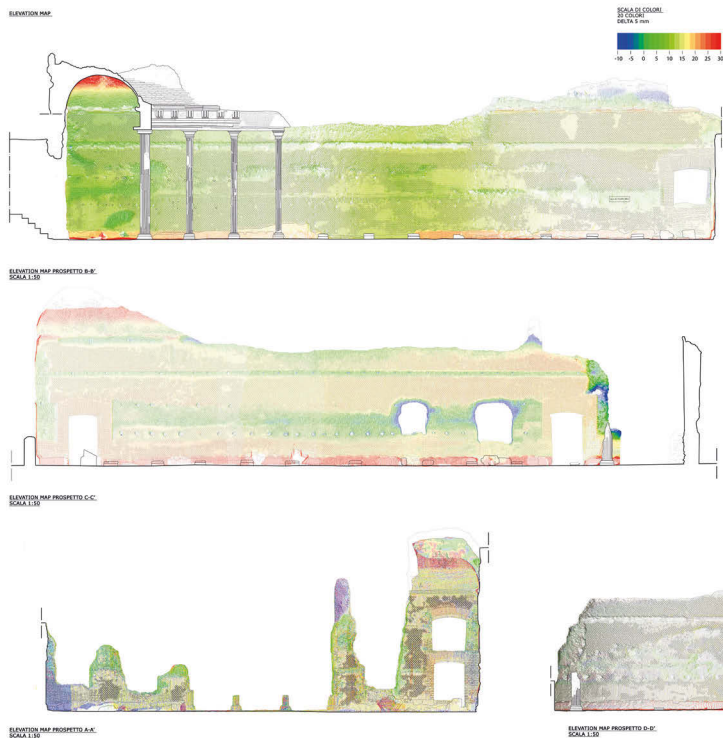
sano tenere alta l'attenzione del visitatore, anche in relazione ai vari livelli di preparazione ed interesse del fruitore di questi servizi. Nello specifico il progetto sperimentale proposto prevede l'installazione di totem interattivi costituiti da una struttura in acciaio inossidabile con giunzioni rifinite in vetro e da un *display touch screen* su cui vengono proiettate informazioni ed immagini significative della Villa⁷. La tecnologia proposta permette, attraverso il riconoscimento delle *gesture*, di manipolare oggetti e immagini, navigare, spostare, ridimensionare, tutto con il semplice movimento delle mani e supporta fino a 32 tocchi simultaneamente.

La tecnologia proposta per il pavimento interattivo è *Interactive Floor/Wall*, una soluzione *hardware & software* che permette di trasformare un normale pavimento o una parete in uno schermo dove sarà possibile proiettare i contenuti informativi e rendere il percorso museale dinamico ed interattivo mantenendo costante l'attenzione del visitatore. Il sistema è formato da un box contenente un proiettore collegato a un mini pc, una camera ad infrarossi ed uno specchio ottico che rilette sul pavimento le immagini proiettate dal proiettore. Il box in questo modo permette di ridurre lo spazio di ingombro del videoproiettore e attraverso una staffa di fissaggio a soffitto aumenta la dimensione dell'immagine. Questo sistema con specchio ottico garantisce facilità nell'installazione ed il buon funzionamento del videoproiettore una eccellente visibilità anche in zone molto luminose; un software che permette di caricare una grande quantità di materiale e ne permette la visione in maniera fluida.

All'interno della villa numerosi sono i reperti archeologici ritrovati nel cor-

⁶ Con l'inserimento della catena la risultante delle forze subirà uno spostamento verso il centro riducendo l'eccentricità; per il posizionamento della catena si traccia la retta passante dal baricentro della colonna e la si fa incrociare con la risultante delle forze Ptot.

⁷ La tecnologia proposta ha certificati IP 65 ed è progettata per l'interattività in esterno e per la video informazione. L'impianto, dal design ricercato, è studiato per ambienti esterni, dotato di vetro anti proiettile che garantisce la longevità dell'apparecchiatura. Il fissaggio a terra rende i modelli da esterno adattabili a varie esigenze logistiche.

