

PUBLICA

VL 2024

International Conference on Visualizing Landscape

a cura di

Michele Valentino

Amedeo Ganciu

Alexandra Fusinetti

ISBN 9788899586430

- 624 **Il Paesaggio Ferroviario dell'Alifana.
Tracciati e paesaggi della "Piedimonte" bassa**
Michele Sabatino

PATRIMONIO

- 644 **Rilievo e rappresentazione per studiare, conservare
e conoscere: il caso del Sacro Bosco a Bomarzo**
Rachele Angela Bernardello, Paolo Borin, Cosimo Monteleone
- 656 **Spazi dispositivi di narrazione
immersiva per il paesaggio**
Stefano Botta, Michela Schiaroli
- 670 **Utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici Storici (HGIS)
nell'analisi del paesaggio culturale.
Prospettive per lo studio delle influenze dell'architettura
di paesaggio angloamericana nella Firenze del XIX secolo**
Francesco Cotana
- 688 **Landscape and landmarks in Ria Formosa, Portugal.
Heritage and Memory**
Graziella Del Duca
- 704 **Valorizzare i paesaggi di guerra:
l'Isola d'Elba durante la Seconda Guerra Mondiale**
Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti
- 722 **L'inganno del 'bel disegno' e le suggestioni della desertica
desolazione. Alcune note sulla Campagna romana**
Elena Ippoliti, Flavia Camagni, Noemi Tomasella
- 738 **Reevaluating Historical Road Connections
through Historical Cartography**
Dina Jovanović, Daniela Oreni
- 754 **The Brazilian modernist landscape:
an approach for its analyses and representation**
Luca Rossato, Federica Maietti, Gabriele Giau,
Martina Suppa, Marcello Balzani

Rilievo e rappresentazione per studiare, conservare e conoscere: il caso del Sacro Bosco a Bomarzo

Rachele Angela Bernardello, Paolo Borin, Cosimo Monteleone

Questo saggio elenca alcuni dei risultati raggiunti finora in un progetto intitolato *Digital Bomarzo* che ha lo scopo di creare il primo clone digitale del Sacro Bosco a Bomarzo in provincia di Viterbo. Il lavoro mira alla realizzazione di un modello digitale 3D *open-access* dell'intero sito e dei singoli monumenti, utilizzando le tecnologie digitali più avanzate: laser scanner, georadar, fotogrammetria aerea e terrestre. I dati accumulati attraverso questi metodi hanno permesso fino ad ora di delineare un censo delle caratteristiche topografiche del terreno, delle architetture, delle sculture e del sistema idrico che alimentava le fontane. Tutte queste informazioni stabiliscono una base necessaria per la conoscenza del sito, per la sua conservazione in futuro e per la disseminazione delle informazioni non solo a livello accademico, infatti il Sacro Bosco è oggetto di numerose visite soprattutto d'estate, quando le fronde degli alberi riparano dalla calura turisti e famiglie con bambini.

