

EX FABRICA ET RATIOCINATIONE:
TÉCNICAS, TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN
EN LA ARQUITECTURA ANTIGUA

Volumen II

ADALBERTO OTTATI y MARIA SERENA VINCI
(Coordinadores)

RO
MV
LA

20
2021

SEMINARIO DE ARQUEOLOGÍA
UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE. SEVILLA

ROMVLA

Revista del Seminario de Arqueología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

La revista ROMVLA es una publicación científica de carácter anual dedicada fundamentalmente a la publicación de trabajos de investigación inéditos en el campo de la Arqueología, con especial atención a la Arqueología de la provincia de Sevilla y su entorno. Igualmente actúa como órgano de difusión científica del Seminario de Arqueología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla lo que incluye la difusión de los resultados de los diferentes Proyectos de Investigación que se desarrollan en el mismo.

Número 20. 2021

Revista indexada en: Index Islamicus, DIALNET, LATINDEX. Catálogo v1.0 (2002 - 2017).

Directores: Rafael Hidalgo (Universidad Pablo de Olavide)
Pilar León-Castro (Universidad de Sevilla)

Secretarias: Inmaculada Carrasco (Universidad Pablo de Olavide)
Ana María Felipe

Comité de redacción

A. Corrales (Universidad Pablo de Olavide), C. Fabiao (Universidade de Lisboa), P. Mateos (Instituto de Arqueología de Mérida. CSIC), C. Márquez (Universidad de Córdoba), T. Nogales (Museo Nacional de Arte Romano de Mérida), P. Ortiz (Universidad Pablo de Olavide), A. Ottati (Universidad Pablo de Olavide), I. Sánchez (Universidad Pablo de Olavide), F. Teichner (Universität Marburg), S. Vargas (Universidad de Sevilla), S. Vinci (UNED).

Comité científico

L. Abad (Universidad de Alicante), A. Arévalo (Universidad de Cádiz), F. Arnold (Deutsches Archäologisches Institut. Madrid), J. Beltrán (Universidad de Sevilla), M. Bendala (Fundación Pastor, Spain), J. Campos (Universidad de Huelva), H. Catarino (Universidade de Lisboa), H. Dessales (École Normale Supérieure de Paris), M. C. Fuertes (Consejería de Cultura. Junta de Andalucía), P. Gros (Université de Aix-en-Provence), J. M. Gurt (Universidad de Barcelona), H. V. Hesberg (Deutsches Archäologisches Institut. Roma), J. L. Jiménez Salvador (Universidad de Valencia), S. Keay (University of Southampton), M. Kulikowski (University of Tennessee-Knoxville), G. López Monteagudo (CSIC), J. M. Luzón (Universidad Complutense de Madrid), R. Mar (Universidad Rovira i Virgili), W. Mierse (University of Vermont), B. Mora (Universidad de Málaga), P. Moret (Université de Toulouse-Le Mirail), M. Orfila (Universidad de Granada), S. Panzram (Universität Hamburg), P. Pensabene (Università di Roma La Sapienza), Y. Peña (UNED), A. Pérez-Juez (Boston University in Spain), A. Pizzo (Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma-CSIC), F. Quesada (Universidad Autónoma de Madrid), A. M. Reggiani (Ministero per i Beni e le Attività Culturali), P. Rodríguez Oliva (Universidad de Málaga), P. Rouillard (CNRS. Maison René-Ginouès. Nanterre), M. A. Tabales (Universidad de Sevilla), T. Tortosa (Instituto de Arqueología de Mérida CSIC), W. Trillmich (Deutsches Archäologisches Institut), A. Ventura (Universidad de Córdoba), A. Viscogliosi (Università di Roma La Sapienza).

Patrocinada: Vicerrectorado de Investigación, Transferencia y Doctorado de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

Edición, publicación y distribución

Seminario de Arqueología
Universidad Pablo de Olavide de Sevilla
Carretera de Utrera, km. 1 · 41013 Sevilla (España)
Telf.: 954 977 932 • E-mail: romula@upo.es

Dirección y redacción

Seminario de Arqueología
Universidad Pablo de Olavide de Sevilla
Carretera de Utrera, km. 1 · 41013 Sevilla (España)

Diseño: Diseño y Comunicación S.L.

Maquetación e impresión: Imprenta SAND, S. L. · www.imprentasand.com

Depósito Legal: SE-075-04

ISSN: 1695-4076



© 2020 "Romula". Revista del Seminario de Arqueología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.

Las opiniones y comentarios expuestos por los autores de las colaboraciones recogidas en la revista son responsabilidad exclusiva de los mismos. Esta publicación estará disponible online a través de la plataforma de Revistas Científicas de la Universidad Pablo de Olavide. La difusión de los trabajos publicados se registrará de acuerdo con la licencia Creative Commons by-nc-sa. En todo caso, se mencionará siempre que el trabajo ha sido publicado originalmente en la revista ROMVLA.

Í N D I C E

PROGETTAZIONE INTEGRALE A VILLA ADRIANA INTEGRAL DESIGN AT HADRIAN'S VILLA Giuseppina E. Cinque	7
I PILASTRI CAVI A VILLA ADRIANA HOLLOW PILLARS AT HADRIAN'S VILLA Elena Eramo	57
PROGETTAZIONE BIOCLIMATICA A VILLA ADRIANA THE BIOCLIMATIC DESIGN OF HADRIAN'S VILLA Cristina Renzoni	83
VILLA ADRIANA E L'AMBIZIONE DI REALIZZARE L'IMPOSSIBILE. TECNICHE COSTRUTTIVE SPERIMENTALI AL SERVIZIO DI FORME ARCHITETTONICHE INEDITE HADRIAN'S VILLA AND THE AMBITION TO ACHIEVE THE IMPOSSIBLE. EXPERIMENTAL CONSTRUCTION TECHNIQUES AT THE SERVICE OF UNPRECEDENTED ARCHITECTURAL FORMS Adalberto Ottati	111
IMPIANTI, TECNOLOGIA E BENESSERE IN ARCHITETTURA: DALLA PRATICA STORICA ALLA CODIFICA TEORICA PER NUOVE PROSPETTIVE DI RECUPERO PLANTS, TECHNOLOGY, AND WELL-BEING IN ARCHITECTURE: FROM HISTORICAL PRACTICE TO THEORETICAL CODING FOR NEW PERSPECTIVES OF RECOVERY Valentina Florio	151
DALLA CONSERVAZIONE ALL'INNOVAZIONE: PIATTABANDE E ARCHITRAVI LITICHE NEL "FORO PROVINCIALE" DI TARRACO (HISPANIA CITERIOR) FROM CONSERVATION TO INNOVATION: LINTEL ARCHS AND STONE LINTELS FROM THE "PROVINCIAL FORUM" IN TARRACO (HISPANIA CITERIOR) Maria Serena Vinci	179
L'ORGANISATION DU TRAVAIL AUTOUR DE LA PIERRE A CORDOUE AU IIEME SIECLE AV. J.-C. DEMOGRAPHIE, AGRICULTURE ET CHAINE OPERATOIRE THE ORGANISATION OF LIMESTONE LABOUR IN CORDOBA DURING IIND CENTURY B.C. DEMOGRAPHY, AGRICULTURE AND OPERATIONAL CHAIN Christopher Courault	205

LAS MURALLAS REPUBLICANAS DE TARRACO, ASPECTOS CONSTRUCTIVOS
THE REPUBLICAN TOWN WALLS OF TARRACO, CONSTRUCTIVE ASPECTS

Joan Menchón Bes

251

**DALLA PRATICA ANTICA ALLE FABBRICHE DI ETÀ MODERNA: STRUMENTI
DA LAVORO E TECNOLOGIA EDILIZIA A ROMA TRA PERMANENZA E
PERFEZIONAMENTO**

**FROM ANCIENT CONSTRUCTION PRACTICES TO MODERN-AGE BUILDING
SITES: WORK TOOLS AND BUILDING TECHNOLOGIES IN ROME BETWEEN
PERMANENCE AND IMPROVEMENT**

Nicoletta Marconi

291

IMPIANTI, TECNOLOGIA E BENESSERE IN ARCHITETTURA: DALLA PRATICA STORICA ALLA CODIFICA TEORICA PER NUOVE PROSPETTIVE DI RECUPERO

PLANTS, TECHNOLOGY, AND WELL-BEING IN ARCHITECTURE: FROM HISTORICAL PRACTICE TO THEORETICAL CODING FOR NEW PERSPECTIVES OF RECOVERY

Valentina Florio

Università degli Studi di Roma, Tor Vergata

Riassunto

La consapevolezza della mutua interazione esistente fra benessere dell'organismo umano, ambiente naturale e ambiente costruito è sempre stata nota; in ogni tempo, i costruttori si sono confrontati con la sperimentazione di accorgimenti costruttivi e dispositivi tecnologici utili a migliorare il rapporto tra l'uomo e il suo spazio vitale. Regole atte a migliorare la qualità abitativa attraverso sistemi tecnologici *ante litteram* e specifici adattamenti tipologici sono rintracciabili tanto nei precetti tramandati dalla trattatistica architettonica e dalla più recente manualistica, quanto in edifici di diverse epoche, preziosi testimoni della sostanziale continuità evolutiva della tecnologia. Il contributo qui proposto intende mettere in luce l'attualità di alcuni principi di climatizzazione elaborati a partire dall'età antica in alcuni selezionati *exempla* evidenziando la possibilità di recuperare principi e tecnologie antiche adattandoli alla pratica contemporanea del restauro e della riconversione funzionale.

Parole chiave: trattati, manuali, benessere, impianti, restauro.

Abstract

Awareness of the mutual interaction existing between the well-being of the human organism, the natural environment and the built environment has always been well known; throughout the ages, builders have been confronted with the experimentation of constructive

expedients and technological devices useful for improving the relationship between man and his living space. Rules designed to improve the quality of living through *ante litteram* technological systems and specific typological adaptations can be traced as much in the precepts handed down by architectural treatises and more recent manuals as in buildings from different eras, precious witnesses to the substantial evolutionary continuity of technology. The contribution proposed here intends to highlight the relevance of some air conditioning principles elaborated since ancient times in a few selected exempla highlighting the possibility of recovering ancient principles and technologies by adapting them to the contemporary practice of restoration and functional reconversion.

Keywords: treated, manuals, wellness, plants, restoration.

La consapevolezza della mutua interazione fra benessere dell'organismo umano e ambiente naturale è sempre stata ben viva e presente, tanto che, in ogni tempo, i costruttori si sono ingegnati nello sperimentare accorgimenti atti a migliorare il rapporto tra l'uomo e il suo spazio vitale.

Le "buone pratiche" tese al benessere ambientale hanno origine nell'antichità, come rivelano alcuni espedienti messi in opera già in edifici di epoca classica e in taluni accorgimenti costruttivi, volti non solo a soddisfare criteri estetici, ma anche ad adattare lo spazio costruito al contesto naturale.

