

NAVALIA CIVILI E COMMERCIALI DELLA PISA ROMANA. SPAZI, MOVIMENTI E RELAZIONI ALL'INTERNO DI UN CANTIERE SUL FIUME AUSER

Fabio Fabiani, Stefano Genovesi

*Con contributi di Ilaria Benetti, Alberto Caroti, Luca Filoni, Francesco Ghizzani
Marcía, Massimiliano Martino, Giovanni Santi, Germana Sorrentino*

The archaeological investigations related to the “Pisa Progetto Suburbio” at the Scheibler Area in Pisa allowed to discover infrastructures, such as stabilization works, slipways, navalia, dating back between the Augustan age and the first half of the 1st century A.D. along the southern bank of the ancient Auser river.

Researches on building yard archaeological evidences, along with the analysis of construction techniques and the procurement of materials, highlighted the work activities' sequence and the social relationships within the building yard itself.

The elaboration of a three-dimensional simulation of the investigated structures, based on criteria of transparency, also played a crucial role in spaces' functional analysis, offering the opportunity to understand the physical and sensorial impact of the complex on the surrounding landscape and on the ancient river-goers.

Introduzione

L'interesse per la Pisa di età romana è spesso a buon diritto richiamato dai famosi relitti delle navi di San Rossore¹, naufragate insieme ai loro carichi tra il II secolo a.C. e il VI secolo d.C. sul fondo dell'*Auser*, un fiume oggi scomparso ma che insieme all'Arno svolse un ruolo di grande rilevanza nella storia economica della città antica (**Fig. 1**). Le indagini che il Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere conduce dal 2019 nel suburbio occidentale di Pisa all'Area Scheibler², a circa un centinaio di metri di distanza da quel contesto, stanno ora riportando alla luce, insieme ai sedimenti sabbiosi dello stesso fiume, infrastrutture spondali di età augustea e giulio-claudia, come i probabili resti di una *via helciaria* (**Fig. 1.2**), opere di consolidamento, magazzini e *navalia*, se questo termine è utilizzabile anche per funzioni civili e commerciali, come sembrerebbe adombrare il passo di Vitruvio che descrive le infrastrutture del porto ideale³, secondo la

¹ CAMILLI 2012; CAMILLI 2019.

² FABIANI *et al.* 2019b, pp. 1-38; FABIANI, SORRENTINO 2020, pp. 85-90; FABIANI *et al.* 2021, pp. 1-28; FABIANI *et al.* 2022a, pp. 253-273; FABIANI *et al.* 2022b, pp. 1-25; FABIANI *et al.* 2023, pp. 1-23; FABIANI, GENOVESI, RIZZITELLI 2022, pp. 205-213; <https://pisaprogettosuburbio.cfs.unipi.it>.

³ Vitr., V, 12.1: *Circum (scil. portum) enim porticus sive navalia sunt facienda sive ex porticibus aditus <ad> emporia [...].*

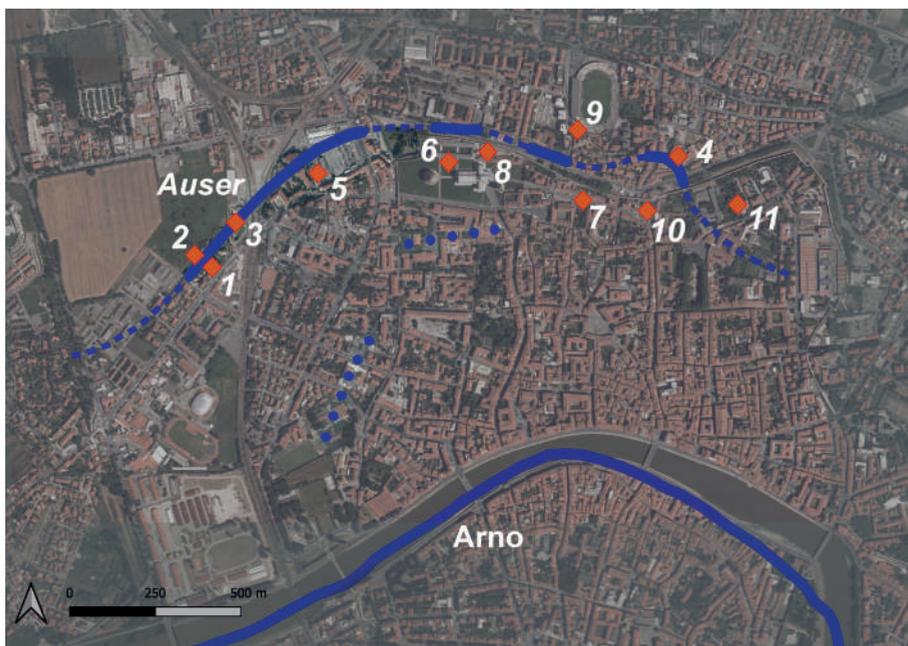


Fig. 1 - Ipotesi ricostruttiva della paleoidrografia di Pisa (a cura di Monica Bini, Dipartimento di Scienze della Terra-UNIPI) e localizzazione dell'Area Scheibler e dei siti menzionati nel testo. 1. Area Scheibler (Area 4); 2. Area Scheibler (Area 5); 3. Pisa San Rossore; 4. Via Marche; 5. Piazza Andrea del Sarto; 6. Piazza Duomo (area urbana); 7. Via Cardinale Maffi; 8. Piazza Duomo (area pubblica); 9. Via Contessa Matilde-Arena Garibaldi (quartiere suburbano); 10. Terme pubbliche (cosiddette "Terme di Nerone"); 11. San Zeno (edificio per spettacoli) (elaborato da S. Genovesi, S. Basile).

