

IL RESTAURO DELL'IMPIANTO IDRAULICO DELLA GROTTA DEGLI ANIMALI, A CASTELLO

When the floor of the terrace above the grotto was covered with paving stones during the Lorraine era the earthenware conduction network, the sandstone fittings and the lead piping, which probably no longer worked at the time, were concealed once and for all.

As a consequence, a fundamental component of the sixteenth-century hydraulic system was lost. After a first, initial phase in which the various internal decorations were secured and restored, a series of investigations and progressive inspections were initiated to carefully bring to light the whole hydraulic system and its layout above the vaults of the grotto. The aim was then to understand how it originally worked in order to assess whether the water features could be reactivated, as well as to find possible solutions for the roof of the grotto in relation to the current layout of the Appennino level. After a series of cautious tests, the narrow lead pipes threading through the vaults, which were blocked by encrustations, deposits and materials that had hardened in time, were reopened by making perforations from the inside. Instead of replicating the sixteenth-century loop system, another method was adopted to conduct the water to the rainfall nozzles. Every nozzle inside the grotto was given new autonomous and independent tubing connected to new collectors in the side ducts of the grotto to conduct the water. As a result, precise checks can be made of the water pressure and the system is easy to maintain.

L'acqua è il principio vitalizzante del giardino, ne irrorava le piantumazioni e ne alimenta fontane e giochi idraulici, ma al tempo stesso costituisce un fattore di degrado e quasi di irresistibile disgregazione di complessi disegni e fragili meccanismi, proprio per l'edace azione meccanica dell'acqua e per le difficoltà di manutenzione di una ramificata rete di condotti, bottini, tubazioni e fognoli, che qui a Castello erano resi ancor più fragili dall'elevatissimo tenore di calcare dell'acqua, che nel suo scorrere depositava incrostazioni e 'gromme', fino a occludere i condotti più minuti¹.

Gli studi più recenti dedicati alla grotta degli Animali² restituiscono ampi riferimenti alla lunga successione di interventi di manutenzione, di restauro e di reintegrazione, talvolta di modifica, sia degli apparati decorativi che del funzionamento idraulico della grotta. Tuttavia, alcune fasi e alcuni interventi appaiono ancor oggi sfuocati, quale ad esempio la realizzazione del nuovo prospetto lorenesse, tanto che tra gli obiettivi della ricerca in corso ci si propone una più dettagliata ricostruzione delle vicende manutentive della grotta degli Animali, nonché degli interventi di alterazione e manomissione che sono stati compiuti sul testo cinquecentesco, un'analisi che potrebbe consentire di meglio leggere la redazione attuale e il suo rapporto con il disegno originario, come indicano i contributi di Alessandra Griffo e di Marco Mozzo.

Tra le modifiche introdotte verosimilmente nel periodo lorenesse si deve registrare anche la disattivazione del sistema di caduta dell'acqua dall'alto; il complesso e articolato impianto idraulico posto nell'estradosso del sistema voltato della grotta, che ne costituiva una componente assolutamente non secondaria nella definizione dell'immagine complessiva, del significato iconologico e allegorico, e della suggestione prodotta nei visitatori, con una diffusione a pioggia – un 'diluvio' appunto – da oltre cento terminazioni (costituite da diffusori in piombo con cinque fori per la caduta dell'acqua, figg. 1-3) disposte nell'incrostazione lapidea di calcareniti, o 'pietre spugne', appare obliterato, in parte smantellato e non funzionante probabilmente dalla seconda metà del Settecento.

A metà degli anni Novanta del secolo scorso, Giorgio Galletti, nel corso dei lavori da lui avviati al di sopra della grotta, mise in luce una parte dei condotti posti nell'estradosso della volta più interna, corrispondente cioè alla vasca centrale, sinteticamente descritti nel suo contributo dedicato al Tribolo 'maestro delle acque'³. Per mantenere in vista e proteggere lo scavo compiuto, nella prospettiva di proseguire e ampliare le indagini, fu eretta una tettoia, che ha segnato, purtroppo infelicemente, il prospetto della grotta per oltre venti anni⁴ (tav. 26 Atlante), anche a causa della discontinuità dei finanziamenti, nonché delle difficoltà tecniche a definire le

più idonee modalità di intervento e di restauro. Tra il 2010 e il 2011 la caduta di alcune calcareniti all'interno della grotta ha portato alla sua chiusura e alla necessità di avviare nel 2012 la revisione della incrostazione lapidea⁵; è stata verificata la tenuta dei singoli elementi e si è provveduto a consolidarli, mediante inserzione di nuovi ancoraggi con barre filettate e cavetti in acciaio inox, e sono state riprese le parti della decorazione polimerica degradate dall'infiltrazione di acque meteoriche. Il cantiere ha costituito anche il momento iniziale di studio di una più ampia proposta progettuale, con l'obiettivo di completare il rinvenimento dell'impianto idraulico estradosso e al tempo stesso effettuare una serie di indagini sulle caratteristiche strutturali e materiche della grotta⁶.