I ricambi d'aria, la ventilazione, il riscaldamento e il raffrescamento furono perseguiti anche in mancanza di specifiche "tecniche e tecnologie", intese secondo l'accezione moderna del termine; già allora, infatti, l'edificio era concepito come una sorta di filtro tra il corpo umano e le condizioni climatiche dell'ambiente esterno.

Gli accorgimenti architettonici più efficaci e apprezzati si sono così tramandati nel corso dei secoli, secondo un criterio di selezione naturale, fino all'avvento dell'era moderna, confluendo nella sistematizzazione teorica della pratica edilizia. Regole atte a migliorare la qualità abitativa attraverso sistemi tecnologici *ante litteram* e specifici adattamenti tipologici sono rintracciabili tanto nei precetti tramandati dalla trattatistica architettonica e dalla più recente tradizione manualistica, quanto dall'analisi di edifici costruiti in diverse epoche, muti testimoni di una necessaria e costante attenzione a tale tema, nonché del progressivo perfezionamento delle pratiche rivolte al perseguimento del benessere abitativo.

È noto che si deve all'esperienza di abili mastri muratori la messa a punto e la diffusione, nel corso della storia, delle "buone regole del costruire". Non si tratta solo di accorgimenti ed espedienti costruttivi, ma anche di scelte dettate dall'esperienza diretta, dall'osservazione e dall'attenzione costantemente rivolta alle specifiche del sito e alle peculiari condizioni dei singoli luoghi. Gli architetti

e i costruttori del passato svilupparono una straordinaria abilità nell'utilizzo di risorse non sempre illimitate, ottenendo risultati sorprendenti, specie se posti a confronto con le successive acquisizioni della scienza. I trattatisti, interpreti attenti di tali conquiste, svolsero un ruolo prioritario nella sistematizzazione delle conoscenze e nella loro indispensabile divulgazione, con particolare riferimento non solo all'architettura considerata soltanto dal punto di vista dell'architetto progettista, ma anche del fruitore, per il quale l'edificio è strumento di benessere ed equilibrio sociale.

Se da un lato l'esperienza di costruttori e maestranze ha tradotto intuizioni e conoscenza empirica in un saper fare sottaciuto eppure ampiamente noto e diffuso, che ha portato alla loro applicazione e traduzione materiale nelle soluzioni elaborate al fine di migliorare la fruizione dell'architettura, dall'altro i trattatisti hanno elaborato e codificato tali regole, trasmettendo conoscenze e ragioni di talune soluzioni costruttive e "impiantistiche", di cui è possibile apprezzare testimonianze realizzate negli edifici meglio conservati. È dunque lecito assimilare i precetti della trattatistica sulla climatizzazione ad antesignane "Linee Guida", nelle quali sono codificate geometria ed estetica dell'architettura, ma anche presidi "impiantistici" ad essa organicamente connessi.

Per quel che riguarda l'impiantistica, la letteratura architettonica –trattati e manuali nel loro complesso– esplicita scelte di localizzazione degli edifici, disposizione delle aperture e rapporti tra pieni e vuoti, nonché natura e consistenza dei dispositivi di climatizzazione adottati nell'edilizia preindustriale, in parte recuperabili e per certi versi ancora validi.

Lo studio dei principi e delle strategie usati nel passato per ottenere la mitigazione degli effetti climatici costituisce dunque un passaggio imprescindibile e di primaria importanza per la redazione di progetti di restauro realmente consapevoli e rispettosi della preesistenza, anche in riferimento agli aspetti tecnologici. Conoscere e comprendere gli antichi sistemi di climatizzazione consente altresì di riscoprire e recuperare quei procedimenti e quelle soluzioni costruttive messe in atto in tempi passati e poi perduti, poiché dimenticati tanto dalla pratica quanto dalla teoria del costruire. Tali sistemi erano in grado di far interagire l'edificio con l'ambiente naturale, apportando effetti "climatizzanti" oggi perseguibili solo mediante la tecnologia, con dannose ricadute sull'ambiente e, quando non attentamente progettati, sull'edificio stesso.

Tali accorgimenti, intrecciandosi e sovrapponendosi, vengono dunque a costituire un *corpus* di regole operative noto alla pratica edilizia del passato e potenzialmente recuperabile e atualizzabile. Tali pratiche potranno dunque essere utilmente trasferite e aggiornate al progetto di miglioramento

impiantistico dell'edilizia storica, fondato su un'analisi attenta del manufatto e sul riconoscimento delle sue peculiarità tecnico-costruttive, così da costituire elementi utili alla redazione delle linee guida di progetto.

Una prima doverosa riflessione riguarda la scelta del luogo in cui edificare.

La morfologia della città non è mai casuale. Vitruvio illustra le regole basilari per la pianificazione urbana, laddove l'esposizione solare e la direzione dei venti costituiscono le coordinate principali per l'orientamento dell'intero edificato.

Come afferma Massimo Bastiani, *“la città contemporanea ha perduto progressivamente il suo disegno ambientalmente consapevole fino a sostituirlo con un modello pianificatorio, orientato alla dispersione delle risorse e all'elevato costo energetico”*¹.

Analogamente, per Francesca Sartogo, *“Il disegno della città storica è in stretto rapporto con il suo ecosistema naturale. L'orografia e il clima, il sole, il vento e l'acqua rivestono un ruolo fondamentale nella scelta della localizzazione per il progetto iniziale e per la sua crescita”*².

Il sito su cui edificare, per gli antichi come per i moderni, veniva scelto accuratamente, poiché la localizzazione geografica influisce su diversi elementi cardine del progetto di architettura, quali l'orientamento dell'edificio, il dimensionamento delle sue aperture o la distribuzione degli spazi interni. Tali concetti, già noti alla progettazione premoderna, sono stati relegati ad un ruolo secondario dall'avvento delle tecnologie attuali, che hanno permesso di illuminare, areare, raffrescare o riscaldare un ambiente indipendentemente dalla sua configurazione e dalla sua collocazione. Eppure, gli attuali indirizzi dell'“architettura bioclimatica” e dell'“architettura passiva” vanno riscoprendo antichi principi e fondamenti teoretici ben noti ai trattatisti e agli architetti premoderni. Se oggi si cerca di costruire un edificio minimizzando lo sfruttamento delle risorse e tenendo in considerazione la posizione rispetto alle infrastrutture, altrettanto veniva fatto in passato con la preferenza accordata alla vicinanza ai corsi d'acqua e alla selezione di materie prime di qualità.

Le prime indicazioni fornite da Vitruvio, vengono sostanzialmente riprese e confermate nei secoli a seguire da Leon Battista Alberti³ e Vincenzo Scamozzi⁴, tra gli altri.

1. BASTIANI, 2006, 511. Massimo Bastiani è architetto e docente presso la facoltà di Architettura dell'Università “La Sapienza” di Roma. Si interessa a livello accademico e professionale di urbanistica ambientale. È autore di numerosi saggi, anche in collaborazione con Francesca Sartogo.

2. SARTOGO E ALTAMURA, 2019. Francesca Sartogo esercita la professione di architetto con particolare attenzione alla ricerca e alla progettazione sperimentale applicata al

restauro e al recupero, prima in chiave storico filologica, poi in chiave ecologica, energetica e per lo sviluppo sostenibile sul cui tema è autrice di numerosi scritti. È presidente di “Eurosolar Italia”, associazione finalizzata alla promozione delle energie rinnovabili e del risparmio energetico nel settore dell'edilizia e su scala urbana

3. ALBERTI, 1485 (ed. 1996), I, Libro I, cap. III, 24-36; 414-438.

4. SCAMOZZI, 1615 (ed. 1835), libro III, cap. I, 305.

Secoli più tardi, nella prima metà del XIX secolo, Giuseppe Valadier rimandando agli imperituri insegnamenti dei maestri (Vitruvio e Scamozzi in particolare), ribadisce l'importanza della scelta del luogo in relazione alla qualità dell'aria. Non a caso, nel suo *L'architettura pratica dettata nella scuola e cattedra dell'insigne Accademia di San Luca*, del 1828-32, Valadier dedica un'intera sezione alla questione della "buona qualità dell'aria e dell'acqua"⁵.

La precisione delle indicazioni fornite dai trattatisti in merito alla scelta dei luoghi, anche in funzione del variare delle stagioni, ne esplicita il ruolo di esperti conoscitori non solo della costruzione, ma anche di contesti e fenomeni naturali, nonché delle necessità fisiche e psicologiche dell'uomo.

Oltre alla corretta scelta della localizzazione dell'edificio, la scelta del materiale da impiegare nella costruzione costituisce notoriamente elemento di non poca importanza ai fini del soddisfacimento delle condizioni di comfort. Le caratteristiche chimico-fisiche del materiale risultano infatti determinanti tanto per stabilità durabilità e resa estetica, quanto per la termoregolazione dell'edificio. Un'attenzione che perdura nella trattatistica, ma anche nella più recente manualistica. Altrettanto dettagliata infatti è l'analisi offerta, tra gli altri, da Nicola Cavalieri San Bertolo nel suo *Istituzioni di architettura statica e idraulica* del 1826, con chiari rimandi, tra gli altri, a Vitruvio, Plinio e Rondelet.

Oltre alle puntuali descrizioni desunte dalla trattatistica precedente, Cavalieri San Bertolo riferisce sugli esiti delle coeve sperimentazioni condotte su materiali ed elementi costruttivi⁶. Rispetto ai trattatisti rinascimentali, emerge qui con chiarezza il ruolo della sperimentazione scientifica e dell'adozione di un maggior rigore tecnico nella codifica di teoria e pratica costruttiva, indice del progresso raggiunto, ma anche dei molteplici ambiti di interesse del pubblico.

Alle caratteristiche del sito e alle proprietà dei materiali da costruzione, trattatistica e manualistica associano l'illustrazione di criteri progettuali assimilabili ai contemporanei concetti fondativi dell'architettura bioclimatica e passiva.

Si tratta per lo più di indicazioni riguardanti la distribuzione degli spazi e delle aperture, che, lungi dall'essere di pertinenza esclusiva di questioni meramente formali ed estetiche, si rivelano utili al perseguimento del benessere interno all'edificio.

Nel *De Re Aedificatoria*, ad esempio, Alberti illustra le diverse tipologie di aperture praticabili in un edificio, da quelle funzionali alla comunicazione

5. VALADIER, 1831, tomo I, sezione V, artt. XXII-XXVII, 129-204.

6. CAVALIERI SAN BERTOLO, 1826, Libro II, sezione II, capo IX-X, 168-227.

tra gli ambienti, a quelle necessarie per illuminare e/o ventilare gli spazi, a quelle di tipo prettamente tecnico, ovvero i condotti per il passaggio di acqua e fumo⁷.

Scamozzi, nell'Idée dell'*Architettura Universale*, si mostra analogamente interessato al numero delle finestre, da prevedere in gran numero in "sale, salotti, gallerie e simili" al fine di assicurare un adeguato ricambio d'aria "senza la qual le creature non possono vivere sane"⁸.