nota e convincente lettura proposta da Michel Reddé⁴ (**Fig. 1.1**). Questi, insieme ad altri analoghi apprestamenti dislocati lungo le rive, come ad esempio il muro spondale presso il sito dei relitti di San Rossore (**Fig. 1.3**)⁵ o quello di Via Marche (**Fig. 1.4**), consentono di "ricostruire" il movimentato paesaggio fluviale in cui possiamo ora "affidabilmente ambientare" i traffici veicolati dalle antiche imbarcazioni. I concetti di "ricostruzione", "affidabilità" e "ambientazione" che abbiamo richiamato, ci introducono, in termini generali, al tema della simulazione tridimensionale e, nello specifico, alla sua applicazione al complesso indagato presso l'Area Scheibler, colto nell'articolazione che questo presentava all'inizio dell'età imperiale.

⁴ REDDÉ 1986, p. 160, commentato da BLACKMAN 2008, p. 26. Si ringraziano Boris Rankov e David Blackman per lo scambio di opinioni sul complesso dell'Area Scheibler, per il quale si riconosce una destinazione civile e commerciale. Sugli arsenali a carattere militare BLACKMAN *et al.* 2013.

⁵ CAMILLI 2012, p. 16.

Le continue esondazioni del fiume e i ripetuti interventi dell'uomo in un sito lungamente frequentato hanno di fatto reso assai labili le tracce conservate, per quanto gli indicatori forniti dagli elementi strutturali – piani inclinati per l'alaggio delle imbarcazioni, alloggiamento per binari, pilastri per ambienti con ampie campate – e particolari tipologie di reperti, come i chiodi in bronzo e le lamine in piombo per la carpenteria navale, siano sufficientemente chiari nel definire la funzione del complesso.

La simulazione tridimensionale che qui si propone, insieme al processo seguito per assicurarne la massima trasparenza, consente di analizzare come fossero utilizzati gli spazi, come al loro interno si svolgesse la sequenza delle attività lavorative e come si esplicassero le stesse relazioni sociali; ciò offre, in definitiva, la possibilità di riflettere sull'impatto fisico e sensoriale del complesso sul paesaggio e sugli antichi frequentatori del fiume.

Seguendo il percorso delineato, il contributo si articola in quattro parti: nella prima (§ 1) si presentano i dati archeologici che hanno permesso di scandire la sequenza stratigrafica con particolare riferimento al periodo qui preso in esame, ovvero la prima età imperiale; nella seconda (§ 2) si propone una riflessione sui materiali impiegati nel cantiere edilizio e sulle modalità di approvvigionamento; nella terza (§ 3) i dati di scavo sono rielaborati per giungere a una plausibile simulazione tridimensionale del complesso di età giulio-claudia. Gli spunti offerti dalle analisi presentate nei paragrafi precedenti sono infine utilizzati, nella parte conclusiva (§ 4), per tentare di integrare nel paesaggio dei *navalia* gli uomini che qui hanno lavorato e vissuto.

F.F.

1. Le indagini archeologiche

All'Area Scheibler le vicende umane si sono intrecciate per secoli con l'elemento naturale che ha marcato fortemente questo tratto del suburbio, ovvero il fiume *Auser*⁶, oggi scomparso in seguito a complessi fenomeni paleoidrografici e antropici. Prima di procedere alla narrazione del contesto archeologico è opportuno, dunque, dar conto delle tracce della presenza del fiume in quest'area.

1.1. Un paleoalveo dell'*Auser* tra indagini geofisiche, carotaggi e fotointerpretazione

Per l'età preromana e romana la rete fluviale di Pisa si articola in due tracciati principali, caratterizzati da un percorso sinuoso, coerente con il basso gradiente della pianura alluvionale: a sud, una serie di paleotracce poste a circa -1 m s.l.m. si dispone a ridosso del moderno Arno e rappresentano il ramo di età etrusca e

⁶ Per le fonti relative al fiume: Strabo. 5.2.5; Plin. *Nat. Hist.* 3.5.50; Rut. Nam. *De re ditu.* 1.565-70.