Bomarzo
Digital Humanities
Rilievo
Sacro Bosco
Management

Il modello 3D del Sacro Bosco

Realizzato tra il 1552 e il 1585 da Pierfrancesco Vicino Orsini, il Sacro Bosco è uno dei paesaggi progettati più insoliti dell'Italia rinascimentale (Bredekamp, 1985). Il sito si compone di ventinove acri distinguendosi per le sue bizzarre strutture architettoniche così come per le colossali sculture di figure mostruose scolpite *in situ* su massi di tufo o su affioramenti rocciosi. Sebbene il Sacro Bosco sia noto sin dalla sua fondazione agli studiosi di arte e di giardini, non è stato ancora raggiunto un consenso generale sul suo scopo o significato. L'insondabile enigma accademico del Sacro Bosco è in parte dovuto all'assenza di documenti storici esistenti sulla sua progettazione e ricezione. Un ostacolo altrettanto significativo, tuttavia, è relativo alla mancanza di un rilievo preciso del sito o di un censimento completo dei suoi monumenti, che permettano un'analisi adeguata del paesaggio, delle architetture e sculture. Per questi motivi nel 2019 abbiamo istituito un gruppo di lavoro internazionale dando vita ad un progetto intitolato *Digital Bomarzo* (fig. 1) [1], che ancora prosegue nel suo impegno con l'obiettivo principale di colmare queste lacune accademiche fornendo dati, misurazioni, modelli virtuali e immagini accurate, che consentano una ricostruzione digitale dell'intero sito. Questa piattaforma 3D *open-source* serve prima di tutto come base per le ricerche storiche, ma può risultare utile anche a fini conservativi. Infatti, avendo utilizzato tecnologie digitali che mescolano il dato proveniente dal laser scanner e quello della fotogrammetria, il modello eidomatico ottenuto ha cristallizzato lo stato di fatto del paesaggio, delle architetture (fig. 2) e delle sculture (fig. 3). La sua funzione può, quindi, essere estesa al monitoraggio dell'intero ambiente o, in caso di smottamenti, danneggiamenti, ammaloramenti e degrado, al ripristino delle condizioni attuali. Il paesaggio è stato interessato da numerosi cambiamenti e alterazioni sin dalla sua creazione nel XVI secolo. Tra queste si segnala la completa perdita della vegetazione originaria per parziale abbandono, mancata manutenzione e successiva conversione del terreno ad uso agricolo, come testimoniano le fotografie di inizio Novecento. Per le sue caratteristiche topografiche il sito è soggetto anche a rilevanti frane (Margottini, 2013). Inoltre, il Sacro Bosco si trova in prossimità di alcune delle zone più vulnerabili dal punto di vista sismico d'Italia, il che significa che i terremoti rappresentano un altro fattore di rischio significativo. Inoltre, la

digital Bomarzo

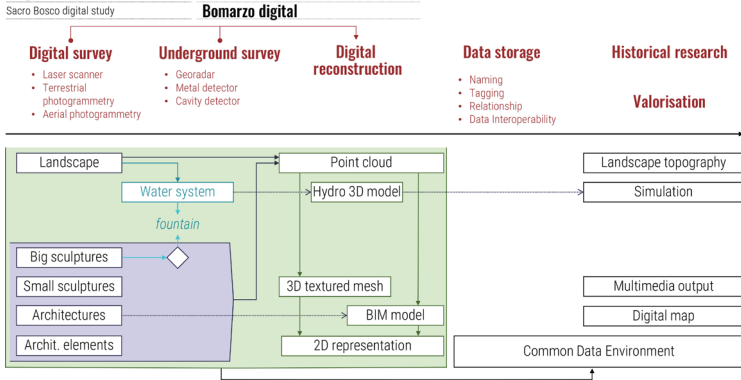


Fig. 1. Organizzazione e flusso del lavoro per il progetto internazionale Digital Bomarzo (immagine degli autori)

topografia irregolare del sito, con tre livelli principali terrazzati, ha reso necessario l'uso di muri di sostegno, molti dei quali rischiano di crollare con le piogge intense. La morbida consistenza del tufo peperino in cui sono scolpiti o costruiti i monumenti del Sacro Bosco è vulnerabile agli agenti atmosferici e allo sgretolamento, tanto che ogni anno si verificano ulteriori perdite superficiali. Il modello 3D del terreno e degli artefatti è stato generato per mezzo di una scansione ad alta risoluzione per creare una registrazione permanente del Sacro Bosco al fine di monitorare le loro condizioni di deterioramento e fornire raccomandazioni per futuri restauri e manutenzioni (Pellegrini 2019).