I trattati di architettura forniscono anche preziose indicazioni riguardo dotazioni tecniche in uso nell'edilizia pre-industriale, a buona ragione assimilabili ai moderni impianti. Assieme ai sistemi di fognatura, derivati dalla pratica romana, costituiscono oggetto di trattazione anche i sistemi per il passaggio dei fumi. Pur diversi nella funzione, camini e sfiatatoi rappresentano elementi di notevole interesse per l'edilizia storica, meritevoli di conservazione e potenzialmente riconvertibili a nuovi usi. Di frequente, infatti, tali condotti risultano recuperabili alla loro funzione originaria, oppure efficacemente reimpiegabili per il passaggio di moderni impianti di condizionamento, spesso troppo invadenti e difficilmente compatibili con l'edilizia storica.

La storia dell'architettura e lo studio dei trattati provano come l'orientamento dell'edificio, l'esposizione delle facciate e la disposizione degli ambienti siano posti in stretta correlazione con i punti cardinali attraverso l'indicazione dei venti dominanti, secondo prassi e accorgimenti operativi che hanno caratterizzato l'architettura sino all'era moderna.

Ciascun vento possiede caratteristiche ben precise, che influenzano qualità degli ambienti, condizioni di umidità, irraggiamento solare e aereazione. Una sapiente esposizione ai venti è dunque presupposto primario per una progettazione sapiente, impostata su conoscenze e criteri capaci di influenzare positivamente il clima interno di un edificio.

Una casa climaticamente confortevole deve necessariamente presentare buone caratteristiche di qualità dell'aria. La ventilazione è uno degli elementi fondamentali per il controllo dell'umidità relativa. Spesso il moto convettivo dell'aria è il mezzo più idoneo a condurre il calore del sole sino alle zone più interne dell'edificio. Convezione significa movimento dell'aria e dunque ventilazione, da cui deriva la stretta connessione tra guadagno termico solare e ventilazione. Masse d'aria a differente temperatura hanno densità e pressione diverse. A minore temperatura corrisponde maggiore densità e questo fa sì che la massa d'aria più fresca circoli in basso, ma tenda a spostarsi verso l'alto man

7. ALBERTI, 1485, I, Libro I, cap. XII, 78-82.

8. SCAMOZZI, 1615, Libro III, cap. XXI, 319-321.

mano che si scalda. Per la ventilazione l'effetto camino è molto importante, perché può risolvere completamente il problema del ricambio d'aria. Si può sfruttare tale effetto semplicemente studiando la posizione delle aperture dell'edificio, oppure indurre lo spostamento dell'aria mediante la predisposizione di camini, torri del vento, pareti ventilate ecc.

Una delle applicazioni più semplici per il controllo del comfort ambientale in presenza di un clima caldo secco sono le fontane e le vasche d'acqua. Queste generalmente sono poste all'interno delle corti, per sfruttarne la ventilazione naturale. L'aria calda lambisce la superficie dell'acqua generando una diminuzione della temperatura e, contestualmente, un aumento del tasso di umidità. Un caso particolare è costituito dalle cosiddette *fontane salsabil*, delle quali si trova un esempio nel cortile di un edificio dell'Alahambra in Spagna. La *salsabil* è una lastra in marmo istoriata a disegni minuti, disposta con inclinazione tale da favorire lo scivolamento dell'acqua e la sua conseguente evaporazione.

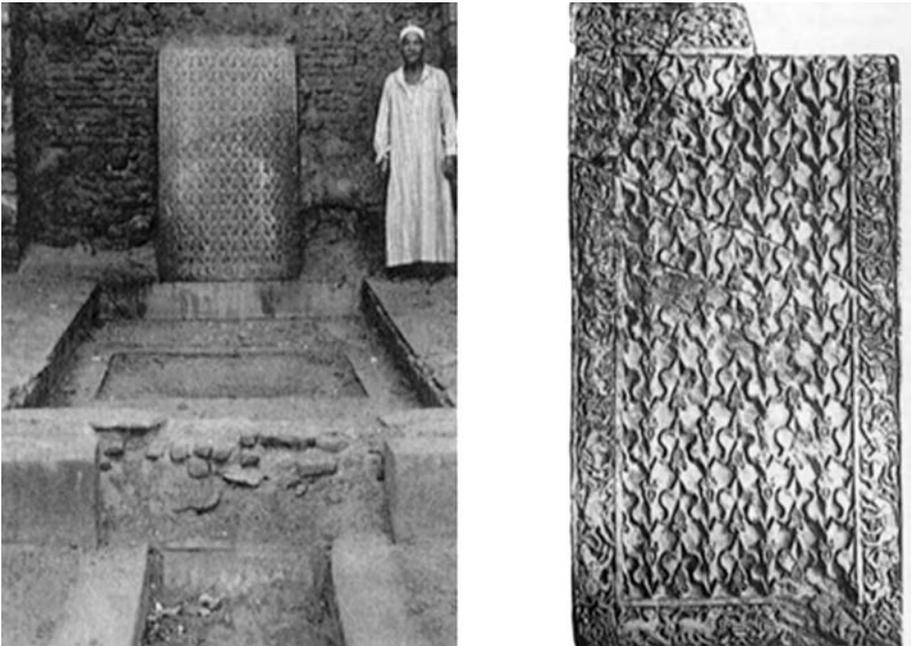


Fig. 1. Un salsabil egiziano, vista generale e dettaglio (da TROMBETTA, 2002, 228).

Le “Camere dello Scirocco”, diffuse nel palermitano, sfruttano il principio di inerzia termica unito al raffrescamento evaporativo; analogamente, anche nel palazzo della Zisa a Palermo il raffrescamento evaporativo risulta associato alla ventilazione naturale.

In un clima caldo secco come quello dell'Iran o dell'Egitto, è adottata invece la *masbarabya*, diffusa nelle regioni mediorientali fin dal Medioevo. La *masbarabya*¹⁰ è una leggera schermatura lignea a graticcio di pieni e vuoti, che provvede all'ombreggiamento degli ambienti interni senza però impedire il passaggio dell'aria. Solitamente si presenta come un elemento aggettante strutturato in tre diverse superfici, utili alla permeabilità ai venti, di cui vengono utilmente sfruttati i moti convettivi. Le forature del graticcio aumentano di dimensioni dal basso verso l'alto, al fine di accelerare la velocità dei moti dell'aria e incrementare la dissipazione del calore. Al graticcio si affiancano, sulla superficie interna, vasi in terracotta colmi di acqua la cui porosità permette l'evaporazione della stessa e una complessiva umidificazione dell'ambiente interno.

Esempi di *masbarabya* si trovano ancora oggi a Granada (Spagna) nell'Alhambra, palazzo reale dei re di Spagna, o nella Moschea Abu El Haggag a Luxor (Egitto).

Simile alla *masbarabya* è il *claustrum*¹¹. Tale sistema consiste in una parete forata complanare alla superficie di prospetto dell'edificio ed è realizzato in materiale lapideo, generalmente mattoni in terra cruda. Questi graticci, detti “*claustra*”, venivano utilizzati negli edifici termali romani per schermare le



Fig. 2. Esempi di *claustrum*: a sinistra: Dubai, Emirati Arabi, a destra: Oman (da TROMBETTA, 2002,203).

10. TROMBETTA, 2002, 192-195.

11. *Ivi*, 119, 201-202.



Fig. 3. Matera, veduta odierna dell'abitato rupestre (autore).

grandi aperture poste nelle zone elevate. Il principio di funzionamento è lo stesso del precedente e, anch'esso, può essere migliorato con l'integrazione di un sistema evaporativo. Esempi di *claustra* sono ancora oggi visibili a Dubai, negli Emirati Arabi e nell'Oman.

Ulteriore dispositivo che frutta i movimenti dell'aria è la torre del vento, funzionale alla dissipazione del calore, tanto per mezzo dello sfruttamento del gradiente termico, quanto della ventilazione naturale. Nel primo caso l'aria calda, meno densa di quella fresca, tende ad espellersi autonomamente risalendo nella torre e fuoriuscendo all'esterno. Nei locali bassi abitati si richiama così aria fresca, nuova più densa, che vi rimane fintantoché non risulta a sua volta riscaldata. Nel secondo caso, il ricambio e la dissipazione del calore sono innescati da una convezione generata dai venti "catturati" dalle feritoie della torre. Al basamento delle torri, collegato con la sala centrale della casa, si trova spesso una vasca contenente dell'acqua, che per effetto evaporativo rinfresca e umidifica i locali interni. L'aria, passando sopra la superficie dell'acqua, o su di una parete umida della torre, riesce a cedere calore all'acqua facendone, pertanto, evaporare una parte considerevole. Aperture praticate in direzione dei venti dominanti consentono la ventilazione naturale alla sommità della torre.



Fig. 4. Esempio di abitato rupestre, il rione Malve (da ROTA, 2011, 40).

Le torri e i camini solari, la cui traduzione del termine arabo “*baud geers*” significa letteralmente “acchiappa vento”, sono dotati di condotti verticali che possono essere collegati ad altre condutture sotterranee. Nella torre del vento, l’elemento di captazione dell’aria (torre) è generalmente separato dai locali da raffrescare e collegato a questi ultimi da un canale sotterraneo, predisposto per raffreddare ulteriormente l’aria. L’espulsione dell’aria calda avviene direttamente dalle finestre. Il flusso d’aria s’inverte di notte, per effetto del rilascio di calore assorbito durante il giorno, e l’involucro della torre viene a riscaldare l’aria. Questa tende a salire, richiamando aria più fredda dal canale sotterraneo e dai locali abitati attraverso le finestre lasciate aperte.

Le prestazioni di una torre del vento dipendono evidentemente dall’altezza, dalla configurazione planimetrica, dall’orientamento della torre e dalla localizzazione delle aperture superiori. Il vantaggio nell’uso di tali sistemi è relativo alla qualità dell’aria che, captata dall’alto, è più pulita e non oppone ostacoli alla direzione del vento. Tuttavia, il funzionamento della torre è limitato al raffrescamento estivo e non offre alcuna efficacia nelle regioni in cui i venti sono molto deboli¹².

Tra gli esempi di architettura bioclimatica è opportuno citare l’esperienza dei Sassi di Matera, una delle città vive più antiche del mondo. I Sassi sono architetture straordinarie scavate nella roccia tenera, protette dai rigori del

12. *Ivi*, 202-204; LUCCHI E PRACCHI, 2013, 72-74.

clima esterno dalla grande massa di accumulo termico costituita dal terreno. La necessità di ripararsi dal vento, dal sole, dalla pioggia, così come quella di raccogliere l'acqua piovana, spinse gli antichi materani a scavare le prime grotte. L'evoluzione tipologica delle strutture scavate –tradottesesi nel tempo in aggregato urbano, solo in apparenza disorganizzato, e in architettura meditata, con spazi definiti e chiare funzionalità–, rappresenta nella sua spontaneità un ecosistema che esplicita il pieno rispetto per l'ambiente e per le risorse naturali. In tale articolato sistema di sussistenza, nulla andava sprecato e tutto veniva riciclato.

