



THIASOS

RIVISTA DI ARCHEOLOGIA E ARCHITETTURA ANTICA

2022, n. 11

Direttore: Giorgio Rocco (Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura; Presidente CSSAr Centro di Studi per la Storia dell'Architettura, Roma)

Comitato editoriale: Monica Livadiotti, Editor in Chief (Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura), Roberta Belli (Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura), Luigi M. Calì (Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Scienze Umanistiche), Maria Antonietta Rizzo (Università di Macerata, Dipartimento di Lettere e Filosofia), Giorgio Ortolani (Università di Roma Tre, Dipartimento di Architettura); Fani Mallouchou-Tufano (Technical University of Crete, School of Architecture; Committee for the Conservation of the Acropolis Monuments – ESMA); Gilberto Montali (Università di Palermo, Dipartimento di Culture e Società)

Redazione tecnica: Davide Falco (Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura), Antonello Fino (Politecnico di Bari, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura), Gian Michele Gerogiannis (Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Scienze Umanistiche), Chiara Giatti ("Sapienza" Università di Roma, Dipartimento di Scienze dell'Antichità), Antonella Lepone ("Sapienza" Università di Roma, Dipartimento di Scienze dell'Antichità), Giuseppe Mazzilli (Università di Macerata, Dipartimento di Studi Umanistici), Luciano Piepoli (Università di Bari, Dipartimento di Ricerca e Innovazione Umanistica), Valeria Parisi (Università della Campania Luigi Vanvitelli), Konstantinos Sarantidis (Ministero della Cultura Ellenico), Rita Sassu (Unitelma, "Sapienza" Università di Roma).

Comitato scientifico: Isabella Baldini (Università degli Studi di Bologna "Alma Mater Studiorum, Dipartimento di Archeologia), Dimitri Bosnakis (Università di Creta, Dipartimento di Storia e Archeologia), Ortwin Dally (Deutsches Archäologisches Institut, Leitender Direktor der Abteilung Rom), Vassiliki Eleftheriou (Director of the Acropolis Restoration Service YSMA), Diego Elia (Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Antropologiche, Archeologiche e Storico Territoriali), Elena Ghisellini (Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Antichità e Tradizione Classica), Kerstin Höghammar (professore emerito Uppsala University, Svezia), François Lefèvre (Université Paris-Sorbonne, Lettres et Civilizations), Marc Mayer Olivé (Universitat de Barcelona, Departamento de Filología Latina), Marina Micozzi (Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Dipartimento di Scienze dei Beni Culturali), Massimo Nafissi (Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Storiche sezione Scienze Storiche dell'Antichità), Massimo Osanna (Università degli studi di Napoli Federico II, Direttore generale Soprintendenza Pompei), Domenico Palombi ("Sapienza" Università di Roma, Dipartimento di Scienze dell'Antichità), Chiara Portale (Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Beni Culturali sezione archeologica), Elena Santagati (Università degli Studi di Messina, Dipartimento di Civiltà Antiche e Moderne), Piero Cimbolli Spagnesi ("Sapienza" Università di Roma, Dipartimento di Storia dell'Architettura, Restauro e Conservazione dei Beni Architettonici), Thomas Schäfer (Universität Tübingen, Instituts für Klassische Archäologie), Pavlos Triantaphyllidis (Director of the Ephorate of Antiquities of Lesbos, Lemnos and Samos, Greece), Nikolaos Tsoniotis (Ephorate of Antiquities of Athens, Greece)

Tommaso ISMAELLI, Sara BOZZA, *Olivelle a Hierapolis di Frigia. Analisi tecnologica e morfo-dimensionale dei dispositivi di sollevamento tra Augusto e Alessandro Severo*

Il contenuto risponde alle norme della legislazione italiana in materia di proprietà intellettuale ed è di proprietà esclusiva dell'Editore ed è soggetta a copyright.

Le opere che figurano nel sito possono essere consultate e riprodotte su supporto cartaceo o elettronico con la riserva che l'uso sia strettamente personale, sia scientifico che didattico, escludendo qualsiasi uso di tipo commerciale.

La riproduzione e la citazione dovranno obbligatoriamente menzionare l'editore, il nome della rivista, l'autore e il riferimento al documento. Qualsiasi altro tipo di riproduzione è vietato, salvo accordi preliminari con l'Editore.

Edizioni Quasar di Severino Tognon s.r.l., via Ajaccio 41-43, 00198 Roma (Italia)
<http://www.edizioniquasar.it/>

ISSN 2279-7297

Tutti i diritti riservati

Come citare l'articolo:

T. ISMAELLI, S. BOZZA, *Olivelle a Hierapolis di Frigia. Analisi tecnologica e morfo-dimensionale dei dispositivi di sollevamento tra Augusto e Alessandro Severo*
Thiasos 11, 2022, pp. 319-353

Gli articoli pubblicati nella Rivista sono sottoposti a referee nel sistema a doppio cieco.



OLIVELLE A HIERAPOLIS DI FRIGIA. ANALISI TECNOLOGICA E MORFO-DIMENSIONALE DEI DISPOSITIVI DI SOLLEVAMENTO TRA AUGUSTO E ALESSANDRO SEVERO*

Tommaso Ismaelli, Sara Bozza**

Keywords: Hierapolis, lewis, building technology, building sites, Imperial age

Parole chiave: Hierapolis, olivella, tecnologia edilizia, cantieri, età imperiale

Abstract: *The paper deals with the topic of lifting techniques in Asia Minor, with a focus on lewises used in imperial-age public architecture at Hierapolis. By refining the method proposed by William Aylward, a selection of 52 lewis hollows is analysed, in order to understand the morphological and dimensional features of the metal devices used between Augustus and the late Severan period. The typological and dimensional analysis reveals some trends, such as the growth of the hollow size in the 2nd and 3rd centuries AD, the wide range of typological and dimensional solutions during the mid-imperial period, the verticalization of the short sides of the hollows in the Severan age, etc. At the same time, the conservative character of the lewis technique is highlighted. The coexistence of different solutions in the same period, and even in the same monument, represents a significant clue to shed light on the factors acting on the practical choices at the building site. Finally, the Mechanika of Heron, the comparison with Renaissance texts and images, and the traceological analysis of the stone surfaces offer useful indications for reconstructing the exact sequence of the ancient technical gestures.*

L'articolo affronta il tema dei metodi di sollevamento in Asia Minore, con un particolare focus sulle olivelle usate nell'architettura pubblica di età imperiale a Hierapolis. Affinando il metodo proposto da William Aylward, viene analizzata una selezione di 52 incavi per olivella allo scopo di comprendere le caratteristiche morfologiche e dimensionali degli strumenti utilizzati tra Augusto e la tarda età severiana. L'analisi tipologica e dimensionale rivela alcune tendenze, come l'aumento della grandezza dell'incavo nel II e III sec. d.C., l'ampio range di soluzioni tipologiche e dimensionali durante l'età medio-imperiale, la verticalizzazione dei lati brevi degli incavi in età severiana, ecc. Parallelamente, è possibile mettere in evidenza il carattere conservativo dell'uso dell'olivella. La coesistenza di diverse soluzioni nello stesso periodo, talora persino nello stesso monumento, costituisce un indizio importante per far luce sui vari fattori che influenzavano concretamente le scelte pratiche del cantiere costruttivo. Infine, i Mechanika di Erone, il confronto con i testi e le immagini del Rinascimento e l'analisi tracceologica delle superfici lapidee offrono indicazioni utili per la ricostruzione dell'esatta sequenza dei gesti tecnici antichi.

Introduzione

Come Erone evidenzia nei suoi *Mechanika*, la messa in opera dei blocchi nella loro esatta posizione costituisce, nella costruzione di edifici in pietra, un'esigenza non risolvibile tramite l'imbracatura dei pezzi¹ e tuttavia fondamentale sia ai fini della precisa esecuzione dell'opera sia in funzione del risparmio di tempo e lavoro. A queste necessità risponde perfettamente, invece, l'olivella, congegno metallico auto-serrante che, inserito in un apposito incavo scavato

* Questo lavoro nasce all'interno di una specifica linea di ricerca sulla tecnologia della costruzione antica, avviata dagli autori a Hierapolis di Frigia negli anni 2011-2017, all'interno delle attività della MAIER - Missione Archeologica Italiana a Hierapolis di Frigia; si ringraziano i direttori Francesco D'Andria e Grazia Semeraro (Università del Salento) per il supporto alle attività di ricerca. Ringraziamenti vanno anche ad Alister Filippini, Carlo Inglese e Marika Griffio.

** T. Ismaelli, CNR-ISPC, tommaso.ismaelli@cnr.it; S. Bozza, Sapienza Università di Roma, sara.bozza@uniroma1.it

¹ L'olivella è dunque uno strumento utilizzato esclusivamente nella

fase di montaggio e non in cava, dove le superfici ancora irregolari dei blocchi, l'eventuale presenza di bugne e la necessità di movimenti meno accurati rendevano più economico l'impiego di imbracature; questi aspetti sono ben evidenziati da AYLWARD 2014, pp. 63-64 sulla base dell'assenza di incavi per olivella sui rocchi recuperati nel relitto di Kizilburun e destinati al tempio di Apollo a Klaros. Rarissime sono, in effetti, le tracce di olivelle in cava, vedi ad es. BRUNO 2016, pp. 161-162, figg. 5-6, grande fusto di colonna al *Mons Claudianus* con due incavi.

sul piano di attesa del blocco, ne lascia libere le facce verticali e il piano di posa, consentendo così un agevole posizionamento a immediato contatto con le parti già costruite del monumento². La diffusione nell'architettura greca e romana di questo dispositivo, attestato per la prima volta nel Peloponneso dopo il 550 a.C. — se non già ad Egina intorno al 600 a.C. —, ne ha fatto uno dei temi più discussi negli studi di architettura, tecnologia e ingegneria antica³. Il quadro tratteggiato in queste sintesi, tuttavia, appare estremamente sommario, privo di un approccio critico e poco attento ai paesaggi culturali dell'architettura antica e alle molteplici informazioni ricavabili dalla stessa documentazione archeologica. Non solo, aspetti centrali dati troppo spesso per scontati appaiono tutt'altro che risolti. Tra questi, significativamente, va citata la questione dello stesso nome antico dell'olivella: nel libro decimo del *De Architectura* il silenzio di Vitruvio su questo congegno ha di fatto condannato all'oblio l'antico vocabolo latino⁴, tanto da costringere letterati ed architetti moderni a inventare termini alternativi come il neologismo *impleolae* di Leon Battista Alberti⁵ o i *cuneoli* di Guillaume Philandrier⁶. Anche l'identificazione del nome greco del congegno con *λύκος*, proposta da K. Anastasios Orlandos⁷ sulla scorta di Esichio e Polluce⁸, ed accolta comunemente negli studi, meriterebbe una più approfondita riflessione. Infatti, entrambi i lessicografi collegano *λύκος* al concetto di uncino, usato in vari ambiti funzionali, da quello culinario alla macchina di sollevamento detta *τροχαλία* o *trochileia*, senza che ne sia mai data un'adeguata spiegazione: piuttosto, è da chiedersi quanto abbia giocato a favore dell'ipotesi di Orlandos l'uso dei termini *Wolf* e *louve* nelle lingue moderne⁹.

² Erone, *Mechanika*, 3.1.6 (CARRA DE VAUX 1894, p. 170 “En raison de l'inconvénient qu'ont les machines en forme de collier avec lesquelles on élève les pierres d'empêcher de poser la pierre à l'endroit même où on a besoin de l'asseoir, nous employons le système suivant de suspension qui est appelé 'alaq'; DRACHMANN 1963, p. 103 “Because it happens with the toll that looks as a sling by which the stone is lifted, that it hinders the placing of the stone in the place where it has to be placed, we make this implement, and that is what is called hanger”).

³ Il tema delle prime attestazioni, della lunga durata di questo sistema, dal VI sec. a.C. all'età imperiale, con la trasformazione dello strumento in età ellenistica dal tipo ad un solo lato obliquo a quello a due lati obliqui è affrontato in molti studi, vedi e.g. FOWLER, WHEELER, STEVENS 1909, pp. 100-101, figg. 53-54; DURM 1910, p. 99, figg. 69-70; DINSMOOR 1950, p. 174, fig. 63e; LUGLI 1957, pp. 228-230; MARTIN 1965, pp. 218-219, figg. 98-102 (dalla metà del VI sec. a.C.); ORLANDOS 1968, pp. 96-98, figg. 105-106 (dagli inizi del VI sec. a.C.); COULTON 1974, pp. 7, 16-17 (non prima del 515 a.C.); LANDELS 1978, p. 92 (con molte affermazioni non corrispondenti alla documentazione archeologica); ADAM 1988, pp. 50-51, figg. 102, 110; HELLMANN 2002, p. 88, figg. 97-98; WRIGHT 2009, p. 76, fig. 93. Per le prime attestazioni in Grecia, a Egina nel tempio di Apollo, intorno al 600 a.C. o poco dopo, vedi HOFFELNER 1996, pp. 11-12, fig. 2; a Corinto e Argo, intorno al 530 a.C., PFAFF 2003, p. 107. Per la comparsa a Roma nei primi edifici tardo-repubblicani in marmo, vedi BERNARD 2013, p. 101, nota 10, fig. 2. Per le attestazioni più tarde, vedi AYLWARD 2009, p. 311 (Basilica di Massenzio). Il tema si intreccia con quello, altrettanto ampio, delle macchine di sollevamento, per cui vedi e.g. DI PASQUALE 1999; TATARANNI 2002; DI PASQUALE 2019.

⁴ Nonostante il silenzio di Vitruvio, la rappresentazione dell'olivella diverrà da subito un tema classico dei commenti moderni al *De architectura*, vedi già BARBARO 1556, fig. p. 256 (qui fig. 11e).

⁵ ALBERTI 1485 = 1541, VI.viii.8, vedi NENCIONI 1995, p. 17.

⁶ PHILANDRIER 1586, pp. 401-402.

⁷ ORLANDOS 1968, p. 98; vedi anche MARTIN 1965, p. 216; GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 122-123; MÜLLER-WIENER 1988, p. 82; SCHÜRSMANN 1991, p. 145 (ricondotto erroneamente a Erone); MARTINES 2016, p. 154 che spiega così il termine *λύκος* usato anche per il morso dei cavalli (Esichio, s.v. *λύκος* [...] και τὸ ἐν τοῖς χαλινοῖς σιδηρον): “la similitudine è tra il finimento del cavallo e l'utensile, entrambi foggianti per trasmettere un impulso a un corpo vivo o morto, mediante una presa ferrea come il morso di un lupo”.

⁸ Esichio, s.v. *ἀρπάγη* (*ἀρπάγη-ἐξαστρέ*). ἔστι τὸ σκευὸς ἔχον ὀγκίνους, ᾧ τοὺς κάδους ἀνασπῶσιν ἀπὸ τῶν φρεάτων, ὁ λύκος. Εὐρίπιδης [*Cycl.* 33]; “*arpage*: gancio, è un utensile che ha uncini, con il quale si tirano

su i vasi dai pozzi, il *lykos*”; Polluce, 6.88 (τὰ δὲ μαγείρου σκευὴ χύτρας, λοπάδας, μολιβδοδέτους ἐσχάρας, ἰχθυοπτερίδας, ὀβελούς βουπόρους, ὀβελίσκους, τάγγηρον, κρεάγραν, ἦν και ἀρπάγην ἐκάλουν και λύκον και ἐξαστήρα, και τὸ ἐξελεῖν ἐξαῦσαι; “gli utensili del cuoco, piatti, focolai in piombo, vasi per far bollire il pesce, spiedi lunghi per un bue, spiedini, padella da friggere, uncino da carne, che chiamano anche *arpage* e *lykos* ed *exauster*, e il togliere fuori, strappare via”) e 10.31 (μέρη δὲ τροχαλίας τονία τοπεῖα ἀξόνια. τῷ δὲ προσδεῖ και ἀρπάγης και κρεάγρας και λύκον; “parti della *trochalia*: *tonia*, cordame, leve; a ciò si deve aggiungere anche l'*arpage*, e l'uncino da carne e il *lykos*”).

⁹ Sarebbero un calco di *λύκος* il tedesco *Wolf* (es. DÖRPFELD 1892, p. 18; KOLDEWEY, PUCHSTEIN 1899, p. 225; FURTWÄNGLER 1906, pp. 50, 66; DURM 1910, p. 99, fig. 70 che distingue l'olivella a tre elementi come *Wolf* e quella a due come *Klaue*; DREXEL 1911, p. 46; FELDHAUS 1914, p. 1080, *Steinklaue* o *Wolf*; LEISTIKOW 1982, p. 21 “Steinwolf auch Kropfeisen, Steinklaue, Steinkloben, Steinkreppel, Steinzieher”) e il francese *louve* (PERRAULT 1673, p. 275; DAREMBERG, SAGLIO 1873, p. 1539; CHOIZY 1873, pp. 117-118; PERROT 1894, pp. 520, 523, tav. XLII; AUDIAT 1933, p. 53 parla invece di *loup* e *demi-loup* per l'olivella con un solo lato obliquo; MARTIN 1965, pp. 216-219; ORLANDOS 1968, pp. 96-98). Molto discussa è l'etimologia dell'inglese *lewis* (anche *louis*, *luis*) (GIBSON 1792, p. 126 riporta l'opinione - da lui confutata - che il nome derivi dalla “invention of an ingenious French mechanic employed in the magnificent public works of Louis XIV, and had its name given in compliment to that monarch”; per l'origine *OED* VI, 232 suggerisce un collegamento col soprannome o nome Lewis o Louis o, meno probabilmente, una derivazione dal francese *lever* suggerita dal dialettale *levis*), mentre l'origine del termine italiano ulivella/olivella (Vasari, *Vite*, 2.216 “la ulivella, con che si tira su le pietre”; BAROCCHI, RISTORI 1967, p. 185 (lettera di Michelangelo del 1519); BARTOLI 1550, p. 181) da ulivo/ulivo è suggerita da ORSINI 1801, p. 190 (che fa seguire la voce ulivella a quella di ulivo come legno da architettura perché non soggetto ai tarli) e ribadita più volte nei dizionari etimologici, senza un'adeguata spiegazione. Al tema della continuità del vocabolario tecnico si accompagna, di necessità, la questione della continuità tra tecnologia antica e medievale nei diversi paesaggi culturali dell'Europa post-antica. In Italia, la testimonianza vasariana sulla riscoperta dell'olivella ad opera di Brunelleschi (1402-1404) a Roma (“et investigando a tutte le pietre grosse una buca nel mezzo per ciascuna in sotto squadra, trovò esser quel ferro, che è da noi chiamato la ulivella, con che si tira su le pietre; et egli lo rinovò e messelo in uso di poi.” vedi *supra*) induce a pensare ad un'interruzione delle conoscenze: l'interesse per la novità è segnalato anche dai disegni di Leonardo da Vinci (Codice Atlantico f. 10 vb; *Codex* Madrid I, fol. 22; FELDHAUS 1914, p. 1080; ORLANDOS 1968, p. 98, fig. 107; soprattutto VON STROMER 1977, pp. 163, 167,

In effetti, come si è detto, l'unica descrizione antica pervenutaci è quella di Erone, che purtroppo espone il procedimento di montaggio dell'olivella a tre barre senza mai nominarla, mentre nella spiegazione della cd. olivella cario-ionica ad una sola barra metallica questi utilizza un termine che il traduttore arabo dei *Mechanika* traspone in *'alaq*¹⁰, e gli studiosi moderni in "gancio", "hanger... certainly a translation of the Greek word κλεις, a bolt, lock, clasp, hook, key"¹¹.

Anche il tema dell'evoluzione e diversificazione morfologica dell'olivella merita un maggiore approfondimento, al fine di superare una visione statica della tecnologia antica che appare molto diffusa non solo negli studi del secolo scorso¹². Infatti, nell'ultimo decennio, proprio per l'Asia Minore sono state sottolineate soluzioni tipiche di determinati ambiti regionali e orizzonti cronologici, come la già citata olivella cario-ionica, in uso nelle città della costa egea di Ionia, Caria, Licia ed isole antistanti (Kos) tra la prima metà del IV sec. a.C. e la seconda metà del II sec. a.C.¹³, o l'olivella "tipo Magnesia", ben documentata nel cantiere dell'*Artemision*¹⁴. Invece, quanto alle trasformazioni morfologiche delle olivelle in senso diacronico, già i primi editori dell'Eretteo nel 1927 e più tardi Orlandos segnarono l'utilità di impiegare gli incavi per olivella per distinguere i blocchi di età classica da quelli pertinenti al restauro augusteo dell'Eretteo¹⁵. Più di recente, Friedmund Hueber ha dimostrato che la morfologia degli incavi per olivella subisce adattamenti anche in periodi più ravvicinati. Sulla base della documentazione dei cantieri di Efeso e Pergamo, lo studioso ha per primo riconosciuto che gli incavi per olivella databili a cavallo tra I e II sec. d.C. avevano i lati lunghi verticali (sezione "a I", vedi *infra*) ed erano di dimensioni minori¹⁶, mentre in età traianeo-adrianea i lati brevi si allargarono leggermente verso l'alto (sezione "a V")¹⁷.

Queste osservazioni sono state sviluppate ulteriormente da William Aylward nello studio sulle olivelle di Pergamo, in cui per la prima volta viene proposta una tipologia degli alloggiamenti su base morfologica, che consente di seguire in modo più puntuale le trasformazioni dello strumento dal II sec. a.C. al II sec. d.C.¹⁸. Un ulteriore passo avanti verso il raffinamento dei criteri diagnostici è offerto dal contributo sul tempio di Apollo a Klaros in cui lo stesso Aylward ha introdotto, accanto all'osservazione dei caratteri morfologici e delle tracce di lavorazione, la definizione di parametri dimensionali utili ad una valutazione comparativa dei dati¹⁹. In modo assai ottimistico Aylward suggerisce che l'analisi degli incavi per olivella possa costituire uno strumento per datare edifici di cronologia incerta, poiché questi elementi avrebbero un minore livello di variabilità rispetto alla decorazione architettonica, su cui agiscono numerosi fattori²⁰. Questa posizione può essere accolta con grande cautela proprio per la lunga durata delle soluzioni tecniche: mentre Aylward, infatti, ha enfatizzato gli snodi cronologici che videro l'introduzione di nuove formule, del tutto in ombra è rimasto un dato fondamentale - da noi di seguito discusso - ossia la lunga durata e la coesistenza dei

169, figg. 1, 6; per le macchine da cantiere disegnate da Leonardo vedi BERNARDONI, NEUWAHL 2013) e da quello di PHILANDRIER 1586, p. 40; per gli echi dei disegni tecnici di Brunelleschi, vedi VON STROMER 1977 e bibl. in BERNINGER 1998, p. 554, note 6-8; per la diffusione nei cantieri rinascimentali, vedi e.g. LAMBERINI 1998-1999, p. 281. Anche in Gran Bretagna, l'olivella classica a tre ferri ricompare solo dalla fine del XV sec. (SALZMANN 1952, pp. 322-323, con prima citazione certa della parola *lowy* in un documento del 1357; la forma più antica sarebbe quella a doppio crescente contrapposto per la parte convessa). Per il mondo mitteleuropeo, BINDING 1993, pp. 422-424; BINDING 1998, pp. 75-76; BINDING 2014, p. 71, suggerisce invece che l'olivella sia rimasta in uso (ma da quando?) fino al XIII sec., per essere poi sostituita dai *ferrei forfices*, di impiego più immediato (vedi anche MATTHIES 1992, p. 531, figg. 3-4, 10 e le molte raffigurazioni in BINDING 2001). Per i diversi tipi di olivella in età medievale, vedi LEISTIKOW 1982, sp. pp. 23-26, figg. 1-2, 4.

¹⁰ CARRA DE VAUX 1894, p. 170.

¹¹ Erone, *Mechanika*, 3.1.6; DRACHMANN 1963, p. 104, fig. 39, con ipotesi di κλεις ripresa anche da MARTINES 2016, p. 154. "Aufhänger" in NIX, SCHMIDT 1900, p. 212 e SCHÜRSMANN 1991, p. 144. "The loop" in FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, p. 403.

¹² Fa eccezione l'importante ma poco citato studio di VALLOIS 1978, pp. 510-520 che, con un'impostazione contestuale, offre una dettagliata analisi delle soluzioni attestata a Delo, tra il V ed il II sec. a.C., registrando elementi di continuità e specificità locali, ad es. nella disposizione degli incassi per olivella rispetto al baricentro.

¹³ Olivella dotata di una sola barra a due lati obliqui, inserita lateralmente attraverso un incavo maggiore, poi occupato da un fermo, vedi PEDERSEN 2001-2002, p. 114; PEDERSEN 2011 ne sottolinea

la comparsa nella prima metà del IV sec. a.C. nei cantieri della Caria sotto gli Ecatomnidi e il declino nella media età ellenistica. Per la diffusione geografica, vedi DEMİRTAŞ 2010; PEDERSEN 2011, pp. 375-376 (con diffusione poi in architetture tolemaiche); LIVADIOTTI 2013 (con ultime attestazioni a Kos alla metà o seconda metà del II sec. a.C.); DEMİRTAŞ 2015 (specialmente per la Licia); PEDERSEN 2021, pp. 29-30, tab. 2.3.

¹⁴ Simile alla precedente, ma caratterizzata da una barra dotata di un solo lato solo obliquo, disposta ortogonalmente all'incasso per il fermo ligneo, vedi DEMİRTAŞ 2006, pp. 18-19, dis. 4, tav. 5e; DEMİRTAŞ 2010, p. 106, figg. 7-8, forse sviluppo tardo del tipo cario-ionico. Due esemplari del tipo sono stati individuati a Kos, vedi LIVADIOTTI 2013, pp. 145, 150-151, 156, nn. 4, 9, figg. 11-12, 20.