Non ultimo, il rilievo del sottosuolo, condotto con il georadar e ancora da completare, arricchisce di informazioni preziose il clone 3D. Il focus sulle infrastrutture idrauliche del Sacro Bosco è un aspetto importante del progetto *Digital Bomarzo*. I documenti storici indicano la presenza di estesi acquedotti tra cui numerose fontane. Sebbene l'acqua costituisca un aspetto significativo dell'esperienza estetica e sensoriale del sito, data la situazione in cui il sito versa da secoli, la sua trattazione è in gran parte assente dalla letteratura accademica. Il recente tentativo più coerente di ricostruire il sistema idraulico del bosco rimane in gran parte speculativo a causa della sua dipendenza dai metodi dell'archeologia tradizionale (Wass, 2017). Grazie all'uso del georadar stiamo conducendo un'indagine sotterranea non invasiva del sito, producendo dati accurati e affidabili, che permettono una ricostruzione completa dell'originale sistema di approvvigionamento e distribuzione dell'acqua e del modo in cui l'acqua scorreva in tutto il bosco. Ipotesi e valutazioni



Fig. 2. Esempi di architetture: Torre Pendente, Tempio, Teatro, Ninfeo (immagine degli autori).

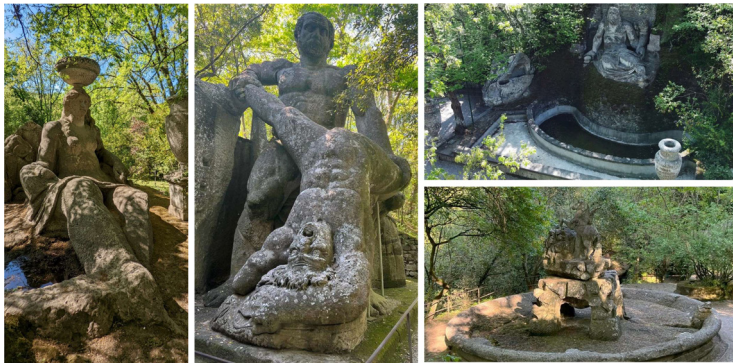


Fig. 3. Esempi di grandi sculture: Cerere, Ercole e Caco, Fontana di Nettuno, Fontana di Pegaso (immagine degli autori).

di fluidodinamica, basate sulle sezioni e sulle inclinazioni delle condutture, permettono di ricostruire almeno in ambiente di Realtà Virtuale e di Realtà Aumentata la portata del sistema idrico e, di conseguenza, il getto delle fontane. Queste simulazioni avranno lo scopo immediato di confermare o confutare le teorie degli esperti di storia dei giardini che partecipano a questo progetto, così come, in futuro, di generare ricostruzioni digitali che offrano ai visitatori una fruizione più completa del Sacro Bosco grazie allo zampillio virtuale dell'acqua nelle fontane e al riposizionamento di sculture o assetti architettonici distaccati e andati perduti [2].

I rilievi in superficie del Sacro Bosco

Il rilievo digitale del Sacro Bosco ha presentato sin dalla sua fase organizzativa caratteristiche differenti rispetto alle più comuni attività di misurazione dello spazio e dell'architettura. La questione più impegnativa era costituita dal superamento del