A partire dalle forme associate all'architettura dell'acqua, come la struttura a campana delle cisterne o delle grotte utilizzate per la conservazione del vino, la casa scavata testimonia l'evoluzione tipologica della residenza materana in risposta alla necessità di spazio in un momento di significativa crescita demografica della città¹³.

All'interno dei Sassi è sfruttato il sistema di raffrescamento passivo legato all'inerzia termica. La particolare conformazione architettonica, i materiali e le tecniche costruttive favoriscono l'attenuazione delle escursioni termiche tra giorno e notte e tra le varie stagioni. Tuttavia in tale sistema la ventilazione naturale risulta scarsa, così come l'illuminazione naturale, e non presenta alcun espediente utile al controllo dell'umidità proveniente dal terreno.

Il benessere termico costituisce dunque uno dei più importanti parametri di progettazione. Il perseguimento di valori ottimali di comfort, divenuto prioritario in età contemporanea, obbliga tuttavia ad una maggior invasività nell'installazione dei sistemi tecnologici di dotazione. In passato, l'assenza di strumenti per il controllo delle variabili termoigrometriche e di mezzi meccanici di condizionamento comportava la necessità di realizzare opportunamente l'edificio, in modo che l'involucro reagisse passivamente alle sollecitazioni ambientali garantendo il comfort interno e, al massimo, introdurre accorgimenti e sistemi tali da incrementare le potenzialità insite nell'architettura stessa.

Fin dall'antichità erano noti e utilizzati sistemi di raffrescamento di tipo passivo. A tale scopo era sfruttata la frescura proveniente dal terreno attraverso ambienti interrati, quali ninfei, criptoportici o cantine, nei quali è significativa la presenza di acqua. Si pensi ad esempio alle cantine, locali accessori all'abitazione da sempre utilizzati per la conservazione di prodotti alimentari e del vino. È ancora esperienza comune la sensazione di “fresco” percepibile all'interno di

13. Diaz, 2018, 133.

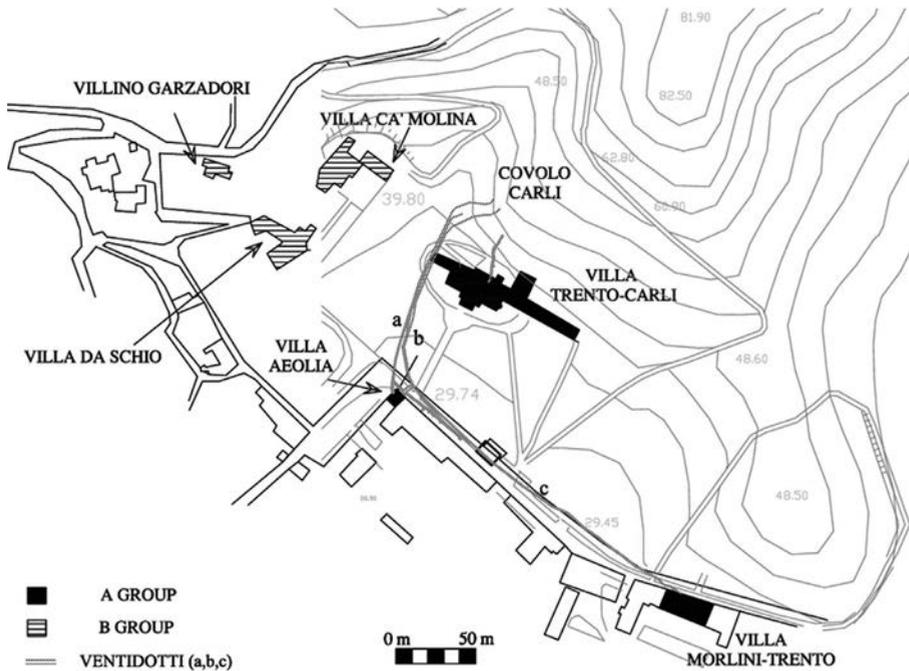


Fig. 5. Planimetria con localizzazione delle ville di Costozza descritte da Palladio (da FERRUCCI E PERON, 2018, 5).

tali ambienti e della sensazione di benessere da questi procurato nel periodo estivo, quando le temperature esterne sono elevate. Negli edifici antichi la presenza di fori o grate sul pavimento al piano terra garantiva lo sfruttamento dei moti d'aria fresca che dalle cantine ascendono al piano terra delle abitazioni. Analoga funzione svolgevano i criptoportici, ampi corridoi solitamente voltati a botte, parzialmente o completamente interrati, di dimensioni variabili e nei quali l'illuminazione e l'aerazione avvenivano attraverso lucernari o bocche di lupo. Si trattava dunque di strutture chiuse in grado di mantenere l'isolamento termico. Sono documentati anche sistemi più semplici, per solito canali a pavimento praticati all'interno delle abitazioni, nei quali veniva fatta scorrere l'acqua. Sfruttando un sistema semplice, intuitivo e di impatto minimo come la semplice presenza di acqua fresca, nelle dimore estive era possibile generare frescura atta a rendere l'ambiente più confortevole. Tra gli altri, un esempio di questo sistema è presente a Palermo, nel salone del Palazzo della Zisa. Sono note anche altre analoghe soluzioni costruttive, altrettanto valide, come la realizzazione di spessori murati più consistenti, di finestre di piccole dimensioni e l'utilizzo delle canne di ventilazione.

Tra i trattatisti, Andrea Palladio è stato tra i primi a interessarsi ai sistemi di raffrescamento¹⁴ parlando delle ville di Costozza, nel vicentino, tra le quali Villa da Schio, Villa Ca' Molina e Villa Garzadori¹⁵. In questa zona, il ventre della montagna alloga una serie di grotte, naturali e artificiali, chiamate “covoli” e già utilizzate in età antica. Lo sfruttamento delle cavità naturali fu successivamente utilizzato dai contadini del luogo, ma con funzione di convogliamento delle acque. Le ville di Costozza comunicano con il sistema di grotte attraverso “ventidotti”, condotte in cui passa l’aria, che possono raggiungere dimensioni di 1 m per 1.80 m di altezza. Il sistema è datato agli anni 1530 -1560 e attribuito a Francesco Trento¹⁶. All’interno dei covoli la temperatura dell’aria rimane costante tra gli 11°C e i 12°C nel corso di tutto l’anno. Il sistema di ventidotti era attivato attraverso due aperture: le prime a monte delle ville, le seconde nelle cantine a valle delle stesse. Si creava così un moto d’aria discendente con l’aria calda esterna che entrava a monte delle ville, passava attraverso le grotte raffrescandosi e fuoriusciva all’interno delle cantine. Dalle cantine, l’aria fresca giungeva ai piani superiori attraverso aperture sul pavimento, chiuse da apposite griglie metalliche dall’apertura regolabile con conseguente possibilità di modulare il flusso dell’aria in funzione delle necessità di comfort¹⁷.

Abitazioni costruite su pendii rocciosi e parzialmente in esso fondate sfruttavano invece il principio del raffrescamento derivato dallo scambio



Fig. 6. Stufe nelle abitazioni della Valsesia (da FANTONI, 2008, 29).

14. BALOCCO, FARNETI E MINUTOLI, 2009, 16.

15. BALOCCO, FARNETI E MINUTOLI, 2009, 18-20.

16. *Ivi*, 16.

17. GALLO, 1998, 60.

convettivo tra l'aria contenuta nei volumi abitabili e le pareti degli stessi. Lo scambio diretto di calore tra la roccia e l'aria rendeva questi ambienti particolarmente adatti ad alloggarvi dispense o ghiacciaie. Accorgimenti simili erano realizzati anche in ambito urbano, nei cosiddetti "corridoi bioclimatici". Questi consistevano nella canalizzazione del vento attraverso i vicoli: è noto che durante il giorno le masse murarie degli edifici si mantengono ad una temperatura inferiore rispetto a quella dell'aria; di notte, invece, le masse murarie sono più calde, creando moti d'aria ascendenti. Accorgimenti quali le strombature voltate alla sommità delle facciate prospicienti strette vie e vicoli avevano la funzione di canalizzare il movimento dell'aria verso l'alto.

Esempi di quanto descritto sono rintracciabili nella città di Perugia, come documentato da Francesca Sartogo e Massimo Bastiani¹⁸. La conoscenza e il riconoscimento di tali sistemi risultano fondamentali per il recupero delle tradizioni locali, ma anche come strumenti utili alla pianificazione e alla progettazione contemporanea sostenibile considerando che le tradizioni costruttive cambiano nei diversi contesti geografici, ma adottano principi condivisi e analoghi.

Come accennato per il caso di Matera, fondamentale è isolare l'ambiente dal caldo, dal freddo ma anche dall'umidità.

Leon Battista Alberti illustra come migliorare l'isolamento delle pareti attraverso dei sistemi utilizzati ancora oggi nella prassi costruttiva. Partendo dagli stessi accorgimenti illustrati da Vitruvio per la realizzazione della parete ventilata, Alberti suggerisce l'apposizione sulla superficie interna di un rivestimento di panni di lino, oppure di lana, a seconda che si intenda migliorare il grado di raffrescamento o di riscaldamento dell'ambiente¹⁹. I due trattatisti dimostrano così l'intuitiva conoscenza di un antesignano sistema assimilabile all'odierno concetto di "cappotto".

I materiali più comunemente utilizzati come strato isolante sono oggi di tipo industriale, quali le fibre sintetiche o minerali, capaci di contrastare l'umidità dell'aria. Non mancano però esempi d'impiego di materiali naturali, maggiormente compatibili con l'edilizia storica, quali il cocciopesto e la fibra di legno. Utilizzata per realizzare il cappotto interno, la fibra di legno è in grado di fornire una buona trasmittanza alla parete, una diffusione del vapore, nonché l'assorbimento delle onde sonore, nonché di assicurare un confortevole clima interno²⁰.

18. BASTIANI E SARTOGO, 1998, 3, 16-20.

19. ALBERTI, 1485, Libro III, cap. VI.

20. CORTI E RIGANO, 2013, 200.

In relazione alle tecniche di riscaldamento adottate nell'antichità, Vitruvio illustra la realizzazione del pavimento di un *calidarium*, con associato noto sistema dell'*ipocausto*, assimilabili a pavimento radiante e riscaldamento di tipo centralizzato *ante litteram*.

Il sistema dell'*ipocausto* necessitava di un focolare nel sottosuolo, posizionato entro un vano di servizio ventilato e concepito per ricevere una notevole quantità di combustibile (carbone o legna). Un'apertura praticata nella parete del vano, e munita di una porta metallica con bocca di ventilazione, consentiva l'accesso e l'ispezione dello spazio di raccolta delle ceneri.