¹⁵ PATON 1927, pp. 188-189 dove si sottolinea sia l'uso più estensivo in età romana, anche per i muri della cella, a fronte di quello selettivo di età classica, sia la diversa conformazione dell'incavo, ad un lato obliquo nel cantiere classico, con uno o più comunemente due lati obliqui nel restauro augusteo; ORLANDOS 1968, p. 98. Le olivelle sono state utilizzate come elemento indicativo di restauri romani in più contesti, ad es. il tempio di Zeus ad Olimpia (DINSMOOR 1941, pp. 405-414), il tempio di Nemesi a Ramnunte (MILES 1989, pp. 181, 199 che evidenzia dimensioni e forma diverse degli esemplari imperiali), il *prostoon* del *Telesterion* di Eleusi (olivelle con due lati obliqui, vedi TOWNSEND 1987, pp. 99-101, fig. 2).

¹⁶ HUEBER 1989, p. 222, fig. 4.

¹⁷ *Ibidem*, fig. 3.

¹⁸ AYLWARD 2009.

¹⁹ AYLWARD 2014.

²⁰ AYLWARD 2009, p. 312.

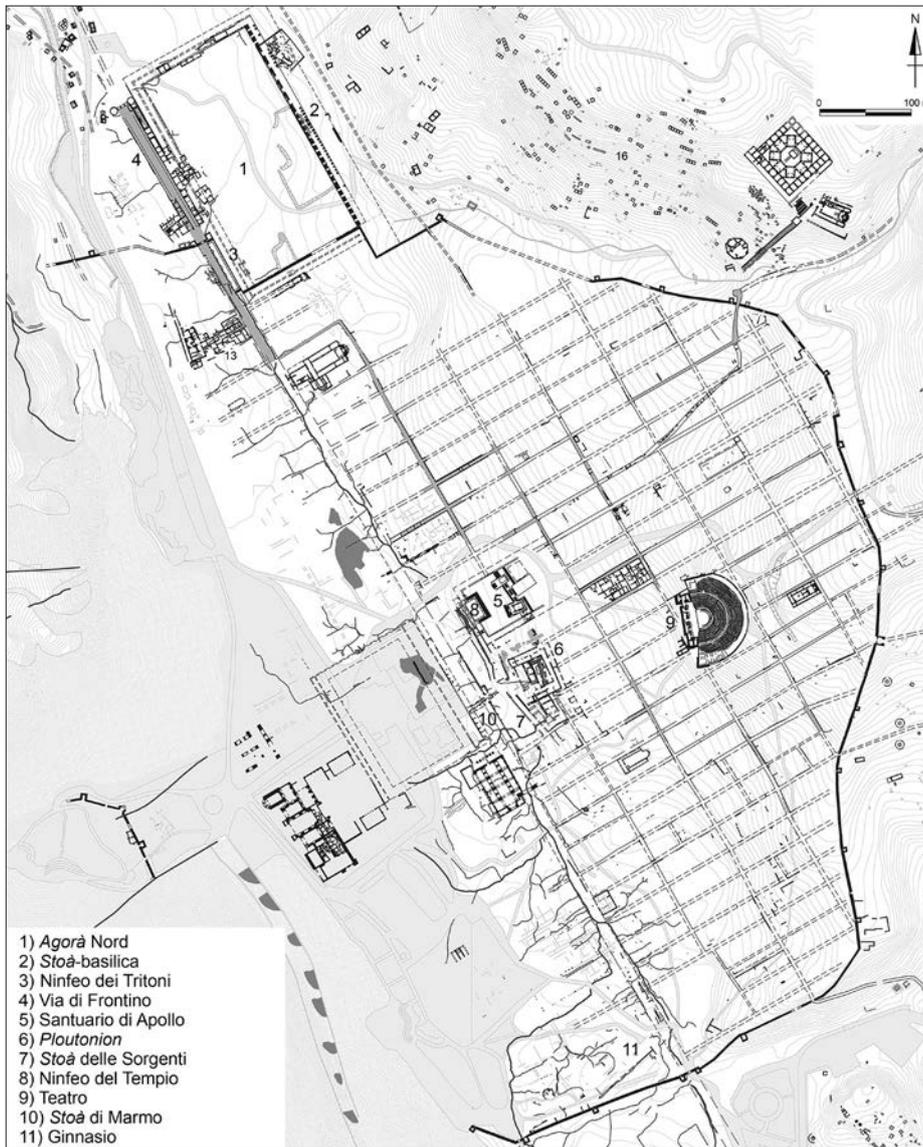


Fig. 1. Hierapolis di Frigia, planimetria con indicazione dei monumenti esaminati (Archivio Missione Archeologica Hierapolis).

tipi morfologici. In questa prospettiva, per poter essere impiegate come elementi diagnostici, le olivelle andranno valutate nel quadro più ampio della conoscenza del singolo monumento antico, insieme ai dati desunti dalla decorazione architettonica, dai materiali impiegati e dagli altri aspetti tecnici della lavorazione²¹. Per di più bisogna evidenziare che le differenze locali e regionali riscontrate, come si vedrà di seguito, impongono ulteriore prudenza nell'adottare un approccio comparativo tra contesti urbani diversi.

T.I., S.B.

Gli incavi per olivella documentati a Hierapolis di Frigia²²

Sulla scorta dell'approccio proposto da Aylward, il presente lavoro intende offrire un'analisi dell'uso dell'olivella a Hierapolis di Frigia (fig. 1), città che ha visto uno straordinario sviluppo urbano tra l'età di Augusto e quella dei

²¹ Interessante è ad esempio la compresenza di più tipi diversi nello stesso cantiere, come dimostra DEMİRTAŞ 2006, pp. 13-19; DEMİRTAŞ 2010, pp. 106, 108-109, per l'Artemision di Magnesia, con uso delle olivelle cario-ionie, del "tipo Magnesia" e di quelle normali con due lati corti obliqui in settori diversi del colonnato e della trabeazione della peristasi e nei muri della cella. Per la necessità di integrare altri elementi datanti di tipo strati-

grafico, vedi anche ZABRANA 2018, p. 60.

²² Nel testo e nelle tabelle sono impiegate le seguenti abbreviazioni: H: altezza; L: lunghezza; Lpa: lunghezza al piano di attesa; Lpp: lunghezza al piano di posa; D: diametro; Di: diametro inferiore; Ds: diametro superiore; P: profondità; Ppa: profondità al piano di attesa; Ppp: profondità al piano di posa.

Severi con la monumentalizzazione dei principali centri della vita civile e religiosa. Il sito costituisce un laboratorio ideale per l'analisi, dal momento che nell'ultimo decennio i suoi poli pubblici sono stati oggetto di approfonditi studi, volti alla ricostruzione di planimetrie e alzati, all'inquadramento cronologico e stilistico degli edifici, alla comprensione dell'approvvigionamento dei materiali da costruzione²³. Negli anni più recenti, inoltre, le dinamiche degli antichi cantieri edilizi sono state il focus di dettagliate ricerche che spaziano dall'analisi delle fasi di lavorazione dei blocchi architettonici ai sistemi di assemblaggio, dal restauro antico alla preparazione di malte e altri leganti artificiali²⁴. In questo quadro, lo studio dei sistemi di sollevamento si giova di una solida base conoscitiva dei monumenti, dei materiali costruttivi e della lunga biografia dei contesti.

L'analisi proposta si fonda sul campionamento di 52 incavi, individuati in contesti pubblici rappresentativi di tutto lo sviluppo monumentale di Hierapolis in età imperiale (cfr. fig. 1). Per l'epoca augustea e giulio-claudia, sono stati documentati incavi per olivella dagli Edifici A e B, i due principali templi del Santuario poliadico di Apollo²⁵, dal portico dorico che delimita il terrazzo inferiore della stessa area sacra²⁶, così come dal portico ionico di età neroniana che coronava il santuario di Plutone e Kore²⁷. Per l'edilizia civile, si sono campionati i portici dorici del Ginnasio²⁸ e della *Stoà* di Marmo²⁹, che bordava il tratto centrale della *plateia* principale della città.

Alla fase di ricostruzione e ampliamento della panoplia urbana in epoca flavia, successiva al terremoto del 60 d.C., invece, appartengono il Portico Superiore di ordine corinzio che circondava il terrazzo sommitale del Santuario di Apollo³⁰ e la *Tholos* del *Ploutonion*³¹, che condividono lo stesso disegno architettonico. A questi monumenti si aggiungono le facciate doriche in travertino della *plateia*³² e la *Stoà* delle Sorgenti³³, la cui cronologia può scendere agli inizi del II sec. d.C., in età traiana.

Rappresentativi dell'età adrianea sono il *Dodekatheon*³⁴ e un edificio ionico non ancora identificato ma certamente collocato nell'area centrale della città³⁵, mentre i materiali campionati nella *Stoà*-basilica³⁶ e nelle *stoai* perimetrali dell'*Agorà* Nord³⁷ appartengono al lungo cantiere adrianeo-antonino della gigantesca piazza. Più tardi, databile nell'avanzata età antonina, è invece il Ninfeo del Santuario di Apollo³⁸. Per l'epoca severiana, che vide un intenso programma di rinnovamento dei poli religiosi e civili, sono stati selezionati elementi della frontescena del Teatro³⁹, la cui costruzione inizia con Settimio Severo e si conclude almeno con Elagabalo, del Ninfeo dei Tritoni⁴⁰, databile sotto Elagabalo e Alessandro Severo, e del Tempio A nel Santuario di Apollo⁴¹, sempre da collocare nella tarda età severiana. I blocchi selezionati sono prevalentemente in marmo, con solo quattro esempi in travertino (nn. 5, 20, 35, 36); la proporzione tra i due materiali riflette in qualche modo l'attestazione molto maggiore dell'olivella nell'architettura in marmo, materiale che grazie alla sua buona resistenza a compressione, taglio e trazione⁴² appare particolarmente adeguato all'uso di questo strumento di sollevamento.

In genere è stato possibile distinguere gli incavi per olivella relativi alla fase originaria del monumento da quelli pertinenti a successivi interventi di restauro (Ginnasio), sebbene in alcuni contesti dalla lunga storia costruttiva alloggiamenti su blocchi privi di decorazione siano risultati non facilmente databili (Tempio B). In questi casi è interessante valutare se i caratteri morfologici e dimensionali degli incavi per olivella siano in grado di fornire indizi utili ad affinare

²³ ISMAELLI 2009; D'ANDRIA, ROMEO 2011; D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2012; MASINO, MIGHETTO, SOBRÀ 2012; ROMEO, PANARITI, UNGARO 2014; D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2016; ISMAELLI, SCARDOZZI 2016; ISMAELLI 2017a; CAMPAGNA 2018; BOZZA 2020; D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2022.

²⁴ Per il restauro, vedi ISMAELLI 2013a; ANDREOTTI *et alii* 2018; ISMAELLI 2021; CANTISANI *et alii* 2022; ISMAELLI *et alii* 2022. Per le malte, vedi CANTISANI *et alii* 2016a; CANTISANI *et alii* 2016b; VETTORI *et alii* 2019. Per le tecniche di assemblaggio, vedi ISMAELLI, BOZZA 2016; BONZANO 2019a; BONZANO 2019b. Per la finitura dei blocchi, vedi BOZZA, ISMAELLI 2022b. Per l'approvvigionamento di marmo, travertino, breccia e alabastro, vedi articoli in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016.

²⁵ Sul Tempio A, vedi ISMAELLI 2017a, pp. 49-55, 87-110, 260-262, 315-334, 427-431, 439-447; ISMAELLI 2020b. Sul Tempio B, vedi SACCHI, BONZANO 2012; BOZZA 2020, pp. 249-262.

²⁶ ISMAELLI 2009, pp. 1-118.

²⁷ BOZZA 2020, pp. 147-237.

²⁸ ISMAELLI 2009, pp. 165-169; ISMAELLI 2016b; ISMAELLI 2016c.

²⁹ ISMAELLI 2009, pp. 119-163; ISMAELLI 2016c; ISMAELLI 2016d.

³⁰ BOZZA 2020, pp. 54-143.

³¹ ISMAELLI 2013b; ISMAELLI 2016e; BOZZA, ISMAELLI 2022a.

³² ISMAELLI 2009, pp. 171-346.

³³ DITARANTO, ISMAELLI, SCARDOZZI 2022.

³⁴ MASINO, SOBRÀ 2011; MASINO, SOBRÀ 2012a.

³⁵ Edificio di cui sono noti solo alcuni capitelli ionici, vedi BOZZA 2017; BOZZA 2020, pp. 27-53.

³⁶ ROSSIGNANI, SACCHI 2007; ROSSIGNANI, SACCHI 2011; D'ANDRIA, ROSSIGNANI 2012; ROSSIGNANI, BARATTO 2012; BONZANO 2019a; BONZANO 2019b; BOZZA 2020, pp. 274-284.

³⁷ BOZZA 2020, pp. 265-274; BOZZA, ISMAELLI 2022b.

³⁸ CAMPAGNA 2018, pp. 563-598.

³⁹ DE BERNARDI FERRERO, CIOTTA, PENSABENE 2007; SOBRÀ, MASINO 2010; MASINO, SOBRÀ 2012b; SOBRÀ 2012; SOBRÀ, MASINO 2014; SOBRÀ 2015; MASINO 2016; SOBRÀ 2016; ISMAELLI, SCARDOZZI, SOBRÀ 2016.

⁴⁰ CAMPAGNA 2018, pp. 3-559.

⁴¹ ISMAELLI 2016a; ISMAELLI 2017a, pp. 55-79, 110-233, 263-305, 334-414, 418-425, 432-437, 448-454; ISMAELLI 2017b; ISMAELLI 2020a.

⁴² PERONI 2016, pp. 167-168, tab. 1; 169 osserva che la resistenza si riduce notevolmente nel travertino e nei tufi; CARRIERO, SABBADINI 2016, pp. 171-172. Già MARTIN 1965, p. 216, nota 5, e ORLANDOS 1968, p. 97, nota 9, sottolineavano come alla diversa resistenza del materiale corrispondessero dimensioni diverse delle olivelle, con incassi più grandi nei blocchi di calcare.

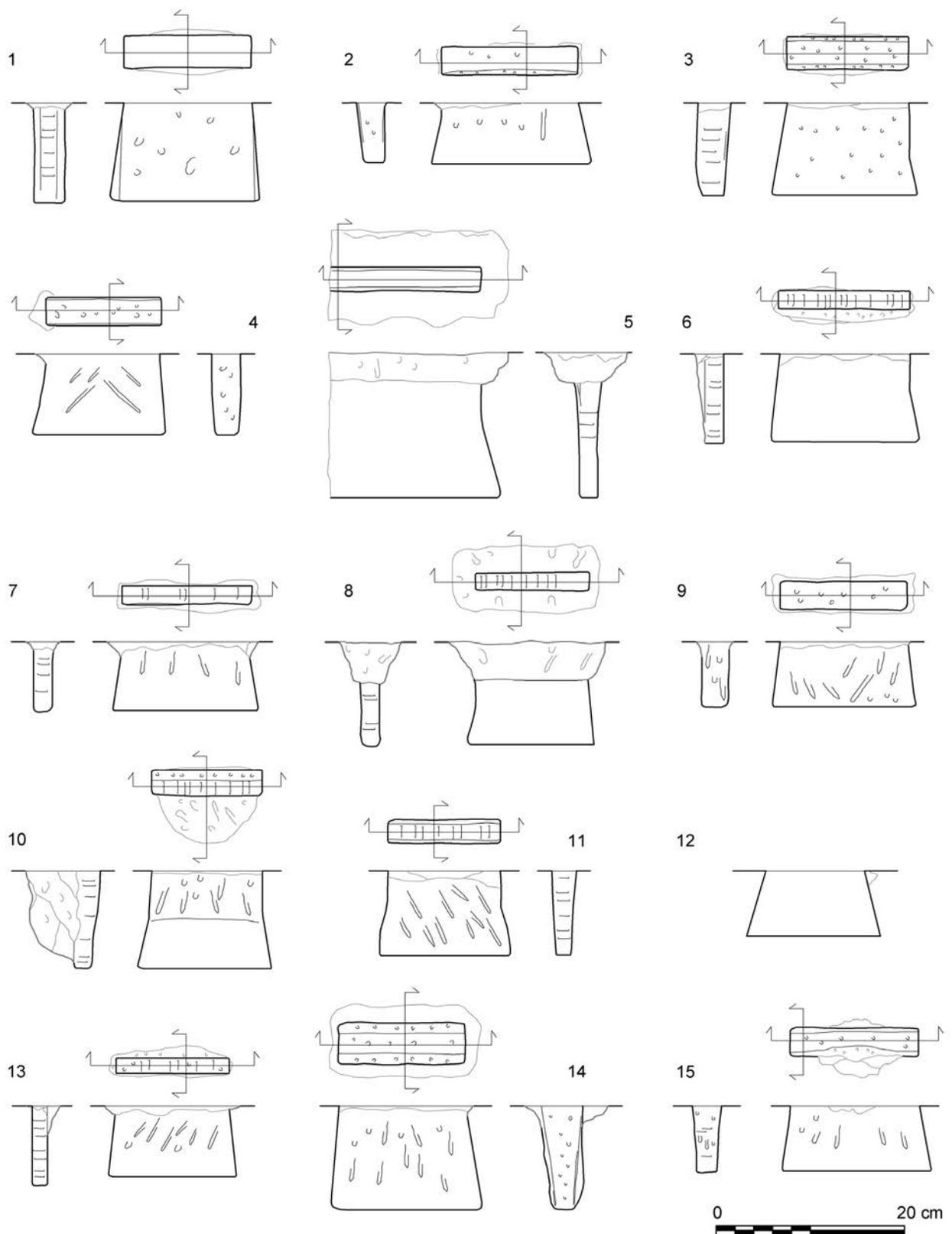


Fig. 2. Incassi per olivella nn. 1-15 (in grigio chiaro fratture e tracce di asportazione non attribuibili con certezza al cantiere originario).

la cronologia dei blocchi. Nei singoli contesti, infine, sono stati selezionati elementi pertinenti a membrature diverse, al fine di valorizzare l'eventuale compresenza di tipi differenti di olivella.

Gli incassi analizzati sono stati documentati attraverso riprese fotografiche e l'elaborazione di pianta, sezione trasversale e sezione longitudinale in scala 1:2, con una particolare attenzione alla restituzione delle tracce di lavorazione (figg. 2-5). Gli incavi sono numerati in una sequenza che intende rispecchiare la cronologia dei

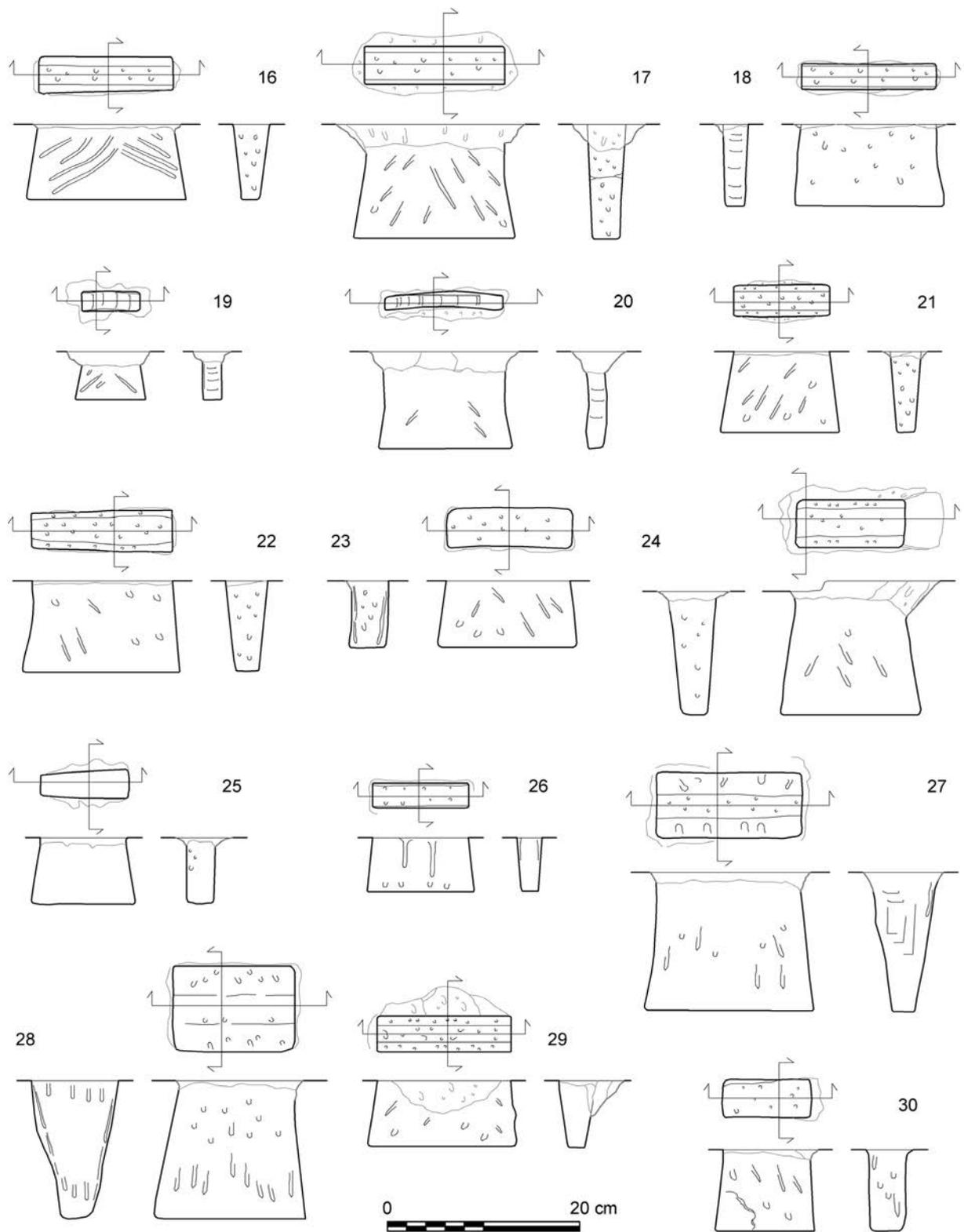


Fig. 3. Incassi per olivella nn. 16-30 (in grigio chiaro fratture e tracce di asportazione non attribuibili con certezza al cantiere originario).

monumenti; per le olivelle che, nello stesso blocco, si sovrappongono tra loro sono utilizzate lettere accanto al numero. L'approfondita conoscenza degli edifici qui discussi ha permesso di associare sempre i dati sugli alloggiamenti per il sollevamento alle informazioni relative al singolo blocco ed alla sua collocazione nell'impaginato architettonico e nella storia del cantiere costruttivo o di restauro. Nella prima tabella (tab. 1) sono indicati, per ogni incavo, il monumento e il codice del blocco di pertinenza, con la sua descrizione, datazione, dimensioni,

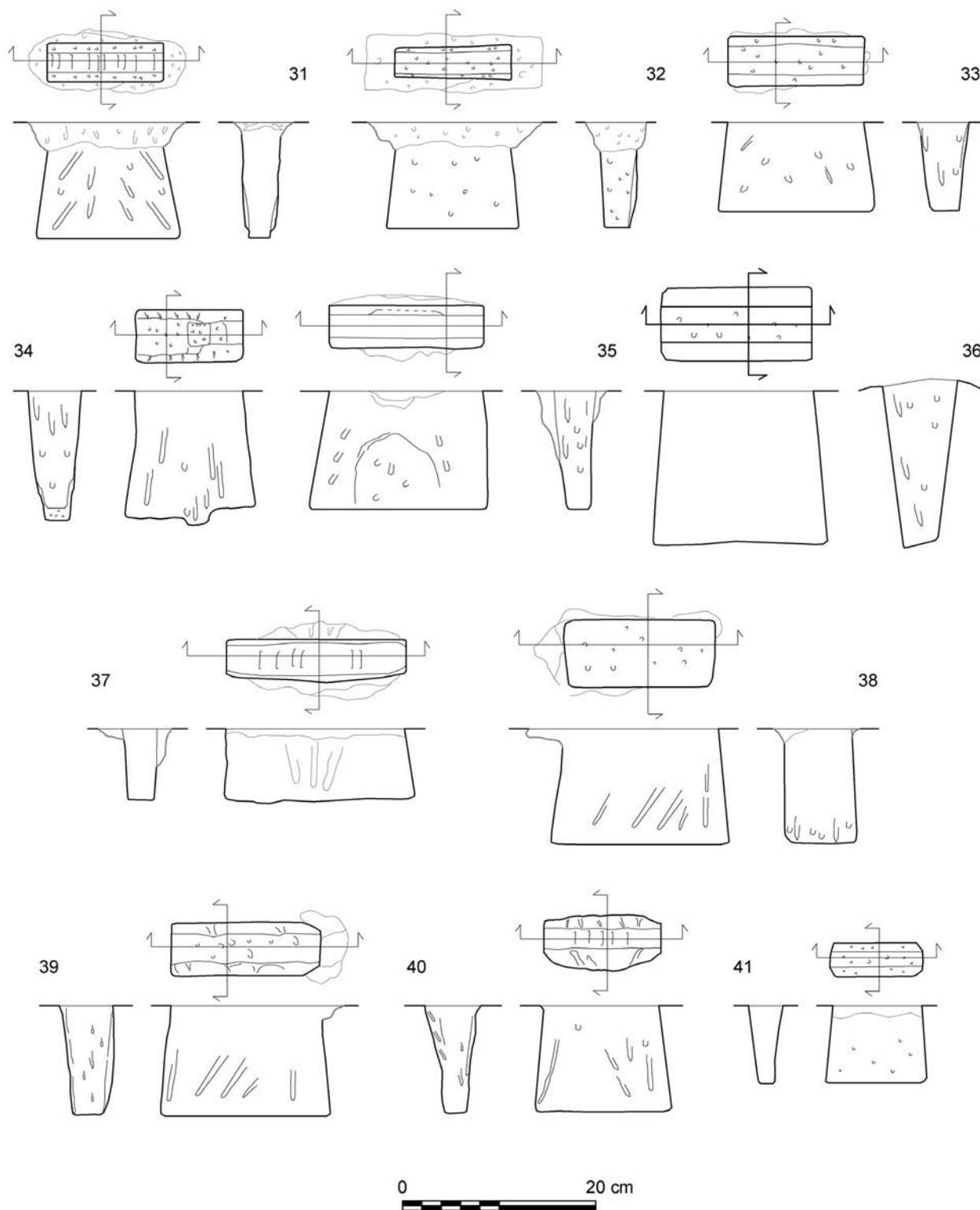


Fig. 4. Incassi per olivella nn. 31-41 (in grigio chiaro fratture e tracce di asportazione non attribuibili con certezza al cantiere originario).

volume e peso⁴³, oltre alle referenze bibliografiche. Nella seconda tabella (tab. 2) sono indicate la lunghezza e larghezza inferiore e superiore dell'incavo, la profondità, la forma della sezione trasversale e di quella longitudinale e le misure degli angoli formati dai lati brevi con il fondo (*AF*, *Angular Factor*). Inoltre, seguendo il metodo elaborato da Aylward, è indicato il valore *CS* (*Contact Surface*), ossia l'area di contatto tra i lati brevi dell'incavo e l'olivella (vedi *in-*

⁴³ Il peso del marmo bianco è calcolato come kg/m^3 2700 e quello del travertino come kg/m^3 2600 (cfr. UNI EN 771-6).