Dopo una prima, iniziale fase di messa in sicurezza e di revisione della decorazione polimerica interna, si è avviata una serie di indagini e di accertamenti progressivi⁷, per rimettere in luce con cautela la rete dell'impianto idraulico e la sua effettiva distribuzione sopra la grotta e comprenderne il funzionamento originario, in modo da valutare in che modo fosse possibile riattivare i giochi d'acqua e conseguentemente anche le possibili soluzioni per la copertura della grotta, in rapporto con l'attuale impianto del piano dell'*Appennino* (fig. 6). In particolare, si è posto il problema di individuare la corrispondenza tra quanto permaneva ancora nelle volte all'in-



pagina 95

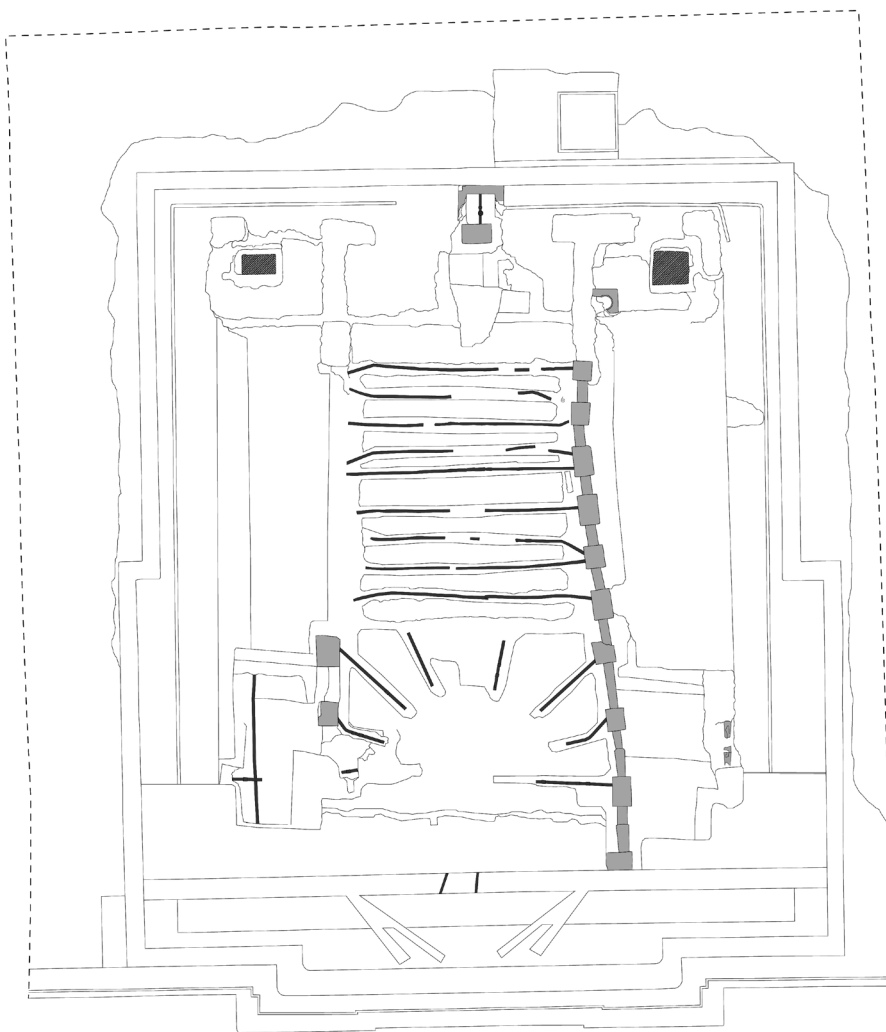
Fig. 1 Firenze, Villa medicea di Castello, Grotta degli Animali. Particolare di un diffusore in piombo, nell'intradosso della grotta (foto L. Fiorini).

Fig. 2 Rilievo dell'impianto idraulico rinvenuto nell'estradosso della volta della grotta degli Animali. In corrispondenza della prima campata è presente una raggera di tubazioni alla quale non corrispondono punti di caduta all'interno (elaborazione di V. Tesi, I. Seghi).