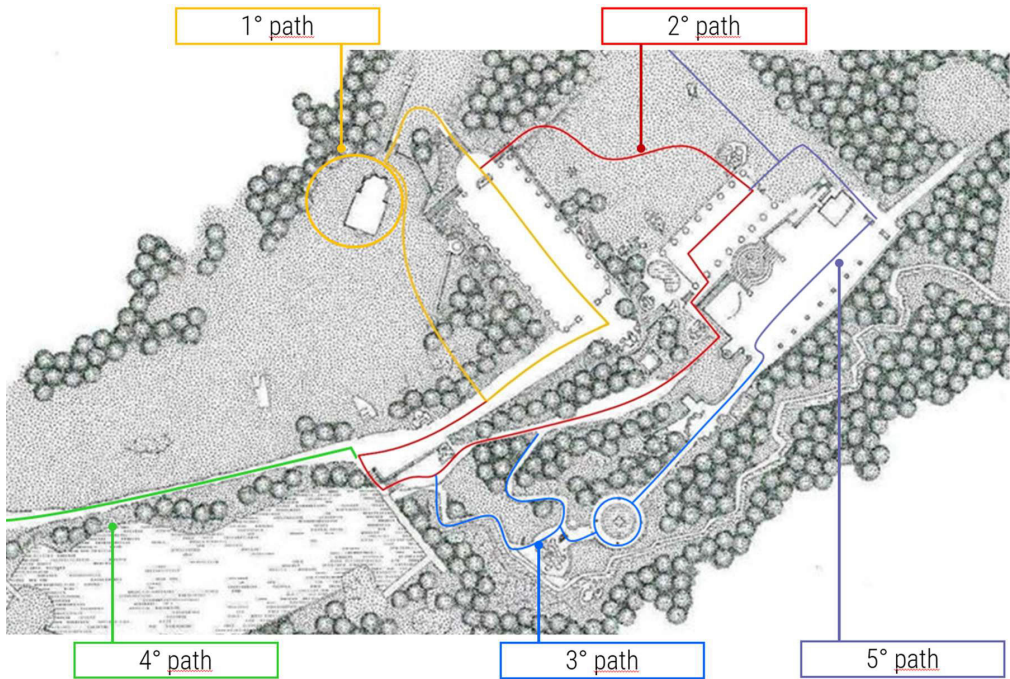
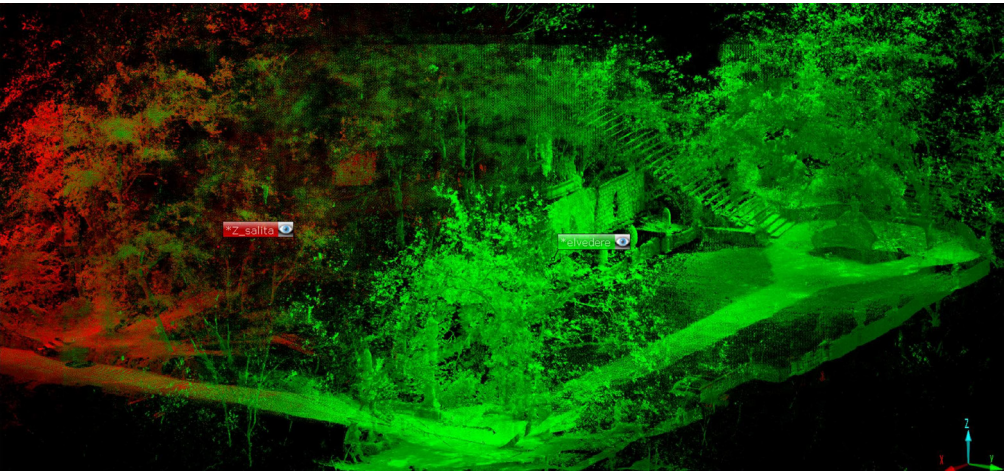


Fig. 4. Suddivisione delle attività di rilievo digitale del Sacro Bosco in cinque percorsi (immagine degli autori).

problema imposto delle differenti scale di misura in cui avremmo dovuto operare. In sostanza, le tecnologie scelte e utilizzate per questo rilievo digitale si sono adeguate alle esigenze specifiche ed eterogenee del Sacro Bosco. Date le dimensioni del luogo, la presenza di architetture e di sculture di dimensioni variabili (Frommel, 2009), abbiamo optato per un rilievo integrato tra scansione laser [3] con opportuna georeferenziazione e fotogrammetria [4]. Il laser scanner è apparso come lo strumento più opportuno per far fronte alle caratteristiche topografiche e architettoniche su larga scala. Al contrario, la fotogrammetria terrestre e aerea si è rivelata più utile per l'indagine dettagliata delle sculture. Trattandosi di un bosco la natura in sé costituiva un altro problema impegnativo da superare per la presenza di molti alberi, vegetazione selvaggia e il terreno accidentato. Quindi, per il rilievo digitale, o almeno per quelli laser e fotogrammetrico, è stato necessario prima di tutto operare di inverno, approfittando della caducità delle foglie, e, in seconda istanza, selezionare macchinari piccoli, leggeri, agevoli e versatili da poter trasportare e adattare a tutte le situazioni. Nonostante questi accorgimenti non è stato possibile verificare la profondità e, di conseguenza,



l'esatta portata dei ruscelli, da una parte per il moto a volte irruento dell'acqua e dall'altra perché le tecnologie impiegate non erano adatte a restituire un dato affidabile: il raggio laser veniva deviato per effetto della rifrazione mentre i riflessi inficiavano i risultati della fotogrammetria.