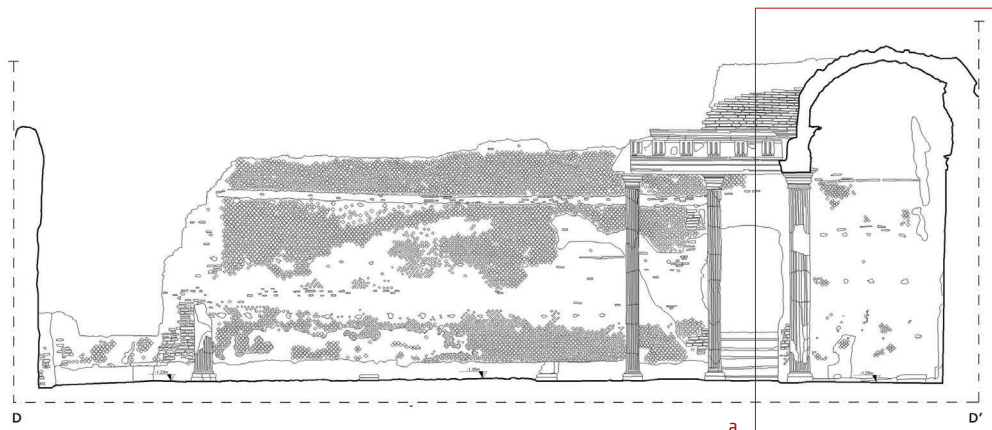


so delle varie campagne di scavo, nel progetto si propone di farli visualizzare ai visitatori fornendo accurate ricostruzioni 3D in maniera olografica. In particolare per il progetto se ne propongono due 3D *Holographic Box* ed HOLOCUBE. 3D *Holographic Box* è un proiettore olografico, che proietta un'animazione 3D su uno schermo trasparente permettendo di vedere il reperto in tutte le sue dimensioni; è utilizzabile anche in zone con alta luminosità. HOLOCUBE è una delle prime soluzioni olografiche disponibili sul mercato internazionale, tecnicamente funziona come il precedente ma dà anche la possibilità di interagire con l'ologramma.

In posizione strategica e funzionale ai percorsi di visita nella villa si potrebbero trovare pannelli di vetro per la fruizione interattiva. La tecnologia scelta per il progetto si chiama *Touch My Brand*: è una proiezione basata sull'uso di uno schermo olografico bianco-opaco rimovibile studiato appositamente per essere applicato su superfici vetrate; riesce a trasformare il pannello in un piano adatto alla proiezione esterna grazie ad algoritmi autoadattanti appositamente sviluppati caratterizzati da un'alta precisione nel rilevamento dei movimenti. Le immagini proiettate sono interattive, reagiscono ai movimenti e ai gesti degli utenti⁸. Il percorso all'ingresso della sala dei pilastri dorici si apre con l'ingresso nel peristilio in corrispondenza dell'angolo ricostruito nel 1956, il visitatore vedrà proiettati (con il sistema *Touch My Brand*) sulle grandi lastre di vetro, ancorate tramite borchie ai piedritti di consolidamento e dotate di pellicola per la proiezione (*HitouchFoil*), la ricostruzione virtuale della sala creerà un effetto scenografico che rimanda alla realtà aumentata. La proiezione narrerà anche del decadimento della villa e di conseguenza della sala fino a mostrare l'attuale stato dei luoghi.

Il fruitore si troverà a camminare su una passerella, staccata 30 cm da terra, che attraverso le proiezioni gli indicherà il percorso e fungerà da guida e scandirà il tempo della visita.

La struttura della passerella è composta da un telaio in acciaio, su cui poggiano lastre in vetro strutturale, di sicurezza e perfettamente pedonabili⁹. Ogni lastra di vetro presenta una lunghezza di 70 cm e di larghezza 80 cm. Le lastre sono sorrette dalla basette in acciaio inox sostenuta da appoggi