¹ Sulla manutenzione dei giardini storici si veda C. CONFORTI, *Quotidianità d'uso, forme di gestione e manutenzione del giardino storico fiorentino nelle fonti archivistiche*, in *Arte delle Grotte: per la conoscenza e la conservazione delle grotte artificiali*, atti del convegno (Firenze, 17 giugno 1985), a cura di C. Acidini Luchinat, L. Magnani, M.C. Pozzana, Genova 1987, pp. 21-24; 22, con ampi riferimenti al giardino di Castello. Sull'impianto idraulico di Castello si vedano: L. ZANCHERI, *Le "Piante de' condotti" dei giardini di Castello e la Petraia*, "Bollettino degli Ingegneri", XIX, 1971, 2-3, pp. 19-26; C. CONFORTI, *Acque, condotti, fontane e fronde. Le provvisori per la delizia nella villa medicea di Castello*, in *Il teatro delle acque*, a cura di D. Jones, Roma 1992, pp. 76-89; C.A. GARZONIO, M. MORETTI, *Gli impianti storici per l'utilizzo delle acque nei giardini delle ville medicee di Castello e Petraia: analisi, restauro e valorizzazione dell'archeologia degli acquedotti*, "Restauro archeologico", 2, 2014, pp. 32-51. Sugli impianti idraulici delle grotte si vedano, tra gli altri, *Artifici d'acque e giardini. La cultura delle grotte e dei ninfei in Italia e in Europa*, atti del congresso (Firenze, 16-17 settembre 1998, Lucca, 18-19 settembre 1998), a cura di I. Lapi Ballerini, L.M. Medri, Firenze 1999, e in particolare G. GALLETTI, *La genesi della grotta grande di Boboli*, ivi, pp. 228-239. Più in generale, sul tema degli acquedotti rinascimentali: E. FERRETTI, *Il corso del fiume e le opere idrauliche*, in EAD., D. TURRINI, *Navigare in Arno. Acque, uomini e marmi tra Firenze e il mare in Età moderna*, Firenze 2010, pp. 9-21; E. FERRETTI, *Dalle sorgenti alle fontane: Cosimo I e l'acquedotto di Firenze*, in *L'acqua, la pietra, il fuoco. Bartolomeo Ammannati scultore*, catalogo della mostra (Firenze, 11 maggio-18 settembre 2011), a cura di B. Paolozzi Strozzi, D. Zikos, Firenze 2011, pp. 262-275; E. FERRETTI, *Acquedotti e fontane del Rinascimento in Toscana: acqua, architettura e città al tempo di Cosimo I dei Medici*, Firenze 2016; *Il Nettuno architetto delle acque. Bologna: l'acqua per la città tra Medioevo e Rinascimento*, a cura di E. Ferretti, F. Ceccarelli, Bologna 2018. In particolare, per l'immediata e stretta relazione con il giardino di Castello, D. LAMBERINI, M. TAMANTINI, *Le acque del giardino di Boboli*, Livorno 2013, al cui glossario si è fatto riferimento per i termini tecnici nel testo. Per quanto attiene a progetti di restauro di opere idrauliche rinascimentali in giardini, grotte o fontane, in una letteratura di non ampissima estensione, si veda *Fontana: studio, progetto, restauro*, a cura di M. Gaini, Bologna 2017, e in particolare C. BRAGALLI et al., *Il sistema idraulico delle acque*, ivi, pp. 99-122.

² CONFORTI, *Quotidianità d'uso...* cit.; C. CONFORTI, *La grotta "degli animali" o del "diluvio" nel giardino di Villa Medici a Castello*, "Quaderni di Palazzo Te", 4, 1987, 6, pp. 71-80; C. ACIDINI LUCHINAT, G. GALLETTI, *Le ville e i giardini di Castello e Petraia*, Ospedaletto 1992, pp. 67-86 e 108-129; I. LAPI BALLERINI, *Niccolò Tribolo e la grotta degli animali a Castello*, in *Artifici d'acque...* cit., pp. 268-283; G. GALLETTI, *Tribolo maestro delle acque dei giardini*, in *Niccolò detto il Tribolo tra arte, architettura e paesaggio*, atti del convegno (Poggio a Caiano, 10-11 novembre 2000), a cura di E. Pieri, L. Zangheri, Poggio a Caiano 2001, pp. 151-161; A. GIANNOTTI, *Il teatro di natura. Niccolò Tribolo e le origini di un genere. La scultura di animali nella Firenze del Cinquecento*, Firenze 2007, pp. 80-87; G. CAPECCHI, *Ipotesi su Castello. L'iconografia di Niccolò Tribolo e il giardino delle origini (1538-1550)*, Firenze 2017.