Il nostro progetto *Digital Bomarzo* ha combinato strategie di ripresa e tecnologie per ottenere una rappresentazione altamente accurata dell'intero sito (Cicalò, Valentino, Sias, 2023) applicati alla scala del giardino storico. Il nostro lavoro si pone quindi come studio pilota, testando la potenziale capacità delle nuove tecnologie di rivelare informazioni finora inaccessibili sui paesaggi progettati del passato.

Dal punto di vista operativo, tutte le aree accessibili ai visitatori sono state rilevate con il laser scanner. A questo scopo, l'intera area del Sacro Bosco è stata suddivisa in 5 percorsi (fig. 4). I punti GPS sono stati registrati dove il segnale GPS era disponibile,

Fig. 5. Postproduzione laser scanner e fotogrammetria. In evidenza la sezione del percorso n. 2 (immagine degli autori)

Fig. 6. Postproduzione laser scanner. In evidenza l'allineamento di due percorsi (immagine degli autori)

poiché alle volte le fronde fitte degli alberi o i costoni scoscesi delle colline impedivano la ricezione del segnale. Inoltre, l'area del Sacro Bosco non accessibile ai visitatori per motivi di sicurezza è stata rilevata, per ora, soltanto con fotogrammetria perché l'impervietà e la scivolosità del terreno d'inverno hanno impedito tanto il posizionamento del laser quanto di operare in sicurezza con la macchina fotografica (Barba et al., 2020). Rientrano in queste aree la diga nei pressi di Ercole e Caco, una delle fonti maggiori di alimentazione delle fontane, e il Bacino che si trova alla destra della Torre Pendente, sede probabile dell'ingresso originario. La fotogrammetria terrestre e aerea è stata adottata soprattutto per le statue piccole, medie e grandi (Morgan, 2016). Il lavoro di postproduzione è stato completato solo per le statue lungo il percorso da noi contrassegnato con il numero 2 (fig. 5), mancano ancora i modelli relativi agli altri 4 percorsi. Invece, per quanto riguarda i dati generati dal laser scanner, abbiamo già compiuto l'allineamento dei cinque percorsi sebbene manchi ancora la georeferenziazione secondo i punti GPS (fig. 6).

Attualmente siamo nel mezzo di una fase di sperimentazione di un problema non trascurabile, data la quantità di dati digitali raccolti, e cioè la visualizzazione in ambiente digitale del modello compiuto.

Il rilievo del sottosuolo e le ricostruzioni digitali del Sacro Bosco

Se in generale il progetto *Digital Bomarzo* fornirà nuove informazioni sul Sacro Bosco, espandendo e approfondendo in modo significativo la ricerca attuale sul sito, oltre a fornire un aiuto vitale alla sua conservazione, svilupperà anche un modello pionieristico per lo studio dei sistemi idrici dei giardini storici (Antuono, 2019). In questo senso vanno intesi i nostri sforzi di testare le nuove tecnologie di rilevamento del sottosuolo per ricavare informazioni finora inaccessibili su questo giardino/paesaggio progettato nel Rinascimento. Questa indagine ci ha permesso di eseguire un'analisi georadar del sottosuolo del Sacro Bosco che ha portato a diverse nuove scoperte. Per la prima volta dalla fine del Cinquecento abbiamo oggi testimonianze concrete di come fosse organizzata l'infrastruttura idrica del Sacro Bosco e di quali monumenti del sito fossero fontane e/o giochi d'acqua.