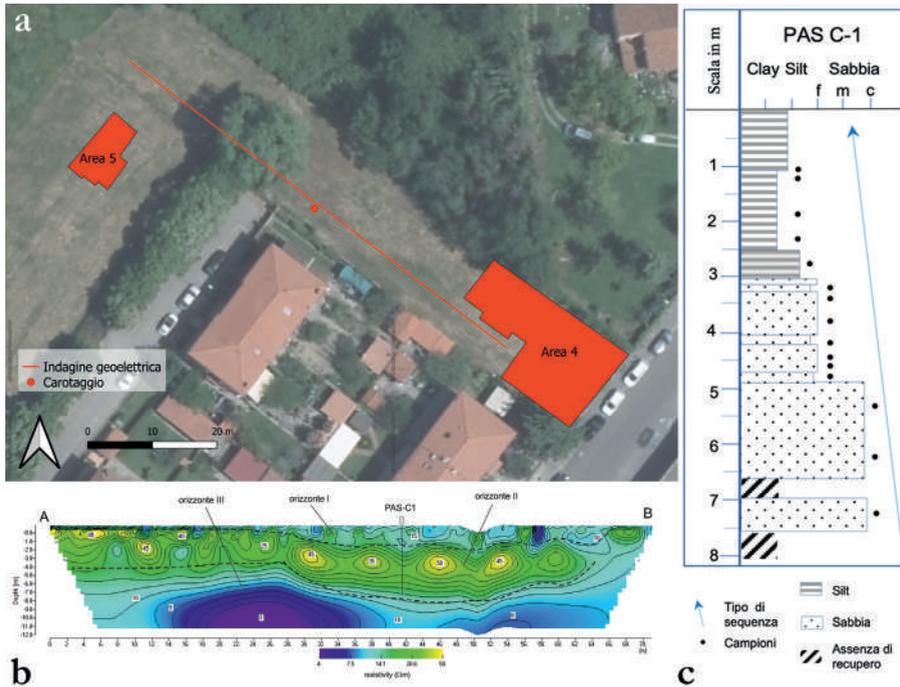


Fig. 2 - a) Localizzazione delle aree di scavo, della geoelettrica e del carotaggio PAS C-1 (elaborazione A. Caroti); b) Tomografia geoelettrica. In evidenza le delimitazioni dei tre orizzonti principali e la posizione del sondaggio PAS C-1 (elaborazione A. Ribolini, Dipartimento di Scienze della Terra-UNIPI); c) Log stratigrafico-sedimentologico del sondaggio PAS C-1 (elaborazione G. Sarti, Dipartimento di Scienze della Terra - UNIPI).

romana di quest'ultimo fiume, mentre poco più a nord scorreva l'*Auser*, con un percorso assai più instabile e ancora in parte di difficile ricostruzione⁷. Presso l'Area Scheibler, una campagna di indagini geoelettriche (**Fig. 2a**) ha posto in evidenza un'area caratterizzata da una resistività dei sedimenti attribuibile alla vita e alla disattivazione di un ampio corso d'acqua, da identificare con l'*Auser* o un suo ramo, ampio circa 60/65 m⁸ (**Fig. 2b**). Il paleoalveo sembra configurarsi come una depressione media di 5 metri e una profondità massima al centro di circa 8 m rispetto al piano di campagna, conformemente a quanto noto presso il vicino Cantiere delle Navi⁹.

Ciò appare confermato, oltre che dai dati offerti dalla fotointerpretazione¹⁰, anche da un carotaggio effettuato lungo la medesima direttrice (**Fig. 2a, c**), il

⁷ BINI, FABIANI, GENOVESI 2023, pp. 11-14.

⁸ FABIANI *et al.* 2022b, pp. 3-6, figg. 2-6.

⁹ CAMILLI, DE LAURENZI, SETARI 2006, pp. 19-20.

¹⁰ BRUNI, COSCI 2003, p. 39, fig. 15.

quale ha evidenziato una stratigrafia pedologica in cui la granulometria decresce gradualmente verso l'alto (*fining upward sequence*), con sabbie medie grossolane alla base e limi argillosi al tetto. Tale sequenza, che indica una progressiva diminuzione di energia del sistema deposizionale, è compatibile con un'area di canale fluviale attiva, seguita da una fase di progressiva disattivazione, fino alla deposizione di strati di pianura alluvionale. All'interno dei sedimenti sabbiosi, fino a 7.60 m di profondità dal piano di campagna, sono stati recuperati materiali ceramici riferibili ad una generica età romana¹¹.

F.F., S.G.

1.2. La sponda fluviale in età augustea

In posizione contrapposta sulle due sponde del fiume, sono state aperte due aree di scavo che hanno offerto la possibilità di conoscere le opere legate alla *munitio riparum* del corso d'acqua in età romana. Fin dalla tarda età repubblicana, sulla riva destra del fiume, è realizzato un piano acciottolato forse pertinente ad una *via helciaria*¹², mentre sulla riva sinistra, in età augustea, è realizzata un'imponente struttura spondale.

La fase iniziale del cantiere coincide con la messa in opera della parte basale del consolidamento della sponda fluviale: una fossa, orientata in senso sud/est-nord/ovest, incide le sabbie della ripa e, al suo interno, è scaricata una notevole quantità di scaglie litiche e di blocchi non sbozzati di medie e grandi dimensioni. Il piede di sponda è costituito da un allineamento di blocchi che corre parallelamente al fiume; da questo si distacca obliquamente un secondo filare che si addentra nell'alveo, con l'evidente funzione di allontanare dalla sponda la corrente che avrebbe potuto danneggiare l'assetto della ripa (**Fig. 3a-b**)¹³.