regolabili dello stesso materiale; questi elementi come i puntelli sono removibili e perfettamente distinguibili. Sulle lastre pavimentali inoltre sarà proiettato l'antico pavimento, in *opus sectile*, a piccoli rombi di vari colori, dando vita in questo modo ad una riedizione adrianea dei mosaici con *crustae* che era a fondo bianco decorato da *crustae* marmoree colorate di forma irregolare. Lungo il percorso verranno illustrate anche le diverse analisi che sono state fatte per lo studio dei materiali lapidei permettendo l'identificazione del gruppo lapideo di appartenenza, determinandone così anche le peculiarità, importanti per stabilire il metodo d'intervento. L'installazione di un pavimento interattivo all'interno del percorso della sala dei pilastri dorici nasce dall'idea di volere ricostruire il pavimento originale che con gli anni è andato perso. In questo modo i visitatori potranno osservare il pavimento originario al loro passaggio sulla passerella di vetro. All'interno della sala saranno installate due 3D box; nel primo verranno proiettati video riguardanti le tecniche costruttive dell'*opus reticulatum* utilizzata per la costruzione delle pareti della sala; nel secondo un video in cui si racconta come veniva utilizzata la sala in periodo adrianeo. Inoltre sono previsti altri due schermi *touch* uno di dettaglio sui materiali utilizzati per la finitura della sala (intonaci dipinti decorazioni in marmo) e l'altro di approfondimento sul sistema costruttivo delle volte in epoca romana. Il percorso si chiude nel corridoio antecedente la sala ad esedra in cui sono previsti quattro schermi dotati di tecnologia *touch screen* che permettono

Fig.11

Edificio Pilastri Dorici:

a. individuazione area della verifica strutturale

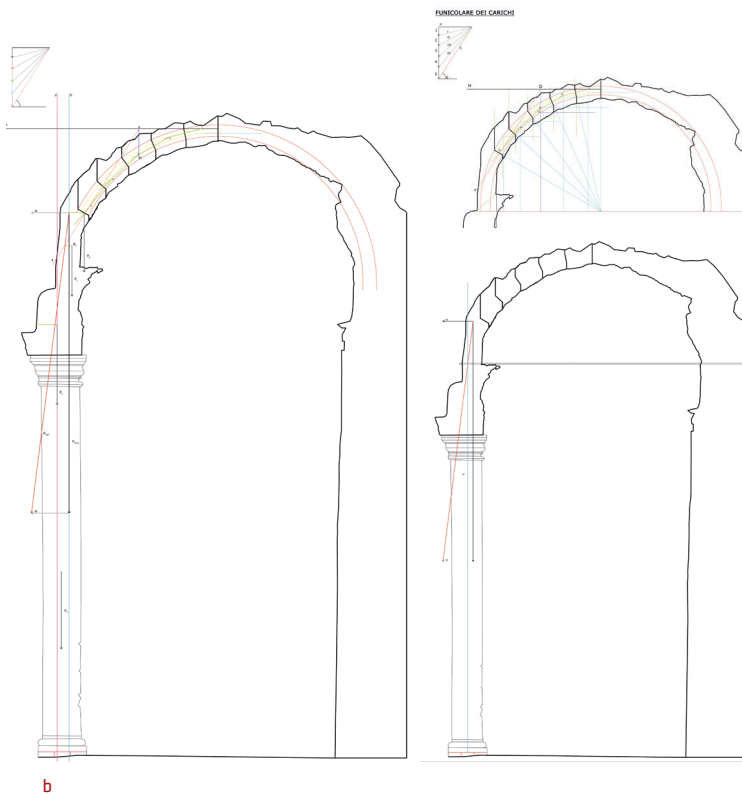
b. verifica dell'arco e della stabilità del piedritto