Fig. 7. Attività con il georadar. In evidenza le aree sondate (immagine degli autori)

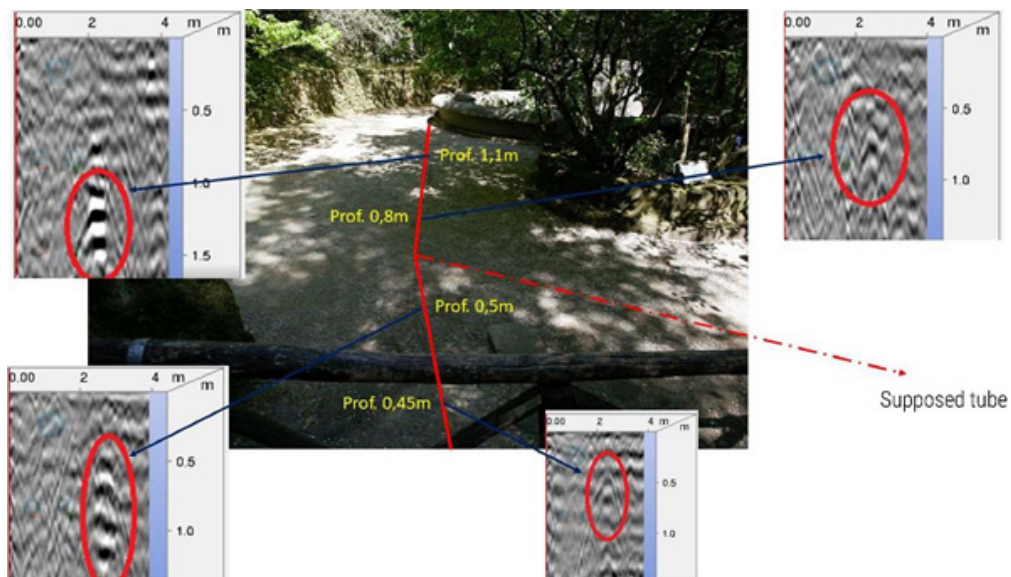
Attualmente le scansioni sono state eseguite presso le seguenti sculture (fig. 7):

- Furia, Leoni, Echidna;
- Vaso Cantaro;
- Piazzale dei Vasi;
- Fontana di Pegaso;
- Tartaruga;
- Ercole e Caco;
- Proteo Glauco;
- Torretta;
- Tre Grazie;
- Fontana dei Delfini.

Data l'ampiezza del sito abbiamo preferito procedere con il vaglio e l'individuazione delle aree più interessanti dal punto di vista idrico, lasciando l'analisi delle lunghe connessioni tra tubature ad una fase successiva. In corrispondenza delle opere indicate nella lista abbiamo delineato un perimetro rettangolare suddiviso idealmente in quadrati di circa 1 metro di lato. Le aree sono state scelte in base alla prossimità delle opere ma anche per l'assenza, rilevabile ad occhio nudo, di radici e rocce affioranti che avrebbero inficiato il risultato ottenuto con il passaggio ripetuto del georadar. In generale la macchina ha restituito informazioni su tubature a sezioni e materiale variabile, da quelle più recenti, sottili e in metallo realizzate nel Novecento, a quelle rinascimentali in tufo o in cotto (fig. 8). L'indagine non invasiva del georadar ha permesso quindi di stabilire la profondità delle tubature e la loro inclinazione. Tutte queste informazioni, provenienti dal sottosuolo, si sono rivelate particolarmente utili perché con l'aiuto degli studiosi di idraulica è possibile stabilire la forza d'uscita del getto delle fontane e dei giochi d'acqua partendo dalla sezione, lunghezza e inclinazione di una tubatura.