L'*ipocausto* era coperto da un pavimento sospeso (*suspensurae*), poggiante su pilastrini formati da mattoni (solitamente di forma quadrata con lato di 20 cm), a interasse di circa 60 cm, coperto da mattoni lunghi due piedi:

“Al di sopra si costruiranno dei pilastrini in mattoni di 2/3 di piede, in modo che vi si possano appoggiare sopra dei mattoni lunghi 2 piedi. I pilastrini siano alti 2 piedi”²¹.

Tale sistema generava un movimento d'aria calda in grado di riscaldare gli ambienti soprastanti attraverso un efficace moto convettivo.

Negli impianti termali, come noto, il sistema dell'*ipocausto* era solitamente installato nella parte posteriore o laterale dell'ambiente da riscaldare, mentre nelle residenze private il focolare era collocato nella cucina. Il calore prodotto dalla combustione si spandeva nel sottosuolo dell'ambiente da riscaldare e fuoriusciva dai condotti verticali.

Tale sistema può essere assimilato al pavimento radiante, posizionato all'interno del massetto ed utilizzabile sia per il riscaldamento che per il raffrescamento degli ambienti. Differenza nodale è il fatto che l'*ipocausto* sfruttava il movimento dell'aria, mentre i moderni pannelli radianti a pavimento utilizzano l'acqua come fluido vettore.

Tra i molti dispositivi resi disponibili dalla produzione industriale e in continuo perfezionamento, se ne possono individuare alcuni che, a parità di prestazioni ed efficienza, mostrano maggiore affinità con quelli tradizionali e dunque risultano maggiormente compatibili con l'edilizia storica.

Veri e propri sistemi di riscaldamento sono invece i focolari. Le abitazioni romane dei primi secoli erano dotate di un unico focolare collocato nell'*atrium*

21. *Ibidem*.

22. ADAM, 2003, 288.

e tenuto probabilmente acceso in maniera continuativa per dispensare calore e assicurare la cottura dei cibi. Tra IV e III secolo, la comparsa delle cucine segnò la pressoché totale scomparsa del focolare. Il fuoco acquisì funzione più specifica e guadagnò una posizione centrale di rilievo, anche simbolico. Nella cucina il fuoco era sistemato su un piano montato su un blocco in muratura e dotato di un treppiede di appoggio per i recipienti con i cibi da cuocere. Una o più aperture sul tetto, protette da tegole a *oculus* e da un comignolo, garantivano l'evacuazione del fumo e dei vapori di cottura.²²

La ricollocazione del focolare e il suo diverso utilizzo resero necessaria l'introduzione di altri sistemi per il riscaldamento degli ambienti. Tra questi si annoverano i bracieri mobili. Il principale problema derivante dal loro utilizzo era costituito dall'accumularsi del fumo nell'ambiente, con conseguente rischio di intossicazione da ossido di carbonio a causa dell'inesistenza di camini per l'evacuazione dei fumi. Tale rischio si faceva più insistente e insidioso nelle ore notturne, quando tutte le finestre erano chiuse e più alto il rischio di incendi derivanti dall'utilizzo dei bracieri in abitazioni costruite per lo più in legno²³.

Focolari erano presenti anche negli insediamenti della comunità montana della Valsesia (Vercelli). I primi insediamenti presentavano un focolare aperto, appoggiato direttamente sul pavimento della stanza e collocato in posizione centrale. Da qui il fumo poteva spandersi liberamente nel locale, privo di qualsiasi sistema di aspirazione, e dissiparsi attraverso porte e finestre. Proprio per attenuare gli effetti del fumo e sfruttare la stratificazione dell'aria, la famiglia era consueta sedersi attorno al fuoco, sopra panche basse. Tale ambiente è documentato negli atti notarili del Quattrocento indicato come "*domus ab igne*", così come si evince dagli studi presentati da Roberto Fantoni.

Una tappa intermedia nel processo di transizione tra fuoco libero e camino viene identificata da Casaccia²⁴ e approfondita da Ciribini²⁵ nello spostamento del focolare verso le pareti d'ambito, generalmente associato ad un rialzo del fuoco, che non ha necessariamente comportato l'immediata comparsa di diverse modalità di dissipazione del fumo. La comparsa del camino comporta l'introduzione di una cappa montata al di sopra del fuoco la cui funzione è quella di incanalare il fumo all'interno di un condotto che, attraverso un comignolo sul tetto, lo porta verso l'esterno permettendone quindi l'aspirazione.

Nella trattatistica, così come nella successiva manualistica, ampio spazio è dedicato ai sistemi di riscaldamento, dai dispositivi antichi, ai camini, ai sistemi

23. *Ivi*, 289.

24. CASACCIA, 1898, 263.

25. CIRIBINI, 1943, 66.

di più moderna concezione, la cui illustrazione denota costante e rapida evoluzione delle conoscenze. L'importanza di tale processo evolutivo consente il riconoscimento di elementi peculiari dell'architettura storica, meritevoli di essere utilmente ripristinati, valorizzati e riutilizzati nell'intervento di restauro.

Quando lo studio critico dei trattati accompagna il rilievo e le indagini sul manufatto, è possibile riscontrare in esso tracce di quanto descritto a livello teorico consentendone, se non il completo recupero, almeno la valorizzazione. Tra questi, per brevità di trattazione, si analizzeranno alcuni esempi all'interno della Villa Adriana a Tivoli come testimonianza concreta dei principi teorici, e le Terme di Diocleziano a Roma per alcuni esempi di recupero delle dotazioni impiantistiche originali²⁶.

Nella Villa Adriana a Tivoli sono rintracciabili alcuni principi di architettura bioclimatica, opportunamente combinati a tecnologie e dispositivi descritti dai trattatisti.

La lussuosa residenza eretta dall'imperatore Adriano ai piedi di Tivoli, patrimonio UNESCO, è simbolo dell'impero romano e le sue imponenti vestigia ne fanno uno dei siti archeologici più noti e frequentati. La villa adrianea risulta un *unicum* anche per la quantità e la qualità delle opere ingegneristiche realizzate sia per modellare il territorio in funzione del progetto, sia per migliorare le condizioni di abitabilità e di fruibilità. Per la prossimità con Roma e per l'autorevole preesistenza di una villa augustea, è possibile che l'imperatore abbia pensato la dimora tiburtina come complesso di rappresentanza ed estensione della sede imperiale del Palatino, piuttosto che come una villa di *otium*, predisponendola per lo svolgimento di funzioni ufficiali e celebrative. Il ricco corredo iconografico (vedute a volo d'uccello, così come da planimetrie, piante e vedute di singoli complessi) prodotto nel corso del tempo sulla Villa e sulle sue affascinanti rovine da artisti di tutta Europa (quali Pirro Ligorio, Francesco Contini, Athanasius Kircher e Giovan Battista Piranesi, solo per citarne alcuni), costituisce una preziosa fonte di conoscenza per lo studio architettonico, strutturale e impiantistico²⁷.

La Villa fu concepita, come noto, anche come laboratorio architettonico, fondato sulla solida tradizione costruttiva romana, e centro di sperimentazione progettuale per un'architettura innovativa e rivoluzionaria, talmente "moderna" che molte delle forme architettoniche adottate, non ebbero fortuna nell'architettura contemporanea e immediatamente successiva; saranno gli artisti

26. Ringrazio l'arch. Marina Magnani Cianetti e la prof. Giuseppina Enrica Cinque per i preziosi suggerimenti.

27. Si vedano soprattutto Cinque, 2017; Cinque, 2018a; Cinque, 2018b; Cinque, 2018 c.; Mac Donald e Pinto, 2002; HIDALGO PRIETO *ET AL.*, 2020.

del primo Rinascimento a comprenderne la portata rivoluzionaria e a tradurle in modello privilegiato per nuove sperimentazioni architettoniche.

In questo ricco e complesso scenario uno dei casi più significativi di architettura bioclimatica è l'Edificio con Peschiera. Il complesso è costituito da due corpi di fabbrica contigui: la parte residenziale, sul lato ovest, nota come Palazzo d'Inverno per la presenza di ambienti riscaldati lungo il fronte occidentale del piano superiore, e la c.d. Peschiera con quadriportico e criptoportico sul lato orientale, giustapposti fra loro, come risulta evidente dalla presenza di un doppio muro, la cui funzione di contenimento delle spinte del terreno è stata compresa grazie a specifiche campagne di scavo e di studi interdisciplinari condotti in situ, oggi oggetto di rinnovata attenzione²⁸. Le indagini sono state eseguite fra il 2003 e il 2004, grazie alla collaborazione offerta dalla Soc. Dyagnosis, nell'ambito della campagna di rilevamento del complesso finalizzata al Progetto RIVA²⁹. Esse hanno permesso di conoscere porzioni dell'edificio ad oggi sconosciute, poiché parzialmente interrato o crollato. L'analisi diretta ha consentito inoltre di stabilire con esattezza l'estensione dell'area riscaldata e ha rivelato la presenza di condotti idraulici, *praefurnia* e condutture in terracotta a sezione circolare.

L'impianto di riscaldamento del cd. Palazzo d'Inverno è stato a lungo oggetto di studio e di ipotesi funzionali diverse, ma un'accurata campagna di indagine sul campo supportata dall'uso del georadar ha consentito di stabilire con maggiore esattezza l'estensione dell'area riscaldata. Si tratta di una superficie maggiore rispetto a quella ipotizzata da Salza Prina Ricotti³⁰ e inferiore a quella ipotizzata in De Franceschini³¹: l'area riscaldata interessava esclusivamente i vani dislocati sul fronte occidentale del livello superiore (III livello) del Palazzo d'Inverno, mentre non risulta documentata nei vani interni, sempre sul medesimo fronte, dislocati al livello inferiore (I livello), come invece ipotizzato in De Franceschini³².

Attraverso il rilievo diretto, condotto nell'ambito del medesimo progetto, è stato possibile individuare esattamente la posizione di 4 *praefurnia* e di 5

28. Villa Adriana, come noto, è un sito archeologico di interesse mondiale, ma una porzione di non poca rilevanza non è ancora oggi visibile, occultata dai crolli e dagli interrimenti che hanno interessato gran parte degli edifici, oppure ancora inclusa in proprietà private limitrofe. Pertanto, non sempre è possibile fornire un'esatta interpretazione di quanto visibile, come nel caso degli edifici sopra citati (ADEMBRI E CINQUE, 2009, 47).

29. R.I.V.A. "Rileggere, Ristudiare, Ridisegnare Villa Adriana": progetto interdisciplinare attivo dal 2003 al 2006 sotto la responsabilità scientifica della Dott.ssa Benedetta

Adembri e della Prof.ssa Arch. Giuseppina Enrica Cinque dell'Università di Roma Tor Vergata. Si tratta di un progetto innovativo dal punto di vista metodologico, nell'ambito del quale per la prima volta esperti di differenti discipline scientifiche si sono confrontati attivamente con lo scopo di studiare i molteplici aspetti del complesso monumento.