pagina successiva

Fig.12

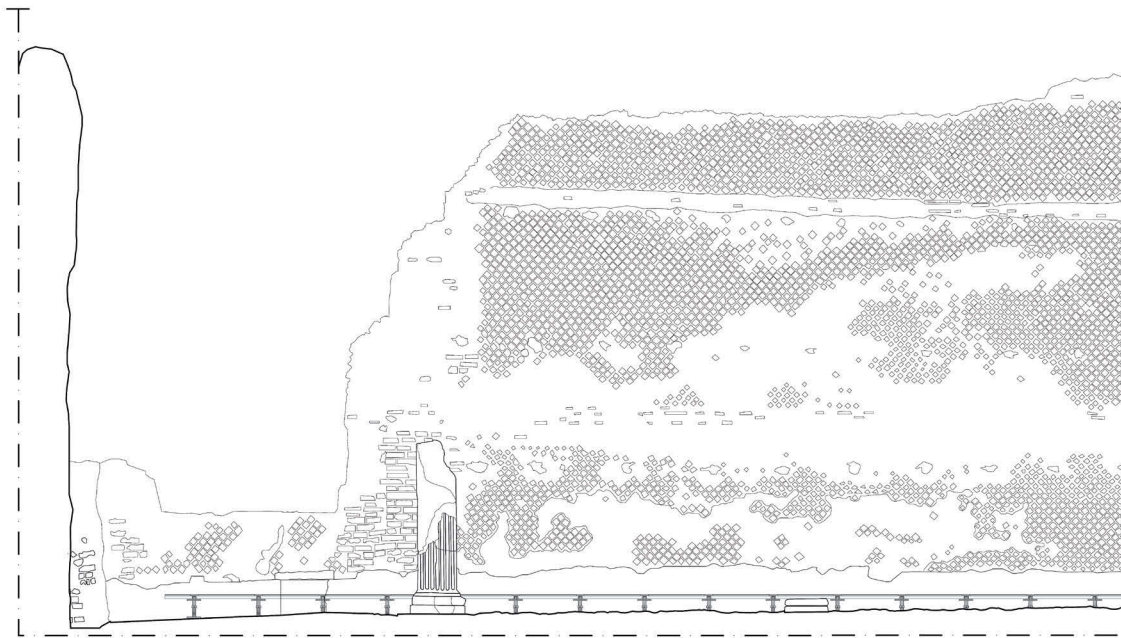
Edificio Pilastri Dorici:

particolari tecnologici del progetto di allestimento



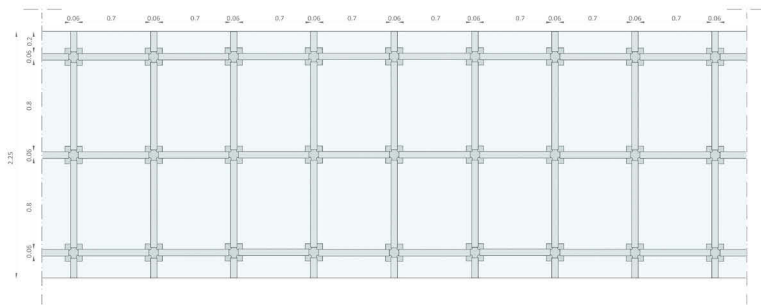
⁸ Touch My Brand è compatibile con diverse tipologie di schermi olografici in questo caso si è scelto il modello HitouchFoil un particolare tipo di schermo olografico per proiezione opaco adesivo, con la possibilità su richiesta di essere anche del tutto rimovibile. Si tratta di un foglio acrilico trasparente leggero e semplice da applicare al vetro. Lo schermo ha un'alta risoluzione, è antiriflesso ed è consigliato per ambienti esterni anche in condizioni di alta luminosità come richiede il nostro caso specifico. È considerato il più resistente sistema touch screen, funziona anche con i guanti.

⁹ Alla stratigrafia portante, ogni lastra di vetro misura spessore 12 mm (tipologia extra-chiara), cui si aggiungono sei millimetri di vetro temperato, una lastra supplementare progettata in modo da poter essere sostituita ogni due anni per risolvere i problemi estetici e funzionali dati dai graffi da usura. Il vetro, infatti, oltre a permettere la visibilità, può garantire una resistenza al carico di 500 kg/mq è quindi pensato per sorreggere vari individui.