Indagini georadar¹⁴ effettuate oltre i limiti dello scavo hanno permesso di riconoscere un'ulteriore prosecuzione dell'apprestamento in direzione sud, per almeno altri 7 m circa, fino ai limiti di una moderna abitazione. Sulla preparazione in materiale litico si imposta una successione di più sottili strati sabbiosi e di strati costituiti da pietre, frammenti laterizi e ceramici¹⁵.

¹¹ FABIANI *et al.* 2022b, p. 5.

¹² FABIANI *et al.* 2022b, pp. 10-11, figg. 10-11. Sulle *viae helciariae* Mart., 4.64.22; Cassiod., *Var.*, XII, 24; BERTACCHI 1980, pp. 235-239.

¹³ FABIANI *et al.* 2023, p. 3, 5, figg. 3-5.

¹⁴ Indagini georadar effettuate da Adriano Ribolini, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (Laboratorio Georadar, DST-UNIPI). Per l'acquisizione dei dati è stato usato un sistema IDS Georadar Hi-Mod multicanale, equipaggiato con due antenne operanti simultaneamente ad una frequenza centrale di 200 MHz. La distanza fra gli invii di impulsi elettromagnetici nella sottosuperficie è stata controllata con una ruota odometrica. I dati sono stati elaborati con i software Gred HD (IDS ©) e GPR Slice (Proseq-Screening Eagle).

¹⁵ FABIANI *et al.* 2023, pp. 6-8, figg. 6-8. Il *terminus post quem* alla media-tarda età augustea per la messa in opera dell'apprestamento spondale è basato sulla sigillata italyca: alle coppe di forma *Consp.* 14.1, 15.1.1, 22.1.2 e 33.2.1 (per le quali vedi, rispettivamente, ETTLINGER *et al.* 1990, p. 76, tav. 13; p. 78, tav. 14; p. 90, tav. 20) si aggiungono i piatti di forma *Consp.* 11.1.1, 12.4.1, 12.3.2., 18.2.4 e 20.1.2,

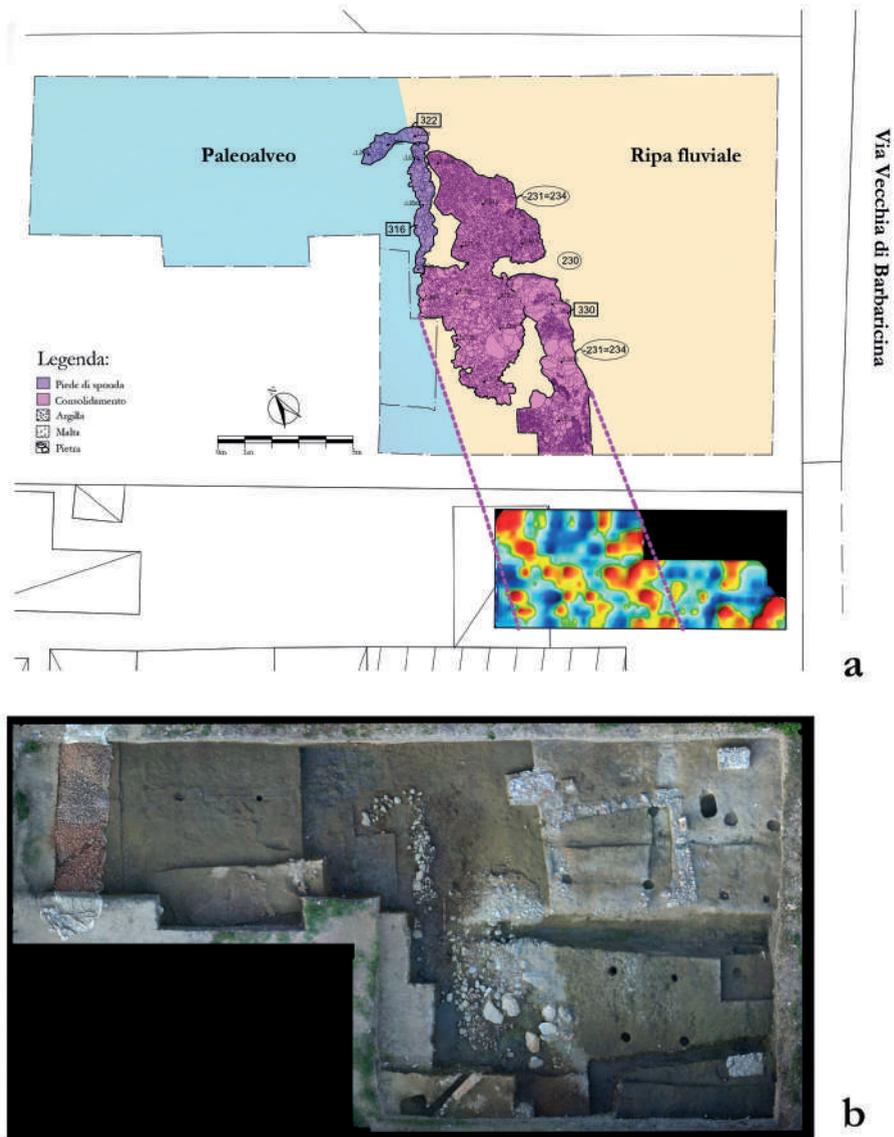


Fig. 3 - a) Planimetria dell'Area 4 con la gettata di materiale litico (seconda metà del I secolo a.C.); l'immagine è integrata con il rilievo georadar che mostra la prosecuzione dell'apprestamento in direzione sud. b) Ortomosaico dell'Area 4: al centro la gettata di materiale litico (elaborato da A. Caroti).