Lo scopo di questa indagine è, prima di tutto, fornire informazioni utili agli studiosi di storia dei giardini nel formulare ipotesi sullo scopo delle singole opere e, di conseguenza, del Sacro Bosco in generale. In seconda istanza, in futuro per mezzo della creazione di apposite applicazioni di realtà aumentata da scaricare direttamente su dispositivi portatili come i telefoni cellulari, di immergere i visitatori in una esperienza unica nel suo genere e finora impossibile per secoli: rivivere il Sacro Bosco così come era stato progettato in epoca rinascimentale da Pierfrancesco Vicino Orsini.

Per gli stessi scopi abbiamo rivolto la nostra attenzione anche al cosiddetto Bacino. Questa zona, a nord del sito accessibile del Sacro Bosco, potrebbe verosimilmente essere il lago artificiale a cui fa riferimento Orsini in una delle sue lettere, come fonte primaria di approvvigionamento delle acque del giardino. Si tratta di un'area di cui si parla raramente nella letteratura specializzata su Bomarzo e, in effetti, il lago è generalmente localizzato altrove nel sito. La nostra intenzione è di proporre lo stesso insieme di tecnologie fino ad ora sperimentate per scandire questa parte trascurata del bosco, tanto in superficie quanto nel sottosuolo, in modo da comprendere meglio il carattere originale del Bacino e riportare, almeno virtualmente, tutte



le sue componenti al loro stato cinquecentesco. La scansione del Bacino consentirà inoltre di valutare le ipotesi secondo le quali in quest'area si trovasse l'originario ingresso al Sacro Bosco, come proposto da alcuni studiosi accreditati (Tchikine, 2021). Questo aspetto costituisce un problema importante nell'interpretazione del Sacro Bosco: la mancanza di chiarezza sull'ubicazione originaria del suo ingresso ha fatto sì che non sia possibile ricostruire la corretta fruizione sequenziale delle opere da parte del visitatore.

Conclusioni

Reso popolare da personaggi famosi come l'artista Salvador Dalí che lo definì il "parco dei mostri", oggi il Sacro Bosco è oggetto di un notevole interesse pubblico. Il sito attira migliaia di visitatori ogni anno e ha consolidato la sua presenza nella cultura popolare. Alcuni esempi includono il romanzo *Bomarzo* (1962) di Manuel Mujica-Lainez; l'opera basata sul romanzo di Alberto Ginzastera che ha debuttato a Washington, D.C. nel 1967; l'uso frequente del Sacro Bosco come set cinematografico, dal film horror italiano *Il Castello dei morti vivi* (1964) a *Tree of Life* (2011) di Terence Malik; la sua inclusione nella popolare antologia *Atlas Ob-*

Fig. 8. Rilevamento delle tubature con il georadar. In evidenza la posizione, la sezione e la profondità delle tubature (immagine degli autori)

scura; un episodio della nota serie di documentari televisivi *Monty Dons' Italian Gardens* (BBC, 2011); e, più recentemente, la sua crescente presenza sui social media. Questo ampio interesse pubblico iniziato con la divulgazione del sito da parte di Dalì suggerisce che la nostra ricerca, in particolare il modello digitale 3D online che è uno dei risultati del progetto, attirerà un'attenzione significativa al di fuori del mondo accademico. Ma, sulla base di quanto finora esposto e considerato che si tratta della prima analisi digitale compiuta sul Sacro Bosco, è lecito aspettarsi che *Digital Bomarzo* avrà anche un impatto accademico significativ.

Il Sacro Bosco è uno dei giardini rinascimentali italiani più discussi e dibattuti nella storia del paesaggio e la letteratura ad esso dedicata è diventata molto ampia. Eppure, ribadiamo, non c'è consenso sul significato ultimo di questo importante sito. La vasta gamma di interpretazioni contraddittorie è in gran parte il risultato della mancanza di informazioni fondamentali, che questo progetto si sforza di fornire. Elaboreremo e pubblicheremo il primo rilievo misurato del sito, un accurato censimento delle statue e dei monumenti, e la prima analisi degli acquedotti e delle infrastrutture che un tempo costituivano una delle principali caratteristiche del Sacro Bosco. Ciò fornirà una solida base fattuale per ulteriori ricerche. Il nostro uso della scansione laser, della fotogrammetria e del georadar apre anche la strada a nuove tecniche e metodi nella storia del paesaggio per la sua rappresentazione anche in ambiente virtuale.