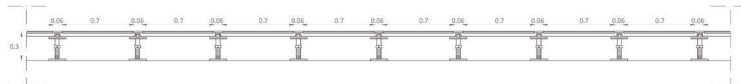


PASSERELLA IN VETRO

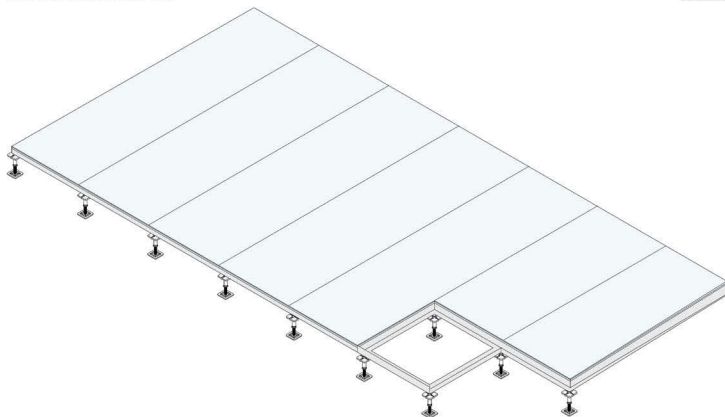
PIANTA PASSERELLA SCALA 1:20



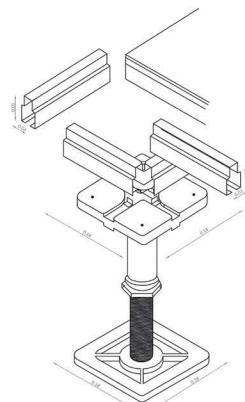
SEZIONE PASSERELLA SCALA 1:20

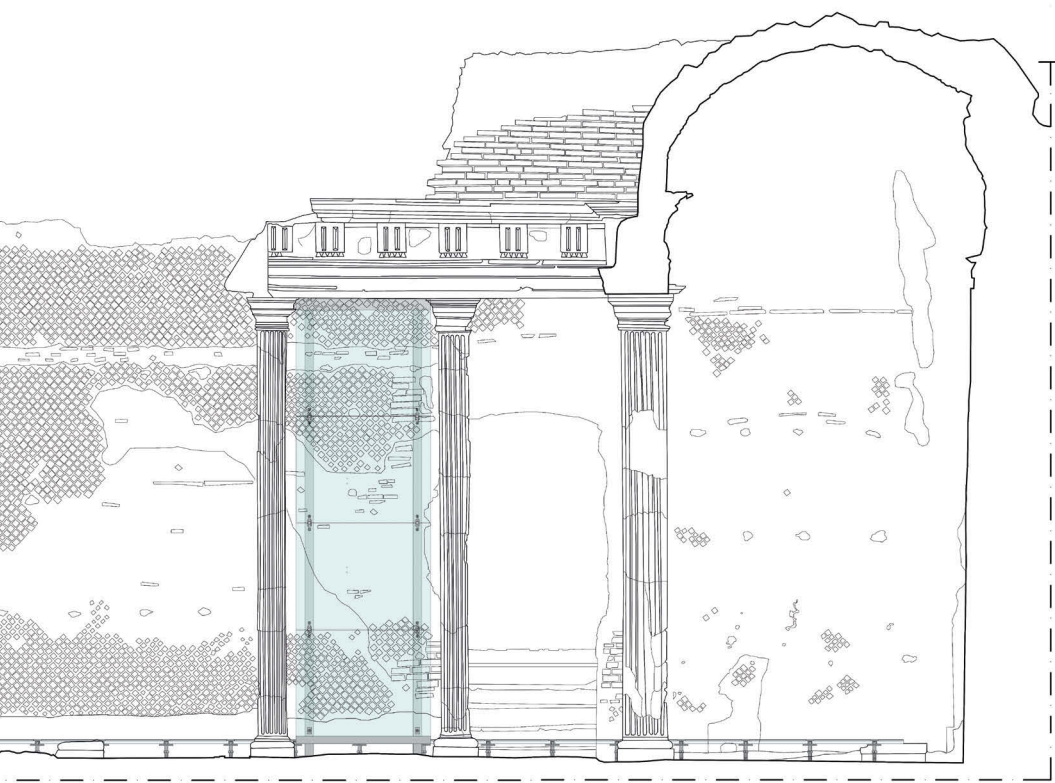


ASSONOMETRIA SCALA 1:20



PARTICOLARE APOGGIO REGOLABILE IN ACCIAIO INOX SCALA 1:5



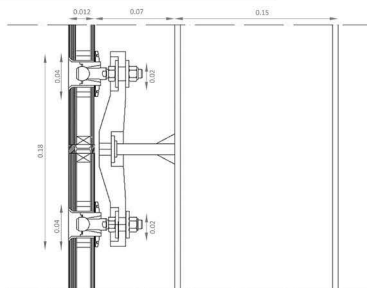
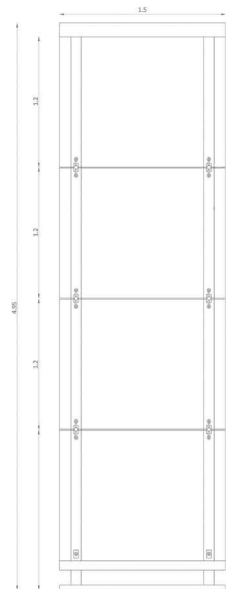