L'apprestamento descritto è caratterizzato da una sensibile pendenza verso l'*Auser*, calcolabile intorno al 20% (corrispondente a 11° circa), che doveva consentire di trarre in secco le imbarcazioni anche per periodiche riparazioni; rimandano a queste attività i numerosi chiodi, del resto presenti in tutta la sequenza stratigrafica dell'Area Scheibler, a testa conica, impiegati per il fissaggio degli elementi lignei nella carpenteria navale¹⁶, o a testa piatta e verso dotato di bugne e linee a rilievo, entrambe funzionali al fissaggio delle lamine in piombo del rivestimento esterno della chiglia delle imbarcazioni (**Fig. 4**)¹⁷. Un palo circolare di almeno 20 cm di diametro, infisso obliquamente nel suolo, in prossimità della riva, era probabilmente impiegato per l'ormeggio delle imbarcazioni.

Alle spalle della sistemazione spondale, entro una profonda buca, grosse pietre erano state utilizzate per fissare a terra un grosso palo, forse parte di un macchinario di cantiere per la movimentazione dei materiali edilizi¹⁸.

Strati di varia natura – tra cui scaglie di pietra, sabbia e carboni – chiudono l'intervento di sistemazione dell'area e costituiscono il piano su cui sono scavate le fosse di fondazione di un edificio a pianta quadrangolare¹⁹, legato alle attività che si svolgevano sulla sponda (**Fig. 5**)²⁰; la struttura è forse parte di un edificio più ampio, parzialmente asportato, insieme ad un intero settore della sequenza stratigrafica, da una trincea realizzata in occasione della recente bonifica bellica dell'area²¹.

G.So.

1.3. La costruzione dei navalia (età giulio-claudia): interventi di consolidamento della sponda fluviale e livelli di cantiere

In età giulio-claudia l'area è oggetto di un grande intervento di ristrutturazione, che pur confermando le funzioni del complesso precedente, ne amplifica qualità e dimensioni. L'ampio progetto edilizio risulta articolato in due prin-

prodotti a partire dal 20 a.C. circa e ancora diffusi, con l'eccezione della forma *Consp.* 11.1.1, all'inizio del I secolo d.C. (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 70, tav. 10; p. 72, tav. 11; p. 82, tav. 16; p. 86, tav. 18). Sposta agli inizi del I secolo d.C. la cronologia del contesto un frammento della coppa *Consp.* 33.2.1, la cui produzione ha inizio in questo momento (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 110, tav. 30).

¹⁶ FEUGÈRE 1981, p. 153 (esemplari dai contesti del quartiere portuale di *Forum Iulii*/Frejus).

¹⁷ FEUGÈRE 2009, pp. 116-117, fig. 12 (esemplari dai contesti del quartiere portuale di *Forum Iulii*/Frejus); GIOVANNINI, TASCIA 2016, p. 122, n. 6 (esemplari dal relitto D di *Cape Dramont*).

¹⁸ I materiali associati all'apprestamento – piatti in sigillata italica di tipo *Consp.* 12.3-4 (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 72, tav. 11) e contenitori da trasporto di tipo Dressel 2-4 – ne attestano la pertinenza al cantiere di età augustea.

¹⁹ Sono in particolare le forme di sigillata italica, tra le quali i piatti *Consp.* 18.2.5, 18.2.2-3, 18.3.2 e 21 (per i quali vedi ETTLINGER *et al.* 1990, p. 82, tav. 16; p. 88, tav. 19), a definire una datazione ai decenni finali del I secolo a.C., compatibile con quella già definita per la vicina struttura spondale.

²⁰ FABIANI *et al.* 2022b, p. 9, fig. 6.

²¹ FABIANI *et al.* 2021, pp. 2-3, 9-10; FABIANI *et al.* 2022b, p. 7, fig. 7; FABIANI *et al.* 2023, pp. 7-8, figg. 8-9.



Fig. 4 - Lamina in piombo per il rivestimento della chiglia delle imbarcazioni, dotata di chiodo passante per il fissaggio (foto A. Caroti).