³ "Durante i lavori di restauro del 1994 della Grotta degli Animali furono eseguiti saggi all'estradosso della volta che consentirono la rimozione di una copertura in cemento armato, eseguita negli anni settanta, e di una pavimentazione in lastrico di pietre subbiolate [...]. Sottostante a tale pavimentazione esisteva uno spessore di conglomerato di malta di calce inglobante il sistema idrico cinquecentesco. I saggi hanno messo in luce le tubazioni in terracotta del diametro di circa cm. 30 ricordati con giunti in massello di pietra bocciardata. Dall'anello in terracotta si diparte un 'pettine' di tubazioni in piombo



terno della grotta della studiata distribuzione di diffusori da cui scaturiva l'acqua e la ramificazione delle tubazioni rinvenute nell'estradosso, corrispondenza tutt'altro che immediata e scontata, anche per le alterazioni subite nel tempo sia dall'impianto idraulico che dalla decorazione interna. Si è potuto così accertare che anche sopra la volta della campata di ingresso alla grotta sono presenti alcune tubazioni in piombo, disposte lungo la linea di mezzeria di ogni vela, alle quali tuttavia non corrisponde alcun elemento di diffusione nella volta interna, testimonianza della modifica e dell'alterazione della stessa redazione decorativa, probabilmente nella stagione lorenese, che non presenta infatti alcun rapporto con la posizione delle 'canne' in piombo ora individuate nell'estradosso (cfr. fig. 2 e tavv. 20-21 Atlante).

Anche da ciò la necessità di acquisire un rilievo di dettaglio della grotta⁸, esteso pure alla struttura dei suoi cunicoli laterali e alla rilevazione del sistema di raccolta e di deflusso dell'acqua, che attraverso una rete di fognoli posti sotto la pavi-

mentazione in breccia è convogliata in un condotto centrale, che attraversa tutta la grotta e con dimensioni maggiori prosegue interrato verso la fontana dell'*Ercole e Anteo*. È stato così possibile accertare gli effettivi spessori delle strutture murarie della grotta in tutto lo sviluppo del sistema voltato, in modo da impostare e controllare con particolare attenzione le operazioni di taglio e rimozione del getto in calcestruzzo fino all'individuazione di ciò che rimaneva dell'impianto idraulico. Si è potuto così accertare che nella prima campata della grotta, in corrispondenza delle due vasche laterali, l'impianto originario – sia i condotti in cotto che la rete di tubazioni in piombo – risulta molto più frammentario di quanto rinvenuto nel 1994 al di sopra della seconda campata, più interna. Grazie alle operazioni di rilievo compiute e alle modalità di acquisizione si potrà rendere disponibile una rappresentazione tridimensionale dell'intero impianto idraulico, dai condotti di adduzione fino alla rete del sistema di deflusso, in grado di descrivere il funzionamento della macchina idraulica.

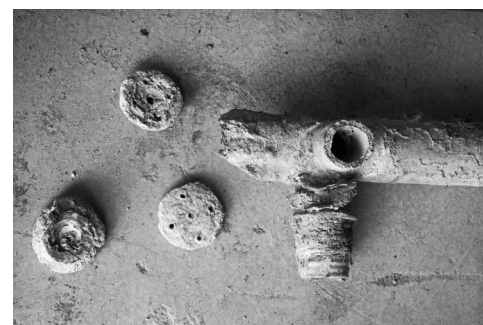
Fig. 3 Firenze, Villa medicea di Castello, Grotta degli Animali. Particolare di una tubazione in piombo; a lato, alcuni diffusori in piombo.

Fig. 4 Firenze, Villa medicea di Castello, Grotta degli Animali. Particolare di una tubazione in piombo nel punto di inserzione nella 'canna' verticale.

Fig. 5 Firenze, Villa medicea di Castello, Grotta degli Animali. Particolare dell'attacco di una tubazione in piombo nel 'dado' di raccordo in pietra; al centro dell'immagine l'innesto della tubazione nella 'canna' verticale.