PANNELLO STRUTTURALE

ASSONOMETRIA SCALA 1:20

PROSPETTO PANNELLO STRUTTURALE SCALA 1:20

SEZIONE PARTICOLARE ACCIAIO INOX SCALA 1:2



SEZIONE ATTACCO A TERRA SCALA 1:2

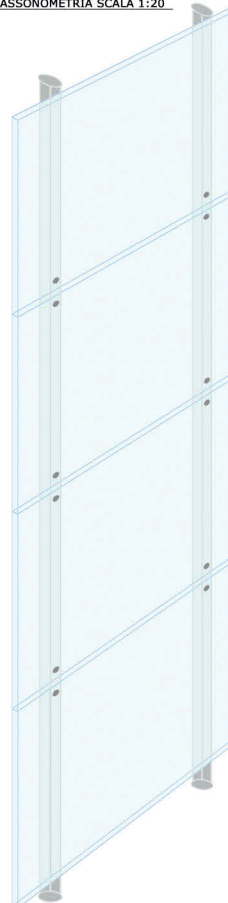
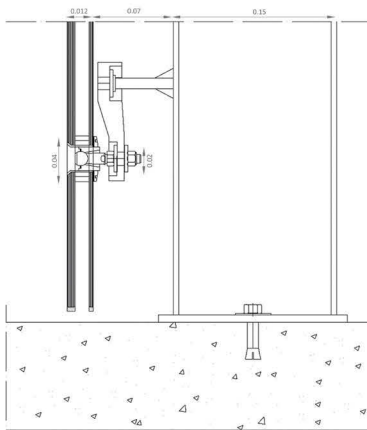
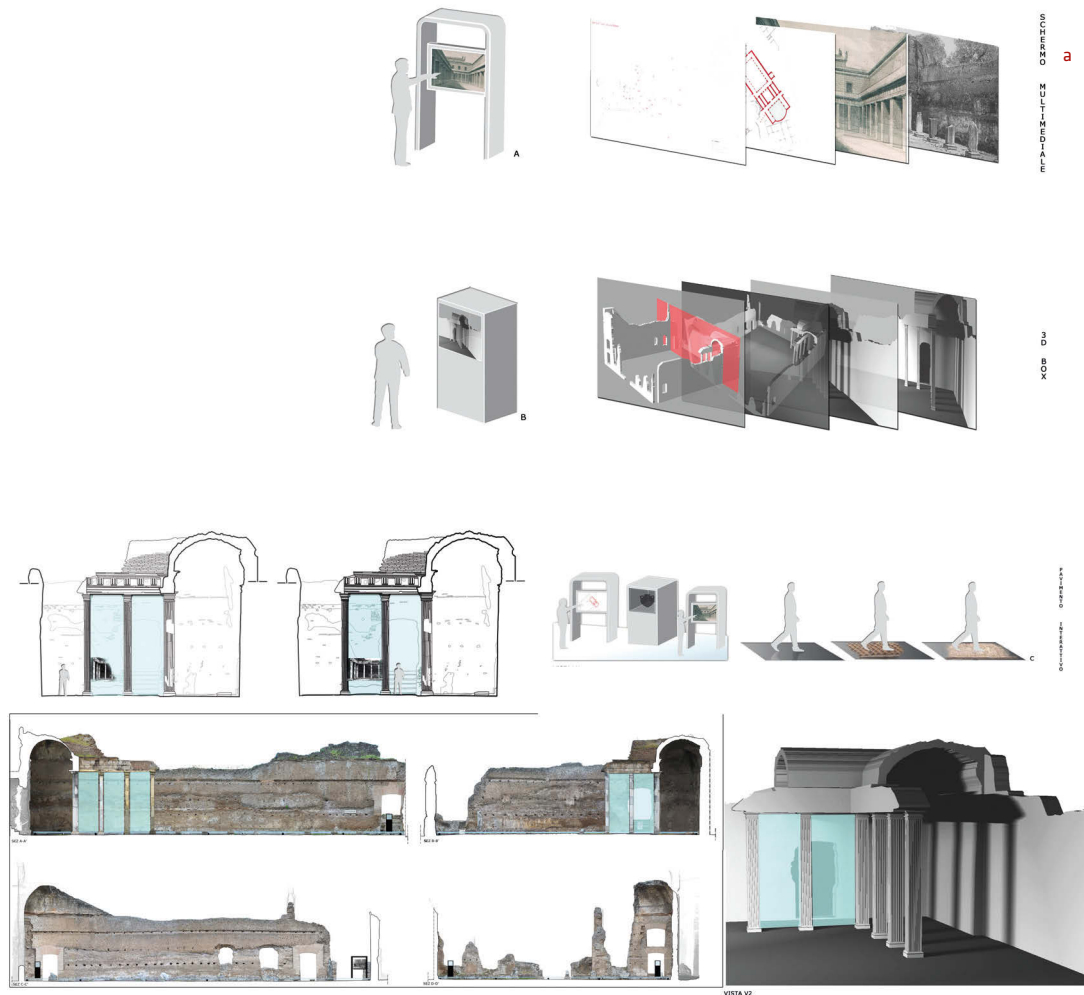