30. SALZA PRINA RICOTTI, 2001, 202.

31. DE FRANCESCHINI, 1991, 225, 234, 520.

32. Ivi, 158: "una serie di bolli, di cui uno del 126 sul muro nord, uno del 123 sui bessali delle *suspensurae*".

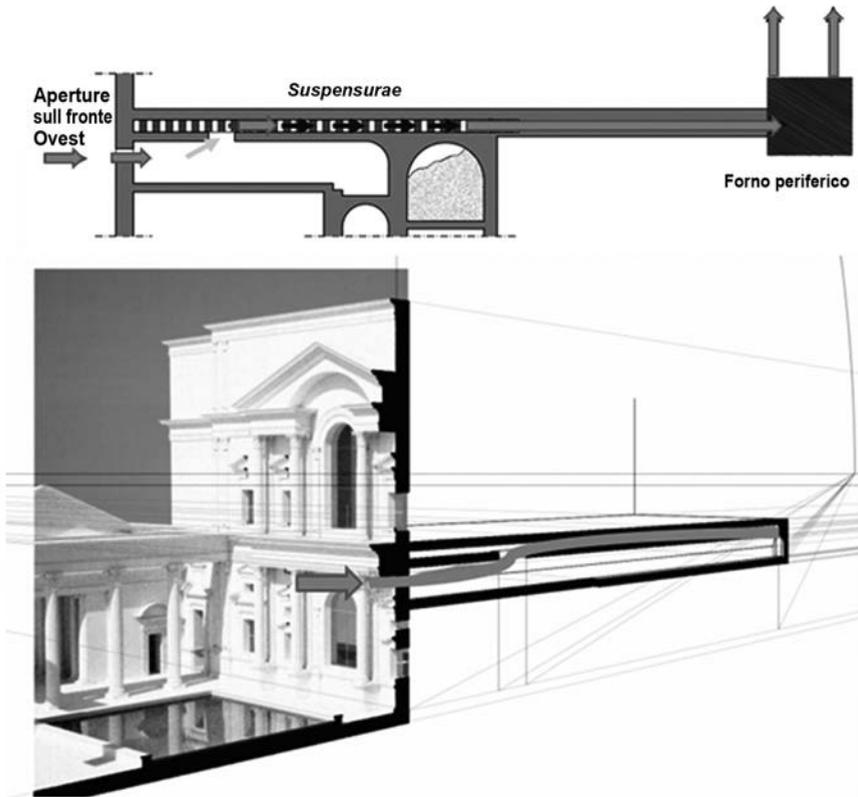


Fig. 7. In alto: schema di funzionamento del forno periferico; in basso: sezione prospettica con schema dell'afflusso di aria fresca richiamata dal forno periferico (rielaborazione da ADEMBRI E CINQUE, 2010, 52-53).

camini, di cui 4 costruiti in fase con l'edificio all'interno di alcune delle murature. A sud-est dell'area dotata di *suspensurae*, in un contesto chiaramente destinato ad ambienti di servizio, sono ben visibili una galleria di servizio e un ulteriore forno, collegato all'ipocausto di un ambiente quadrangolare di modeste dimensioni, la cui destinazione d'uso è di difficile identificazione a causa dello stato conservativo. Il percorso servile ipogeo, all'interno del quale è collocato il forno, segue uno schema tipologico analogo a quello presente nell'Edificio con Tre Esedre, realizzato in scavo nel banco di fondazione. Il forno citato, inoltre, è provvisto di due condotti fittili verticali, di tipologia diversa: uno a sezione circolare, posizionato a sud, all'angolo fra due muri, e l'altro, a nord, costituito da *tubuli* a sezione rettangolare, inserito nella muratura e, quindi, realizzato in fase con essa.

Secondo Cinque³³, l'ambiente con ipocausto è da attribuirsi ad una fase costruttiva successiva rispetto al Palazzo d'Inverno; tale tesi è supportata dalla configurazione della parete settentrionale, costruita con andamento obliquo e senza ammassature, e con tamponature presenti sulle pareti sud e ovest. Come testimoniano i bolli laterizi a suo tempo individuati da Bloch³⁴ sulla parete settentrionale, rispettivamente due del 123 e uno del 126 d.C., non può che trattarsi di una modifica in corso d'opera, resasi necessaria a seguito della realizzazione del Quadriportico con Peschiera. Analogamente, la presenza di un forno periferico dislocato nella zona meridionale, singolarmente provvisto di due camini e collegato a un vano di frequentazione non imperiale, insieme alla contiguità con ambienti interessati dal passaggio di condotte fittili connesse con il sistema di riscaldamento del Palazzo, ha sollevato interrogativi sulla funzione originaria di un sistema tecnologico, considerato a prima vista apparentemente superfluo rispetto all'impianto di riscaldamento dell'edificio.

Occorre dunque analizzare l'edificio nel suo complesso per comprenderne il vero e originale significato, focalizzando l'attenzione su quegli elementi che possono offrire informazioni sull' "impiantistica" originale del complesso. L'osservazione degli accorgimenti architettonici adottati nel prospetto principale dell'edificio sul cd. Giardino-Stadio e, in particolare, della soluzione compositiva del livello intermedio, fornisce indicazioni utili alla comprensione del sistema sopra descritto. Nello specifico, al livello sopra citato, si trovano percorsi per la gestione dell'impianto termico, i quali di norma non prevedono aperture verso l'esterno, proprio per la funzione di servizio. Diverso è il caso del Palazzo d'Inverno, sul cui prospetto principale, uno dei più rappresentativi dell'intera Villa, si distinguono tre finestre. Se è da escludere l'ipotesi che queste finestre fossero destinate esclusivamente all'illuminazione delle aree di lavoro del personale di servizio addetto alla manutenzione di tale impianto, il loro ruolo va ricercato piuttosto nel meccanismo di funzionamento del sistema di climatizzazione interno. La possibilità di una connessione tra le aperture sul fronte dell'edificio e il forno periferico, verificata nella parte interessata dall'ipocausto e in parte suggerita dai risultati delle indagini con georadar, rende infatti plausibile l'ipotesi che tale forno avesse funzione di tiraggio di aria, recepita attraverso le succitate finestre dei corridoi servili sul prospetto principale. Tale ipotesi è stata verificata da indagini *in situ* condotte dal gruppo di studio di Fisica Tecnica della Facoltà di Ingegneria dell'Università

33. ADEMBRI E CINQUE, 2010, 51.

34. BLOCH, 1968, 128-130

degli Studi di Roma “Tor Vergata”, guidato dal Prof. Ing. Angelo Spena³⁵. Sulla base dei risultati di tali studi, anche la presenza del forno periferico acquista un preciso significato funzionale: se durante la stagione invernale la presenza di un forno avrebbe avuto senso solo nell’ipotesi di un’improbabile uso a “postcombustione”, alla luce di quanto rilevato essa acquista un significato logico connesso all’utilizzo durante la stagione estiva e, dunque, finalizzato al raffrescamento interno. Questo era reso possibile dall’intuitiva eppur efficace applicazione di semplici principi della fisica, adattati alle conoscenze teoriche e alle tecnologie disponibili in età imperiale, di facile realizzazione con materiali d’uso comune. Il forno in questione funzionava come “camino di richiamo”, innescando la circolazione forzata dell’aria allorquando la temperatura esterna scendeva al di sotto di quella delle murature perimetrali; il funzionamento era garantito sia dalla presenza di condotti di collegamento con gli ipocausti, sia di condotti verticali di sfiato prossimi al camino. L’aria, che dalle finestre poste sul fronte principale affluiva nell’ipocausto passando attraverso i *praeefurnia* spenti, veniva captata dalle condotte fittili fino ad arrivare al forno periferico, alimentandone la fiamma, che veniva poi espulsa mediante le condotte fittili verticali, o camini di tiraggio. In tale meccanismo, l’afflusso di aria dall’esterno poteva essere agevolato dai venti dominanti, che in estate soffiano in questa zona prevalentemente da nord-ovest. Tubuli di sezione rettangolare di 15 x 7,5 cm e spessore 1 cm, realizzati in laterizio e i cui resti sono ancora visibili, erano ammorsati nella muratura e funzionavano come canne fumarie necessarie a risolvere il problema della saturazione di fumi e gas prodotti dalla combustione. La configurazione attuale è esito delle trasformazioni rese necessarie dall’aggiunta al Palazzo d’Inverno della struttura del Quadriportico con Peschiera, che ha reso necessario lo spostamento del forno periferico. Non solo; ad una prima analisi del vano dell’ipocausto, in corrispondenza delle *suspensurae*, le pareti non presentano fori di ingresso dei condotti di adduzione dell’aria tali da consentire il funzionamento del sistema, sebbene il tracciato rilevato dal georadar giunga in prossimità dell’angolo nord-ovest del vano con ipocausto.

Oltre al sistema sopra descritto, vi è un altro elemento la cui posizione e funzione richiamano i principi di architettura bioclimatica. Si tratta di una vasca poco profonda, ma di superficie ampia, alimentata da una *fistula* sul lato orientale dell’edificio e provvista di scarico sull’angolo sud-occidentale, insolitamente collocata sul prospetto principale, la cui ombreggiatura è garantita dalla presenza del giardino. Collocata in posizione elevata rispetto

35. Tali studi sono escussi in ADEMBRI E CINQUE, 2010.

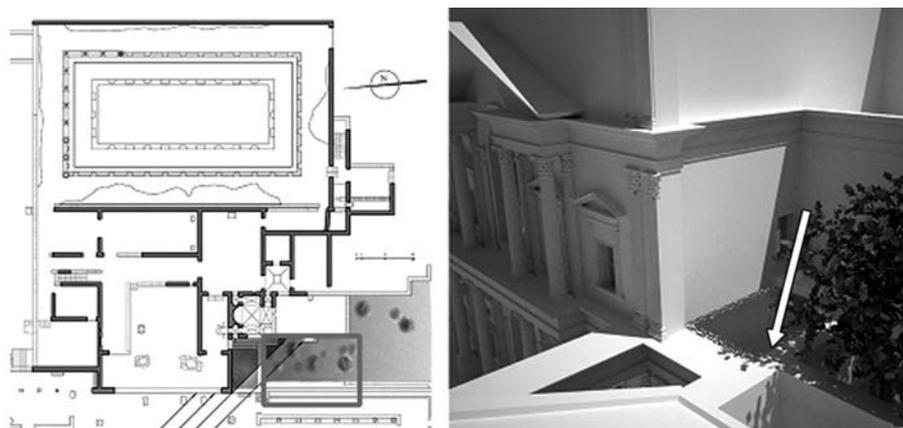


Fig. 8. Ipotesi ricostruttive della funzione climatica della vasca e del giardino superiore in relazione ai venti dominanti, evidenziata la vasca (rielaborazione da ADEMBRI E CINQUE, 2010, 55).

alla quota del terreno, è situata in prossimità di un ambiente identificabile con un *cubiculum* per la presenza di due alcove e di due latrine, per le sue dimensioni unico esempio in tutto l'edificio. La sua presenza induce all'ipotesi che la vasca sia stata progettata come dispositivo atto a garantire il benessere climatico di quella che è stata individuata come camera da letto imperiale. In esso, l'acqua, evaporando, rinfrescava l'aria, che a sua volta mitigava gli effetti del calore assorbito dalle pareti del cubicolo durante le ore diurne. A questo accorgimento era associato un abbassamento della temperatura interna, dovuto all'aria fresca che correva sotto il pavimento. Appare evidente che un sistema così sofisticato, atto a garantire in particolare il riposo notturno, non poteva che essere finalizzato al benessere dell'imperatore³⁶.