Note

[1] Partecipano al progetto *Digital Bomarzo*: Rachele Angela Bernardello, Stefano Zaggia, Marco Marani e Cosimo Monteleone dell'Università degli Studi di Padova; Paolo Borin dell'Università degli Studi di Brescia; John Garton di Clark University (USA); Antole Tchikine di Dumbarton Oaks (Harvard University, USA); Luke Morgan di Monash University (Australia). La famiglia Bettini, proprietari del Sacro Bosco; Minucci Associati Srl.

[2] Il paragrafo intitolato *Il modello 3D del Sacro Bosco* e le *Conclusioni* sono di Cosimo Monteleone; *I rilievi in superficie del Sacro Bosco* è opera di Paolo

Borin; *Il rilievo del sottosuolo e le ricostruzioni digitali del Sacro Bosco* è di Rachele Angela Bernardello.

[3] FARO Focus M 70 3D Precisione dei punti: 2 mm su 10 m | 3.5 mm su 25mt. Precisione angolare: 19 arcsec per angoli verticali e orizzontali. Risoluzione del colore: fino a 165-megapixel. 3ppl. /10 in sito. 448 Scansioni, time ~ 5 minuti, resolution 1.23 c.

[4] Macchina fotografica: NIKON D810. Pixel 36.3 mln; lunghezza focale 24-120mm; numero f: f/4g; FOV: 84°-20°20'. Drone: DJI mini 2; peso: 249 g; lunghezza focale equivalente 24 mm; dimensione sensore 1/2.3"; 12 MegaPixel; FOV: 83°; numero f : f/2.8; 4K camera.

Riferimenti bibliografici

- Antuono, G. (2019). Waterworks and Water Systems in Sant'Agata dei Goti. Towards an Integrated Informative System. *Diségno*, 1(5) (2019), 157-168.
- Barba, S., Barba, Limongiello, M., Parrinello, S., Dell'Amico, A. (2020). *D-SITE, Drones - Systems of Information on culTural hEritage. For a spatial and social investigation*. Pavia: Pavia University Press,
- Bredenkamp, H. (1985), *Vicino Orsini und der heilige Wald von Bomarzo: ein Fürst als Künstler und Anarchist*. Werner.
- Cicalò, E., Valentino, M., Sias, A. (2023). From 3D Modeling to Landscape Mapping—A Workflow for the Visualization and Communication of the Asinara Island Park Plan. *Sustainability*, 15(24) (2023), 16730.
- Frommel, S. (Ed.) (2009). *Bomarzo: il Sacro Bosco*. Ginevra Bentivoglio.
- Margottini, C. (2013). The Monsters Grove of Bomarzo (Central Italy): From Rock Fall to Landscape Architecture. in C. Margottini et al. (Eds.). *Landslide Science and Practice* (pp. 511-519). Springer.
- Morgan, L. (2016). *The Monster in the Garden: The Grotesque and the Gigantic in Renaissance Garden Design*. University of Pennsylvania Press.
- Pellegrini, G. (2019). *De_Sign, Environment Landscape City_2019*. Genova: Edizioni Genova Press.
- Wass, S. (2017). Parco di Monstri, Bomarzo: Some Preliminary Observations on the Use of Water. *Garden History*, 45(1), 3-20.
- Tchikine A. (2021). (Mis)understanding Bomarzo: The Sacro Bosco between History and Myth. *Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes*, 41(2) (2021), 74-79.

Rachele Angela Bernardello¹, Paolo Borin², Cosimo Monteleone¹

¹Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

²Università degli Studi di Brescia

Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica

rachele.bernardello@unipd.it, paolo.borin@unibs.it, monteleone@unipd.it