Fig.13
Edificio Pilastr
Dorici
a. progetto
multimediale
b. planimetria di
intervento

al visitatore di comprendere gli usi e i costumi di corte all'epoca di Adriano dando anche indicazioni generali sulla villa;qu potrebbero essere disposte anche due teche in vetro contenenti alcuni dei reperti archeologici ritrovati in situ che aiuteranno i visitatori a comprendere meglio le funzioni che all'interno di queste sale si svolgevano.

Tutti gli elementi funzionali alla fruizione sono pensati per resistere alle intemperie e prevedono l'utilizzo di supporti per le proiezioni che non risentono della luce solare per una corretta visione. Il curten sembra il materiale quello più idoneo alla realizzazione dei box e degli espositori che con il suo colore rugginoso si integra perfettamente con il contesto.



S
C
H
E
R
M
O
a

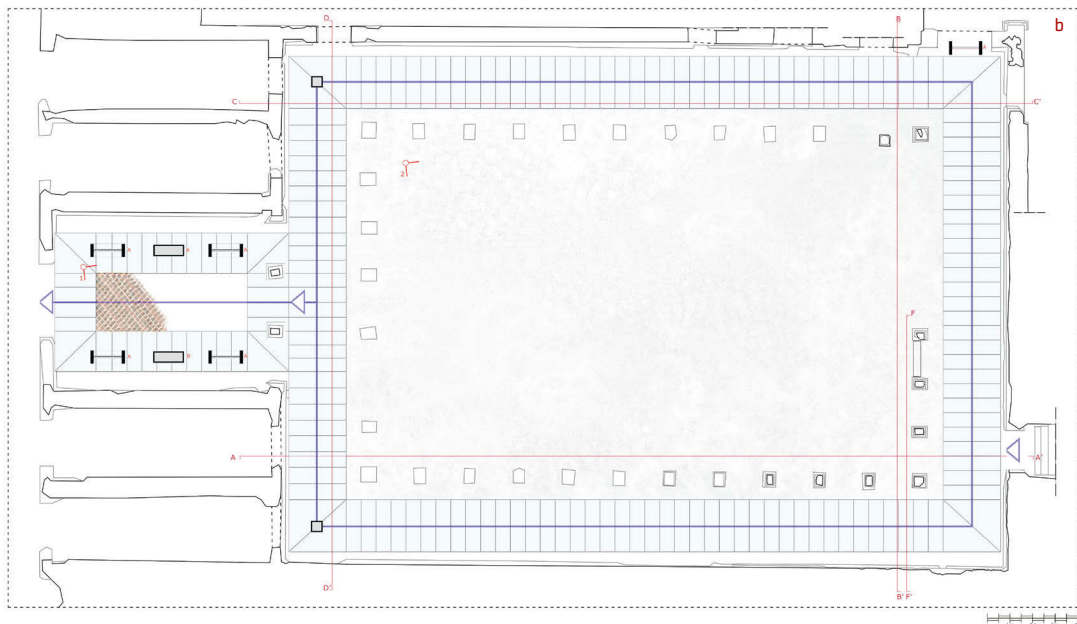
M
U
L
T
I
M
E
D
I
A
P
E

3
D
B
O
X

C

C
O
M
P
O
S
I
T
I
O
N
E

VISTA V2



Bibliografia di riferimento

Adembri B., 2000, *Villa Adriana*, Electa, Milano.

Adembri B., Cinque G. E., 2006, *Villa Adriana: La Pianta del Centenario 1906-2006*, Centro Di, Firenze.

Adembri B., Di Tondo S., Fantini F., 2011, *New advancing of the research on the architecture with concave and convex rhythms at Hadrian's Villa: reconstruction hypothesis on the southern nymphaeum of the Piazza d'Oro*, in CHNT, Vienna.

Adembri B., Di Tondo S., Fantini F., 2010, "Tools for archiving and managing Cultural Heritage: the finds from territory of Tivoli held at Hadrian's Villa, the case study of the friezes from TeatroMarittimo", in CHNT, Vienna.

Adembri B., Bertocci S., Bua S., Di Tondo S., Fantini F., Parrinello S., Picchio F., (2013) *Villa Adriana*, Storia, archeologia, restauro e conservazione, in *Forma Urbis* n°8.

Amendolea B. (a cura di) 1995, *I siti archeologici. Un problema di musealizzazione all'aperto*, Roma, Gruppo Editoriale Internazionale, pp. 176-195.

Aurigemma S. 1961, *Villa Adriana*, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma, pp. 145-147.