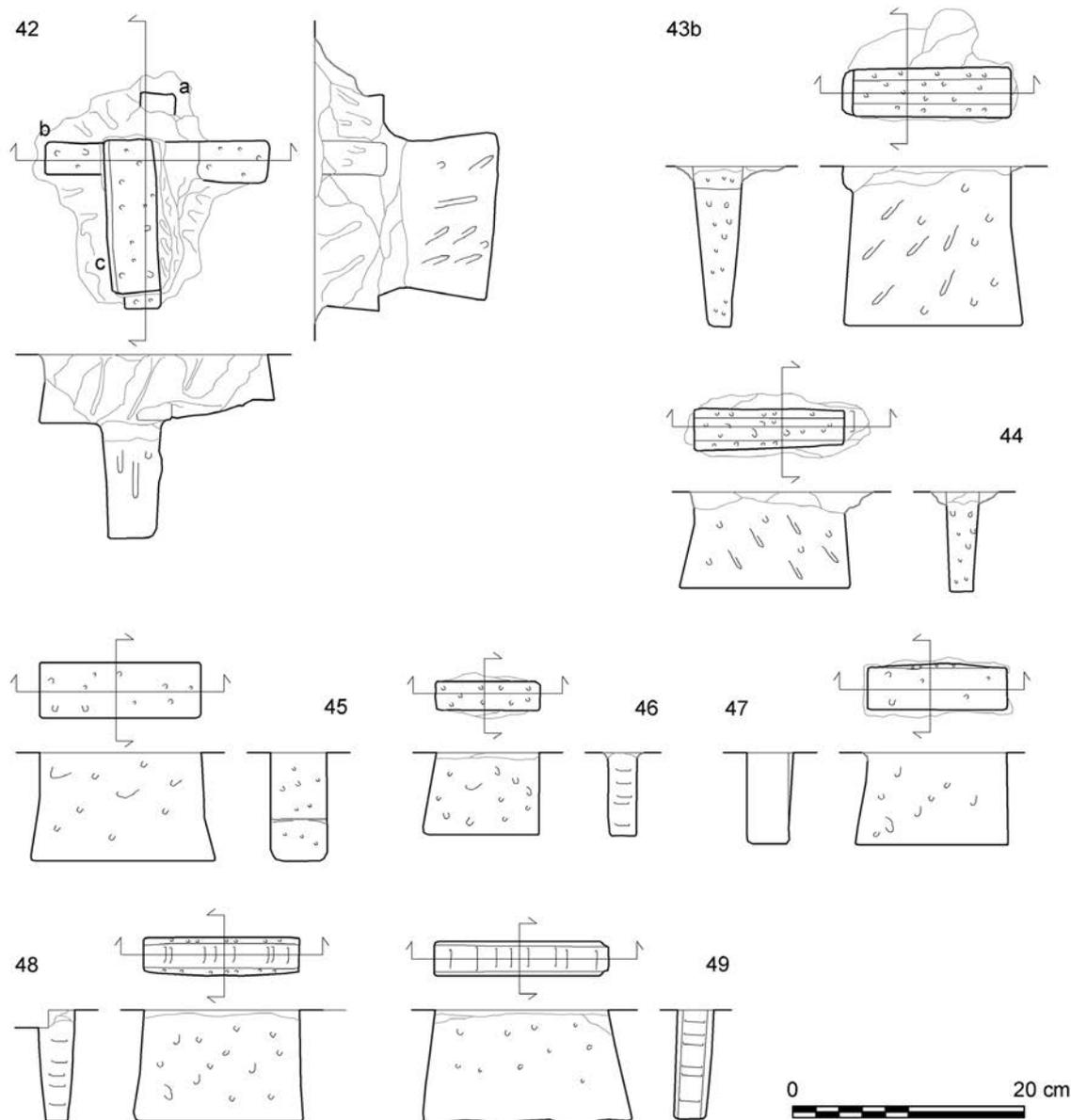


Fig. 5. Incassi per olivella nn. 42-49 (in grigio chiaro fratture e tracce di asportazione non attribuibili con certezza al cantiere originario).

fra). Infine, sono riportati vari rapporti proporzionali (lunghezza inferiore/lunghezza superiore; larghezza superiore/larghezza inferiore; lunghezza inferiore/larghezza inferiore; lunghezza inferiore/profondità), utili ad una valutazione delle trasformazioni morfologiche e dimensionali, e le informazioni circa la posizione e la lavorazione dell'incavo.

Tipologia degli incavi per olivella – sezione trasversale

Le differenti sezioni trasversali degli incassi documentati nei monumenti di Hierapolis sono state catalogate ampliando la tipologia elaborata da Aylward e unendo alla valutazione morfologica anche l'esame dei valori proporzionali quali criteri distintivi dei singoli tipi.

Il tipo di incasso "a I" presenta una sezione rettangolare, con pareti verticali e un rapporto tra larghezza alla sommità e alla base fissato tra 1 e 1.3; esso è attestato per tutta la storia della città imperiale, dal I al III sec. d.C. Il fondo e i lati brevi appaiono generalmente lavorati con scalpello piatto, spesso dotato della medesima larghezza dell'incavo⁴⁴ (fig. 6). Gli esemplari di età giulio-claudia risultano molto regolari e accuratamente squadrati, con un rapporto pari a 1, a diffe-

⁴⁴ Fanno eccezione i nn. 4, 9, 23, 38, 42c, 45-47, che presentano una lavorazione a subbia del fondo e dei lati. L'identità di misure

tra larghezza dell'incavo e larghezza dello scalpello piatto è notata anche da AYLWARD 2009, p. 313; vedi *infra*, p. 342.



Fig. 6. Incassi del tipo “a I”.

renza di quelli successivi che tendono leggermente ad aprirsi (rapporto 1.1-1.3)⁴⁵; tuttavia non è questo uno sviluppo rigidamente lineare come dimostra, ad esempio, l’incavo n. 49 che, databile in età severiana, è molto stretto e lungo, lavorato a scalpello piatto su fondo e lati brevi. Da segnalare è anche l’alloggiamento n. 9 attribuibile ad una fase di restauro del Ginnasio che, rispetto al n. 8 dello stesso monumento (pertinente alla costruzione originaria), appare più largo e con fondo a subbia, mantenendo la sezione trasversale “a I”. Una certa tendenza alla sostituzione dello scalpello con la subbia, riscontrata a Hierapolis nel corso dell’età imperiale, trova confronto anche a Pergamo, dove Aylward ha proposto una sequenza, forse troppo rigida, dell’uso degli strumenti⁴⁶.

Il tipo “a I passante a U” (I/U) in sezione trasversale ha le pareti solo lievemente inclinate verso l’esterno, con un rapporto tra larghezza alla sommità e alla base da 1.4 a 1.7. La lavorazione dei lati brevi è accuratamente eseguita a scalpello piatto e/o a subbia, quella dei lati lunghi è a subbia, quella del fondo ugualmente a subbia (tranne negli incavi nn. 11, 37, 48, con fondo a scalpello piatto). Il tipo “a I/U”, attestato a Hierapolis dal I al III sec. d.C., mostra una lieve tendenza ad allargarsi alla sommità durante la media età imperiale.

⁴⁵ L’incavo n. 1 presenta una fascia centrale ribassata a scalpello piatto sui lati brevi che costituisce la vera *Contact Surface*, minore della larghezza totale dell’incavo stesso: l’olivella, dunque, non aderiva sui lati lunghi dell’incasso. Si ricordi che il n. 1 potrebbe riferirsi alla fase flavio-traianea del cantiere del Tempio B (vedi *infra*, p. 332).

⁴⁶ Infatti, per AYLWARD 2009, p. 313 gli esemplari del periodo attalide risultano lavorati con scalpello piatto, mentre nella prima età imperiale sarebbe usato lo scalpello piatto sul fondo e comincerebbe l’uso della subbia sui lati lunghi (in corrispondenza con l’introduzione del tipo “a Y”), mentre in seguito la lavorazione sarebbe realizzata



Fig. 7. Incassi del tipo “a I/U” (nn. 5, 18, 39, 44), del tipo “a U” (nn. 28-29) e del tipo “a V” (nn. 27, 31, 40, 43b).

Il tipo “ad U” risulta ancora più aperto in alto, con un rapporto superiore a 1.8 tra larghezza alla sommità e alla base, ed inclinazione omogenea dei due lati lunghi. La lavorazione del fondo e dei lati (sia lunghi che brevi) è eseguita con la subbia (fig. 7). La prima attestazione è rappresentata dall’incavo per olivella n. 14 su una cornice del Portico Ionico del *Ploutonion* di età neroniana; il tipo si ritrova poi fino all’età severiana⁴⁷. Si distingue l’incavo n. 34 che presenta profondità leggermente diverse alle due estremità e al centro mostra un’area ribassata (questa crea un profilo “a V” solo nel settore mediano, vedi *infra*).

Il tipo “a V”, infine, mostra anch’esso un rapporto tra larghezza alla sommità e alla base superiore a 1.8, ma si differenzia per la peculiare morfologia⁴⁸: il fondo realizzato a scalpello piatto è nettamente distinto tramite due brevi

esclusivamente a subbia (nei tipi “a U” e “a V”). Come è evidente, Aylward tende a sovrastimare il carattere “lineare” di questi cambiamenti tecnici, senza prendere in esame la lunga durata delle singole soluzioni.

⁴⁷ A Pergamo, secondo AYLWARD 2009, p. 320, il tipo “a U” compare in età adrianea nella *Rote Halle*.

⁴⁸ Un’eccezione è costituita dall’incavo n. 40 con rapporto di 1.5. Va

pareti verticali dalla parte superiore, leggermente più larga; i lati lunghi sono inclinati (con inclinazione omogenea)⁴⁹. I lati brevi sono lavorati a scalpello piatto e subbia. Fanno eccezione, pur rientrando nel tipo “a V”, gli alloggiamenti nn. 27 (con subbia sul fondo e un gradino non molto netto sui lati) e 43b (fondo e lati brevi lavorati a subbia) (fig. 7). Il tipo “a V” a Hierapolis compare almeno da età adrianeo-antonina (*Agorà Nord*), ossia un po’ più tardi che a Pergamo, dove è usato in modo sistematico nel tempio e nei portici del *Traianaeum*, con lavorazione del fondo a scalpello piatto e dei lati lunghi a subbia⁵⁰.

In sintesi, i diversi tipi di incavo sono attestati contemporaneamente nel corso di tutta l’età imperiale, ad eccezione della soluzione “a V”, che sembra introdotta solo dall’età adrianeo-antonina (fig. 8a). Pertanto l’impiego del parametro “sezione trasversale” come criterio datante non appare del tutto risolutivo e va valutato, invece, nel quadro più generale dei valori proporzionali e delle caratteristiche della lavorazione dell’incasso. D’altra parte, i casi raccolti dimostrano che sezioni trasversali diverse sono attestate anche nello stesso monumento e all’interno della medesima fase costruttiva⁵¹. Di conseguenza, sarà utile considerare queste differenze morfologiche più come un indizio utile a comprendere l’organizzazione dei gruppi di lavoro nel cantiere costruttivo che come un criterio diagnostico per la cronologia.

Tipologia degli incavi per olivella – sezione longitudinale

Quasi tutti gli esemplari ierapolitani, databili ad età imperiale, presentano la sezione longitudinale trapezoidale, ossia due lati corti obliqui, soluzione che a Pergamo inizia in età attalide, nel portico dell’*Athenaion*⁵², mentre a Efeso diviene prevalente a partire dalla metà del I sec. a.C. (monumento di Memmio)⁵³. Dato il campione esaminato, non è possibile stabilire se e fino a quando l’olivella di tradizione classica, con due ferri ed un solo lato obliquo⁵⁴, fosse stata impiegata a Hierapolis.

Riguardo alla sezione longitudinale dell’incavo, si distinguono un tipo principale ed alcune varianti: gli incassi dotati di due lati obliqui rappresentano la maggioranza delle attestazioni (tipo A) e compaiono in tutta l’età imperiale; una variante (A1) con la stessa distribuzione cronologica, ma meno frequente (nn. 3, 6, 8, 18, 22, 27, 34, 43b, 44), è quella provvista di un lato obliquo e un lato costituito da due segmenti che formano un angolo ottuso (lato “spezzato”); ancora più sporadica è invece la variante con entrambi i lati “spezzati” (A2, nn. 11, 17, 20, 45), attestata sia nella prima che nella media età imperiale. Per spiegare questa conformazione, si può supporre che una normale olivella coi lati corti obliqui aderisse all’incasso solo nella sua porzione inferiore (fig. 12b), mentre alla sommità le parti metalliche saranno rimaste libere oppure bloccate con piombo o zeppe di altro materiale⁵⁵. Che questa configurazione sia del tutto verosimile potrebbe essere suggerito anche dalle prescrizioni dei moderni manuali, come quello di Edmund George Warland (1929), per il quale l’inclinazione dei lati brevi dello strumento deve essere maggiore di quella dei lati dell’incavo, così da aderire solo nella parte inferiore dell’incasso⁵⁶.

Sembra caratterizzare solo l’età severiana, invece, una soluzione (variante A3, nn. 35, 37, 46-48) contraddistinta da un lato obliquo e uno verticale, che forma con il fondo dell’incavo un angolo di 90°. In questo caso, pare inverosimile che fosse stata utilizzata un’olivella a due ferri, date le proporzioni degli incavi analoghe a quelle degli incassi del tipo A; piuttosto si potrebbe immaginare un’olivella a tre ferri, con due lati brevi poco inclinati, cui corrispondeva una lavorazione approssimativa dell’incavo, con inclinazione non perfettamente corrispondente a quella dello strumento. Sia nel caso della variante A3, che in quello di A2, si tratta di soluzioni che, riducendo le superfici di contatto (CS) tra le barre metalliche dell’olivella e il blocco, tradiscono un modo di procedere speditivo e una discreta familiarità delle maestranze con lo strumento, di cui si conosceva perfettamente l’efficacia anche in condizioni limite.

S.B.

notato che non è stata seguita la distinzione proposta da AYLWARD 2009, p. 317, figg. 7-8 tra tipo “a Y” e tipo “a V”, basata sulla maggiore o minore altezza dei segmenti verticali, la quale è di difficile parametrizzazione (in termini di valori numerici), sia per la conservazione delle superfici sia perché la lavorazione verticale dell’incavo ha talora un diverso sviluppo sui due lati lunghi. Pertanto si è deciso di comprendere tutti e due i profili nel tipo “a V”.

⁴⁹ Ipotetica è l’identificazione come tipo “a V” dell’incavo n. 10, che conserva un solo lato lungo con diversa lavorazione della parte inferiore verticale e superiore obliqua.

⁵⁰ AYLWARD 2009, p. 317, fig. 8. Nel corso dell’età adrianea questo tipo evolverebbe, come testimoniato nella *Rote Halle*, presentando una lavorazione interamente a subbia dell’interno, vedi AYLWARD 2009, p. 319.

⁵¹ Cfr. anche AYLWARD 2009, p. 320 sulla *Rote Halle*, dove incavi con diverse sezioni trasversali (“a U e V”) sono interpretati come pos-

sibile indizio di maestranze differenti attive nei vari settori o come prova della lunga durata del cantiere.

⁵² AYLWARD 2009, pp. 315, 317, fig. 6 (capitello baccellato, esposto nel Pergamonmuseum n. V2.3-268). Per la datazione vedi RADT 1999, pp. 160-161.

⁵³ AYLWARD 2014, p. 69, che estende al contesto del tempio di Apollo a Klaros il momento di introduzione del tipo a due lati corti obliqui documentato ad Efeso.

⁵⁴ Per la forma iniziale dell’olivella, vedi nota 3.

⁵⁵ Appare forse meno probabile che l’olivella stessa avesse un profilo spezzato, con facce laterali con parte inferiore obliqua e parte superiore dritta, dato che per ottenere un incastro esatto si sarebbe richiesto un lavoro più lungo; ma a riguardo vedi *infra* l’olivella descritta da Erone (fig. 12e).

⁵⁶ WARLAND 1929, p. 72, figg. 219-220 “The lewis should fit fairly tight, and grip at the bottom part of the mortise, as shown in Fig. 220”.

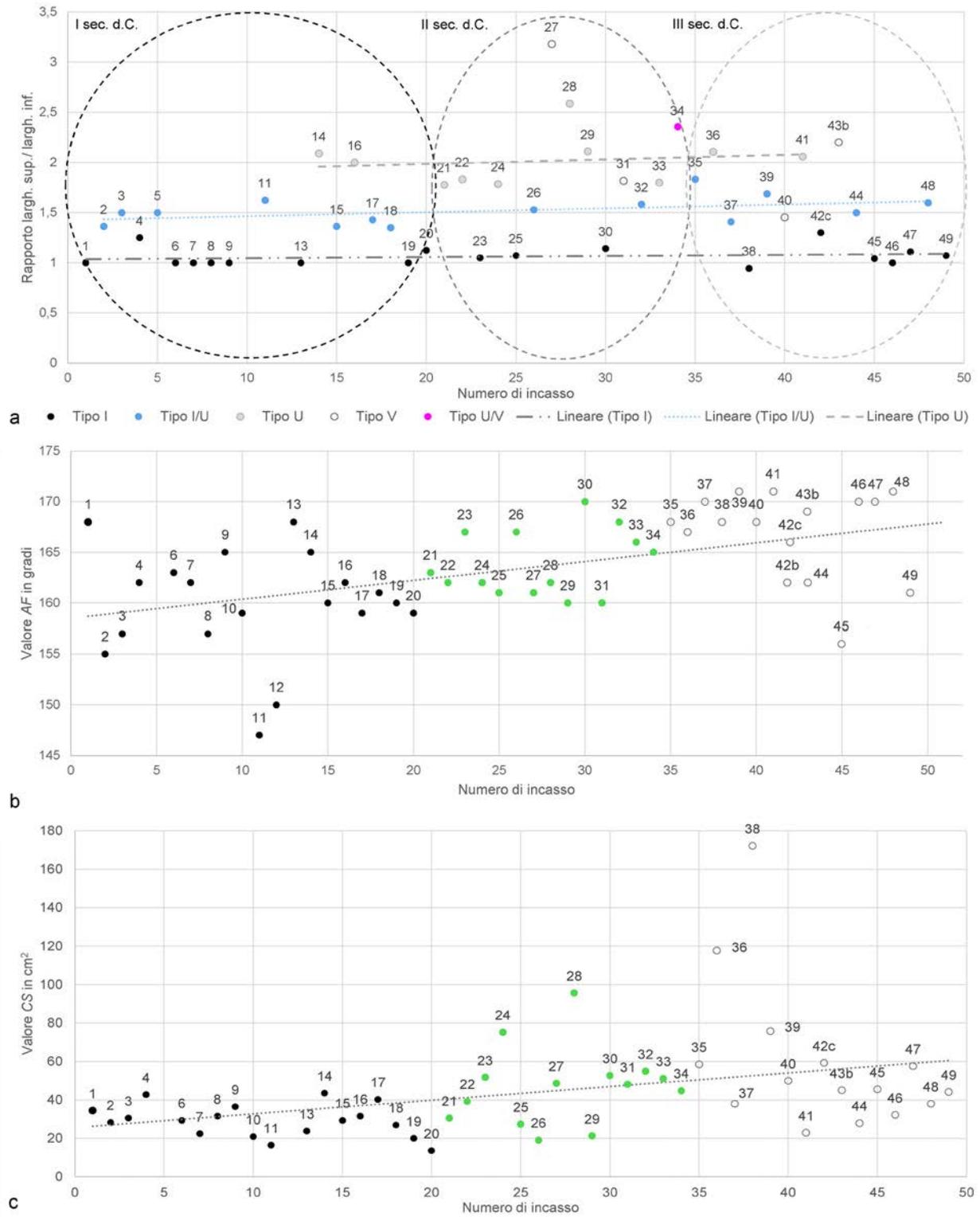


Fig. 8. Grafico del rapporto tra larghezza superiore e larghezza inferiore degli incassi (a). Grafici dei valori di AF (b), dei valori di CS (c); in nero i blocchi di età giulio-claudia e flavia, in verde i blocchi di II sec. d.C.; in bianco quelli di età severiana.

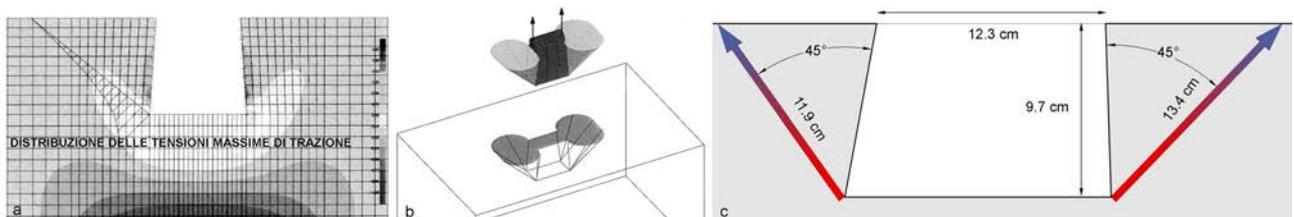


Fig. 9. Modello con indicazione delle tensioni principali dovute al sollevamento (a) e modello della superficie di rottura (b) (a-b: da PERONI 2016); schema relativo alle tensioni principali orientate a 45° rispetto a pareti con diversa inclinazione (c).

Analisi dei caratteri dimensionali e proporzionali degli incavi per olivella di Hierapolis

Data la lunga durata dei caratteri morfologici (i tipi di sezione trasversale e longitudinale), gli incavi per olivella sono stati analizzati anche sulla base dei valori dimensionali e proporzionali, con lo scopo di verificare se fosse possibile individuare linee evolutive di questi apprestamenti (e dunque delle olivelle stesse) nel tempo e nei diversi contesti monumentali.

Secondo il metodo proposto da Aylward, si è valutata l'inclinazione dei lati brevi dell'incavo, ottenuta sommando i valori degli angoli formati tra questi e il fondo (*Angular Factor- AF* in AYLWARD 2014)⁵⁷. I valori di *AF* vanno da un minimo di 147° a un massimo di 174°, computando sia gli incavi per olivella a due lati obliqui che quelli con un lato obliquo e l'altro verticale (nn. 35, 37, 46-48) (fig. 8b). Complessivamente, sembra che il valore di *Angular Factor* cresca con una certa progressione dalla prima età imperiale fino a quella severiana: ciò significa che i lati brevi degli incavi più antichi risultano, nella maggior parte, più inclinati⁵⁸. Considerando questa tendenza, ci si può chiedere se l'incavo n. 1 del sommoscapo del Tempio B, privo di dettagli diagnostici della decorazione, appartenga alla fase augusteo-tiberiana del cantiere o piuttosto a quella flavio-traiana, data la scarsa inclinazione dei lati brevi. Non si può non notare, inoltre, che i monumenti di età severiana sono caratterizzati da lati brevi degli incavi appena inclinati, con angoli prossimi a quello retto, che erano evidentemente ritenuti sufficienti a garantire un funzionale ancoraggio dell'elemento metallico, come già anticipato a riguardo della sezione longitudinale⁵⁹.

La preferenza per olivelle con lati corti poco inclinati potrebbe costituire una risposta ad episodi di rottura della pietra soggetta a trazione⁶⁰. In effetti, moderni calcoli sui meccanismi di rottura hanno evidenziato che le tensioni fisiche principali si concentrano nei vertici inferiori dell'incavo per olivella, con un'intensità che diminuisce verso l'alto (fig. 9): le eventuali fratture, innescate dal sollevamento di un peso eccessivo, assumono una forma troncopiramidale o troncoconica, dovuta al fatto che le tensioni da trazione sono orientate all'incirca a 45° rispetto alla parete inclinata dell'incasso⁶¹. Di conseguenza possiamo dedurre che, a parità di profondità, un alloggiamento con lati poco inclinati risulta più sicuro, in quanto la direttrice seguita dalla tensione raggiunge la superficie del blocco formando con il piano di attesa un angolo più acuto, e la tensione percorre una distanza maggiore diminuendo progressivamente. È verosimile pertanto che il dato archeologico costituisca il riflesso di un sapere empirico, ottenuto tramite la lunga pratica e l'osservazione diretta, motivato non solo dalla maggiore semplicità della realizzazione di incassi poco sottoscavati, ma anche dalla loro maggiore efficacia.

Alla medesima logica potrebbe ricondursi anche la questione relativa alla profondità degli alloggiamenti per olivelle: è infatti possibile evidenziare come esista una correlazione tra l'aumentare del volume del blocco, e dunque del suo peso, e quello della profondità dell'incavo, indipendentemente dalla sua forma e dimensione. Questa relazione potrebbe spiegarsi come un'ulteriore soluzione per allontanare dalla superficie del piano di attesa il punto in cui si concentrano le tensioni fisiche nel momento della trazione. Infatti, sulla base dei calcoli proposti, per minimizzare il rischio di rottura, a parità di peso e di valore di *CS*, è preferibile un alloggiamento stretto ma profondo anziché largo e basso.