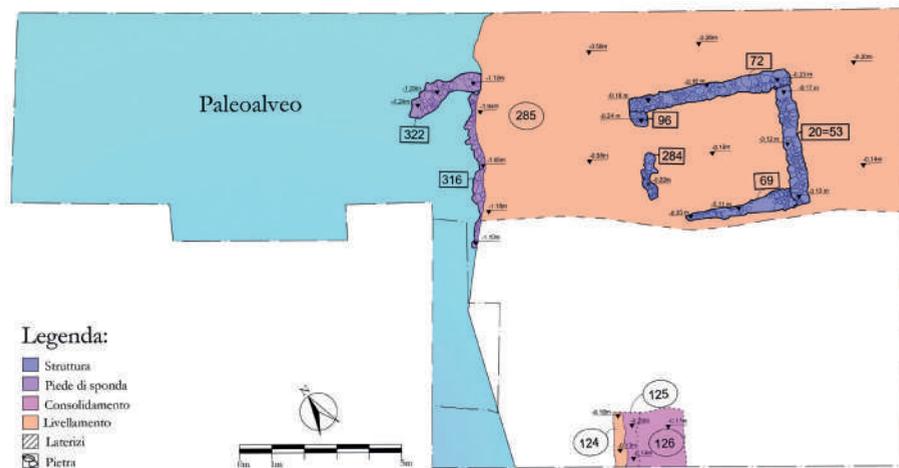


Fig. 5 - Pianta di fase dell'Area 4 (seconda metà del I secolo a.C.; elaborazione A. Caroti).

cipali interventi²²: la costruzione di un edificio con copertura, verosimilmente a capriata, sostenuta da pilastri, e la creazione di un piano inclinato che, dalla sponda del fiume, raggiunge il fronte dell'edificio (Fig. 6).

²² FABIANI *et al.* 2022b, pp. 12-16, figg. 13-19; FABIANI *et al.* 2023, pp. 8-14, figg. 10-18. La messa in opera dell'intervento edilizio può essere collocata attorno al 40-50 d.C., come indica la presenza di frammenti di sigillata tardo-italica decorata e di anfore di produzione gallica nei livelli di riporto e in quelli pavimentali dell'edificio. Si segnala, in particolare, la parete di una coppa in sigillata tardo-italica decorata, le anse di anfore galliche di tipo 3 e 4 (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 171, 175-177); potrebbero essere in fase alcuni frammenti di sigillata italica, genericamente riconducibili ai piatti di forma *Consp.* 20 o 21 (ETTLINGER *et al.* 1990, pp. 86-88, tav. 18-19), ancora diffuse nei primi decenni del I secolo d.C.

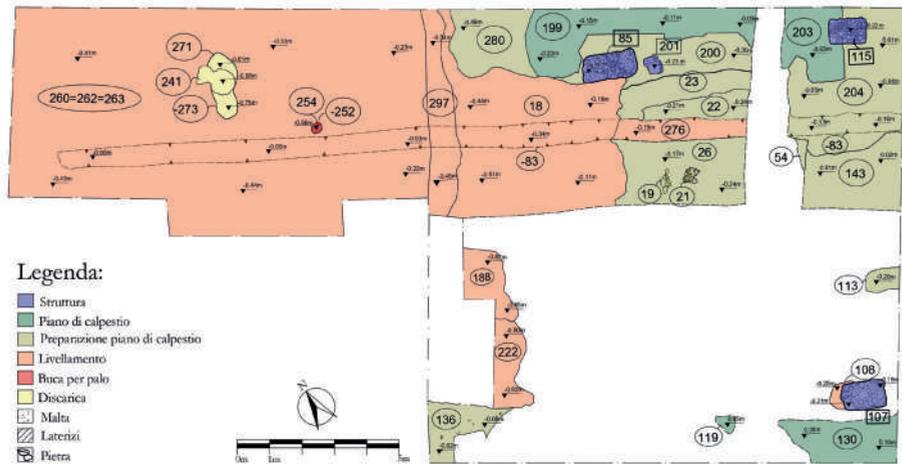


Fig. 6 - Planimetria dei *navalia*: metà del I secolo d.C. (elaborazione A. Caroti).

Il precedente piano inclinato che costituiva la riva di età augustea viene completamente obliterato dalla deposizione di più strati di riporto di materiali inerti; il nuovo impianto segue la riva fluviale per un tratto maggiore rispetto al precedente, prolungandosi oltre i limiti dello scavo sia a nord sia a sud. Il più consistente di tali depositi (Fig. 7)²³, costituito essenzialmente da macerie, raggiunge lo spessore di 1 m²⁴.

Una volta ultimato tale consolidamento, la ripa fluviale viene ulteriormente ampliata con piani inclinati che si protendono verso l'alveo per una lunghezza di almeno 12 m²⁵: riporti di strati sabbiosi di notevole estensione si alternano ad accumuli di materiale edilizio di riutilizzo, con funzione di costipamento, costituito da blocchi sbozzati o da scaglie di calcarenite misti a sabbia. Estesi strati di malta disfatta mista a sabbia attestano la ricorrente necessità di liberare l'area dai materiali edilizi residui, attività funzionale, oltre che al loro smaltimento, al consolidamento della ripa²⁶.