Nel complesso, dunque, il cd. Palazzo d'Inverno godeva di un sistema di climatizzazione completo di riscaldamento e raffrescamento, che sfruttava da un lato ingegno e perizia tecnica e dall'altro le conoscenze, poi sistematizzate dai trattatisti, sull'orientamento degli edifici e la scelta di direzioni privilegiate in funzione della ventilazione naturale, tali da definire autentiche soluzioni bioclimatiche ante litteram. Alla luce delle indagini e delle valutazioni esposte, anche la stessa denominazione dell'edificio può essere ripensata: il Palazzo era evidentemente utilizzato a fini residenziali nel corso dell'intero anno e disponeva di tutti i requisiti necessari ad ospitare l'imperatore.

Principi e tecnologie antiche, se opportunamente indagati, non solo diventano preziosa testimonianza ma possono essere recuperati adattandoli

36. ADEMBRI E CINQUE, 2010, 54-55.

alla pratica contemporanea del restauro e della riconversione funzionale. Una valida testimonianza della reale attuazione di ciò proviene dai recenti interventi eseguiti nelle Terme di Diocleziano a Roma.

Con il restauro delle Terme di Diocleziano, la Soprintendenza Speciale per l'Area Archeologica di Roma si è aggiudicata il Premio dell'Unione europea per il Patrimonio Culturale / Europa Nostra Awards 2016, assegnato dalla Commissione Europea e da Europa Nostra, non solo affermando l'alta qualità degli interventi, ma, per esplicita affermazione della giuria, "questo progetto di restauro ha anche riaperto al pubblico una zona vitale di Roma e ha saputo reinterpretare l'edificio riuscendo a comunicare ai visitatori l'importanza delle antiche Terme".

Le opere iniziate nel 2008 e, portate avanti in varie fasi, sono terminate nel 2014, sotto la direzione dell'architetto Marina Magnani Cianetti, progettista e responsabile dei lavori. Gli edifici si presentavano in condizioni particolarmente critiche, dovute alle spoliazioni, all'abbandono, al degrado, alla mancata manutenzione, ma anche a restauri pregressi, che in alcuni casi avevano peggiorato la sicurezza strutturale³⁷.

Nel corso del 2012-2013, una serie di indagini e uno studio condotto in collaborazione con l'Associazione Roma Sotterranea, ha permesso, tra gli altri, di comprendere il funzionamento degli impianti tecnici del complesso termale, in particolare quello idraulico, termico e di manutenzione³⁸.

Lo schema architettonico, i percorsi idrotermali e la distribuzione delle acque furono progettati contestualmente agli impianti tecnici, che inclusero un impianto idraulico di adduzione per la raccolta e la distribuzione delle acque; un sistema di smaltimento delle acque reflue, di quelle meteoriche e di scarico e un impianto termale caratterizzato dalla gestione del riscaldamento di ambienti e vasche.

Era inoltre presente una rete di gallerie, cunicoli sotterranei e passaggi di servizio in elevato nascosti alla vista dei frequentatori. Questi cunicoli, oggi solo in parte visibili a causa di spoliazioni e crolli, erano realizzati con spallette in opera laterizia, con coperture di mattoni contrapposti a doppio spiovente detti "a cappuccina", ma le loro caratteristiche tipologiche potevano variare in base alle esigenze specifiche.

I tubi di alimentazione in piombo, *fistulae*, potevano essere alloggiati in appositi cunicoli porta tubo, oppure in riseghe predisposte nelle murature e annegati nella malta o, ancora, inglobati nelle murature stesse o nei massetti

37. FRIGGERI E MAGNANI CIANETTI, 2014.

38. LOMBARDI E SANTUCCI, 2014.

pavimentali. Alcuni di questi alloggiamenti sono ancora visibili e grazie a questi è stato possibile studiare e tracciare l'intero sistema. Un grande serbatoio di forma trapezoidale con copertura piana e una capacità complessiva di 6000 mq di acqua, noto come "Botte di Termini", si trovava come noto lungo il lato sud-est delle Terme, collegato al sistema di adduzione idrica dell'intero complesso termale. È stato stimato che la quantità di acqua presente all'interno del serbatoio non fosse del tutto sufficiente ad assolvere i bisogni di tutti gli ambienti termali e alle necessità di manutenzione.

Adiacente a questo, l'anonimo di Destailleur (seconda metà del XVI secolo) rilevava un vano con scala che consentiva l'accesso alla conserva, identificato come "camera di manovra", dal quale era possibile regolare il flusso d'acqua necessario ad alimentare il sistema³⁹. Dalle indagini *in situ* non sono emersi scarichi di colmo o di troppo pieno, né lo scarico di fondo necessario per la pulizia periodica del serbatoio. Tuttavia, la presenza di un'unica camera di manovra avrebbe potuto creare disservizi al sistema in caso di guasti. L'insufficienza della riserva e, il rischio di disservizi, portarono alla trasformazione di due ambienti termali in serbatoi supplementari, opportunamente rivestiti con strati di cocchiopesto.

L'impianto di adduzione, con inizio presso la Botte di Termini, era caratterizzato da gallerie sotterranee transitabili, all'interno delle quali erano alloggiati i tubi in piombo. Queste si diramavano all'interno degli ambienti principale del complesso e, attraverso alcune derivazioni, raggiungevano le numerose fontane ornamentali, nonché il Chiostro Piccolo e la Certosa.

Il funzionamento del complesso sistema è stato chiaramente illustrato da Lombardi e Santucci: all'apertura delle Terme i serbatoi risultavano già colmi, mentre venivano riempite le vasche e alimentate le varie utenze. Nel corso della giornata il serbatoio veniva gradualmente a svuotarsi, fino a mantenere una piccola riserva d'acqua. Alla chiusura delle Terme, tutte le valvole di alimentazione venivano chiuse e iniziava lo svuotamento, che impegnava alcune ore, seguito da necessarie operazioni di pulizia. Durante la notte i serbatoi avevano il tempo di riempirsi nuovamente e al mattino il ciclo riprendeva.

L'intero sistema era parzializzato, ovvero costituito da anelli di distribuzione alimentati dai serbatoi e provvisti di chiavi e valvole; queste ultime, opportunamente montate lungo le tubazioni, potevano essere chiuse in caso di guasti, isolando così la porzione su cui era necessario intervenire ed evitando la chiusura completa del sistema.

³⁹. *Ibidem*.

Per quanto riguarda l'impianto di smaltimento, il sistema fognario riceveva il deflusso delle acque piovane, le acque reflue, gli scarichi delle vasche, delle fontane, lo smaltimento delle acque nere provenienti dalle latrine e quelle derivanti da tutte le operazioni di pulizia. L'analisi *in situ* ha rivelato la presenza di discendenti e pluviali, e, all'interno delle vasche, scarichi collegati al sistema di smaltimento, tombini e caditoie. Analogamente al sistema di adduzione, quello di smaltimento era caratterizzato da una fitta rete di cunicoli articolata in una struttura a doppio pettine, dove condotti di sezione minore convogliavano le acque in collettori ortogonali di sezione maggiore.

Tale sistema conduceva ad una "fogna assiale" ed era ripetuto in più parti, ciascuna delle quali a servizio di ambienti specifici.

I discendenti erano realizzati mediante riseghe murarie quadrangolari, ordite in posizione superficiale rispetto al filo esterno delle murature, oppure inglobati al loro interno, alcuni di questi passaggi sono stati ripristinati durante gli ultimi lavori di restauro e sono stati tradotti in alloggiamenti per pluviali in rame. Per uno dei tre moderni discendenti esterni, collocato sull'angolo di un avancorpo, che deturpava la grandiosa facciata monumentale, si sono invece dovute studiare soluzioni alternative in grado di garantire lo smaltimento delle acque piovane, sempre più insidiose per la conservazione dei monumenti. La

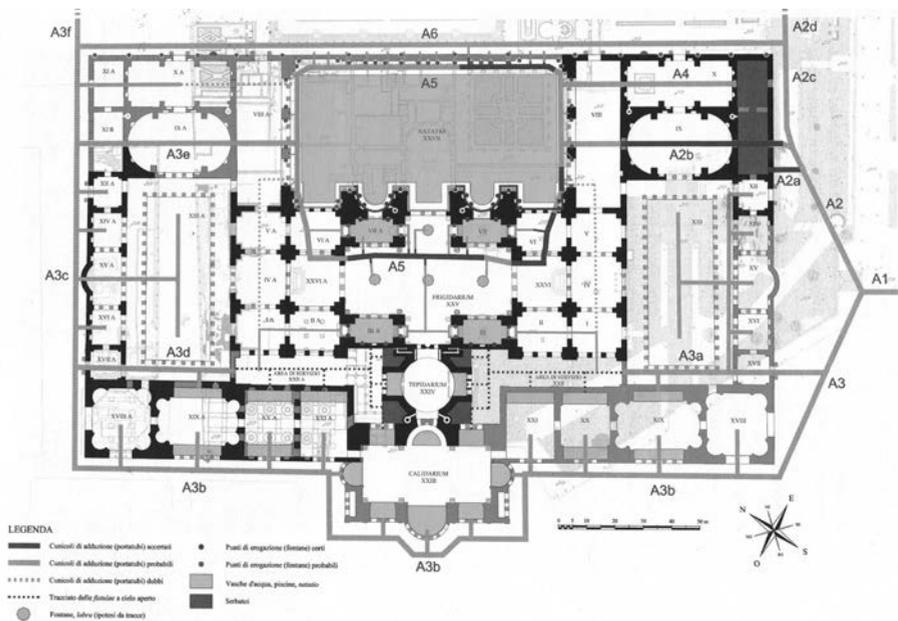


Fig. 9. Impianto idraulico di adduzione (da LOMBARDI E SANTUCCI, 2014, 84).

soluzione è arrivata dall'utile coniugazione di creatività e tecnologia; dopo aver liberato l'antico canale da lungo tempo ostruito, è stato introdotto al suo interno un tubolare in ago-feltro poliestere, il quale, impregnato d'una resina termoidurente, si è trasformato in un vero e proprio tubo monoblocco con funzionalità idrauliche e strutturali all'interno del vecchio condotto⁴⁰.