Aurigemma S. 1969, *La Villa Adriana presso Tivoli*, ed. Grafiche Chicca, Tivoli.

Bertocci S., Parrinello S., Vital R., 2014, *Masada Notebooks, Report of the Research Project 2014*, Vol 2. Edifir, Firenze.

Bertocci S., Parrinello S., 2015, *Digital Survey and Documentation of the Archaeological and Architectural sites. UNESCO World Heritage list*, Edifir, Firenze.

Borri A., De Maria A., Donà C., Gangi G. 2011, *Comportamento meccanico delle murature storiche*, in *Manuale delle Murature Storiche - Analisi e valutazione del comportamento strutturale*, Donà C., De Maria A. (a cura di), vol. I, D.E.I, Roma, pp. 89-113.

Fiorani D. 2004, *Interventi sulle strutture in elevato*, in *Atlante del Restauro*, Carbonara G. (a cura di), UTET, Torino.

Giuffrè A. 1988, *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro*, Multigrafica, Roma.

Giuffrè A. 1991, *Lettura sulla Meccanica delle Murature Storiche*, Edizioni Kappa, Roma.

Giusberti P. 1994, *Il restauro Archeologico*, F.lli Palombi, Roma.

Gizzi S. 1999, *Per una rilettura della storia dei restauri di Villa Adriana dal 1841 al 1990*, in *Bollettino d'Arte del Ministero per i Beni e le Attività Culturali*, n. 109-110, luglio-dicembre 1999, pp. 1-76.

Guidi G., Remondino F., Russo M., Menna F., Rizzi A., Ercoli S., 2009, *A multi-resolution methodology for the 3D modeling of large and complex archeological areas*, *International Journal of Architectural Computing*, 7, 1, 39-55.

Lolli Ghetti M., *La Villa Hadriana*, relazione tenuta al convegno "Faut-il restaurer les ruines?", Caen 8-10 novembre 1990, pp. 4-5 del dattiloscritto.

Macdonald W. L., Pinto J. A., 1995, trad. it, *Villa Adriana La costruzione e il mito da Adriano a Louis I. Kahn*, Electa, Milano.

Marino L. 2009, *Materiali per un atlante delle patologie presenti nelle aree archeologiche e negli edifici ridotti allo stato di rudere - Material for an atlas of pathologies in archaeological areas and ruined buildings*, Alinea, Firenze.