Sono state poi valutate le superfici di contatto affinando il metodo proposto da AYLWARD 2014 (*CS, Contact Surface*), il quale considera solo incassi del tipo "a I" in cui lo strumento aderiva all'intera superficie dei lati brevi⁶². Invece, la presenza di esemplari ierapolitani del tipo "a I/U, U e V" impone di distinguere tra l'area totale di ogni lato breve e la vera e propria *Contact Surface*, che corrisponde ad un settore minore, largo quanto l'originaria olivella, indicato dalla larghezza minima dell'incasso⁶³. Inoltre, nel caso di "lati spezzati" si considera propriamente come *CS* solo la superficie corrispondente alla porzione inferiore inclinata, che riteniamo l'unica davvero aderente alla parte metallica⁶⁴.

⁵⁷ AYLWARD 2014, p. 69.

⁵⁸ Questa progressiva riduzione dell'inclinazione dei lati brevi si ricava anche dall'analisi del rapporto tra lunghezza superiore e lunghezza inferiore degli incassi. Invece, non si rileva una variazione del valore di *AF*, e dunque morfologica dell'olivella, in relazione al peso dei diversi elementi architettonici.

⁵⁹ Sulle superfici dei lati brevi degli incavi non si riconoscono tracce che inducano a ipotizzare l'uso di zeppe.

⁶⁰ Gli studi recenti (PERONI 2016; CARRIERO, SABBADINI 2016) offrono calcoli basati su una serie di semplificazioni delle numerose variabili che occorrono nell'uso dell'olivella: tipo di materiale lapideo, qualità del ferro dell'olivella, forma e accuratezza della lavorazione delle superfici dell'incavo, corrispondenza più o meno precisa tra alloggiamento e olivella, eventuale uso di materiale negli interstizi (sabbia, piombo...).

⁶¹ PERONI 2016, pp. 168-169, figg. 4-5; CARRIERO, SABBADINI

2016, pp. 173-174, figg. 3-4.

⁶² AYLWARD 2014, p. 69. In AYLWARD 2009, p. 313, si parla di *contact plane*.

⁶³ Per ottenere il valore di *CS*, si sono sommate le aree dei due lati brevi dell'incavo. Per ciascuno di essi, per la misura trasversale si è considerata la larghezza inferiore, ossia quella più vicina alla larghezza effettiva dell'originaria olivella (diversa dalla larghezza superiore in incassi del tipo "a I/U, U o V"). Nel caso di incavi con lati brevi di dimensioni diverse, la misura trasversale considerata per calcolare entrambe le superfici è quella del lato più stretto. La misura longitudinale, invece, va dal fondo dell'incavo fino al piano di attesa del blocco, contando anche la parte più alta dell'incasso che spesso è in frattura. Nei casi in cui si è riconosciuta un'area ribassata di preparazione, l'altezza è stata considerata fino al piano ribassato.

⁶⁴ Cfr. *supra*, p. 330, nota 55.

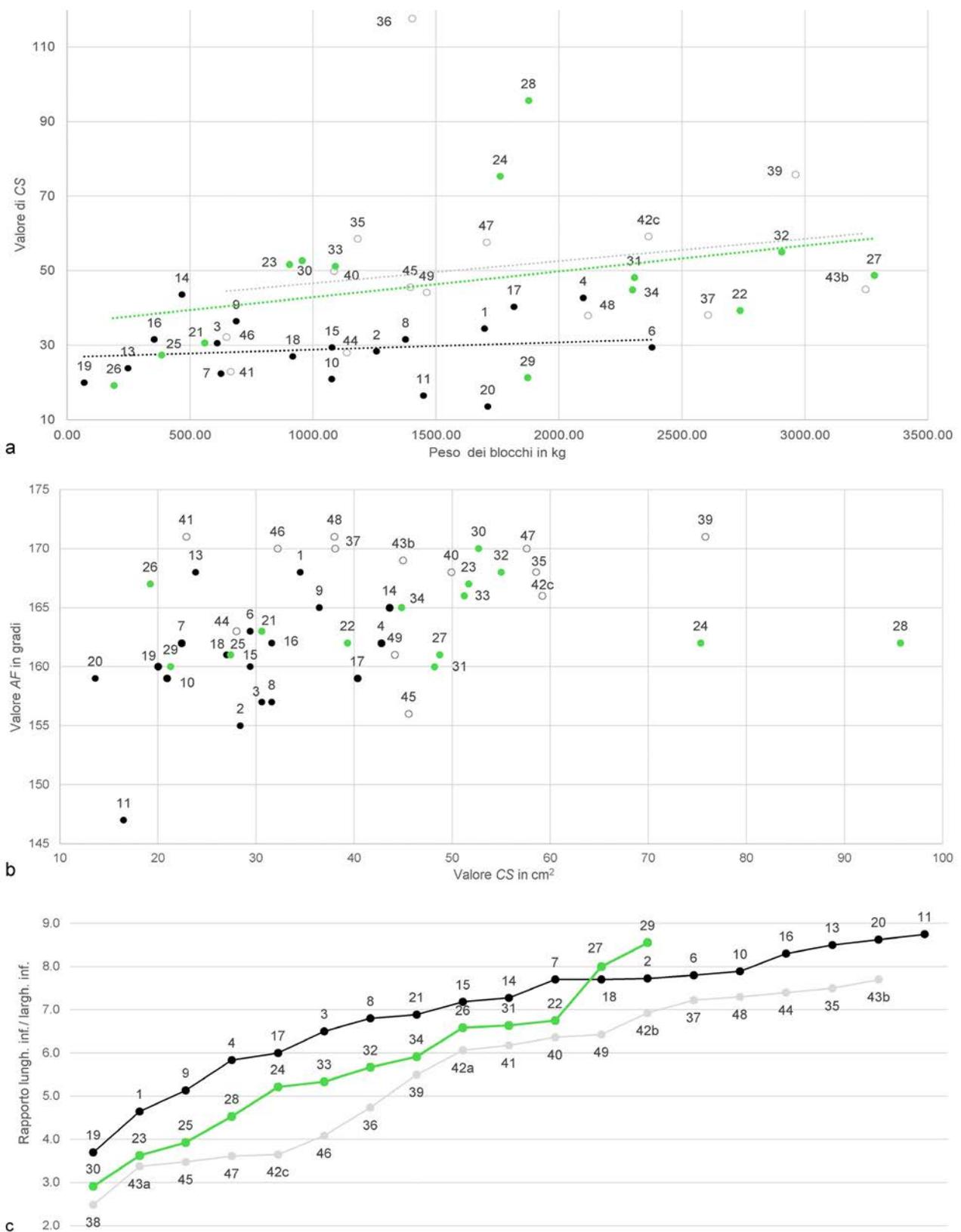


Fig. 10. Grafici del rapporto tra i valori di *CS* e il peso dei blocchi (a) e del rapporto tra *AF* e *CS* (b): in nero i blocchi di età giulio-claudia e flavia, in verde i blocchi di II sec. d.C.; in bianco quelli di età severiana; grafico (c) del rapporto tra lunghezza inferiore e larghezza inferiore, con valori disposti in ordine crescente all'interno dei diversi periodi: in nero i blocchi di età giulio-claudia e flavia, in verde i blocchi di II sec. d.C.; in grigio chiaro quelli di età severiana.

I valori di CS variano da cm^2 16.5 a cm^2 172.28 per i blocchi marmorei, oppure da cm^2 13.6 a cm^2 117.66 per i blocchi in travertino. Il grafico (fig. 8c) evidenzia una maggiore omogeneità dei valori relativi alle olivelle della prima età imperiale, che hanno valori di CS più contenuti. Invece, nel II-III sec. d.C. si riscontra una più marcata variabilità, con valori sia analoghi a quelli di I sec. d.C. che decisamente maggiori. Talora gli incavi per olivelle hanno valori di CS molto eterogenei anche all'interno dello stesso monumento, come è dimostrato, ad esempio, dagli incavi del Teatro (nn. 35-41)⁶⁵. In particolare, esemplare è il confronto tra gli incassi nn. 35-36 relativi a due conci contigui in travertino dell'arco di ingresso agli ambienti della *versura* nord del primo ordine, di cui l'uno ha CS quasi doppio dell'altro (fig. 13). Non è verosimile ipotizzare uno scarto temporale né l'intervento di maestranze diverse, ma si deve invece dedurre l'uso contemporaneo di più olivelle di dimensioni differenti da parte degli stessi operai nell'ambito del medesimo processo costruttivo. Questo esempio porta a considerare come fattore determinante la concreta disponibilità nel cantiere degli strumenti nel momento contingente, che avrà giocato un ruolo accanto ad una meccanica valutazione della congruenza tra olivelle e blocchi da sollevare.

Complessivamente, si riconosce una correlazione tra i valori di CS degli incavi ed il peso dei blocchi analizzati (fig. 10a), infatti all'aumentare del peso corrisponde un aumento della superficie di contatto, ossia l'impiego di olivelle più grandi. Questo aspetto è più chiaramente riconoscibile valutando i dati sulla base della loro cronologia, ossia osservando separatamente le linee di tendenza dei blocchi di I, II e III sec. d.C. Complessivamente, tuttavia, appare altrettanto chiaro che i valori di CS inferiori a cm^2 60 corrispondono alla maggioranza delle attestazioni e ciò indica che, pur all'interno del trend delineato, esiste una notevole tolleranza nella selezione delle olivelle, ossia per blocchi con pesi molto diversi possono essere usati i medesimi strumenti. In particolare, alcuni valori che fuoriescono significativamente dalla media, ad esempio quelli degli incavi nn. 36, 38 e 45, suggeriscono l'uso di olivelle molto sovradimensionate rispetto al peso dei blocchi, la cui selezione andrà spiegata all'interno delle dinamiche del singolo cantiere (olivelle disponibili, set di blocchi in spostamento durante la giornata, ecc.).

L'esame del grafico (fig. 10b) relativo al rapporto tra AF e CS mostra che, indipendentemente dal tipo di blocco e dalla sua cronologia, la maggior parte degli esemplari hierapolitani si concentra in un unico gruppo, con valori di CS tra cm^2 19 e 60 e AF tra 155° e 170° . Pochi campioni restano isolati, presentando valori assai divergenti⁶⁶.

Infine, valutando la proporzione tra lunghezza e larghezza degli incavi emerge che, indipendentemente dal tipo di sezione trasversale, i valori presentano un ventaglio piuttosto ampio, che va da 1:2.5 a ben 1:8.8, con range che in gran parte si sovrappongono tra attestazioni di periodi diversi. Tuttavia, se i valori vengono visualizzati in chiave diacronica, si riconosce l'impiego di olivelle progressivamente più larghe a partire dal II sec. d.C.⁶⁷ (fig. 10c). Le motivazioni di questa evoluzione possono riguardare diversi aspetti, primo tra tutti le procedure di realizzazione degli alloggiamenti. In effetti, gli incavi per olivella molto stretti sono oggettivamente più difficoltosi da scavare e, come nota Aylward, potevano creare problemi nella fase di estrazione dell'olivella⁶⁸.

T.I.

Ricostruzione della forma e delle dimensioni delle olivelle

Come ha evidenziato giustamente Aylward, le caratteristiche morfologiche delle olivelle e le procedure d'uso vanno ricostruite in modo critico, sulla base delle evidenze antiche, piuttosto che su strumenti analoghi in uso in epoca moderna, come spesso accade nei manuali di architettura⁶⁹. Esistono a riguardo tre principali categorie di fonti, il testo di Erone, le poche olivelle antiche pervenute e, infine, le tracce visibili sui blocchi.

Quanto all'olivella a tre elementi, è importante sottolineare che il testo di Erone (*Mechanika*, 3.1.8)⁷⁰ descrive l'incavo realizzato nel piano di attesa del blocco come rettangolare, con "adeguata" profondità e con lati obliqui dotati di sottosquadri nella parte più profonda. Erone specifica infatti che i due ferri laterali sono barre con estremità inferiori

⁶⁵ Si veda anche ZABRANA 2018, pp. 59-60, per olivelle di dimensioni diverse (cm 11-12 e cm 14-16) nel cantiere dell'*odeion* dell'*Artemision* efesino.

⁶⁶ Invece, in AYLWARD 2014, pp. 69-70, si ammette che all'aumentare dell'inclinazione dei lati brevi aumenti anche il valore di CS . Tuttavia, questa correlazione non emerge dai dati presentati nel grafico (AYLWARD 2014, fig. 13) in cui, invece, esemplari con analogo AF hanno CS molto differenti.

⁶⁷ Uno sviluppo analogo sembra ritrovarsi anche nella fase adrianea del tempio di Klaros, vedi AYLWARD 2014, p. 67. Per Pergamo, vedi AYLWARD 2009, p. 313, con evoluzione tra età ellenistica e periodo imperiale.

⁶⁸ AYLWARD 2009, p. 318, nota 34. D'altra parte, AYLWARD 2009, p. 320, suggerisce che incassi più larghi servano a compensare la maggiore irregolarità delle *Contact Surface* in incavi del tipo "a U", realizzati a subbia.

⁶⁹ AYLWARD 2009, pp. 309-310.

⁷⁰ Per il commento a Erone anche ORLANDOS 1968, p. 98; LEISTIKOW 1982, pp. 24-25; SCHÜRMAN 1991, pp. 144-146; DI PASQUALE 2004, pp. 200-201; AYLWARD 2009, p. 311; AYLWARD 2014, p. 66; MARTINES 2016. Per l'ancora dibattuta cronologia di Erone intorno alla metà del I sec. d.C., sulla base del riferimento all'eclissi lunare del 13 marzo 62 d.C. nella *Dioptra* (3.302.3-306.21), cui si aggiungono prove indiziarie come la presentazione di un (suo?)

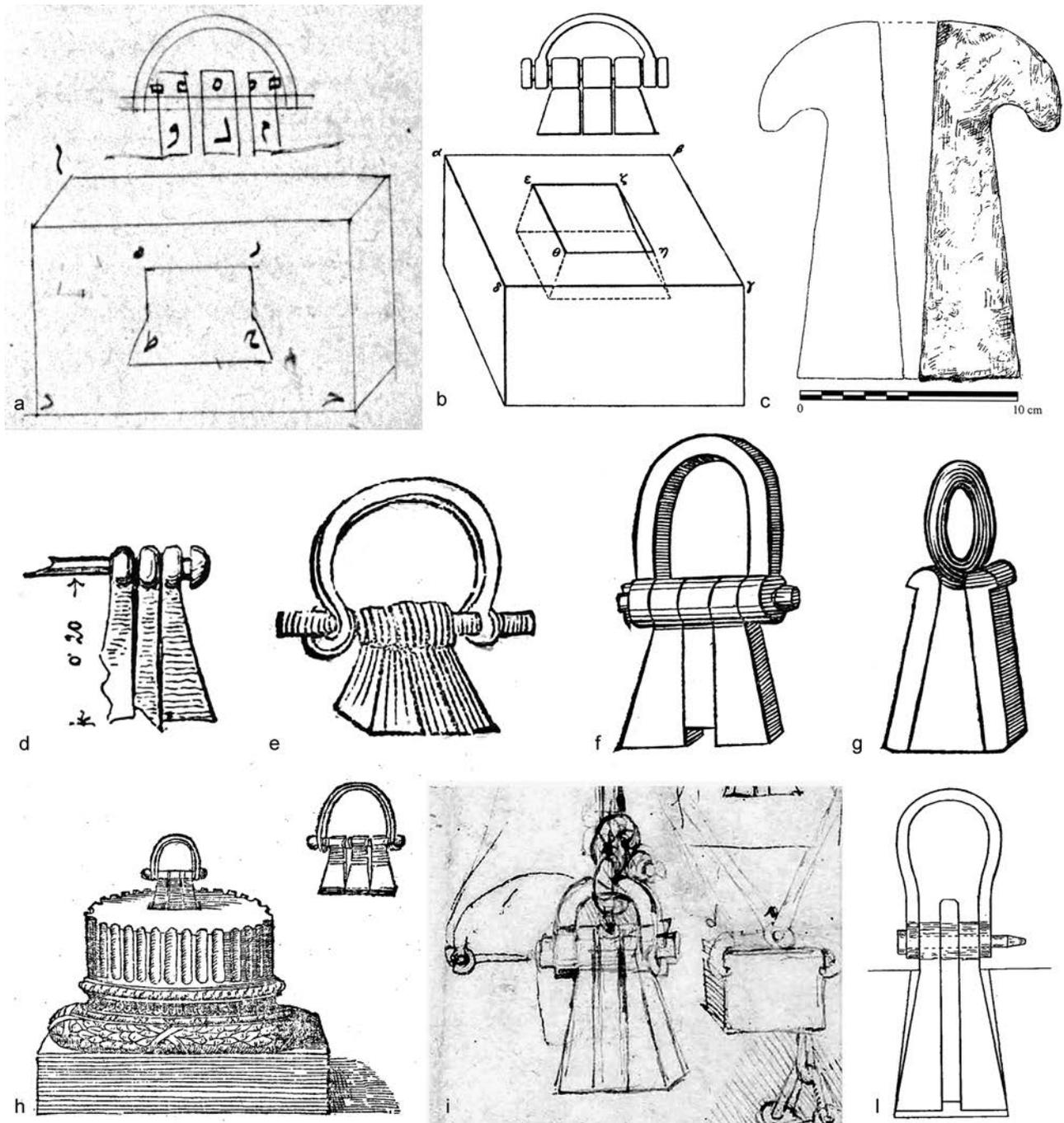


Fig. 11. Disegno dell'olivella nel *Codex Orientalis* 51 della Bibliothek der Rijksuniversiteit di Leiden (a: da MARTINES 2016, fig. 1) e restituzione della stessa secondo CARRA DE VAUX 1894, fig. 55 (b); ricostruzione dell'olivella da Kastell Faimingen (c: da AYLWARD 2009, fig. 1); disegno dell'olivella da Pompei (d: da DURM 1910, fig. 69); disegno dell'olivella secondo BARBARO 1556, fig. p. 256 (e); disegno dell'olivella italiana (f) e francese (g) secondo PERRAULT 1673, fig. p. 275; disegno dei *cuneoli* di PHILANDRIER 1586, fig. p. 402 (h); disegno dell'olivella di Leonardo nel *Codice Atlantico* f. 10 vb (i); disegno dell'olivella con barre più inclinate dei lati dell'incavo secondo WARLAND 1929, fig. 220 (l).

organo idraulico a Nerone (Svetonio, *Nero*, 41.2) nel 68 d.C., vedi GANDZ 1940; DRACHMANN 1963, p. 12; KEYSER 1988 (con bibl.); SCHÜRMAN 1991, pp. 8-9; FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, p. 5, nota 1; e soprattutto RAÏOS 2004; SOUFFRON 2004; SIDOLI 2011; MASÌÀ 2015. Per l'assenza finora di manoscritti greci, vedi CARRA DE VAUX 1894, pp. 5-7; per i manoscritti arabi, CARRA DE VAUX 1894, pp. 7-8. Purtroppo il libro III non è compreso nella

versione persiana (XI-XII sec. d.C.), di recente riscoperta nella Bibliothèque Nationale de France, che offre una riduzione del solo libro II: vedi FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, partic. pp. 219-235. Come ci segnala il referee anonimo, che ringraziamo, per le tecniche edilizie usate concretamente, i Persiani erano più interessati alle macchine per il sollevamento dei carichi che alla questione dei blocchi lapidei, di più raro impiego.

ripiegate e superiormente dotate di un anello. La procedura descritta consiste nell'inserire prima le due barre laterali e poi quella centrale diritta, finalizzata a tenere in posizione le due precedenti, per poi infilare negli anelli un perno di collegamento, al quale saranno fissate le corde per il sollevamento. In particolare, Erone si sofferma sull'importanza della giusta lega di ferro, né troppo duro (ossia soggetto a fratturarsi) né troppo morbido (soggetto a piegarsi)⁷¹, per cui si è pensato a ferro temprato, con alta resistenza meccanica⁷².

Se è chiara la spiegazione generale del procedimento, più complesso è invece il raccordo tra la descrizione dello strumento e del suo incavo offerta nel testo di Erone e l'illustrazione⁷³ del *Codex Orientalis* 51 della Bibliothek der Rijksuniversiteit di Leiden, manoscritto risalente certamente a prima della metà del XV sec. d.C. che reca la traduzione araba dei *Mechanika* effettuata tra 862 e 866 d.C. dall'erudito e scienziato Qustā Ibn Luqā al-Ba'albakkī⁷⁴ (fig. 11a). In particolare, nell'immagine l'alloggiamento per l'olivella è provvisto di lati brevi verticali nella parte superiore e obliqui in quella inferiore, ossia "dotati di sottosquadri" come riportato nel testo, forma che è documentata anche archeologicamente ("lato spezzato")⁷⁵. Invece, le barre metalliche nel disegno sono rappresentate come tre elementi rettangolari, di cui i due laterali dotati di una sottile linea tangente alla base, di incerta interpretazione, mentre il testo sembra suggerire una loro conformazione a barra piegata⁷⁶. Se si dà credito al disegno dell'incasso (coerente col testo) e se si valuta che per funzionare è necessario che la parte in ferro dell'olivella aderisca ai lati dell'alloggiamento, si dovrebbero immaginare due ferri laterali con lato esterno ad andamento spezzato, ossia con un angolo ottuso complementare a quello dell'incasso (fig. 12e). Si avrebbe così una barra "piegata", la cui forma potrebbe essere stata indicata nel testo originale greco (e poi nella versione araba) da un termine che suggeriva l'idea dell'uncino (*crochet* in Carra de Vaux o *gamma* in Nix, Schmidt e Drachmann).

Dal punto di vista dei *realia*, tuttavia, questa configurazione con barre dai lati "spezzati" non ci è documentata. Infatti, l'olivella da Pompei un tempo al Museo Archeologico di Napoli⁷⁷, riprodotta graficamente solo da Josef Durm (fig. 11d), mostra tre barre, con le due esterne trapezoidali, dotate tutte di occhiello attraverso il quale è inserito un perno con capocchia ingrossata ad una estremità, ossia l'antesignano della olivella in uso ancora due secoli fa in Italia e Francia⁷⁸. Sia nel testo di Erone che nell'esemplare di Pompei, l'olivella risulta sprovvista di maniglia metallica, che

⁷¹ CARRA DE VAUX 1894, pp. 173-174; DRACHMANN 1963, pp. 105-106.

⁷² Come sottolineano DRACHMANN 1963, p. 106; MARTINES 2016, p. 156.

⁷³ Il disegno nel *Cod. Or.* 51, 64 (vedi riproduzione del manoscritto in MARTINES 2016, fig. 1, qui fig. 11a) mostra in corrispondenza della faccia superiore del blocco la rappresentazione della sezione dell'incasso, secondo una convenzione che sarebbe tipica del disegno scientifico antico come notano sia CARRA DE VAUX 1894, p. 10, che WEITZMANN 1952, p. 247, per cui la mancanza di prospettiva del codice non sembra dipendere da errori ma da una ricerca di chiarezza e "basically reflect the Greek method of technical drawings" ("the drawings of a Greek model were copied with no change in the character of the design, and that from them all further Arabic copies are to be derived"). Per la discussa presenza dei disegni nell'archetipo greco, vedi anche FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, pp. 195-196.

⁷⁴ Per la traduzione di Qustā Ibn Luqā al-Ba'albakkī, vedi NIX, SCHMIDT 1900, p. XX; WEITZMANN 1952, p. 246; VAN DE VELDE 2010, p. 96, nota 3 con bibl. Il manoscritto di Leiden è datato al XIII sec. su base paleografica, comunque prima del 1445 quando la data venne scritta sulla copertina da uno dei proprietari, vedi WEITZMANN 1952, p. 246, nota 7; VAN DE VELDE 2010, p. 96; invece per CARRA DE VAUX 1894, p. 9, si data "peu de temps avant cette date".

⁷⁵ CARRA DE VAUX 1894, p. 173: "nous y creusons une cavité de forme rectangulaire εζηθ; la profondeur en est partout égale; mais les parois en sont creusées obliquement, c'est-à-dire que, des deux côtés, cette cavité présente à sa partie inférieure des enfoncements de dimension convenable"; NIX, SCHMIDT 1900, p. 216: "und höhlen wir in denselben eine einem Rechteck ähnliche Figur, nämlich εζηθ, von gleichmäßiger Tiefe. Diese Grube habe scharfe Seiten d. h. sie habe auf zwei Seiten eine ziemliche Ausbuchtung"; DRACHMANN 1963, p. 105: "then we cut out in it a hole like a rectangle, and that is HZHT and let it be of a suitable depth. And let its cut be slanting, in the sides, I mean that there is in it in the depth of the two sides a suitable undercut"; FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, p. 143: "let

us cut out into it a hole like a rectangle, namely εζηθ, of even depth. Let this cut be slanting, on the side, so that there is a considerable bulge on depth of the two sides, and let the upper part of this bulge be very strong".

⁷⁶ CARRA DE VAUX 1894, pp. 173-174: "deux coins de fer dont nous recourbons les extrémités en forme de crochet"; NIX, SCHMIDT 1900, p. 216: "zwei eiserne Pflöcke, deren Seiten schief seien, ähnlich dem Buchstaben Gamma"; DRACHMANN 1963, p. 105: "two pegs of iron, whose ends are bent like the shape of the letter Gamma"; FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, p. 143: "two iron pegs, whose ends are bent like the letter gamma". Una riproposizione grafica aderente alla traduzione moderna, con barre laterali a *gamma* rovesciata (proposta da LANDELS 1978, pp. 91-92, fig. 30, e ripresa da WHITE 1984, fig. 76) appare poco verosimile perché, in questo caso, lo strumento sarebbe in contatto con l'incavo per una minima porzione della sua superficie.