Appare opportuno notare che le operazioni di scavo hanno mostrato come l'originario impianto idraulico sia stato disposto al di sopra di un primo strato di calcestruzzo, che riveste la struttura muraria della grotta realizzata in laterizi, e successivamente sia stato interamente annegato in un secondo e successivo getto, particolarmente tenace e spesso vari decimetri. Nell'estradosso della grotta l'impianto idraulico risulta composto da due condotti laterali realizzati con elementi troncoconici in laterizio ('doccioni'), che si innestano per contrasto in blocchi prismatici di arenaria ('dadi'), al cui interno è scavato un raccordo a T, in modo da consentire la prosecuzione del condotto laterale e l'alimentazione delle tubazioni in piombo, ortogonali ai 'doccioni', che innervano l'estradosso della grotta (tav. 19 Atlante). Le tubazioni sono formate da elementi di dimensioni contenute, giuntati tra loro a contrasto con un innesto a bicchiere, reso solido con l'interposizione tra le teste dei pezzi in piombo di una 'mestura' costituita da stoppa e legante. Lo stesso tipo di giunzione collega le tubazioni alle 'canne' verticali, che attraversano le volte in laterizi e la cui giacitura (corrispondente alla posizione dei diffusori nell'intradosso della grotta) risulta definita contemporaneamente alla costruzione della struttura muraria (figg. 4-5). L'impianto idraulico presenta una ramificata e complessa strutturazione, degna davvero di un 'maestro delle acque', ma al tempo stesso suscita qualche interrogativo sulla durata nel tempo del suo originario funzionamento, per la costitutiva fragilità del sistema di connessioni, per la quasi insormontabile difficoltà di garantire una pressione idraulica uniforme con un numero così elevato di punti di caduta (ben centoquattro), e per l'elevato contenuto di calcare delle acque di alimentazione, tanto che quasi tutti i diffusori che ancora si conservavano all'interno della grotta all'avvio dei lavori presentavano stratificate incrostazioni di 'gromme', che li occludevano quasi totalmente.

Nel 1764 Giovan Battista Ruggieri stende una *Descrizione dello stato presente della Reale villa e condotti di Castello*, in cui indica che "il piano mattonato sopra detta grotta è in buon grado e similmente i muriccioli attorno attorno"; e prosegue più avanti, dando conto anche delle condizioni della stessa grotta e in particolare dei giochi d'acqua, "li scherzi di detta grotta in parte operano ma non come dovrebbero operare a motivo che nelle canne di piombo vi saranno delle scoppiature quale non si possono sapere in che quantità né dove"⁹. Le 'scoppiature' delle tubazioni verticali e le 'gromme' che occludono i condotti di adduzione inducono probabilmente a escludere la riparazione del sistema idraulico e nel clima lorenese di una 'cultura dell'utile', richiamato in questa pagina da Alessandra Griffo, si è proceduto alla parziale oblitterazione delle tubazioni in piombo (rinvenute in condizioni del tutto frammentarie in corrispondenza della prima campata) e alla sigillatura dell'estradosso con un ulteriore e ben più spesso getto in calcestruzzo, forse già nel 1779 ad opera di Bernardo Fallani¹⁰, oppure nel secondo decennio dell'Ottocento, quando Giuseppe Cacialli compie "consistenti lavori di consolidamento alle pareti e alla copertura della grotta, minacciate dall'umidità"¹¹. Nonostante la proposta operativa del Ruggieri, è a questo arco di tempo che deve riferirsi la modifica del prospetto; alle 'spugne' che disegnavano il naturalistico accesso dell'antro, come raffigurato nella lunetta dell'Utens e nella settecentesca incisione del Werner (tavv. 3 e 5 Atlante), è sovrapposta la classicistica impaginatura di sode colonne tuscaniche, in pietra forte, racchiuse da paraste binate, che si appoggiano fin quasi a nasconderele su preesistenti paraste in arenaria, differenti per grana e livello di consunzione, verosimilmente l'originaria cornice cinquecentesca della facciata (tav. 1 Atlante). Il fornice centrale non appare modificato ma al più regolarizzato e privato, per accidenti occorsi o intenzionalmente,



bo del diametro di circa cm. 4, dalle quali scendono le cadute degli schizzi, annegate nello spessore delle spugne e stalattiti dell'intradosso della volta", in GALLETTI, *Tribolo maestro...* cit., p. 159, n. 37.

⁴ La conclusione dei lavori all'estradosso della grotta ha consentito ora (settembre 2018) il definitivo smontaggio delle strutture provvisorie di copertura.

⁵ Il progetto è stato definito dall'arch. Mauro Linari (Soprintendenza speciale per il patrimonio storico artistico ed etnoantropologico e per il polo museale per la città di Firenze, perizia di spesa n. 31/11 del 16 settembre 2011); a seguito dell'aggiudicazione dei lavori alla ditta P.T. Color, la direzione dei lavori è stata affidata a chi scrive. Mi è gradito ringraziare Cristina Acidini e Mauro Linari per il coinvolgimento in questo cantiere di restauro.