²³ La messa in opera di US 18 è preceduta da quella di strati di più limitata estensione, nei quali compaiono mattoni crudi, laterizi, *dolia* e ceramica, quest'ultima in parte residuale (pareti di ceramica a vernice nera); il riferimento cronologico più tardo (media-tarda età augustea) è fornito dai piatti in sigillata italica di forma *Consp.* 12.2.3 e 12.3 (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 72, tav. 11).

²⁴ Lo strato, integralmente composto da materiali inerti, trova un *terminus post quem* in età giulio-claudia, come indicano i dati offerti dalle forme più tarde della sigillata italica (*Consp.* 3 e 23.1.1, per la quali vedi ETTlinger *et al.* 1990, p. 56, tav. 3; p. 92, tav. 21), la cui produzione ha inizio nel corso del secondo quarto del I secolo d.C., e dei contenitori da trasporto (anfora Gallica 1) e i contenitori di origine gallica (Gallica 1 e Gallica 3 o 5), tripolitana (tipo I) e cretese (tipo 2B), tutti diffusi a partire dai decenni iniziali del I secolo d.C. (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 169-173, 285, 325-327).

²⁵ FABIANI *et al.* 2023, pp. 9-18, figg. 12-13.

²⁶ Definiscono la cronologia dell'intervento di ampliamento della ripa fluviale la sigillata italica, con le forme *Consp.* 3.1.2, 23.2.2, 27.2.2, 33.1.2, 33.5.1, 34.1.1, 36.3.1-2 e 37.3.1, caratteristiche della fase



Fig. 7 - Il consolidamento spondale US 18 di età giulio-claudia (foto S. Genovesi).

Di notevole interesse è la presenza, a varie quote, di apprestamenti riconducibili ad attività connesse alla preparazione dei pasti da parte del personale attivo sul cantiere²⁷: una buca è stata utilizzata per l'accensione di un focolare, come indica lo strato carbonioso con frammenti combusti di legname non lavorato che la riempie (Fig. 8a)²⁸; buche di diverse dimensioni hanno inoltre restituito contenitori da trasporto, ceramiche da mensa, da dispensa e da fuoco e residui carboniosi, anch'essi da ricondurre a periodici interventi di pulizia legati alla vita quotidiana del personale (Fig. 8b). La discarica più ampia²⁹ ha restituito

produttiva che ha avvio a partire dal secondo decennio del I secolo d.C. (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 56, tav. 3; p. 92, tav. 21; p. 100, tav. 25; p. 110, tav. 30; p. 112, tav. 31; p. 114, tav. 32; p. 116, tav. 33), i contenitori da trasporto, tra i quali compaiono le anfore betiche Beltrán 2B (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 231-232), le lusitane Dressel 14 *similis* (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 240-241) e le galliche di tipo 4 (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 175-176) e un asse di Tiberio in bronzo riconducibile ad un'emissione della zecca urbana che la ventiquattresima *tribunicia potestas* del *princeps* pone nel 21-22 d.C. (SUTHERLAND, CARSON 1984, p. 44; diametro: 30 mm. Peso: 9.13 g):

Recto: ritratto di Tiberio rivolto verso sinistra. Legenda: [Ti(berius) Caesar Divi Aug(usti) f(ilius) Aug(usti) imp(erator) VIII]

Verso: SC. Legenda: Pontif(ex) maxim(us) tribun(icia) potest(ate) XXIII.

²⁷ FABIANI *et al.* 2023, pp. 10-12, figg. 14-15.

²⁸ Tra gli scarsi frammenti ceramici gettati all'interno della buca si segnala il fondo di una coppetta in sigillata italica di forma *Consp. 27*, prodotta in età giulio-claudia (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 100, tav. 25).

²⁹ All'interno di una buca di piccole dimensioni sono stati, inoltre, gettati frammenti pertinenti ad una stessa anfora di tipo Dressel 9 (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 229-230).



Fig. 8 - Buche per la preparazione dei pasti durante la vita di cantiere: a) focolare; b) scarico di frammenti di contenitori da trasporto (foto S. Genovesi).

frammenti di un limitato numero di anfore di origine betica, di forma Dressel 9³⁰ e Beltrán IIB³¹, e tarraconense, di forma Dressel 2-4³², in cui possiamo forse riconoscere un piccolo nucleo di contenitori funzionale al vettovagliamento della squadra attiva sul cantiere.

Apprestamenti di carattere diverso sono invece funzionali alle attività edilizie che si conducevano nel cantiere; potrebbe aver costituito un piano di lavoro, forse impiegato per la realizzazione delle malte necessarie alla costruzione delle strutture in cementizio dei *navalia*, un piano di malta tenace di ampie dimensioni³³. Buche di palo dotate di rinforzi costituiti da laterizi fratti e pietre possono, infine, sottendere la presenza di macchinari o di strutture di carattere deperibile, anch'esse eventualmente funzionali alle attività di cantiere e destinate ad essere rimosse al termine delle fasi di avanzamento di quest'ultimo.