⁷⁷ FOWLER, WHEELER, STEVENS 1909, p. 101, nota 1, citano un'olivella con generica provenienza dall'area vesuviana conservata a Napoli; DURM 1910, fig. 69, la dice da Pompei. Si tratta forse di uno degli strumenti ritrovati nella cd. Casa dello Scultore (VIII, 7, 24) dove ROMANELLI 1811, p. 127, nota a), segnala "gli ordigni di ferro per alzare i marmi su degli edifici" conservati insieme a seghe, mazzuoli, scalpelli al Museo di Portici (vedi anche MUSTILLI 1950, pp. 215-216, scavo 1796-1798); l'oggetto non è più presentato nelle recenti esposizioni sulla tecnologia antica (CIAROLLO, DE CAROLIS 1999). Purtroppo è priva della parte terminale l'olivella conservata in un fusto di colonna in granito alla Marmorata di Roma, inglobata nel piombo: vedi BRUNO 2016, p. 159, nota 7, figg. 3-4 (lung. max. cm 8, larg. max. di cm 5).

⁷⁸ Esemplari moderni delle cave di *Marbre Griotte* in Francia (BRUNO 2016, p. 159, fig. 1), a Roma (DE NUCCIO, UNGARO 2002, p. 513, cat. n. 263, datato al XX sec.). Va segnalato che l'olivella da Amman, conservata all'American Center of Oriental Research in Giordania e data come antica da BRUNO 2016, p. 159 (vedi CARRIERO, SABBADINI 2016, fig. 1a), è in realtà una replica moderna utilizzata nell'anastilosi del tempio di Eracle: vedi KANNELOPOULOS 1994, p. 91, fig. 138.

invece è raffigurata nel disegno del codice arabo⁷⁹. Significativamente Alberti riferisce in modo esplicito di aver visto sporgere dai blocchi antichi “*umbiliculos prominentes, quasi ansas*”⁸⁰, a ulteriore conferma di questo elemento indispensabile a fissare le corde al perno.

Tornando alla documentazione archeologica, ancora diversa appare l'olivella da Kastell Faimingen⁸¹ (Lauingen, *Raetia*), di cui resta un elemento trapezoidale in ferro con uncino alla sommità (figg. 11c, 12g), lungo alla base cm 4.6, con un'altezza complessiva di cm 17.6, una faccia esterna inclinata di 83° ed anche un lato interno obliquo (angolo di 88°). L'elemento veniva usato insieme ad un secondo pezzo disposto specularmente (non conservato) e, giocando con la larghezza del cuneo mediano, si potevano ottenere olivelle di diversa lunghezza⁸². Per il sollevamento la corda sarà stata assicurata (direttamente o tramite anelli metallici?) solo agli uncini, in una soluzione alternativa a quella dell'olivella del “tipo francese” già illustrato da Claude Perrault, in cui è l'elemento centrale, conformato a cuneo rovescio, ad essere dotato di un occhiello⁸³ (fig. 11g). È significativo che questo sistema, come evidenzia lo stesso Perrault, sia più pratico e semplice di quello già descritto per la presenza di soli tre componenti (senza maniglie e perni), ma anche più sicuro, riducendosi il numero degli elementi metallici a rischio di rottura: proprio la parte in ferro è infatti quella più soggetta alla rottura, come già evidenziato da Erone e confermato da un celebre incidente descritto in modo assai vivido da Michelangelo⁸⁴.

In sintesi, la documentazione letteraria e le poche testimonianze archeologiche sembrano far riconoscere due tipi principali, quello a tre barre con occhielli, che in età moderna è il tipo cosiddetto italiano⁸⁵ (fig. 12f), e quello a tre barre con due uncini laterali (fig. 12g), antesignano del tipo definito francese. Di altre soluzioni spesso proposte nella storia degli studi sulla base delle attestazioni moderne, invece, non si hanno evidenze⁸⁶.

⁷⁹ DRACHMANN 1963, fig. 41; MARTINES 2016, fig. 3. Per l'impiego di carrucole più o meno complesse in architettura, vedi SHAW 1967, sulla base di un esemplare da Kenchreai.

⁸⁰ ALBERTI 1541, 6.8: “*Vidimus lapidibus vastis praesertim columnarum media in superficie alioquin dolata atque expolita relictos umbiliculos prominentes, quasi ansas, quibus funi illaqueamenta detinerentur, ne subexfluere, utuntur atque pferuntur ad coronas, impleolis. Sic enim appello, quae fiant sic incavatur formula in lapide ad crumenae vacuae similitudine...*”; BARTOLI 1550, pp. 181-182: “io hò veduto nelle gran pietre e massimo nelle colonne, ancora che elle fussino finite del tutto, lasciati certi dadotti che escono in fuora, quasi come manichi, alli quali si legasino le legature acciò non iscorressino, usati e massimo alle cornici di fare certe buche nelle pietre, da mettervi le ulivelle, che si fanno in questo modo, faccisi una buca nella pietra similitudine d'una scarsella vota, grande secondo la grandezza della pietra, che sia stretta in bocca, e larga nel fondo. Io ho vedute buche di un ulivelle fonde un piede; empionsì queste di conii di ferro; il duo dei quali da dilati son fatti a somiglianza della lettera D questi si mettono i primi per empire i fianchi della buca e il conio del mezo poi si mette l'ultimo infra l'uno, et l'altro. Hanno tutt'a tre questi conii i loro orecchi che avanzano fuori del pari forati, nel qual foro si mette un perno di ferro, che piglia con loro insieme un manico che avanza fuori, al quale si lega la fune che corre per le taglie che l'ha a tirare”. La presenza di maniglie compare nei disegni di Leonardo (fig. 11i, *supra*, nota 9) mentre anse sono citate da PHILANDRIER 1586, fig. a p. 402 (qui fig. 11h) con didascalia “*cuneoli in formam lapidis coniecti cum ansa*”, mentre il testo (p. 401) riporta: “*Roma alia est sublevandi ponderis ratio. Excavatur in medio lapis quantum pro vastitate satis est, sed ita, ut formae excisae os angustum fit, fundum latius. In latera induntur cuneoli ferrei duo, qua parte latiores sunt, quibus illa compleantur, quod autem inter utrumque vacui superest, tertio graciliore impletur, deinde armilla cuneolorum capita ansa, ad C inversi similitudinem, et ipsa armilla praebentur. Per armillas trajcitur axiculus, et subscundicula ferrea, fine claviculo obfirmatur, ne effluat. Rechami unco ansa praebentur, aut si trochlea unco non habet, alligatur funis duclarius, et ergata sublevatur onus*”.

⁸¹ DREXEL 1911, p. 46, n. 11, inv. 951, tav. VI fig. 21; HUEBER 1989, p. 222; AYLWARD 2009, pp. 309-310, fig. 1. Sulla base di questo esemplare antico, HUEBER 1989, p. 222, fig. 6, ha riprodotto alcune repliche.

⁸² AYLWARD 2009, p. 310.

⁸³ Nel caso dell'olivella di Kastell Faimingen, infatti, l'inclinazione dei lati interni delle barre con uncino impedisce di avere un cuneo rovescio mediano cui poter attaccare l'anello. PERRAULT 1673, p. 275 (con fig. a p. 275) descrive la “*leuve, qui est celle dont nous servons*”. Questo tipo è dato come tipico francese in BORGNI 1818, pp. 309-310, tav. 17, fig. 4; CAVALIERI SAN BERTOLO 1869, p. 345, fig. 423. ⁸⁴ Erone, *Mechanika*, 3.1.8 (FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016, p. 144: “It is also necessary to watch for a bend or fold in the iron, or a crack that could occur when it has been made. The fault in it is very dangerous, not only because the stone may fall, but also because it may hit the workers in its falling”). Questi rischi sono esattamente indicati dall'episodio occorso a Michelangelo (vedi *supra*, nota 9) per la rottura dell'anello a causa della cattiva qualità del ferro (“Pietro, le chose sono andate molto male e questo è che sabato mactina io mi messi a fare chollare una cholonna chon grande ordine, e non manchava chosa nessuna; e poi che io l'ebbi chollata forse cinquanta braccia, si rupe uno anello dell'ulivella che era alla cholonna, e lla cholonna se n'andò nel fiume in cento pezzi. El decto anello l'avea facto fare Donato a un suo chompare Lazero ferraro; e quanto all'essere recipiente, quando fussi stato buono era per reggere quatro cholonne, e a vederlo di fuora non ci pareva dubbio nessuno. Poi che s'è rocto, abbiàno visto la ribalderia grande che e' non era saldo drento niente, e non v'era tanto ferro per grossezza che tenessi quante una chostola di choltello; i' modo che io mi maraviglio che reggiessi tanto. Siàno stati a un grandissimo pericholo della vita ctutti che eravamo actorno, e elli guasto una mirabil pietra.... Ma 'l ferro è chrudo e tristo, e non si poteva far peggio” 20-04-1519).

⁸⁵ Come la definisce CAVALIERI SAN BERTOLO 1869, p. 344, fig. 422.

⁸⁶ Ad esempio il tipo con barra unica trapezoidale bloccata da piastrine in metallo e sabbia (LUGLI 1957, p. 229, fig. 43c, ripreso da MARTIN 1965, p. 218, fig. 102). Il tipo costituito da due elementi trapezoidali (LUGLI 1957, p. 229, fig. 43a, ripreso da MARTIN 1965, p. 216, fig. 100) non può esistere se non nel tipo cario-ionico, perché altrimenti non ci sarebbe spazio per inserire i due elementi dall'alto. La soluzione a tre elementi, di cui i laterali piramidali e l'intermedio a sezione rettangolare, separati da piastrine e sabbia per migliorare l'attrito (LUGLI 1957, p. 229, fig. 43b, ripreso da MARTIN 1965, p. 218, fig. 101), seppure non impossibile, non trova riscontro nella documentazione antica. L'uso di sabbia come mezzo di bilanciamento è suggerito per l'età severiana da HUEBER 1989, p. 222, e da LEISTIKOW 1982, p. 23, senza alcuna chiara base documentaria.

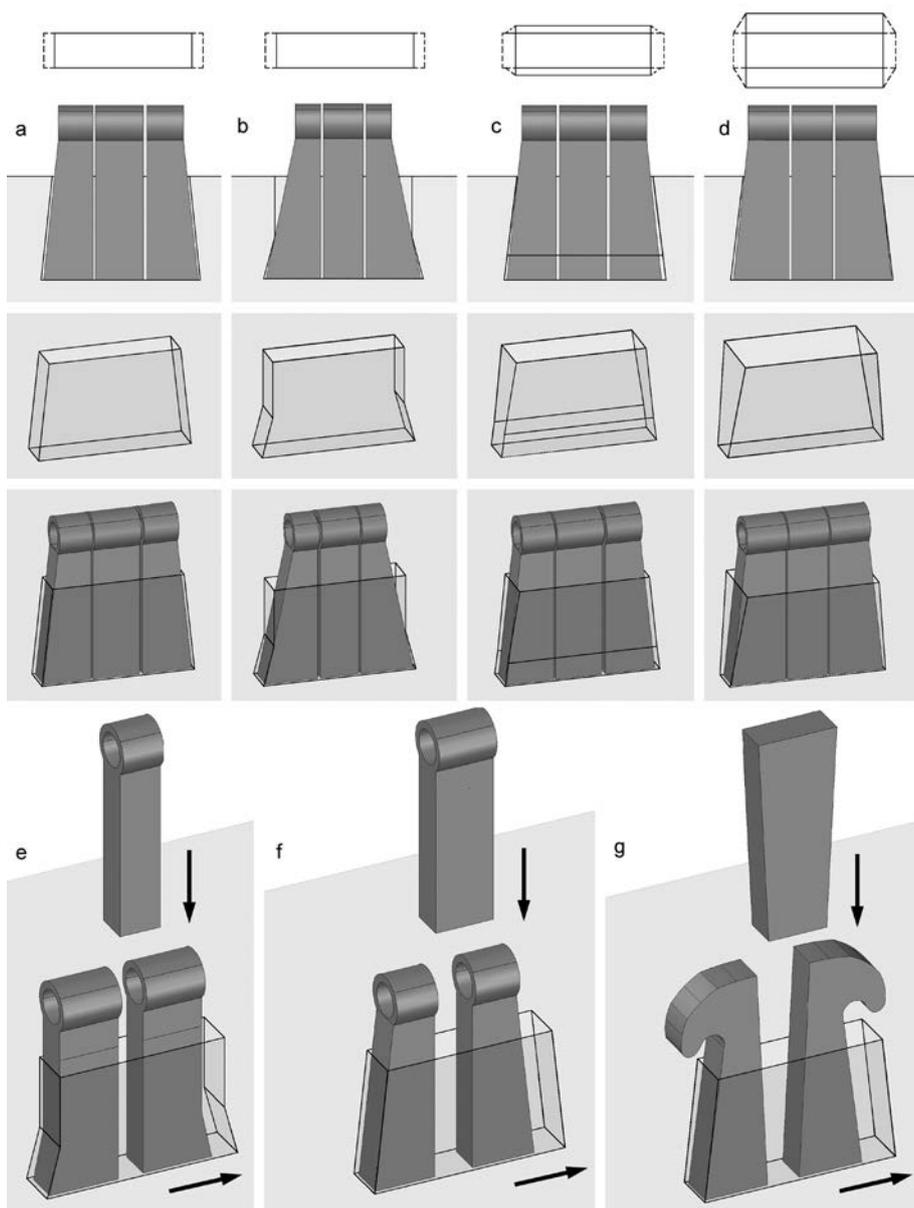


Fig. 12. Pianta, sezione e vedute assometriche dell'incasso del tipo "a I" (a), "a I" con lati corti "spezzati" (b), del tipo "a V" (c) e del tipo "a U" (d); montaggio di un'olivella con lati spezzati sul modello della descrizione di Erone (e), di un'olivella con barre laterali trapezoidali (f), di un'olivella del tipo Kastell Faimingen (g).

Ulteriori informazioni emergono, infine, dalla documentazione offerta dai blocchi architettonici, anzitutto circa le dimensioni della parte metallica. A riguardo, Aylward stima la larghezza dell'olivella di cm 1.1 a Klaros⁸⁷, a Pergamo di cm 1.6⁸⁸ in età ellenistica, di cm 1.7 in età traianea⁸⁹ e di cm 2.1 in quella adrianea⁹⁰. A Hierapolis la larghezza può essere stimata con una certa approssimazione solo sulla base delle dimensioni minime degli incassi, soprattutto nel caso di lati brevi lavorati con grande accuratezza⁹¹. Per la prima età imperiale, la misura minima degli incassi è di cm 1.5-1.6 (nn. 11, 13-14, 20)⁹², ma nella maggior parte dei casi si attesta su cm 1.9-2.2, mentre le dimensioni massime sono eccezionalmente di cm 2.8-2.9 (nn. 9, 17). Nella media età imperiale le misure più attestate sono sempre di cm

⁸⁷ Sulla base dell'impronta dello strumento nel piombo conservato in un'incavo della colonna di Tolomeo, vedi AYLWARD 2014, p. 73 (che parla di tre rocchi del fusto esaminati nel 2008). Tuttavia, nella recente pubblicazione del monumento risulta che l'unico rocchio scoperto nel 1913 non è più conservato (ÉTIENNE, VARÈNE 2004, p. 138). Nella colonna di Menippo non sono presenti incassi per olivella (*ibidem*, pp. 98-99, fig. 135), così come in quella di Appuleio (*ibidem*, pp. 119-120, fig. 144): non è dunque chiaro a quale monumento si riferisca AYLWARD 2014. Forse a blocchi di nuova scoperta?
⁸⁸ Nei blocchi di età attalide (portici e propileo dell'*Atheneion*), vedi AYLWARD 2009, p. 315 sulla base della misura più piccola della larghezza degli incassi.

⁸⁹ Nel *Traianeum*, sulla base del solco dello scalpello piatto in incavi "a V", vedi AYLWARD 2009, p. 318, che nota come lo strumento di sollevamento fosse quasi uguale a quello ellenistico, ma inserito in un incavo più grande dove era a contatto col marmo solo sui lati brevi.

⁹⁰ AYLWARD 2009, p. 320, nella *Rote Halle*.

⁹¹ Non si conservano, infatti, resti di piombo fuso negli incassi, che diano indizi delle dimensioni delle barre metalliche; per l'uso del piombo, vedi *infra* p. 342, note 114-116.

⁹² Si veda ad esempio nel n. 1 la traccia dello scalpello largo cm 1.7, che corrisponde verosimilmente alla necessaria superficie di contatto dell'olivella.

1.9-2.2⁹³, con alcune di cm 2.8 (nn. 24, 33), 3 (n. 28), 3.4 (n. 23), 3.7 (n. 30) ed un solo caso di 1.7 cm (n. 29). In particolare, nel III sec. d.C. appare chiaramente che, accanto ad incassi ancora di cm 1.5 (n. 41), 1.9-2 (nn. 40, 43, 44, 48, 49), molti di più sono quelli di dimensioni maggiori, pari a cm 2.6-2.8 (nn. 35-37, 39), 3.6-3.8 (nn. 36, 42, 46), 4,5 (n. 48), fino ad esemplari incredibilmente grandi di cm 7.2 (n. 38). Calcolando in ca. mm 2 l'interstizio tra incavo e parte metallica possiamo così affermare che nella prima età imperiale la maggior parte delle olivelle fosse larga cm 1.4-2, nella media età imperiale fossero invece disponibili olivelle larghe cm 1.8-2, 2.6, 3-3.6, e in quella severiana circolassero set variegati di cm 1.8-2, 2.5, 3.6, 4.4, fino a olivelle di cm 7.

Più complessa appare la definizione dell'altezza delle barre metalliche, dal momento che la profondità dell'incasso è solo parzialmente condizionata dall'altezza dello strumento, che poteva sporgere superiormente fuori dall'allungamento senza alcun detrimento della funzione statica⁹⁴. Aylward ha inoltre evidenziato come la profondità rilevabile sui blocchi possa anche non corrispondere a quella originaria poiché i piani di attesa sarebbero sempre ribassati e finiti dopo la messa in opera e l'asportazione dell'olivella⁹⁵. Se questa osservazione è valida nel contesto del tempio di Klaros, la documentazione di Hierapolis di età imperiale orienta verso conclusioni diverse: infatti, lo studio di dettaglio di molti cantieri pubblici ha suggerito che i blocchi, in particolare delle trabeazioni, fossero collocati in opera già della loro altezza definitiva⁹⁶. Questo dato è sicuro nelle cornici che non dovevano accogliere un'ulteriore assisa al di sopra. Inoltre, nei casi in cui l'incasso per olivella è rimasto incompiuto, è evidente che esso fu realizzato sulla superficie definitiva del piano di attesa (*Agorà Nord*, rocchi di colonna WR34⁹⁷, WR2⁹⁸) (fig. 14b).

T.I.

Ricostruzione delle procedure di realizzazione degli incavi e d'uso delle olivelle

Le procedure di montaggio dell'olivella costituiscono un altro tema non completamente risolto, sebbene la descrizione delle sequenze principali compaia già in Erone, come si è visto, quindi in Leon Battista Alberti e nei primi editori di Vitruvio⁹⁹, per essere poi ripresa in dizionari e manuali del secolo XIX¹⁰⁰.

La prima azione è costituita dalla scelta della posizione dell'olivella, che in genere, nei casi ierapolitani, corrisponde al baricentro del blocco, la cui identificazione empirica avrà richiesto una certa esperienza, specialmente per i blocchi dalle sagome irregolari¹⁰¹. Invece, nel blocco 696 del Ninfeo dei Tritoni (incasso n. 43) le due olivelle (corrispondenti a fasi diverse di movimentazione) appaiono fortemente decentrate verso la fronte decorata del timpano (fig. 13). In questo caso si può ipotizzare che il blocco fosse sollevato non orizzontalmente ma leggermente in obliquo, così da entrare in contatto con il fregio sottostante toccandolo obliquamente con lo spigolo posteriore prima che con la porzione centrale, in funzione delle specifiche esigenze del montaggio¹⁰². La pratica di far scendere i blocchi in obliquo è stata riconosciuta nell'architettura ellenistica di Delo dove, secondo René Vallois, a questo fine le olivelle (del tipo ad un solo lato inclinato) si dispongono in posizione appena decentrata col lato obliquo prossimo al baricentro¹⁰³; anche nell'*Apollonion* di Klaros, secondo Aylward, la posizione decentrata delle olivelle nei fregi angolari del pronao sarebbe funzionale a manovre di precisione¹⁰⁴.

⁹³ Si vedano ad esempio gli incassi n. 31 (cm 2.2) e n. 34 (cm 2.1).

⁹⁴ Forse alcuni elementi in più potrebbero venire da un esame sistematico delle profondità degli incavi all'interno di uno specifico cantiere, al fine di comprendere il significato reale della variabilità dimensionale riscontrata.

⁹⁵ AYLWARD 2014, pp. 64, 70; vedi anche AYLWARD 2009, pp. 313-314 e nota 19, che rimanda a HUEBER 1989, p. 224.

⁹⁶ Una limitata rifinitura si può supporre nella base con stilobate NB4 del lato nord dell'*Agorà Nord* (fig. 14c), vedi BOZZA, ISMAELLI 2022b, p. 223, fig. 7a.

⁹⁷ Rocchio di colonna del lato ovest dell'*Agorà Nord*, vedi LONGO 1993-1994, p. 81, tav. 17b.

⁹⁸ Rocchio di colonna del colonnato interno ovest dell'*Agorà Nord*, vedi LONGO 1993-1994, p. 77, tav. 16b.

⁹⁹ BARTOLI 1550, pp. 181-182 (vedi *supra*); anche PERRAULT 1673, p. 275.

¹⁰⁰ ORSINI 1801, p. 190; CAVALIERI SAN BERTOLO 1869, pp. 344-345.

¹⁰¹ Si veda il blocco NB5 della *Stoa Nord* dell'*Agorà Nord* con base decentrata rispetto allo stilobate (BOZZA, ISMAELLI 2022b, p. 223, fig. 2d, qui incavo per olivella n. 32, fig. 13) o il timpano del Ninfeo dei Tritoni 686 (incavo per olivella n. 42). Secondo GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 123, fori per olivella possono riscontrarsi anche

sulle facce laterali dei blocchi, funzionali al loro traino orizzontale su rulli; gli autori si rifanno a ROUX 1961, p. 117, tav. 35, 4, lastre della pavimentazione del tempio di Asclepio a Epidauro, che mostrano uno o più incavi per forcipe e un incavo per olivella sulle facce verticali non visibili, che l'autore attribuisce alle operazioni di cantiere e al trasporto su rulli. In effetti dall'immagine sembra che né i fori di pinza né quello per olivella siano centrati sul baricentro.

¹⁰² Osservazioni simili già in FOWLER, WHEELER, STEVENS 1909, p. 101; MARTIN 1965, p. 219; GINOUVÈS, MARTIN, 1985, p. 123, nota 262.

¹⁰³ In questo modo, durante il sollevamento del blocco, il lato obliquo dell'olivella è rivolto verso il basso e quello verticale verso l'alto, vedi VALLOIS 1978, pp. 510-511 (talora il fondo dell'incavo non è parallelo al piano di attesa ma inclinato verso il basso in corrispondenza del lato corto obliquo); FRAISSE, LLINAS 1995, figg. 823-824. La posizione del lato obliquo dell'olivella prossima al baricentro è stata riscontrata nei blocchi ellenistici di Pergamo (AYLWARD 2009, pp. 313-315); è forse significativo che nel caso dei blocchi severiani del Tempio A (Fb7 e St51, incavo n. 46) che hanno un lato dritto ed uno obliquo, sia quest'ultimo a collocarsi più vicino al baricentro.

¹⁰⁴ AYLWARD 2014, p. 69.



Fig. 13. Teatro, arco di collegamento tra l'*analemma* nord e l'edificio scenico, che dà accesso alla versura nord, con incassi per olivella di dimensioni sensibilmente differenti (nn. 35-36); *Agorà Nord*, *Stoa Nord*, incasso per olivella decentrato sul blocco di base-stilobate NB5 (n. 32); Ninfeo dei Tritoni, incassi per olivella spostati verso la fronte del blocco di timpano angolare (nn. 43a-43b).

Un altro elemento da valutare è quello del rapporto tra la posizione dell'olivella e gli altri incassi destinati a grappe e perni. Più volte si è riscontrato a Hierapolis nelle colonne della *Stoa* di Marmo e del Portico Superiore del Santuario di Apollo che gli incassi usati per il sollevamento sono stati allargati al centro in modo da potervi inserire un perno, fissato senza l'ausilio della canaletta per il piombo, come dimostrano anche le associazioni tra i rocchi¹⁰⁵ (fig. 14f): poiché sui piani di attesa sono presenti, oltre al centrale, ulteriori incavi per perno con canaletta (una o più serie), è verosimile che il riuso degli incassi per olivella sia da attribuire ad interventi di restauro ben documentati nei due contesti¹⁰⁶.

¹⁰⁵ In Col20 del Portico Superiore (BOZZA 2020, pp. 105-106, fig. 100) sono anche ben visibili tracce di ossidazione del perno in ferro all'interno dell'incavo (vedi fig. 14f). Per questa consuetudine vedi anche MILES 1989, 188. Nel tempio di Klaros e nel santuario di Atena a Pergamo, si è notata una disposizione ben pianificata degli incavi per olivella e per perni, che solo eccezionalmente si sovrappongono, vedi AYLWARD 2014, p. 65, figg. 1c, 1e; 4.

¹⁰⁶ ISMAELLI 2016d, pp. 249-250, fig. 17 (*Stoa* di Marmo); BOZZA 2020, p. 61, nota 205; 75 (Portico Superiore del Santuario di Apollo). Per la questione se, anche nel caso di olivelle cario-ionie, i grossi alloggiamenti siano stati usati per inserire successivamente dei perni, vedi PEDERSEN 2011, pp. 372-373, figg. 14-17; LIVADIOTTI 2013, p. 145, nota 11.