L'impianto di riscaldamento seguiva struttura e impianto propri degli ambienti termali romani ed era costituito da un sistema di gallerie, forni, *suspensurae*, *tubuli* e canne fumarie posto a servizio delle aule da riscaldare. Le gallerie, oggi solo parzialmente ispezionabili, sono note dalle rappresentazioni del citato anonimo di Destailleur, il quale le ha rappresentate in sezione trasversale e longitudinale assieme a forni e *suspensurae*⁴¹.

L'accurata conoscenza del monumento ha permesso di sfruttare tutte le possibilità offerte dagli elementi costituenti l'edificio e dalle sue caratteristiche formali, utili a un inserimento attento e rispettoso degli impianti, spesso considerati deturpanti e voluminosi, ma qui conformati al massimo occultamento o alla minima invasività.

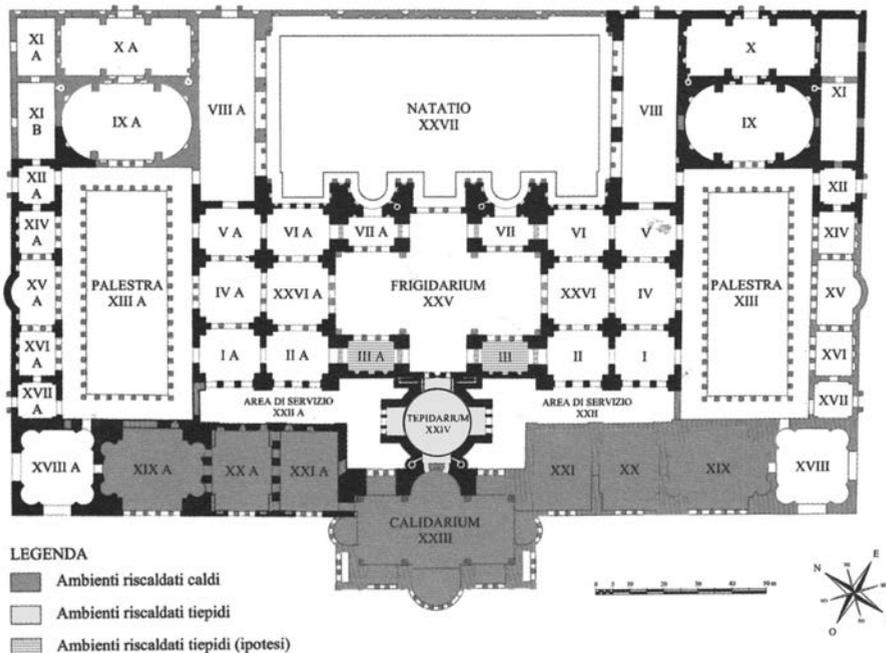


Fig. 10. Pianta dell'edificio centrale. In evidenza gli ambienti riscaldati (da LOMBARDI E SANTUCCI, 2014, 94).

40. MAGNANI CIANETTI, 2014, 360-361.

41. LOMBARDI E SANTUCCI, 2014, 94.

Nel caso del chiostrino costruito sulla *Natatio* delle Terme, i cunicoli appartenenti al sistema impiantistico antico e gli altri tracciati moderni posti al di sotto del piano di calpestio degli ambulacri si sono rivelati una “fortunata risorsa” per il passaggio dei nuovi cavidotti e dei canali di aerazione, realizzati per impedire la risalita dell’umidità nelle murature.

I casi citati sono solo esemplificativi dell’attualità dei precetti forniti dai Trattati e dai Manuali ma vogliono essere lo spunto per approfondire un metodo di analisi e di progettazione che, tenendo conto della specificità del manufatto, lo metta a sistema con uno studio puntuale e mai banale della letteratura. Questa, accompagnando studiosi e progettisti nella conoscenza, potrà opportunamente guidarli alle scelte più adatte e rispettose in una sostanziale continuità ideologica tra passato, presente e futuro⁴².

Bibliografia

- ADAM, J.P. (2003): *L'Arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Milano.
- ADEMBRI, B. E CINQUE, G.E. (2010): “Tecnica e tecnologia nell’Edifici con Peschiera di Villa Adriana”, in *Lazio e Sabina*, Atti del convegno. Sesto incontro di studi sul Lazio e la Sabina, a cura di G. Ghini, Roma 4-6 marzo 2009.
- ALBERTI, L.B. (1485): *De Re Aedificatoria*, ed. it. a cura di Portoghesi, P. e Orlandi, G., Milano 1996.
- BALOCO, C., FARNETI, F. E MINUTOLI, G. (2009): *I sistemi di ventilazione naturale negli edifici storici: Palazzo Pitti a Firenze e Palazzo Marchese a Palermo*, Firenze.
- BASTIANI, M. (2006): “La Progettazione eco-sostenibile di un nuovo quartiere: il progetto europeo Ecocity”, in *Pianeta Galileo*, 511-520.
- BASTIANI, M. E SARTOGO, F. (A CURA DI) (1998): *Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica della città storica di Perugia*, Perugia.
- Bloch, H. (1968): *I bolli laterizi e la storia edilizia romana. Contributi all’archeologia e alla storia romana*, Roma.
- CASACCIA, P. (1989): *Qua e là in Valsesia*, Varallo.
- CAVALIERI SAN BERTOLO, N. (1826): *Istituzioni di architettura statica e idraulica*, Dalla Tipografia Cardinali e Frulli, Bologna.
- CINQUE, G.E. (2017): *Le rappresentazioni planimetriche di Villa Adriana tra XVI e XVIII secolo. Ligorio, Contini, Kircher, Gondoin, Pnanesi*, Collection de l’École française de Rome, 525, Roma.
- CINQUE, G.E. (2018a): *Le piante storiche*, in *Villa Adriana. Passeggiate iconografiche*, a cura di Cinque, G.E., e Marconi, N., Foligno, 38-57.
- CINQUE, G.E. (2018b): *Le legende delle piante storiche*, in *Villa Adriana. Passeggiate iconografiche*, a cura di Cinque, G.E. e Marconi, N., Foligno, 58-79.
- CINQUE, G.E. (2018c): *Le piante moderne*, in *Villa Adriana. Passeggiate iconografiche*, a cura di Cinque, G.E. e Marconi, N., Foligno, 140-161.
- CIRIBINI, G. (1943): *La casa rustica nelle valli del Rosa. Parte 1., Valsesia ed Alta Valle dell’Anza: indagine generale storico-evolutiva*, P.N.F Centro Nazionale Universitario di Studi Alpini, Milano.
- CORTI, L. E RIGANO, E. (2013): *Edifici storici ad alta efficienza energetica*, Padova.
- DE FRANCESCHINI, M. (1991): *Villa Adriana. Mosaici, pavimenti, edifici*, Roma.
- DIAZ, L.M. (2018): “Habitat troglodita: paralelismo entre la casa-cueva en Gran Canaria (España) e I Sassi di Matera (Italia)”, in Porcari, V.D. (a cura di), *Atti del XIV Congresso Internazionale di Riabilitazione del Patrimonio*, (Matera 18-20 giugno 2018), Matera, 123-135.
- FANTONI, R. (2008): *L’evoluzione della tipologia edilizia in alta Valsesia*, in atti del convegno “Di legno e di pietra. La casa nella montagna valsesiana”, R. Fantoni, R. e Ragozzi, J. a cura di, (Carcoforo, 27-28 settembre 2008), Gruppo Walser Carcoforo ed., Carcoforo 2008, 24-29.
- FERRUCCI, M., E PERON, F. (2018): “Ancient Use of Natural Geothermal Resources: Analysis of Natural Cooling of 16th Century Villas in Costozza (Italy) as a Reference for Modern Buildings”, in “*Sustainability*”, 10, 2018, 4340.
- FLORIO, V. (2021): *Restauro architettonico e miglioramento impiantistico: dalla pratica storica all’integrazione delle*

⁴². Per ulteriori approfondimenti si veda FLORIO, 2021.

- linee guida d'intervento*, tesi di dottorato, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", facoltà di Ingegneria, relatore Prof.ssa Arch. Nicoletta Marconi.
- FRIGGERI, R., MAGNANI CIANETTI, M., (A CURA DI) (2014): *Le Terme di Diocleziano. La Certosa di Santa Maria degli Angeli*, Milano.
- GALLO, C., (a cura di) (1998): *Verso un libro verde per l'edilizia sostenibile: la qualità energetica e ambientale dell'edificio: conferenza nazionale energia e ambiente*, ENEA, Roma.
- HIDALGO PRIETO, R., CINQUE, G.E., PIZZO, A. E VISCIOGLIOSI, A. (2020): *Adventus Hadriani. investigaciones sobre arquitectura adrianea*, Roma.
- LOMBARDI, L. E SANTUCCI, E. (2014): *Gli impianti tecnici delle Terme di Diocleziano*, in *Le Terme di Diocleziano. La Certosa di Santa Maria degli Angeli*, in FRIGGERI E MAGNANI CIANETTI , 2014, Milano, 77-103.
- LUCCHI, E. E PRACCHI, V. (2013): "Caratteri ambientali dell'architettura preindustriale", in *Efficienza energetica e patrimonio costruito. La sfida del miglioramento energetico delle prestazioni nell'edilizia storica*, a cura di Lucchi, E., Pracchi, V., Milano.
- MAC DONALD, W.M. E PINTO, J.A. (2002): *Villa Adriana. La costruzione e il mito da Adriano a Luis I.Kahn*, Milano.
- MAGNANI CIANETTI, M. (2014): "Il restauro monumentale. Interventi nelle Terme di Diocleziano e nella Certosa di Santa Maria degli Angeli", in *Le Terme di Diocleziano. La Certosa di Santa Maria degli Angeli*, a cura di FRIGGERI, R., MAGNANI CIANETTI, M., Milano, 348-371.
- ROTA, L. (2011): *Matera. Storia di una città*, Matera.
- SALZA PRINA RICOTTI, E. (2001): *Villa Adriana. Il sogno di un imperatore*, Roma.
- SARTOGO, F. E ALTAMURA, P. (2019): *Un progetto di restauro improntato alla bioclimatica: il caso pioniere di Palazzo Bianchi a Perugia*, relazione convegno "Sostenibilità ambientale e uso circolare delle risorse nell'intervento sugli edifici storici", Ferrara, 18-20 settembre 2019.
- SCAMOZZI, V. (1615): *L'idea dell'architettura universale*, Venezia.
- TROMBETTA, C. (2002): *L'attualità del pensiero di Hassan Fathy nella cultura tecnologica contemporanea. Il luogo, l'ambiente e la qualità dell'architettura*, Catanzaro.
- VALADIER, G. (1831): *L'architettura pratica dettata nella scuola e cattedra dell'insigne Accademia di San Luca dal Prof. Sig. Cav. Giuseppe Valadier*, data alla luce dagli incisori d'architettura Giacomo Rocrué ed Eleuterio Catesi, Roma.