⁶ Prime note sugli interventi di restauro sono in V. TESI, *Il progetto di restauro*, in V. TESI, G. TUCCI, V. BONORA, L. FIORINI, A. CONTI, *Il modello digitale di una "macchina idraulica" del '500: la Grotta degli Animali della villa medicea di Castello*, atti della conferenza internazionale (Firenze, 22-24 maggio 2017), "Ananke", numero speciale GeoRes, 2017, pp. 63-70: 63-65. Si veda anche V. TESI, G. TUCCI, V. BONORA, L. FIORINI, A. CONTI, *Laser scanning and modelling of barely visible features: the survey of the Grotto of the Animals at the Villa of Castello (Florence)*, conference paper (Florence, 22-24 May 2017), "International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science", XLII-5/W1, 2017, pp. 343-349.

⁷ Sono state stipulate convenzioni di ricerca con il Laboratorio di Geomatica (CeCo) dell'Università degli Studi di Firenze, per la realizzazione del rilievo, e con l'Istituto per la conservazione e la valorizzazione dei beni culturali (CNR-IC-VBC), per l'identificazione e la caratterizzazione chimico-fisica dei materiali costitutivi (malte, pietre naturali e artificiali, vetri, intonaci, pigmenti coloranti ed elementi organici) e per l'identificazione dei materiali impiegati negli interventi di restauro succeduti tra Sette e Novecento, al fine di interpretare per quanto possibile la successione delle stratificazioni materiche sia all'interno della grotta che al di sopra del sistema voltato; con tale scopo sono stati effettuati tre microcarotaggi nell'estradosso delle volte (che si sono arrestati alla testa



dei laterizi delle volte), di sezione ridotta, al fine di individuare eventuali discontinuità nei materiali che compongono gli strati di calcestruzzo. Inoltre l'analisi delle condizioni di conservazione dei materiali sarà correlata allo studio delle condizioni ambientali all'interno della grotta, con monitoraggio di temperatura e umidità, anche in funzione della riattivazione dei giochi d'acqua. Sulle convenzioni stipulate e su tali aspetti, si veda il contributo di Hosea Scelza.

⁸ Sul rilievo della grotta si veda il contributo di Grazia Tucci, Lidia Fiorini e Alessandro Conti.

⁹ Archivio di Stato, Firenze (d'ora in avanti ASF), *Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche*, Fabbriche lorenese, 525, fasc. *Castello*, B, c. 3 e c. 5.

¹⁰ Giorgio Galletti riferisce la realizzazione del lastrico in arenaria, da lui rinvenuto nelle operazioni di scavo nell'estradosso, a Bernardo Fallani, cfr. GALLETTI, *Tribolo maestro...* cit., p.159, n. 37. Tuttavia il documento citato, ma non trascritto, si presta anche a possibili differenti interpretazioni: ASF, *Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche*, Fabbriche lorenese, 90, fasc. 111 (carte non numerate): "4 ottobre 1779. Conto di pietre fatte e mandate per braccia 198 1/3 quadre di lastrico subbiato di più misure, murato nel giardino di sopra della Grotta dove hanno ricresciuto il viale, e ritassellato il vecchio", conto firmato da Bernardo Fallani.

¹¹ CONFORTI, *La grotta "degli animali"...* cit., p. 79.

¹² G. VASARI, *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori ed architettori*, a cura di G. Milanesi, Firenze 1878-1885, I, pp. 140-141, *Dell'Architettura, Cap.V, Come di tartari e di colature d'acqua si conducono le fontane rustiche, e come nello stucco si murano le telline e le colature delle pietre cotte.*

¹³ Come già indicato, la Soprintendenza speciale per il patrimonio storico artistico ed etnoantropologico e per il polo museale per la città di Firenze ha avviato nel 2012 un intervento di urgenza (Perizia di spesa n. 31/11 del 16 settembre 2011), a cui è seguita una seconda fase di lavori, avviati ma subito interrotti nel trasferimento di competenze relative alle ville medicee, passate dalla Soprintendenza speciale per il polo museale fiorentino all'attuale Polo Museale della Toscana. I lavori sono stati ripresi nel 2017 e attualmente in corso di conclusione. Per tali motivi gli interventi descritti in questo contributo, progettati e diretti da chi scrive, si sono compiuti con la partecipazione, a vario di titolo, di Cristina Acidini, Alessandra Marino, Stefano Casciu, Corrado Azzollini, Mauro Linari, Alessandra Griffo, Marco Mozzo, Hosea Scelza, Rosella Pascucci, Paolo Galeotti, Chiara Tettamanti, Paola Ruggieri, Vanessa Mazzini. A tutti loro, il mio ringraziamento e il sincero apprezzamento per la collaborazione offerta nella definizione delle scelte progettuali e operative.

del approfondirsi ed estendersi verso il basso delle stalattiti, quasi riducendo e attenuando l'aspetto naturalistico e 'selvatico' che ci è proposto dalla veduta dell'Utens.