Fig. 14. Incavi per olivella in corso di realizzazione (a: Teatro, cornice; b: *Agorà Nord, Stoa Ovest*, rocchio WR34; c: *Agorà Nord, Stoa Nord*, base con stilobate NB4); incasso ricavato in una porzione ribassata (d: *Stoa di Marmo, cornice STM79*; Portico Superiore del Santuario di Apollo, incavo n. 17); incasso con allineamento poco preciso per le barre (botteghe della Via di Frontino n. 20); incasso con tracce di asportazione (Teatro n. 37); dettaglio della lavorazione interna (e: Teatro, cornice; Portico Superiore del Santuario di Apollo, incavo n. 16); riuso dell'incavo per olivella come sede per un perno (f: Portico Superiore, rocchio Col20).

La fase successiva è costituita dalla realizzazione dell'incavo: sulla superficie della pietra si procede a definire l'area interessata con la subbia (*Teatro; Stoa Nord rocchio WR34*¹⁰⁷), per poi asportarne l'interno (base NB4 dell'*Agorà Nord*¹⁰⁸) (fig. 14). In alcuni casi, va notato che l'incavo per olivella si trova posizionato all'interno di una superficie ribassata all'incirca rettangolare ("imbuto di preparazione"), con fondo più o meno regolare, e pareti leggermente in-

¹⁰⁷ LONGO 1993-1994, p. 81, tav. 17b.

¹⁰⁸ Un solco a subbia definisce il contorno dell'incavo appena approfondito.

clinate¹⁰⁹. Si può suggerire che tale area ribassata servisse a facilitare l'inserimento degli strumenti per scavare la parte più profonda dell'incavo, laddove c'era necessità di collocare l'olivella a particolare profondità. In effetti, è possibile vedere, in particolare sui lati lunghi degli alloggiamenti, che la subbia è data non solo dall'alto verso il basso ma anche in obliquo, grazie al maggiore spazio di manovra.

Come si è detto, la realizzazione dell'incasso avviene, nei diversi esemplari documentati, con strumenti e modalità differenti. Generalmente, infatti, i lati lunghi sono lavorati a subbia data sia verticalmente che in obliquo, ora in maniera più ordinata (n. 17), ora più confusa, con colpi corti e ravvicinati oppure in lunghi solchi. In generale, soprattutto negli incavi "a V" e "a U" le superfici interne appaiono più corsive, dal momento che le pareti lunghe non erano a contatto con la parte metallica. Il lavoro poteva essere dunque più rapido e agevole, dato il maggiore spazio di manovra per gli strumenti il quale, allo stesso tempo, era propedeutico a evitare la rottura dell'olivella nella fase di estrazione, come suggerito da Aylward¹¹⁰.

Le maggiori differenze riguardano però la lavorazione del fondo e dei lati brevi: infatti, si riconoscono chiaramente due differenti modalità, ossia l'uso dello scalpello piatto e l'impiego della subbia, data perpendicolarmente sul fondo e in obliquo sui lati corti, sebbene non manchino esempi della combinazione dei due strumenti¹¹¹. Evidentemente il primo strumento garantisce un fondo orizzontale, tendenzialmente uniforme (in particolare nn. 6, 8, 19), e lati brevi lisci, in cui si ha una migliore adesione tra l'olivella e la pietra. In questi casi, si può verificare dalle tracce sul fondo e sulle pareti che la larghezza dello scalpello corrisponde alla larghezza stessa dell'incavo per olivella (tipo "a I"), alla larghezza della sua parte più approfondita ("a V") o a quella dei lati brevi¹¹² (nn. 1-3, 5-8, 10-11, 13, 18-20, 31, 37, 40, 49), indicando la scelta di uno strumento proporzionato alla stessa olivella che si deve montare¹¹³.

Generalmente gli incavi appaiono rettilinei, con diversi gradi di accuratezza; raramente, invece, gli incavi sono non perfettamente rettangolari ma appaiono formati da due tratti disassati (nn. 15, 20, 50) e ciò indica che le tre barre dell'olivella non erano perfettamente allineate e, allo stesso tempo, che gli anelli sommitali dovevano risultare sufficientemente ampi da permettere comunque l'inserimento del perno orizzontale (fig. 14, n. 20).

Come spesso si verifica, la movimentazione nel cantiere o interventi di restauro possono aver determinato il posizionamento dell'olivella su un incavo preesistente, e dunque lo scavo di un incasso perpendicolare a quello più antico (nn. 42-43). In questi casi, soprattutto quando i due interventi corrispondono ad una medesima fase costruttiva, risulta difficile riconoscere la sequenza relativa degli incassi: sebbene una lavorazione più corsiva, un alloggiamento più grande o più profondo non siano necessariamente indizi di receniorità dell'intervento, nel caso delle olivelle nn. 42 e 43, proprio la realizzazione degli incassi più profondi sembra essere all'origine della distruzione delle olivelle superficiali e apparentemente più antiche.

Terminato lo scavo dell'incasso e rimossi i residui della lavorazione, si doveva passare all'inserimento delle tre barre come già descritto, per procedere eventualmente poi ad assicurare gli elementi metallici attraverso la colatura di piombo fuso. L'uso di questo materiale, che non è descritto da Erone, è stato per la prima volta proposto da Hueber a seguito dell'osservazione di resti di piombo negli incavi della Porta Sud dell'*Agorà* di Efeso e dei segni di asportazione a subbia¹¹⁴. A conferma di questa ipotesi sono anche tracce di piombo riconosciute da Aylward a Klaros (in una delle colonne del tempio di Apollo e nei rocchi della colonna di Tolomeo¹¹⁵) e in una già citata colonna in granito alla Mar-morata di Roma¹¹⁶. Come lo stesso Aylward sottolinea, se l'impiego di questo materiale è archeologicamente documentato, più difficile è stabilire se si tratti di una prassi comune o di un'eccezione. Questi dati permettono comunque di trarre alcune considerazioni: anzitutto esistevano degli interstizi più o meno larghi tra le pareti dell'incasso e l'olivella in cui colare il metallo; in secondo luogo, è chiaro che si percepiva l'esigenza di aumentare la coesione tra la parte litica e quella metallica. Infine, l'operazione di fissaggio dell'olivella (oltre alla successiva rimozione) si configurava

¹⁰⁹ Soluzione illustrata qui (fig. 14d) da una cornice della *Stoa* di Marmo (ISMAELLI 2016d, p. 274, fig. 366, STM79).

¹¹⁰ Vedi AYLWARD 2009, pp. 317-318 e nota 34, che ricorda di aver trovato frammenti di olivella solo in incassi del tipo "ad I" (Samotracia, *Hieron*; Pergamo, portico dell'*Athenaion*; Efeso, monumento di Memmio). È auspicabile la pubblicazione di questa documentazione.

¹¹¹ Sulla base della traccia lasciata nella pietra non è possibile distinguere tra un normale scalpello piatto e uno strumento come il "Lewising tool" utilizzato nell'industria moderna della pietra, caratterizzato da una lama più larga dello stelo, vedi WARLAND 1929, p. 7, fig. 33: "Lewising Tools - These are made in the form of mortising chisels, the cutting edge being made wider than the stem of the tool, so that the clearance necessary for the cutting of the lewis mortise is obtained. The back of the tool is straight, whilst the front tapers to the cutting edge, thus enabling the mortise to be undercut or dovetailed".

¹¹² MILES 1989, p. 146.

¹¹³ In particolare la lama appare larga cm 1.5 (n. 11), 1.7 (n. 1), 2 (nn. 6, 18-19, 31, 49), 2.4 (nn. 27, 40), 2.7 (n. 37).

¹¹⁴ HUEBER 1989, p. 222, fig. 5a-d. Secondo HUEBER 1989, p. 222, in età traianea, ad esempio nel *Traianeum* di Pergamo, la piombatura integrale sarebbe stata sostituita dall'impiego di strisce di piombo collocate tra l'olivella e i lati brevi dell'incasso; nessuna prova è portata a riguardo.

¹¹⁵ Per il tempio, vedi AYLWARD 2014, pp. 72-73, fig. 15; vedi anche LAROCHE, MORETTI 2008, p. 361, fig. 7b. Per la colonna, vedi AYLWARD 2014, p. 73, fig. 16 (con tracce di piombo sia sui lati brevi che sul fondo) e qui nota 87. La documentazione di Klaros spinge l'autore a rivedere il suo precedente scetticismo sulla questione (AYLWARD 2009, p. 320, nota 37).

¹¹⁶ Cfr. *supra*, nota 77.

come un'operazione laboriosa e lunga, che richiedeva non solo lo scalpellino incaricato della realizzazione dell'incasso, ma anche artigiani addetti alla lavorazione dei metalli, oltre a piombo, legna da ardere e ad un'installazione per il fuoco pronta all'occorrenza, ossia un gruppo di lavoro più variegato ed una organizzazione più articolata¹¹⁷.

Nel caso di Hierapolis nessun incasso ha restituito tracce di piombo ed il suo utilizzo resta ipotetico anche se, come si è visto, esso poteva risultare particolarmente utile, ad esempio nello stabilizzare olivelle molto più strette degli incavi nei tipi "a U" o "a V" oppure quelle sistemate in incassi con lati "spezzati"¹¹⁸.

Al posizionamento del blocco nella sua sede definitiva seguiva la fase di rimozione dell'olivella: questa operazione poteva non essere agevole, per via del piombo o dello spazio esiguo degli incassi, specialmente nel tipo "a I", tanto da richiedere l'impiego della sabbia per allargare l'incavo, come dimostrano le tracce riscontrate sui lati lunghi di vari alloggiamenti (nn. 6, 10, 13, 15, 29, 37)¹¹⁹ (fig. 14, n. 37).

S.B.

Osservazioni conclusive

L'analisi delle olivelle hierapolitane ha posto in evidenza come lo studio di questo congegno offra una serie di informazioni utili alla comprensione di numerosi aspetti chiave del cantiere antico. In una prospettiva ampia e di lunga durata, sono chiaramente emerse alcune linee tendenziali di sviluppo, le quali riguardano in primo luogo gli aspetti proporzionali e dimensionali: le olivelle tendono progressivamente a divenire più grandi, più larghe e profonde. D'altro canto, anche dal punto di vista morfologico si manifesta una crescente preferenza per incassi con forma "a V" o "a U", e soprattutto con valori di *CS* più significativi e lati brevi meno inclinati (minori valori di *AF*), fino ad arrivare ad incavi con un solo lato obliquo in età severiana. Alcuni di questi cambiamenti, come l'apertura dell'imbocatura alla sommità ottenuta tramite lati lunghi obliqui (tipo "a V" e "a U") o il ricorso a incavi più larghi dello strumento metallico sembrano rispondere ad una maggiore facilità di esecuzione dell'incasso (dunque ad un risparmio di energie e tempi di lavorazione), e ad una più semplice estrazione della parte metallica dopo l'uso. Altre tendenze come il diminuire dell'inclinazione dei lati brevi, invece, appaiono congruenti con un'accresciuta consapevolezza dell'efficacia di questa peculiare soluzione in funzione delle tensioni prodotte dallo strumento metallico in fase di trazione. Saremmo di fronte, dunque, a una "risposta" ad episodi di rottura dei blocchi, ossia ad una maturazione del sapere pratico nel corso delle generazioni. D'altro canto, non si può non constatare, tra gli elementi di questa dinamica, una certa tendenza verso l'uso via via più corsivo degli strumenti, con conseguenti piani irregolari, angoli arrotondati, superfici grossolane, tendenza che perfettamente si inserisce nel quadro più ampio dello sviluppo dell'architettura pubblica d'età imperiale di Hierapolis. Infatti, precisione ed accuratezza d'esecuzione sembrano divenire qualità poco rilevanti agli occhi di esecutori e fruitori delle iniziative evergetiche¹²⁰, in un contesto contraddistinto da molteplici cantieri coevi, di grandi dimensioni e dal carattere seriale.

Accanto a questi aspetti in evoluzione, che Hueber e Aylward avevano finito per privilegiare, è emerso tuttavia anche il carattere fortemente conservativo delle procedure tecniche. In effetti, quelle sopra descritte costituiscono solo linee tendenziali, perché l'altro aspetto di grande interesse è rappresentato dalla innegabile compresenza di molteplici soluzioni morfologiche e dimensionali nello stesso periodo e nello stesso cantiere. Concretamente, è significativo che mentre nella prima età imperiale i valori dimensionali e proporzionali risultino più omogenei, proprio dal II sec. d.C. e più ancora nel III sec. d.C. si assista alla circolazione di set di olivelle con caratteristiche molto diverse. Possiamo immaginare che il fenomeno dipenda in parte dall'uso, nel singolo cantiere, di strumenti tramandati all'interno della bottega, famiglia o gruppo di lavoro, ma realizzati in momenti diversi della storia urbana di Hierapolis. In secondo luogo, l'impiego di olivelle apparentemente sovradimensionate rispetto ai blocchi da sollevare ci mostra che, ovviamente, la contingente disponibilità sul cantiere di modelli concepiti per la messa in opera di elementi più grandi risultava prioritaria rispetto ad un mero calcolo di congruità, estraneo all'idea antica di efficienza. Nella prospettiva del nostro studio, dunque, se il quadro complessivo sembra meno nitido della sintesi un po' artificiosa tratteggiata negli studi precedenti, la ricostruzione risulta però più veridica e articolata, dando risalto alla complessità del cantiere antico.

¹¹⁷ Secondo HUEBER 1989, p. 222, la sistemazione di una olivella richiederebbe 20-25 minuti e il piombo sarebbe difficile da togliere senza allargare l'incavo; per una olivella di normali dimensioni sarebbero necessari kg 1-2 di piombo. Sulle procedure e le difficoltà determinate dall'uso del piombo fuso sul cantiere, vedi QUATEMBER, PAUL 2017. Per il carattere specializzato degli artigiani addetti alle olivelle, vedi AYLWARD 2009, p. 312 e nota 16, che immagina pochi addetti e pochi esemplari di olivella sul cantiere.

¹¹⁸ Nel corso della stesura di questo articolo si sono individuati resti di piombo all'interno di un incasso per olivella (lung. sup. cm 7,5,

lung. inf. cm 8 max., larg. cm 3,5, prof. cm 8) in un blocco di timpano (TR18AÇ172) del Ninfeo Monumentale di Tripolis ad Maeandrum. Il piombo aderisce ancora ad uno dei lati brevi dell'incavo e reca chiaramente l'impronta della barra larga cm 2.

¹¹⁹ Talora la parte sommitale dell'incavo presenta delle scheggiature periferiche che è difficile assegnare alla fase di preparazione dell'incasso stesso o alla fase di asportazione dell'olivella o a entrambe.

¹²⁰ ISMAELLI 2020a, pp. 324-326. Per procedimenti tecnici spesso caratterizzati da scarsa accuratezza, vedi anche BOZZA, ISMAELLI 2016.

Rispetto alle complesse macchine da cantiere note dalle fonti scritte e iconografiche e di certo comuni nelle gigantesche costruzioni dell'Asia Minore, il meccanismo dell'olivella rappresenta l'unico congegno per il sollevamento che è ancora possibile ricostruire, seppur in modo indiziario, attraverso le sue concrete tracce archeologiche. Proprio queste, grazie ad un approccio contestuale dell'analisi, permettono di intravedere non solo i numerosi fattori esistenti dietro le scelte fattuali ed i gesti tecnici ma anche di comprendere aspetti dinamici e conservativi del saper fare antico, in cui si intrecciano inscindibilmente conoscenze empiriche dei materiali, nozioni teoriche recepite nella stessa trattatistica scientifica e urgenze pratiche, di tempistica e logistica della costruzione.

T.I., S.B.

Tab. 1 Incassi per olivella: dati inerenti ai blocchi di pertinenza (dove non indicato, i valori sono dati in centimetri).

Num. incavo olivella	Monumento	Codice Blocco	Descrizione	Datazione	Dimensioni	Volume blocco (m ³)	Peso blocco (kg)	Bibliografia
1	Santuario di Apollo, Tempio B	HTA75	Rocchio di colonna in marmo	Età augusteo-tiberiana o flavio-traiana	H: 135; D: 77; Ds: 81	0.63	1697.34	SACCHI, BONZANO 2012, pp. 331-332, tab. 2; BOZZA 2020, pp. 249-250
2	Santuario di Apollo, Tempio B	HTS188	Fregio a girali in marmo	Età giulio-claudia	H: 62; L: 14.5; P: 52	0.47	1257.84	SACCHI, BONZANO 2012, pp. 339-340, fig. 10; ISMAELLI 2017a, p. 24, fig. 50; BOZZA 2020, pp. 255, 259-260, fig. 191
3	Santuario di Apollo, Tempio A	CaII	Capitello corinzio di colonna in marmo	Età augusteo-tiberiana	H: 63.2; L: 71.4 max.; Di: 53	0.23	610.33	ISMAELLI 2017a, pp. 98-99, 262, 319-322, figg. 194, 387, 458, 459, 467
4	Santuario di Apollo, Portico Inferiore	SA44	Imoscapo di pilastro con semicolonna in marmo	Età giulio-claudia	H: 170; L: 63; P: 79.6	0.78	2098.85	ISMAELLI 2009, pp. 42, 73, fig. 58
5	Santuario di Apollo, Portico Inferiore	SA119	Cornice ionica in travertino	Età giulio-claudia	H: 32; L: 91 max.; Ppa: 105 max.	0.61	1651.10	ISMAELLI 2009, p. 94
6	Ginnasio	HG84	Elemento di pilastro cuoriforme in marmo	Tarda età giulio-claudia	H: 164; L: 81; P: 81	0.88	2378.46	ISMAELLI 2016b, p. 582, fig. 22
7	Ginnasio	HG81	Fregio dorico in marmo	Tarda età giulio-claudia	H: 36; L: 165; P: 39	0.23	625.48	ISMAELLI 2016b, p. 589, figg. 6-7, 9, 25
8	Ginnasio	HG42	Cornice ionica (incasso più antico) in marmo	Tarda età giulio-claudia	H: 42; L: 83.5; Ppa: 92.5	0.51	1375.59	ISMAELLI 2016b, p. 592, figg. 8, 11, 28
9	Ginnasio	HG42	Cornice ionica (incasso più recente) in marmo	Tarda età giulio-claudia	H: 42; L: 83.5; Ppa: 92.6	0.25	687.79	ISMAELLI 2016b, p. 592, figg. 8, 11, 28
10	Stoà di Marmo	STM28	Rocchio di colonna in marmo	Tarda età giulio-claudia	H: 150; D: 60; Ds: 56.5	0.40	1076.01	ISMAELLI 2016d, p. 263, figg. 17, 26, 28
11	Stoà di Marmo	STM81	Cornice ionica in marmo	Tarda età giulio-claudia	H: 41; L: 163; Ppa: 97	0.54	1448.74	ISMAELLI 2016d, p. 275, figg. 22-23, 26, 37
12	Ploutonion, Portico Ionico	PB5	Base di pilastro in marmo	Età neroniana	H: 27.5; L: 70; Ppp: 38; Lpa: 56; Ppa: 29	0.06	166.32	BOZZA 2020, pp. 153-154, 169, 181, 197, fig. 158
13	Ploutonion, Portico Ionico	PCol17	Rocchio di colonna in marmo	Età neroniana	H: 66 max.; D: 44; Ds: 40.5	0.09	247.07	BOZZA 2020, pp. 154-155, 203, fig. 161
14	Ploutonion, Portico Ionico	PC17	Cornice ionica angolare in marmo	Età neroniana	H: 29.5; L: 117.5 max.; Ppp: 60; Ppa: 78 max.	0.17	467.03	BOZZA 2020, pp. 162-165, 228, fig. 173
15	Santuario di Apollo, Portico Superiore	CoI1	Rocchio di colonna (imoscapo) in marmo	Età flavia	H: 159; D: 57.7; Ds: 55	0.40	1076.59	BOZZA 2020, pp. 59-63, 75, 100, figg. 74, 97
16	Santuario di Apollo, Portico Superiore	CC3	Capitello corinzio di colonna in marmo	Età flavia	H: 52; D: 41.5; L: 62 max.	0.13	354.46	BOZZA 2020, pp. 63-67, 114
17	Santuario di Apollo, Portico Superiore	FA19	Fregio-architrave in marmo	Età flavia	H: 60; L: 252; Ppa: 44.5 max.	0.67	1816.67	BOZZA 2020, pp. 67-70, 79, 125-126, figg. 65, 107
18	Santuario di Apollo, Portico Superiore	SA163	Cornice a modiglioni in marmo	Età flavia	H: 41.5; L: 91 max.; Ppa: 94.5	0.34	917.69	ISMAELLI 2009, pp. 30-34, 105; BOZZA 2020, pp. 70-73
19	Ploutonion, Tholos	ColTh3	Rocchio di colonna in marmo	Età flavia	H: 48.5 max.; D: 26 max.; Ds: 26.7	0.03	69.53	BOZZA, ISMAELLI 2022a, figg. 11, 17
20	Via di Frontino, Botteghe	88-89C	Balaustra in travertino	Età flavia	H: 100; L: 153; P: 43 max.	0.66	1710.54	ISMAELLI 2009, pp. 195, 288, figg. 223, 257
21	Stoà delle Sorgenti	A20	Capitello di pilastro con mensola in travertino	Età tardo flavio-traiana	H: 35.3; L: 86.6 max.; Ppa: 70.4	0.22	559.55	DITARANTO, ISMAELLI, SCARDOZZI 2022, pp. 614, 660, figg. 23, 25, 34
22	Stoà delle Sorgenti	A4	Capitello di pilastro con attacco dell'arco in marmo	Età tardo flavio-traiana	H: 58.8; L: 155.5; P: 110.8	1.01	2735.34	DITARANTO, ISMAELLI, SCARDOZZI 2022, pp. 624, 633-635, 659, figg. 33, 40
23	Stoà delle Sorgenti	A35	Fregio a girali in marmo	Età tardo flavio-traiana	H: 38.5; L: 127.2; Ppa: 68.4; Ppp: 66.4	0.33	904.41	DITARANTO, ISMAELLI, SCARDOZZI 2022, figg. 30, 38, 41, 45
24	Dodekatheon	-	Cornice-stilobate in marmo	Età adrianea	H: 38; L: 105; P: 163.5	0.65	1761.39	MASINO, SOBRÀ 2012a, pp. 265-266
25	Dodekatheon	T2	Cornice rampante in marmo	Età adrianea	H: 56.6; L: 63 max.; P: 62	0.14	384.08	MASINO, SOBRÀ 2012a, pp. 273-274, figg. 17-18

26	Santuario di Apollo, Edificio non id.	Ca1	Capitello ionico di colonna in marmo	Età adrianea	H: 36; D: 43.5 max.; Abaco: 56 max. x 45 max.	0.07	190.27	BOZZA 2020, p. 49, fig. 51
27	Agorà Nord, Stoa-Basilica	378	Elemento di pilastro del corpo centrale in marmo	Età adrianeo-antonina	H: 100; Lpp: 86; Lpa: 131; Ppp: 76; Ppa: 133	1.22	3281.78	BONZANO 2019a, pp. 311-312, 315-316, 324, tab. 2, figg. 5, 13; BOZZA, ISMAELLI 2022b, p. 232, fig. 8
28	Agorà Nord, Stoa-Basilica	208	Elemento di pilastro del corpo centrale in marmo	Età adrianeo-antonina	H: 68; Lpp: 85; Lpa: 116; Ppp: 80; Ppa: 112	0.70	1876.54	BONZANO 2019a, pp. 312, 315, tab. 2, fig. 5; BOZZA, ISMAELLI 2022b, p. 232, fig. 8
29	Agorà Nord, Stoa-Basilica	M21	Architrave del corpo centrale in marmo	Età adrianeo-antonina	H: 51; L: 136; P: 100	0.69	1872.72	ROSSIGNANI, SACCHI 2007, pp. 361-367
30	Agorà Nord, Stoa-Basilica	M101	Capitello pseudocorinzio in marmo del secondo ordine	Età adrianeo-antonina	H: 55; L: 65; P: 99	0.35	955.60	ROSSIGNANI, SACCHI 2007, pp. 396-397, fig. 37
31	Agorà Nord, Stoa Ovest	H13_012	Capitello corinzio di colonna in marmo	Età adrianeo-antonina	H: 96; L: 120 max.; D: 74	0.85	2306.50	BOZZA 2020, pp. 272-273, fig. 204
32	Agorà Nord, Stoa Nord	NB5	Base con stilobate in marmo	Età adrianeo-antonina	H: 83; L: 209; P: 107	1.08	2905.17	BOZZA, ISMAELLI 2022b, pp. 221, 223, fig. 2
33	Ninfeo del Tempio	-	Fregio-architrave del primo ordine in marmo	Tarda età antonina	H: 50; L: 125 max.; P: 104 max.	0.40	1091.35	CAMPAGNA 2018, pp. 583-584
34	Ninfeo del Tempio	-	Cornice del secondo ordine in marmo	Tarda età antonina	H: 34; L: 107 max.; P: 117	0.85	2298.49	CAMPAGNA 2018, p. 587
35	Teatro	-	Arco di collegam. tra <i>analemma</i> e frontescena in travertino	Prima età severiana	H: 80; L: 27/42; P: 160	0.45	1181.44	DE BERNARDI FERRERO 2007, fig. 38; ISMAELLI <i>et alii</i> 2022, p. 278, fig. 24f
36	Teatro	-	Arco di collegam. tra <i>analemma</i> e frontescena in travertino	Prima età severiana	H: 80; L: 28/43; P: 190	0.54	1402.96	DE BERNARDI FERRERO 2007, fig. 38; ISMAELLI <i>et alii</i> 2022, p. 278, fig. 24f
37	Teatro	H21	Fregio-architrave del primo ordine in marmo	Prima età severiana	H: 82; L: 62; Ppa: 210	0.96	2605.49	MASINO, SOBÀ 2012b, fig. 12
38	Teatro	K22	Fregio-architrave del secondo ordine in marmo	Media età severiana	H: 70.5; P: 130; L: 32/66	0.48	1287.82	RITTI 2017, n. 37; ISMAELLI <i>et alii</i> 2022, figg. 12, 17
39	Teatro	K61	Fregio-architrave del secondo ordine in marmo	Media età severiana	H: 71.6; L: 58/105; P: 180	1.10	2961.57	RITTI 2017, n. 17; ISMAELLI <i>et alii</i> 2022, fig. 12
40	Teatro	J21	Fregio-architrave del terzo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 56; L: 57/84; P: 116	0.40	1084.48	ISMAELLI <i>et alii</i> 2022, fig. 3
41	Teatro	-	Cornice del <i>logeion</i> in marmo	Tarda età severiana	H: 21; L: 140; Ppa: 86	0.25	665.30	MASINO, SOBÀ 2012b, figg. 28, 30, 34
42a	Ninfeo dei Tritoni	686	Timpano del primo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 73; L: 103.4; P: 192.6	0.88	2364.18	CAMPAGNA 2018, pp. 929-930, fig. C1022
42b	Ninfeo dei Tritoni	686	Timpano del primo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 73; L: 103.4; P: 192.6	0.88	2364.18	CAMPAGNA 2018, pp. 929-930, fig. C1022
42c	Ninfeo dei Tritoni	686	Timpano del primo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 73; L: 103.4; P: 192.6	0.88	2364.18	CAMPAGNA 2018, pp. 929-930, fig. C1022
43a	Ninfeo dei Tritoni	696	Timpano del primo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 81.7; L: 92.5; P: 228	1.20	3245.63	CAMPAGNA 2018, pp. 941-942, figg. 224-225
43b	Ninfeo dei Tritoni	696	Timpano del primo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 81.7; L: 92.5; P: 228	1.20	3245.63	CAMPAGNA 2018, pp. 941-942, figg. 224-225
44	Ninfeo dei Tritoni	326	Timpano del primo ordine in marmo	Tarda età severiana	H: 41; L: 107; P: 96	0.42	1137.11	CAMPAGNA 2018, pp. 155, 804, figg. 299, 864
45	Santuario di Apollo, Tempio A	CS2-2	Ortostato della cella in marmo	Tarda età severiana	H: 104.3; L: 85; Ppa: 58.3	0.52	1395.52	ISMAELLI 2017a, pp. 74, 127, fig. 156
46	Santuario di Apollo, Tempio A	ST51	Elemento di pilastro d'anta in marmo	Tarda età severiana	H: 45; L: 73; P: 73	0.24	647.47	ISMAELLI 2017a, p. 165, fig. 282
47	Santuario di Apollo, Tempio A	Ca3	Capitello corinzio di colonna in marmo	Tarda età severiana	H: 69.8 max.; L: 90.5 max.; Ppa: 100 max.; Lpp: 61.4 max.	0.63	1705.56	ISMAELLI 2017a, pp. 169-170, 264, 269, 289, 396, 398, figg. 284, 392, 430, 538, 542
48	Santuario di Apollo, Tempio A	Fb3	Fregio baccellato in marmo	Tarda età severiana	H: 76.3; L: 196.6; Ppa: 52.3	0.78	2118.23	ISMAELLI 2017a, pp. 189, 192, 400, figg. 308, 313, 430
49	Santuario di Apollo, Tempio A	Fro13	Cornice rampante in marmo	Tarda età severiana	H: 63.5; L: 97; Ppa: 140.5	0.54	1461.97	ISMAELLI 2017a, p. 281, fig. 303

Tab. 2 Incassi per olivella: dati relativi ai valori dimensionali e proporzionali (dove non indicato, i valori sono dati in centimetri).

Num. incavo olivella	Lung. sup.	Lung. inf.	Larg. sup.	Larg. inf.	Prof.	Lung. inf./Prof.	Sez. trasv.	Sez. longit.	Lung. inf./Lung. sup.	Lung. inf./Larg. inf.	Larg. sup./Larg. inf.	CS1 (cm ²)	CS2 (cm ²)	CS tot. (cm ²)	Ang. 1 (°)	Ang. 2 (°)	AF(°)	Posizione e lavorazione dell'incavo per olivella
1	13.4	15.8	3.4	3.4	10.6	1.5	I	2 obl.	1.18	4.65	1	17	17.51	34.51	82	86	168	Pos. centrale; sui lati brevi traccia di scalpello piatto (1.7)
2	14.4	17	3	2.2	6.6	2.6	I/U	2 obl.	1.18	7.73	1.4	14.3	14.08	28.38	77	78	155	Pos. centrale; tracce di subbia data in verticale su lati lunghi, brevi e fondo
3	13	15.6	3.6	2.4	10	1.6	I/U	1 obl., 1 spez.	1.20	6.50	1.5	8.8	21.78	30.58	80	77	157	Pos. centrale; tracce di subbia su fondo e lati lunghi; scalpello piatto sui lati brevi
4	12.2	14	3	2.4	8.6	1.6	I	2 obl.	1.15	5.83	1.3	21.5	21.25	42.75	75	87	162	Pos. centrale; tracce di subbia su fondo e su lati brevi e lunghi in colpi obl.
5	16 max.	18 max.	3	2	15.6	Non class.	I/U	1 non class., 1 spez.	Non class.	Non class.	1.5	24	Non class.	Non class.	75	Non class.	Non class.	Pos. centrale; ampio imbuto di preparazione; tracce di scalpello piatto sul lato breve
6	14	15.6	2	2	9.4	1.7	I	1 obl., 1 spez.	1.11	7.80	1	18.4	11	29.4	84	79	163	Pos. centrale; solco di scalpello piatto su fondo e lati brevi (2); su un lato breve superficie liscia, sull'altro traccia di rimozione
7	13.8	15.4	2	2	7.4	2.1	I	2 obl.	1.12	7.70	1	11.2	11.2	22.4	81	81	162	Pos. centrale; basso imbuto di preparazione; tracce di scalpello piatto su fondo e lati brevi; subbia sui lati lunghi in colpi verticali e obl.
8	12	13.6	2	2	11	1.2	I	1 obl., 1 spez.	1.13	6.80	1	9.6	22	31.6	72	85	157	Pos. centrale (in origine); tracce di scalpello piatto sui lati corti e sul fondo; lati lunghi lisci
9	13.6	15.4	3	3	7	2.2	I	2 obl.	1.13	5.13	1	18.09	18.36	36.45	82	83	165	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo, su lati brevi e lunghi dove è data in obl. verso il centro
10	11.8	14.2	Non class.	1.8	10.4	1.4	V?	2 spez.	1.20	7.89	Non class.	10.26	10.64	20.9	78	81	159	Pos. centrale; incasso molto alterato dalla rimozione; tracce di subbia sul lato lungo nella parte superiore; scalpello piatto sul fondo e lati brevi
11	12	14	2.6	1.6	9	1.6	I/U	2 spez.	1.17	8.75	1.6	8.85	7.65	16.5	74	73	147	Pos. centrale; traccia di scalpello piatto sul fondo (1.5) e di subbia sui lati lunghi e brevi
12	10.3	14.2	Non class.	Non class.	7	2.0	Non class.	2 obl.	1.38	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	74	76	150	Pos. centrale; tracce di lavorazione non visibili
13	12	13.6	1.6	1.6	8.5	1.6	I	2 obl.	1.13	8.50	1	11.84	12	23.84	84	84	168	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi e fondo e scalpello piatto sui lati brevi
14	13.2	16	4.6	2.2	11	1.5	U	2 obl.	1.21	7.27	2.1	21.6	22	43.6	85	80	165	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi e brevi
15	13.6	15.8	3	2.2	7	2.3	I/U	2 obl.	1.16	7.18	1.4	14.7	14.7	29.4	81	79	160	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi e fondo; scalpello piatto sui lati brevi
16	14	16.6	4	2	8	2.1	U	2 obl.	1.19	8.30	2	15.6	16	31.6	81	81	162	Pos. centrale; tracce di subbia su lati brevi e fondo e, in colpi obl., sui lati lunghi
17	14.6	16.8	4	2.8	12	1.4	I/U	2 spez.	1.15	6.00	1.4	21.84	18.48	40.32	80	79	159	Pos. centrale; tracce di subbia su lati brevi e fondo e, in colpi obl., sui lati lunghi
18	14	15.4	2.7	2	9.6	1.6	I/U	1 obl., 1 spez.	1.10	7.70	1.4	17	10	27	85	76	161	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi e fondo; traccia di scalpello piatto sui lati brevi (2)
19	6	7.4	2	2	5	1.5	I	2 obl.	1.23	3.70	1	10	10	20	79	81	160	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi data in obl.; traccia di scalpello piatto su lati brevi e fondo (1.9)
20	12.4	13.8	1.8	1.6	10	1.4	I	2 spez.	1.11	8.63	1.1	7.31	6.29	13.6	81	78	159	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi data in obl.; scalpello piatto su lati brevi e fondo; incavo curvo in pianta
21	10	12.4	3.2	1.8	8.4	1.5	U	2 obl.	1.24	6.89	1.8	15.3	15.3	30.6	80	83	163	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi, brevi e sul fondo
22	14.6	16.2	4.4	2.4	9.6	1.7	U	1 obl., 1 spez.	1.11	6.75	1.8	17.25	22.08	39.33	76	86	162	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati brevi e sul fondo e, in colpi obl., sui lati lunghi
23	13.2	14.5	4.2	4	7	2.1	I	2 obl.	1.10	3.63	1.1	25.84	25.84	51.68	82	85	167	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi, brevi e sul fondo
24	11.4	14.6	5	2.8	14	1.0	U	2 obl.	1.28	5.21	1.8	37.8	37.53	75.33	82	80	162	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi, brevi e sul fondo
25	9	11	3	2.8	7	1.6	I	2 obl.	1.22	3.93	1.1	13.8	13.6	27.4	81	80	161	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati brevi e sul fondo; incavo trapezoidale in pianta
26	10	11.2	2.6	1.7	5.6	2.0	I/U	2 obl.	1.12	6.59	1.5	9.69	9.52	19.21	84	83	167	Pos. centrale; tracce di subbia su un lato lungo; gli altri lati lisci

27	15	17.6	7	2.2	14.6	1.2	V	1 obl., 1 spez.	1.17	8.00	3.2	13.92	34.8	48.72	78	83	161	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi e fondo, traccia di scalpello piatto sui lati brevi (2.4)
28	12.8	15.4	8.8	3.4	14.4	1.1	U	2 obl.	1.20	4.53	2.6	47.85	47.85	95.7	78	84	162	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi, brevi e fondo
29	14	15.4	3.8	1.8	7	2.2	U	2 obl.	1.10	8.56	2.1	10.88	10.4	21.28	80	80	160	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo e sui lati lunghi
30	9.2	10.2	4	3.5	8.6	1.2	I	2 obl.	1.11	2.91	1.1	26.35	26.35	52.7	83	87	170	Pos. centrale; tracce di subbia su lati brevi, lunghi e fondo; una parte appena sporgente sul fondo
31	12	14.6	4	2.2	12	1.2	V	2 obl.	1.22	6.64	1.8	23.8	24.4	48.2	82	78	160	Pos. centrale; traccia di scalpello piatto sul fondo (2); tracce di subbia sui lati lunghi
32	12	13.6	3.8	2.4	11	1.2	I/U	2 obl.	1.13	5.67	1.6	27.5	27.5	55	83	85	168	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi, brevi e sul fondo
33	14	16	5.4	3	9.4	1.7	U	2 obl.	1.14	5.33	1.8	26.04	25.2	51.24	84	82	166	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi, brevi e sul fondo
34	11	13.6	5.4	2.3	12.2- 13	1.0	V/U	1 obl., 1 spez.	1.24	5.91	2.3	17.48	27.37	44.85	82	83	165	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi, brevi e fondo; una metà del fondo più larga e ribassata dell'altra
35	16	18	4.4	2.4	12.5	1.4	I/U	1 diritto, 1 obl.	1.13	7.50	1.8	29.28	29.28	58.56	80	88	168	Pos. centrale; tracce di subbia su lati lunghi e brevi; una parte più scavata su un lato lungo
36	15	18	8	3.8	17	1.1	U	2 obl.	1.20	4.74	2.1	59.2	58.46	117.7	85	82	167	Pos. centrale; tracce di subbia su fondo e sui lati brevi
37	18.5	19.5	3.8	2.7	7.5	2.6	I/U	1 diritto, 1 obl.	1.05	7.22	1.4	19.17	18.9	38.07	88	82	170	Pos. centrale; traccia di scalpello piatto sul fondo (2.7); tracce di subbia di asportazione su un lato lungo
38	15.8	18.4	7	7.4	12	1.5	I	2 obl.	1.16	2.49	0.9	86.87	85.41	172.3	83	85	168	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo, lati lunghi e brevi
39	15.4	17.6	5.4	3.2	11.4	1.5	I/U	2 obl.	1.14	5.50	1.7	37.4	38.42	75.82	86	85	171	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo, lati lunghi e brevi
40	12	14	3.2	2.2	11	1.3	V	2 obl.	1.17	6.36	1.5	25.07	24.84	49.91	85	83	168	Pos. centrale; tracce di scalpello piatto sul fondo e sui lati brevi (ca. 2-2.2); tracce di subbia in obl. sui lati lunghi
41	9.5	10.5	3.5	1.7	8	1.3	U	2 obl.	1.11	6.18	2.1	13.6	9.3	22.9	85	86	171	Pos. centrale; tracce di lavorazione non visibili
42a	Non class.	18.8	Non class.	3.1	5.5- 5.9	Non class.	Non class.	2 obl.	Non class.	6.06	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	84	84	168	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo; incavo con profondità variabile
42b	Non class.	19.4	Non class.	2.8	4-6	3.9	I	2 obl.	Non class.	6.93	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	81	81	162	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo; incavo con profondità variabile
42c	13.4	14.6	5.2	4	9.2- 10	1.5	I	2 obl.	1.09	3.65	1.3	28	31.2	59.2	87	79	166	Pos. centrale; tracce di subbia su fondo, lati brevi e lunghi; incavo con profondità variabile
43a	Non class.	13.5	Non class.	4	4.8	2.8	Non class.	2 obl.	Non class.	3.38	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	Non class.	Pos. decentrata; tracce di subbia sul fondo
43b	13.6	15.4	4.4	2	14	1.1	V	1 obl., 1 spez.	1.13	7.70	2.2	27.6	17.4	45	86	83	169	Pos. decentrata; tracce di subbia su fondo, lati brevi e lunghi
44	13	14.8	3	2	8.4	1.8	I/U	1 obl., 1 spez.	1.14	7.40	1.5	11.2	16.8	28	77	86	163	Pos. centrale; tracce di subbia su fondo, lati brevi e lunghi
45	14	16	4.8	4.6	9.4	1.7	I	2 spez.	1.14	3.48	1.0	26.95	18.62	45.57	81	75	156	Pos. centrale; tracce di subbia sul fondo, lati brevi e lunghi
46	9	9.8	2.4	2.4	7.2	1.4	I	1 diritto, 1 obl.	1.09	4.08	1.0	16.1	16.1	32.2	80	90	170	Pos. centrale (+ incavo decentrato di una fase precedente); tracce di subbia su fondo e lati lunghi, scalpello piatto sui lati brevi
47	12	13	4	3.6	8	1.6	I	1 diritto, 1 obl.	1.08	3.61	1.1	28.8	28.8	57.6	80	90	170	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi; un lato lungo leggermente concavo
48	13.4	14.6	3.2	2	9.6	1.5	I/U	1 diritto, 1 obl.	1.09	7.30	1.6	19	19	38	81	90	171	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi; scalpello piatto sul fondo e sui lati brevi
49	15	18	3	2.8	9.8	1.8	I	2 obl.	1.20	6.43	1.1	22.08	22.08	44.16	84	77	161	Pos. centrale; tracce di subbia sui lati lunghi; traccia di scalpello piatto (2) sul fondo e sui lati brevi; fondo irregolare

Abbreviazioni bibliografiche

- ADAM 1988 = ADAM J.-P., *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Milano 1988.
- ALBERTI 1485 = Alberti L., *De re aedificatoria*, Firenze 1485 (seconda edizione 1541).
- ANDREOTTI *et alii* 2018 = ANDREOTTI A., BARONI S., BONADUCE I., BOZZA S., CANTISANI E., ISMAELLI T., VETTORI S., *Ancient restorations at Hierapolis of Phrygia (Denizli, Turkey): Interdisciplinary research on materials and technologies*, in *JASc Reports* 21, 2018, pp. 862-871.
- ARGOUD, GUILLAUMIN 2000 = ARGOUD G., GUILLAUMIN J.-Y. (éds.), *Autour de la dioptré d'Héron d'Alexandrie, Actes du Colloque international de Saint-Étienne, 17-19 juin 1999*, Centre Jean Palerne, Mémoires 21, Saint-Étienne 2000.
- AUDIAT 1933 = AUDIAT J., *Le Trésor des Athéniens, II. Topographie et architecture*, *FdD* 2, 9, Paris 1933.
- AYLWARD 2009 = AYLWARD W., *Lewis in Hellenistic and Roman building at Pergamon*, in BACHMANN M. (Hrsg.), *Bautechnik im antiken und vorantiken Kleinasien, Internationale Konferenz, 13. - 16. Juni 2007 in Istanbul*, Byzas 9, Istanbul 2009, pp. 309-322.
- AYLWARD 2014 = AYLWARD W., *Lewis Holes at Claros*, in MORETTI J.-CH., RABATEL L. (éds.), *Le sanctuaire de Claros et son oracle, Actes du Colloque International de Lyon, 13-14 Janvier 2012*, Travaux de la Maison de l'Orient 65, Lyon 2014, pp. 63-73.
- BARBARO 1556 = BARBARO D., *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti et commentati da Monsignor Barbaro, eletto patriarca d'Aquileggia*, Venezia 1556.
- BARTOLI 1550 = BARTOLI C., *L'architettura di Leonbatista Alberti tradotta in lingua Fiorentina da Cosimo Bartoli Gentil huomo e Accademico Fiorentini, con la Aggiunta de Disegni*, Firenze 1550.
- BERNARD 2013 = BERNARD S.G., *The Transport of Heavy Loads in Antiquity: Lifting, Moving, and Building in Ancient Rome*, in ALTEKAMP S., MARCKS-JACOBS C., SEILER P. (Hrsg.), *Perspektiven der Spolienforschung 1, Spolierung und Transposition*, Topoi 15, Berlin-Boston 2013, pp. 99-122.
- BERNINGER 1998³ = BERNINGER E., *Der Übergang zur Renaissance*, in LINDGREN 1998³, pp. 551-568.
- BINDING 1993 = BINDING G., *Baubetrieb im Mittelalter*, Darmstadt 1993.
- BINDING 1998³ = BINDING G., *Bautechnik - Steinbau - Kathedralbau*, in LINDGREN 1998³, pp. 73-80.
- BINDING 2001 = BINDING G., *Der mittelalterliche Baubetrieb in zeitgenössischen Abbildungen*, Darmstadt 2001.
- BINDING 2014 = BINDING G., *Bauwissen im Früh- und Hochmittelalter*, in RENN J., OSTHUES W., SCHLIMME H. (Hrsg.), *Wissensgeschichte der Architektur Band III: Vom Mittelalter bis zur Frühen Neuzeit*, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge, Studies 5, Berlin 2014, pp. 9-94 (doi: 10.34663/9783945561041-00).
- BONZANO 2019a = BONZANO F., *Una finestra sul cantiere: dinamiche e problemi di messa in opera nel corpo centrale della c.d. stoà-basilica a Hierapolis di Frigia (Turchia)*, in *IstMitt* 69, 2019, pp. 305-341.
- BONZANO 2019b = BONZANO F., *Dalla cava al (non) finito, al demolito: archeologia di un cantiere. Il caso della c.d. stoà-basilica a Hierapolis di Frigia (Turchia)*, in *Archeologia dell'Architettura* 24, 2019, pp. 123-139.
- BAROCCHI, RISTORI 1967 = BAROCCHI P., RISTORI R. (edd.), *Il carteggio di Michelangelo*, edizione postuma di Giovanni Poggi, Firenze 1967.
- BERNARDONI, NEUWAHL 2013 = BERNARDONI A., NEUWAHL A., *Tirari e alzari, Macchine da cantiere*, Figline Valdarno 2013.
- BORGNIS 1818 = BORGNIS G.A., *Traité complet de mécanique appliquée aux arts, contenant l'exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour diriger le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines, mouvemens des fardeaux*, Paris 1818.
- BOZZA 2017 = BOZZA S., *Tradizione e sperimentazione nell'architettura sacra a Hierapolis di Frigia. I capitelli ionici con collarino decorato del Santuario di Apollo*, in PENSABENE, MILELLA, CAPRIOLI 2017, pp. 331-345.
- BOZZA 2020 = BOZZA S., *Architettura ionica a Hierapolis di Frigia, Hierapolis di Frigia XIV*, Istanbul 2020.
- BOZZA, ISMAELLI 2022a = BOZZA S., ISMAELLI T., *Palinodia ierapolitana. Revisione cronologica di alcuni monumenti dell'area centrale della città frigia*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2022, pp. 309-336.
- BOZZA, ISMAELLI 2022b = BOZZA S., ISMAELLI T., *Non finito interfase o intrafase? Il contributo dell'Agorà Nord di Hierapolis di Frigia alla ricostruzione delle procedure e dell'organizzazione del cantiere antico*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2022, pp. 217-243.
- BRUNO 2016 = BRUNO M., *Fori di olivella nel Colosseo*, in INGLESE, PIZZO 2016, pp. 159-165.
- CAMPAGNA 2018 = CAMPAGNA L., *Il Ninfeo dei Tritoni, Hierapolis di Frigia XI*, Istanbul 2018.
- CANTISANI *et alii* 2016a = CANTISANI E., VETTORI S., CAGGIA M.P., *Mortars and plasters of the St Philip Church*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 511-521.

- CANTISANI *et alii* 2016b = CANTISANI E., VETTORI S., ISMAELLI T., SCARDOZZI G., *Imperial age mortars at Hierapolis: raw materials and technologies*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 589-608.
- CANTISANI *et alii* 2021 = CANTISANI E., VETTORI S., ANDREOTTI A., BONADUCE I., *A multi-analytical approach for studying ancient restoration materials*, in VANDEN BROECK-PARANT, ISMAELLI 2021, pp. 101-114.
- CARRA DE VAUX 1894 = CARRA DE VAUX C.-M.-B., *Les mécaniques ou l'élevateur de Héron d'Alexandrie publiées pour la première fois sur la version arabe de Qostà Ibn Lûqà et traduites en Français*, Extrait du Journal Asiatique, Paris 1894.
- CARRIERO, SABBADINI 2016 = CARRIERO A., SABBADINI F., *Note sulla meccanica del sollevamento mediante "olivella"*, in INGLESE, PIZZO 2016, pp. 170-175.
- CAVALIERI SAN BERTOLO 1869 = CAVALIERI SAN BERTOLO N., *Istituzioni di architettura statica e idraulica, arricchite di note ed aggiunte per l'ingegnere Roberto Ferdinando Pisani*, Tomo IV, Napoli 1869.
- CHOISY 1873 = CHOISY A., *L'art de bâtir chez les Romains*, Paris 1873.
- CIAROLLO, DE CAROLIS 1999 = CIAROLLO A., DE CAROLIS E. (edd.), *Homo faber: natura, scienza e tecnica nell'antica Pompei*, Catalogo della mostra, Napoli, Museo Archeologico Nazionale, 27 marzo - 18 luglio 1999, Milano 1999.
- COULTON 1974 = COULTON J.J., *Lifting in early Greek architecture*, in *JHS* 94, 1974, pp. 1-17.
- D'ANDRIA, CAGGIA 2007 = D'ANDRIA F., CAGGIA M.P. (edd.), *Hierapolis di Frigia I. Le attività delle campagne di scavo e restauro 2000-2003*, Istanbul 2007.
- D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2012 = D'ANDRIA F., CAGGIA M.P., ISMAELLI T. (edd.), *Hierapolis di Frigia V. Le attività delle campagne di scavo e restauro 2004-2006*, Istanbul 2012.
- D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2016 = D'ANDRIA F., CAGGIA M.P., ISMAELLI T. (edd.), *Hierapolis di Frigia VIII. Le attività delle campagne di scavo e restauro 2007-2011*, Istanbul 2016.
- D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2022 = D'ANDRIA F., CAGGIA M.P., ISMAELLI T. (edd.), *Hierapolis di Frigia XV. Le attività delle campagne di scavo e restauro 2012-2015*, Istanbul 2022.
- D'ANDRIA, ROMEO 2011 = D'ANDRIA F., ROMEO I. (eds.), *Roman sculpture in Asia Minor, Proceedings of the International Conference to celebrate the 50th anniversary of the Italian excavations at Hierapolis in Phrygia, held on May 24-26, 2007, in Cavallino (Lecce)*, *JRA Supplementary Series* 80, Portsmouth 2011.
- D'ANDRIA, ROSSIGNANI 2012 = D'ANDRIA F., ROSSIGNANI M.P., *La stoa-basilique de Hiérapolis de Phrygie. Architecture et contexte urbain*, in CAVALIER L., DESCAT R., DES COURTILS J. (éds.), *Basiliques et agoras de Grèce et d'Asie Mineure*, Ausonius Éditions, Mémoires 27, Bordeaux 2012, pp. 127-152.
- DAREMBERG, SAGLIO 1873 = DAREMBERG CH.V., SAGLIO M.E., *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines d'après les textes et les monuments*, Tome quatrième. Deuxième partie, Paris 1873.
- DE BERNARDI FERRERO 2007 = DE BERNARDI FERRERO D., *Il teatro di Hierapolis di Frigia*, in DE BERNARDI FERRERO, CIOTTA, PENSABENE 2007, pp. 17-227.
- DE BERNARDI FERRERO, CIOTTA, PENSABENE 2007 = DE BERNARDI FERRERO D., CIOTTA G., PENSABENE P. (edd.), *Il Teatro di Hierapolis di Frigia. Restauro, architettura ed epigrafia*, Genova 2007.
- DEMİRTAŞ 2006 = DEMİRTAŞ B., *Magnesia Artemis tapınağı'nın teknik ve işçilik özellikleri*, PhD thesis, Ankara Üniversitesi.
- DEMİRTAŞ 2010 = DEMİRTAŞ B., *Karia-Ionia Tipi Kurt Ağzı Kanca ve Magnesia Artemis Tapınağı*, in AYBEK S., ÖZ A.K. (eds.), *The Land of the Crossroads. Essays in Honour of Recep Meriç*, *Metropolis Ionia II*, Istanbul 2010, pp. 105-113.
- DEMİRTAŞ 2015 = DEMİRTAŞ B., *Karia-Ionia Tipi Kurtağzı Kanca: Letoon, Leto Tapınağı Örnekleri*, in İŞKAN H., IŞIK F. (eds.), *Kum'dan Kent'e. Patara Kazılarının 25 Yılı / From Sand into a City. 25 Years of Patara Excavations*, *Patara VII, 1, Uluslararası Sempozyum Bildirileri, 11-13 Kasım 2013 Antalya / Proceedings of the International Symposium of 11-13 November 2013 Antalya*, Istanbul 2015, pp. 133-144.
- DE NUCCIO, UNGARO 2002 = DE NUCCIO M., UNGARO L. (edd.), *I marmi colorati della Roma imperiale*, Venezia 2002.
- DINSMOOR 1941 = DINSMOOR W.B., *An Archaeological Earthquake at Olympia*, in *AJA* 45, 1941, pp. 399-427.
- DINSMOOR 1950 = DINSMOOR W.B., *The architecture of ancient Greece: an account of its historic development*, London 1950.
- DI PASQUALE 1999 = DI PASQUALE G., *Macchine edili e strumenti*, in CIAROLLO, DE CAROLIS 1999, pp. 286-288.
- DI PASQUALE 2004 = DI PASQUALE G., *Tecnologia e meccanica. Trasmissione dei saperi tecnici dall'età ellenistica al mondo romano*, Biblioteca di Nuncius, Studi e testi 55, Firenze.
- DI PASQUALE 2019 = DI PASQUALE G., *Le macchine nel mondo antico: dalle civiltà mesopotamiche a Roma imperiale*, Roma.