Manomesso, parzialmente smantellato, annegato ciò che ne resta in un solidissimo getto di calcestruzzo, disattivato il funzionamento, scompare così alla vista l'impianto idraulico che alimentava la caduta dell'acqua e la 'grotta del diluvio' diviene quindi solo una citazione letteraria, la cui immagine è affidata unicamente alle descrizioni rese tra Cinque e Seicento, senza che la pioggia all'interno della grotta animi e dia vita alla descrizione vasariana, in cui l'acqua "colando fa dolcezza nell'udire e bellezza nel vedere"¹².

Quando nel 2012 si è assunta la conduzione del restauro della grotta degli Animali è apparso pertanto irrinunciabile l'obiettivo di completare il rinvenimento dell'impianto idraulico estradosso e soprattutto di verificare l'eventuale possibilità di riattivarlo. Nonostante un'operatività interrotta dalla discontinuità dei finanziamenti e soprattutto dal passaggio di competenze delle ville medicee dalla Soprintendenza speciale per il polo museale fiorentino all'attuale Polo Museale della Toscana¹³, la definizione degli interventi è stata impostata sul rilievo di dettaglio della grotta, come si è già detto, che ha consentito di verificare e controllare la progressiva ablazione del getto in calcestruzzo che copriva e inglobava ciò che restava dell'impianto idraulico. Una volta ri-

messo in luce ciò che restava della rete di tubazioni nell'estradosso, si è poi proceduto alla riapertura delle 'canne' in piombo che attraversano lo spessore delle volte, occluse da concrezioni, depositi e materiali cementati nel tempo, mediante perforazioni effettuate dall'interno della grotta, dopo una serie di prove. Le condizioni di esteso degrado delle originarie tubazioni in piombo e del sistema di condotti in cotto, composti di elementi troncoconici incastrati l'uno di seguito all'altro e conservati solo per tratti discontinui, non ne consentivano la riattivazione. Si sono pertanto smontate e rimosse tutte le tubazioni in piombo, anche per verificare l'esatta posizione dei punti di caduta verticale e per procedere alla riapertura delle 'canne' mediante perforazioni. Anziché replicare il sistema cinquecentesco ad anello continuo, si è preferito adottare un differente schema di adduzione ai punti di caduta, con una nuova tubazione autonoma e indipendente per ogni diffusore all'interno della grotta, collegata a nuovi collettori di invio dell'acqua, posti nei condotti laterali della grotta, in modo da consentire il controllo puntuale della pressione dell'acqua e un'agevole manutenzione del sistema (fig. 7).

L'impianto originario della grotta degli Animali funzionava per semplice caduta dell'acqua proveniente dalla vasca dell'*Appennino*; il progetto di riattivazione prevede ora un sistema di trattamento, con cisterne di accumulo, camera di

Fig. 6 Rilievo dell'estradosso della grotta degli Animali a conclusione delle operazioni di parziale rimozione del getto in calcestruzzo: screen shot della nuvola di punti (rilievo GECCO, settembre 2015).

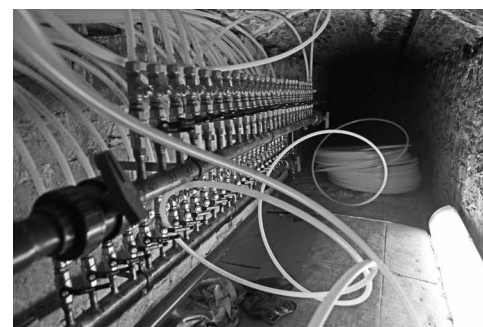
Fig. 7 Firenze, Villa medicea di Castello, Grotta degli Animali. Particolare del collettore del nuovo impianto idraulico di distribuzione, posto nella camera superiore dei cunicoli laterali, sul lato destro.