- DITARANTO, ISMAELLI, SCARDOZZI 2022 = DITARANTO I., ISMAELLI T., SCARDOZZI G., *La Stoà delle Sorgenti: le campagne di scavo 2014-2015 e lo studio dell'arco settentrionale*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2022, pp. 587-667.
- DRACHMANN 1963 = DRACHMANN A.G., *The mechanical technology of Greek and Roman antiquity. A study of the literary sources*, Copenhagen-Madison-London 1963.
- DREXEL 1911 = DREXEL F., *Kastell Faimingen, Der obergermanisch-raetische Limes des Roemerreiches XXXV*, Berlin 1911.
- DURM 1910 = DURM J.W., *Baukunst der Griechen, Handbuch der Architektur*, 2. Teil, 1. Band, Leipzig 1910.
- ÉTIENNE, VARÈNE 2004= ÉTIENNE R., VARÈNE P., *Sanctuaire de Claros, l'architecture: les propylées et les monuments de la voie sacrée: fouilles de Louis et Jeanne Robert et Roland Martin, 1950-1961*, Paris 2004.
- FELDHAUS 1914 = FELDHaus F.M., *Die Technik der Vorzeit: der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. Ein Handbuch für Archäologen und Historiker*, Leipzig- Berlin 1914.
- FERRIELLO, GATTO, GATTO 2016 = FERRIELLO G., GATTO M., GATTO R. (eds.), *The Baroukos and the Mechanics of Heron*, Biblioteca di Nunciis, Studi e testi 76, Firenze 2016.
- FOWLER, WHEELER, STEVENS 1909 = FOWLER H.N., WHEELER J.R., STEVENS G.P.H., *A Handbook of Greek Archaeology*, New York 1909.
- FRAISSE, LLINAS 1995 = FRAISSE PH., LLINAS CH., *Documents d'architecture hellénique et hellénistique, EAD 36*, Paris 1995.
- FURTWÄNGLER 1906 = FURTWÄNGLER A., *Aegina: Das Heiligtum der Aphaia*, München 1906.
- GANDZ 1940 = GANDZ S., *Heron's Date. A New terminus ante quem (+150)*, in *Isis* 32.2, 1940, pp. 263-266.
- GIBSON 1792 = GIBSON F., *Observations on the Machine called the Lewis*, in *Archaeologia* 10, 1792, pp. 123-127.
- GINOUVÈS, MARTIN 1985 = GINOUVÈS R., MARTIN R., *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. I. Matériaux, techniques de construction, techniques et formes du décor*, CEFR 84,1, Athènes-Rome 1985.
- HELLMANN 2002 = HELLMANN M.-CH., *L'architecture grecque. I. Les principes de la construction*, Paris 2002.
- HOFFELNER 1996 = HOFFELNER K., *Die Sphinxsäule: Votivträger, Altäre, Steingeräte*, in *Alt-Ägina* 2,4, Mainz am Rhein 1996, pp. 10-58.
- HUEBER 1989 = HUEBER F., *Gestaltungseinheiten und Quaderbautechnik an Bauten der frühen Kaiserzeit. Ergebnisse von Bauuntersuchungen als Beitrag zur Vitruv-Forschung*, in GEERTMAN H., DE JONG J.J. (eds.), *Munus non ingratum, Proceedings of the International Symposium on Vitruvius' De Architectura and the Hellenistic and Republican Architecture, Leiden, 20-23 January 1987, BABesch Supplement 2*, Leiden 1989, pp. 217-229.
- INGLESE, PIZZO 2016 = INGLESE C., PIZZO A. (edd.), *I tracciati di cantiere. Disegni esecutivi per la trasmissione e diffusione delle conoscenze tecniche*, Roma 2016.
- ISMAELLI 2009 = ISMAELLI T., *Hierapolis di Frigia III. Architettura dorica a Hierapolis di Frigia*, Istanbul 2009.
- ISMAELLI 2013a = ISMAELLI T., *Ancient Architectural Restoration in Asia Minor. Typology, Techniques and Meanings Discussed with Reference to Examples of Large-scale Public Buildings in Hierapolis of Phrygia, a Seismic City in Western Turkey*, in *IstMitt* 63, 2013, pp. 267-324.
- ISMAELLI 2013b = ISMAELLI T., *La tholos ed i materiali architettonici ellenistici*, in D'ANDRIA F., *Il Ploutonion a Hierapolis di Frigia*, in *IstMitt* 63, 2013, pp. 199-207.
- ISMAELLI 2016a = ISMAELLI T., *Architecture and decoration in context: a cross analysis of the ancient building site in five steps. The case study of the Severan Temple A in the Sanctuary of Apollo*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 339-364.
- ISMAELLI 2016b = ISMAELLI T., *Nuovi dati sull'architettura del Ginnasio di Hierapolis*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2016, pp. 553-596.
- ISMAELLI 2016c = ISMAELLI T., *Marble Stoa and Gymnasium, two "twin" monuments in Hierapolis*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 385-392.
- ISMAELLI 2016d = ISMAELLI T., *La Stoà di Marmo: nuovi dati dagli scavi della campagna 2011 e dallo studio architettonico del monumento*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2016, pp. 237-278.
- ISMAELLI 2016e = ISMAELLI T., *La tholos del Ploutonion, l'edificio augusteo e le preesistenze ellenistiche*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2016, pp. 321-353.
- ISMAELLI 2017a = ISMAELLI T., *Hierapolis di Frigia X. Il Tempio A nel Santuario di Apollo, Architettura, decorazione e contesto*, Istanbul 2017.
- ISMAELLI 2017b = ISMAELLI T., *Architettura, decorazione e spazio sacro a Hierapolis di Frigia. Il tempio severiano del santuario di Apollo*, in PENSABENE, MILELLA, CAPRIOLI 2017, pp. 683-698.

- ISMAELLI 2020a = ISMAELLI T., *The Late Severan Reconstruction of Temple A in the Sanctuary of Apollo in Hierapolis in Phrygia. Architectural Design and Building Practices at a Turning Point in the City's History*, in WULF-RHEIDT U., PIESKER K. (Hrsg.), *Umgebaut. Umbau-, Umnutzungs- und Umwertungsprozesses in der antiken Architektur, Internationales Kolloquium in Berlin vom 21.-24. Februar 2018 veranstaltet vom Architekturreferat des DAI, DiskAB 13*, Regensburg 2020, pp. 313-332.
- ISMAELLI 2020b = ISMAELLI T., *Shaping the Sacred Space in Early Imperial Asia Minor. The Pseudomonopteros Temple of Hierapolis and Roman Influence on the Sacred Architecture*, in LOHNER-URBAN U., QUATEMBER U. (Hrsg.), *Zwischen Bruch und Kontinuität. Architektur in Kleinasien am Übergang vom Hellenismus zur römischen Kaiserzeit / Continuity and change. Architecture in Asia Minor during the transitional period from Hellenism to the Roman Empire*, Internationale Tagung an der Universität Graz, 26.-29. April 2017, Byzas 25, Istanbul 2020, pp. 149-169.
- ISMAELLI 2021 = ISMAELLI T., *Ancient architectural restoration: approaches and scenarios*, in VANDEN BROECK-PARANT, ISMAELLI 2021, pp. 19-43.
- ISMAELLI, BOZZA 2016 = ISMAELLI T., BOZZA S., *Ancient construction sites in Hierapolis: new data on strategies, materials and techniques*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 437-458.
- ISMAELLI, SCARDOZZI 2016 = ISMAELLI T., SCARDOZZI G. (eds.), *Ancient quarries and building sites in Asia Minor. Research on Hierapolis in Phrygia and other cities in south-western Anatolia: archaeology, archaeometry, conservation*, Bibliotheca Archaeologica 45, Bari 2016.
- ISMAELLI, SCARDOZZI, SOBRÀ 2016 = ISMAELLI T., SCARDOZZI G., SOBRÀ G., *New data on the building site of the Theatre of Hierapolis*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 305-328.
- ISMAELLI *et alii* 2022 = ISMAELLI T., SOBRÀ G., BOZZA S., CASA G., GALLI A., *Il restauro del Teatro di Hierapolis sotto Costanzo II*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2022, pp. 245-308.
- KANELLOPOULOS 1994 = KANELLOPOULOS C., *The Great Temple of Amman I. The Architecture*, Amman 1994.
- KEYSER 1988 = KEYSER P., *Suetonius "Nero" 41. 2 and the Date of Heron Mechanicus of Alexandria*, in *ClPhil* 83.3, 1988, pp. 218-220.
- KNOBLACH 1998³ = KNOBLACH E., *Technische Zeichnungen*, in LINDGREN 1998³, pp. 45-64.
- KOLDEWEY, PUCHSTEIN 1899 = KOLDEWEY R., PUCHSTEIN O., *Die griechischen Tempel in Unteritalien und Sicilien*, Berlin 1899.
- LAMBERINI 1998-1999 = LAMBERINI D., *All'ombra della cupola: tradizione e innovazione nei cantieri fiorentini quattro e cinquecenteschi*, in *Annali di architettura* 10-11, 1998-1999, pp. 276-287.
- LANDELS 1978 = LANDELS J.G., *Engineering in the Ancient World*, London 1978.
- LAROCHE, MORETTI 2008 = LAROCHE D., MORETTI J.-CH., *Claros, le temple d'Apollon: travaux réalisés en 2006 et 2007*, in *AnatAnt* 16, 2008, pp. 355-364.
- LEISTIKOW 1982 = LEISTIKOW D., *Aufzugsvorrichtungen für Werksteine im mittelalterlichen Baubetrieb: Wolf und Zange*, in *Architectura* 12, 1982, pp. 20-33.
- LINDGREN 1998³ = LINDGREN U. (Hrsg.), *Europäische Technik im Mittelalter 800 bis 1400: Tradition und Innovation. Ein Handbuch*, Berlin 1998.
- LIVADIOTTI 2013 = LIVADIOTTI M., *L'olivella cario-ionica e il legame di Kos con la 'Rinascenza ionica'*, in ROCCO G., *Monumenti di Kos I. La stoà meridionale dell'agorà, Thiasos Monografie 3*, Roma 2013, pp. 143-156.
- LONGO 1993-1994 = LONGO F., *Le stoai dell'agorà di Hierapolis di Frigia*, tesi di Specializzazione in Archeologia Classica, Università degli Studi di Lecce.
- LUGLI 1957 = LUGLI G., *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio*, Roma 1957.
- MARTIN 1965 = MARTIN R., *Manuel d'architecture grecque 1. Matériaux et techniques*, Paris 1965.
- MARTINES 2016 = MARTINES G., *Le olivelle di Erone*, in INGLESE, PIZZO 2016, pp. 154-158.
- MASIÀ 2015 = MASIÀ R., *On dating Hero of Alexandria*, in *Archive for History of Exact Sciences* 69.3, 2015, pp. 231-255.
- MASINO 2016 = MASINO F., *Alabastro e marmi per la cavea del Teatro di Hierapolis*, in ISMAELLI, SCARDOZZI 2016, pp. 141-153.
- MASINO, SOBRÀ 2011 = MASINO F., SOBRÀ G., *A monumental altar from the Hadrianic age at Hierapolis in Phrygia*, in NOGALES T., RODÀ I. (eds.), *Roma y las provincias: modelo y difusión*, Hispania antigua, Serie Arqueológica 3, Roma 2011, pp. 169-181.
- MASINO, SOBRÀ 2012a = MASINO F., SOBRÀ G., *L'altare del Dodektheon di Hierapolis*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2012, pp. 259-291.
- MASINO, SOBRÀ 2012b = MASINO F., SOBRÀ G., *Ricerche e interventi nel Teatro*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2012, pp. 207-233.

- MATTHIES 1992 = MATTHIES A.L., *Medieval Treadwheels: Artists' Views of Building Construction*, *Technology and Culture* 33, 3, 1992, pp. 510-547.
- MILES 1989 = MILES M.M., *A reconstruction of the temple of Rhamnous*, in *Hesperia* 58, 1989, pp. 133-249.
- MORISOT 1814 = MORISOT J.M.R., *Vocabulaires des arts et métiers, en ce qui concerne les constructions, faisant suite aux Tableaux détaillés des Prix de tous les Ouvrages de Bâtiment, à l'usage des Architectes, des Ingénieurs, des Vérificateurs, des Toiseurs, des Entrepreneurs, des Propriétaires de maison, et de tous ceux qui peuvent désirer faire bâtir*, V^e Volume, Paris 1814.
- MUSTILLI 1950 = MUSTILLI D., *Botteghe di scultori, marmorarii, bronzieri e caelatores in Pompei*, in s.e., *Pompeiana. Raccolta di studi per il secondo centenario degli scavi di Pompei*, Biblioteca della Pdp 4, Napoli 1950, pp. 207-229.
- MÜLLER-WIENER 1988 = MÜLLER-WIENER M., *Griechisches Bauwesen in der Antike*, München 1988.
- NENCIONI 1995 = NENCIONI G., *Sulla formazione di un lessico nazionale dell'architettura*, in *Bollettino d'informazioni del Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali della Scuola Normale Superiore di Pisa* 5.2, 1995, pp. 7-33.
- NIX, SCHMIDT 1900 = NIX L., SCHMIDT W., *Heronis alexandrini opera quae supersunt omnia. 2.1. Herons von Alexandria Mechanik und Katoptrik*, Leipzig 1900.
- OED VI = MURRAY J.A.H. (ed.), *A New English Dictionary on Historical Principles*, VI, 2, Oxford 1908.
- ORLANDOS 1968 = ORLANDOS A.K., *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens Grecs II. Travaux et mémoires*, École française d'Athènes 16 bis, Paris 1968.
- ORSINI 1801 = ORSINI B., *Dizionario universale d'architettura e dizionario vitruviano accuratamente ordinati I*, Perugia 1801.
- PATON 1927 = PATON J.M. (ed.), *The Erechtheum*, Cambridge 1927.
- PEDERSEN 2001-2002 = PEDERSEN P., *Reflections on the Ionian renaissance in Greek architecture and its historical background*, in *Hephaistos* 19, 2001-2002, pp. 97-130.
- PEDERSEN 2011 = PEDERSEN P., *The Ionian Renaissance and Alexandria seen from the perspective of a Karian-Ionian lewis hole*, in KARLSSON L., CARLSSON S. (eds.), *Labraunda and Karia. Proceedings of the international symposium, Stockholm, November 20-21, 2008*, Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala 2011, pp. 365-388.
- PEDERSEN 2012 = PEDERSEN P., *Lagina and the Ionian Renaissance*, in SÖĞÜT B. (ed.), *Stratonikeia'dan Lagina'ya / From Stratonikeia to Lagina: Ahmet Adil Tirpan Armağanı / Festschrift in Honour of Ahmet Adil Tirpan*, Istanbul 2012, pp. 513-525.
- PEDERSEN 2021 = PEDERSEN P., *From Classical to Hellenistic: the Maussoleion and the Ionian Renaissance*, in PEDERSEN P., PEDERSEN B., LUND J. (eds.), *Karia and the Dodecanese. Cultural Interrelations in the Southeast Aegean I. Late Classical to Early Hellenistic*, Oxford-Havertown 2021, pp. 25-38.
- PENSABENE, MILELLA, CAPRIOLI 2017 = PENSABENE P., MILELLA M., CAPRIOLI F. (edd.), *Decor. Decorazione architettonica nel mondo romano, Atti del Convegno, Roma 21-24 maggio 2014, Thiasos Monografie 9*, Roma 2017.
- PERONI 2016 = PERONI M., *Valutazioni sul peso sollevabile mediante "olivella"*, in INGLESE, PIZZO 2016, pp. 166-169.
- PERRAULT 1673 = PERRAULT C., *Les dix Livres d'architecture de Vitruve: corrigez et traduits nouvellement en françois, avec notes et des figures*, Paris 1673.
- PERROT 1894 = PERROT G., *Histoire de l'art dans l'antiquité 7, La Grèce de l'épopée, la Grèce Archaïque (le temple)*, Paris 1894.
- PFAFF 2003 = PFAFF Ch.P., *Archaic Corinthian Architecture, ca. 600 to 480 B.C.*, in WILIAMS II C.K., BOOKIDIS N. (eds.), *Corinth 20. Corinth, The Centenary: 1896-1996*, Princeton 2003, pp. 5-140.
- PHILANDRIER 1586 = PHILANDRIER G., *M. Vitruvii Pollionis De Architectura Libri Decem*, Lyon 1586.
- QUATEMBER, PAUL 2017 = QUATEMBER U., PAUL G., *Zur Verdübelung römischer Werksteinbauten. Theorie und Praxis*, in KURAPKAT D., WULF-RHEIDT U. (Hrsg.), *Werkspuren: Materialverarbeitung und handwerkliches Wissen im antiken Bauwesen, Internationales Kolloquium in Berlin vom 13.-16. Mai 2015*, DiskAB 12, Regensburg 2017, pp. 257-264.
- RADT 1999 = RADT W., *Pergamon: Geschichte und Bauten einer antiken Metropole*, Darmstadt 1999.
- RAÏOS 2000 = RAÏOS D., *La date d'Héron d'Alexandrie: témoignages internes et cadre historico-culturel*, in ARGOUD, GUILLAUMIN 2000, pp. 19-36.
- RITTI 2017 = RITTI T., *Hierapolis di Frigia IX. Storia e istituzioni di Hierapolis*, Istanbul 2017.
- ROMANELLI 1811 = ROMANELLI D., *Viaggio a Pompei, a Pesto e di ritorno a Ercolano colla illustrazione di tutti i monumenti finora scoperti, e colle piante delle tre distrutte città dedicato a S.M. la regina delle due Sicilie*, Napoli 1811.
- ROMEO, PANARITI, UNGARO 2014 = ROMEO I., PANARITI D., UNGARO R., *Hierapolis di Frigia VI. La Tomba Bella: un heroon giulio-claudio e il suo sarcofago*, Istanbul 2014.

- ROSSIGNANI, SACCHI 2007 = ROSSIGNANI M.P., SACCHI F., *La Stoà-basilica dell'Agorà settentrionale (Regio I)*, in D'ANDRIA, CAGGIA 2007, pp. 359-411.
- ROSSIGNANI, SACCHI 2011 = ROSSIGNANI M.P., SACCHI F., *Progetto architettonico e cicli figurativi nella Stoà-basilica di Hierapolis di Frigia*, in D'ANDRIA, ROMEO 2011, pp. 235-248.
- ROSSIGNANI, BARATTO 2012 = ROSSIGNANI M.P., BARATTO C., *Ricerche sulla Stoà-basilica dell'Agorà Nord*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2012, pp. 515-532.
- ROUX 1961 = ROUX G., *L'architecture de l'Argolide aux IV^e et III^e siècles avant J.-C.*, BEFAR 199, Paris 1961.
- SACCHI, BONZANO 2012 = SACCHI F., BONZANO F., *L'ordine del Tempio di Apollo a Hierapolis: prime acquisizioni*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2012, pp. 325-357.
- SALZMAN 1952 = SALZMAN L.F., *Building in England, down to 1540: A Documentary History*, Oxford 1952.
- SCHÜRMAN 1991 = SCHÜRMAN A., *Griechische Mechanik und antike Gesellschaft. Studien zur staatlichen Förderung einer technischen Wissenschaft*, Boethius 27, Stuttgart 1991.
- SHAW 1967 = SHAW J.W., *A double-sheaved pulley block from Kenchreai*, in *Hesperia* 36, 1967, pp. 389-401.
- SIDOLI 2011 = SIDOLI N., *Heron of Alexandria's date*, in *Centaurus* 53, 2011, pp. 55-61.
- SOBRÀ 2012 = SOBRÀ G., *The analysis of the fragments from the scaenae frons of the theatre in Hierapolis*, in MASINO F., MIGHETTO P., SOBRÀ G. (eds.), *Restoration and management of ancient theatres in Turkey. Methods, research, results*, *Archeologia e storia* 11, Galatina 2012, pp. 183-204.
- SOBRÀ 2015 = SOBRÀ G., *Architectural language and diffusion of decorative models: a group of unpublished figured capitals from Hierapolis in Phrygia*, in PENSABENE P., GASPARINI E. (eds.), *Proceedings of the Tenth International Conference of ASMOSIA, Association for the Study of Marble & Other Stones in Antiquity, Rome, 21-26 May 2012*, Rome 2015, pp. 1049-1055.
- SOBRÀ 2016 = SOBRÀ G., *Nuovi elementi per la conoscenza degli ordini superiori della frontescena del Teatro di Hierapolis*, in D'ANDRIA, CAGGIA, ISMAELLI 2016, pp. 155-169.
- SOBRÀ, MASINO 2010 = SOBRÀ G., MASINO F., *La frontescena severiana del teatro di Hierapolis di Frigia. Architettura, decorazione e maestranze*, in RAMALLO ASENSIO S.F., RÖRING N. (eds.), *La scaenae frons en la arquitectura teatral romana, Actas del symposium internacional, Cartagena 12-14 marzo 2009, Museo del Teatro Romano, Murcia 2010*, pp. 373-412.
- SOBRÀ, MASINO 2014 = SOBRÀ G., MASINO F., *Theatre Buildings of the Early Imperial Age in Asia Minor: Some Dating Elements*, in s.e., *The Dating of Stone Monuments and Criteria for Determination of Chronology, Proceedings of the 12th International Colloquium on Roman Provincial Art, Pula, 23-28 May 2011*, Pula 2014, pp. 173-176.
- SOUFFRIN 2000 = SOUFFRIN P., *Remarques sur la datation de la Dioptré d'Héron par l'éclipse de lune de 62*, in ARGOU, GUILLAUMIN 2000, pp. 13-17.
- TATARANNI 2002 = TATARANNI D., *Le macchine da sollevamento nell'antichità*, in DE NUCCIO, UNGARO 2002, 485-487.
- TOWNSEND 1987 = TOWNSEND R.F., *The Roman rebuilding of Philon's Porch and the Telesterion at Eleusis*, in *Boreas* 10, 1987, pp. 97-106.
- VALLOIS 1978 = VALLOIS R., *L'architecture hellénique et hellénistique à Délos jusqu'à l'éviction des Déliens, 166 av. J.C., 2. Grammaire historique de l'architecture délienne*, 2^e livraison, BEFAR 157, Paris 1978.
- VAN DE VELDE 2010 = VAN DE VELDE H., *From Qustā b. Lūqā to Carra de Vaux. On the history of the edition and translation of the Barulcus, also called 'Mechanic', by Heron of Alexandria*, in *Journal of Islamic Manuscripts* 1, 2010, pp. 95-100.
- VANDEN BROECK-PARANT, ISMAELLI 2021 = VANDEN BROECK-PARANT J., ISMAELLI T. (eds.), *Ancient architectural restoration in the Greek world, Proceedings of the international workshop held at Wolfson College, Oxford*, *Costruire nel mondo antico* 4, Rome 2021.
- VETTORI et alii 2019 = VETTORI S., BRACCI S., CANTISANI E., CONTI C., RICCI M., CAGGIA M.P., *Archaeometric and archaeological study of painted plaster from the Church of St. Philip in Hierapolis of Phrygia (Turkey)*, in *JASc Reports* 24, 2019, pp. 869-878.
- VON STROMER 1977 = VON STROMER W., *Brunelleschis automatischer Kran und die Mechanik der Nürnberger Drahtmühle. Technologie-Transfer im 15. Jahrhundert*, in *Architectura* 7, 1977, pp. 163-174.
- WARLAND 1929 = WARLAND E.G., *Modern practical masonry*, London-New York.
- WEITZMANN 1952 = WEITZMANN K., *Islamic scientific illustrations*, in MILES G.C. (ed.), *Archaeologica Orientalia in Memoriam Ernst Herzfeld*, New York 1952, pp. 244-266.
- WHITE 1984 = WHITE K.D., *Greek and Roman technology, Aspects of Greek and Roman life*, London 1984.
- WRIGHT 2009 = WRIGHT G.R.H., *Ancient building technology 3. Construction*, Leiden 2009.
- ZABRANA 2018 = ZABRANA L., *Das Odeion im Artemision von Ephesos*, *FiE XII/6*, Wien 2018.