Fig. 8 Firenze, Villa medicea di Castello, Grotta degli Animali. Particolare di un nuovo diffusore in ottone, inserito in corrispondenza dell'originaria tubazione verticale in piombo.

manovra e impianti di trattamento. Le tubazioni verticali in piombo, occluse da detriti e concrezioni calcaree, sono state ripercorse e aperte dall'interno, impiegando normali perforatori a rotazione e a bassa velocità, senza vibrazioni di particolare entità e verificando l'assenza di danni agli apparati polimerici. In tal modo sono state riaperte, o rinvenute dove assenti in estradosso, tutte le calate verticali individuate all'interno della grotta. Tutto l'estradosso è stato rivestito con 'tessuto non tessuto' in fibra poliestere (400gr/mq), proteggendo le parti dell'impianto originario di distribuzione, e successivamente è stato steso un getto di preparazione, realizzato con calcestruzzo alleggerito a base di polisbeton (densità in opera 1.200 kg/mc), per la predisposizione di un piano regolare per la distribuzione delle nuove canalizzazioni, in tubo forassite in polietilene corrugato a doppia parete, con parete interna liscia (diametro 40 mm). Le canalizzazioni sono state abboccate alle calate verticali originali o a quelle individuate dall'interno della grotta. Nelle nuove canalizzazioni sono state disposte tubazioni in rilsan (diametro 14 mm); la soluzione rende il tubo facilmente sfilabile all'occorrenza e i diametri indicati sono capaci di una portata d'acqua adeguata agli esiti che si vorranno ottenere, come verificato mediante prove dirette. All'interno della grotta si conservavano solo in parte le originali terminazioni delle 'canne' (costituite da diffusori in piombo di diametro maggiore rispetto alle tubazioni verticali e con cinque fori per la caduta dell'acqua dalle volte della grotta), oblitrate nel passato anche per il recupero del piombo a scopi bellici. A seguito di prove effettuate, si è replicata la forma degli elementi originali e il numero di ugelli presenti, dimensionati in modo da determinare una caduta diffusa, a pioggia appunto, dell'acqua, con la realizzazione di nuove terminazioni in ottone realizzate al tornio (fig. 8). Il getto d'acqua, o meglio il gocciolamento, potrà così essere regolato

dalle camere di manovra mediante appositi micro-rubini e con un sistema di regolazione della pressione. Le nuove canalizzazioni sono state ordinate e raccolte in rastrelliere, per evitare sovrapposizioni e pressioni sulle singole tubazioni, e condotte alle camere di manovra, poste nella parte superiore dei cunicoli laterali. La struttura del nuovo impianto idraulico è stata definita con lo scopo di garantire nel tempo la sua manutenzione, con la possibilità di poter infilare e sfilare le singole tubazioni di adduzione, consentendo facilmente eventuali riparazioni ed eliminando così possibili rischi di perdite all'interno della struttura muraria di copertura della grotta. Infine, tutto l'impianto è stato inglobato in un getto di calcestruzzo (classe 325) armato con rete di ripartizione, con andamento a padiglione in modo da convogliare le acque meteoriche nelle preesistenti canalette laterali, sul quale è stata stesa un'impermeabilizzazione a tre strati¹⁴.

La disponibilità di una modellazione tridimensionale della grotta consentirà anche di procedere alla reintegrazione, almeno sul piano virtuale, dell'immagine originaria della grotta e della sua ricchezza figurativa. Nel 1992 Cristina Acidini, dando conto delle rimozioni della bronzea *ménagerie* che raffigurava il regno dell'aria, che nel tempo aveva introdotto "un vuoto particolarmente improprio e spiacevole", proponeva convintamente che "nel quadro di un generale intervento di consolidamento e restauro dell'ambiente, sia inserita l'esecuzione di copie fedeli di tutti gli uccelli, da installare nel soffitto per ricostruire l'integrità iconografica e figurativa originaria"¹⁵. La fascinosa suggestione di questo invito, seppure metodologicamente complessa, è ora declinabile nella dimensione della realtà virtuale.



¹⁴ L'impermeabilizzazione è stata realizzata mediante un primo strato costituito da mano di primer e vernice bituminosa al solvente, su cui è stata stesa una prima membrana (in bitume polimerico) plastomerica, con spessore di mm 4, compound in bitume distillato residuo vuoto modificato con polimeri di sintesi ad elevato peso molecolare, armatura in tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo spunbond rinforzato e stabilizzato con filamenti continui in velo vetro, flessibilità a freddo -15°C; e successiva stesura di una seconda membrana in bitume polimerico plastomerica, dello spessore di mm 4, armata internamente in tessuto non tessuto di poliestere e additivata con sostanze chimiche antiradice, flessibilità a freddo -15°C.

¹⁵ ACIDINI LUCHINAT, GALLETTI, *Le ville e i giardini...* cit., p. 120.