Alla sommità del piano inclinato, la cui pendenza è calcolabile nel 2,7% (1,6° circa), è realizzato un complesso articolato in grandi vani modulari – è possibile ipotizzarne almeno tre con quello centrale ampio 10,5 m – separati da pilastri a pianta rettangolare. Le fondazioni (1,30x0,74 m) a sacco di questi ultimi sono realizzate con cortine in blocchi di medie dimensioni in calcare grigio del Monte Pisano e una gettata interna di cementizio di malta tenace a grana fine e scaglie di pietra³⁴.

³⁰ PANELLA, RIZZO 2014, pp. 229-230. Residuale, nel contesto, è l'orlo di una coppa in sigillata italica di forma *Consp.* 7.1.3, non più prodotta a partire dalla tarda età augustea (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 64, tav. 7).

³¹ PANELLA, RIZZO 2014, pp. 231-232.

³² PANELLA, RIZZO 2014, pp. 199-200.

³³ FABIANI *et al.* 2023, p. 11, fig. 16.

³⁴ FABIANI *et al.* 2022b, p. 12, fig. 14.

L'area scoperta antistante il fronte dell'edificio a pilastri appare caratterizzata dalla presenza di apprestamenti funzionali alle attività che si svolgevano nel nuovo complesso e che, insieme alla tipologia edilizia, concorrono a definirne la funzione. Una gettata di forma subrettangolare, realizzata con un amalgama di materiali eterogenei, sembra suggestivamente destinata a sostenere un argano per la movimentazione dei carichi³⁵. Un lungo solco rettilineo, ortogonale al corso del fiume, percorre i piani inclinati e l'area scoperta antistante l'edificio, proseguendo all'interno di quest'ultimo; è verosimile che nel solco fossero allineate travi lignee, a formare una sorta di binario, che avrebbe consentito di trarre a secco e al riparo dei capannoni le imbarcazioni (Fig. 9). Non si esclude che altri apprestamenti analoghi, paralleli al primo, consentissero la risalita di più unità, affiancate, all'interno di ogni campata dell'edificio: gli interventi antichi e moderni, che hanno asportato un ampio tratto dei piani di calpestio di questa fase, non rendono tuttavia possibile la verifica di un'ipotesi resa comunque plausibile dagli spazi disponibili e dai numerosi confronti, tra i quali si segnala, in particolare, il caso di Reims/*Durocortorum*, sulle sponde della Vesle, dove, sempre nella prima età imperiale, binari di travi di quercia paralleli e a distanza irregolare, sono disposti perpendicolarmente al banchinamento e percorrono un piano inclinato con una pendenza del 2,3% (1,3°), per l'alaggio di piccole imbarcazioni fluviali e per il carico/scarico delle merci³⁶.

Una volta portata a termine la realizzazione delle strutture murarie si è quindi proceduto alla messa in opera dei piani pavimentali. Piccole buche e depressioni di limitata estensione presenti in tutta l'area vengono colmate con materiali edilizi residui delle attività già messe in atto (pietre, nuclei di malta) e scarsi frammenti ceramici³⁷.

Le preparazioni dei piani pavimentali sono caratterizzate, in tutta l'area, da uno spessore omogeneo di 15 cm circa e da una pendenza costante in direzione dell'alveo fluviale³⁸. Soluzioni diverse, determinate dai materiali a disposizione, sono adottate nei vari settori del complesso: a strati sabbiosi ricchi di componenti organici (carboni, ceneri) si aggiungono preparazioni in argilla e minuti frammenti di calcarenite³⁹. È su questi strati preparatori, nell'area antistante l'edificio, che è stata identificata un'ulteriore traccia della vita del cantiere: un

³⁵ È questo il caso di una base rettangolare in cementizio con laterizi frammentari, pietre e frammenti di anfora, ubicata nello spazio aperto antistante il fronte dei *navalia* e ipoteticamente destinata a sostenere un argano o un macchinario di altro tipo.

³⁶ GUCKER 2020, pp. 303-316.

³⁷ Tali contesti hanno restituito forme di sigillata italica, quali la coppa *Consp.* 32.1.2 (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 108, tav. 29) prodotte a partire dal secondo decennio del I secolo d.C.

³⁸ FABIANI *et al.* 2022b, pp. 13-14, fig. 15; FABIANI *et al.* 2023, pp. 12-13, fig. 18.

³⁹ La presenza di pareti di coppe in sigillata tardo-italica e di anse di anfore galliche di tipo 3 o 4 (PANELLA, RIZZO 2014, pp. 171, 175-177) conferma, ancora una volta, la cronologia giulio-claudia del complesso.



Fig. 9 - Solco per l'alloggiamento di uno dei binari lignei impiegati per la movimentazione delle imbarcazioni. In primo piano sono visibili i livelli sabbiosi messi in opera per la progredazione della ripa fluviale (foto S. Genovesi).

focolare, in uso, come indicano due lucerne di tipo *Vogelkopflampe*⁴⁰, ancora fino ai primi decenni del I secolo d.C., è costituito da un frammento di tegola ad aletta disposto di piatto e da un piano di scaglie di calcare ad esso adiacente.

La fase finale del cantiere prevede la stesura dei piani pavimentali, anch'essi realizzati con materiali eterogenei: scaglie di calcare grigio e ciottoli di fiume misti ad argilla o battuti contenenti minuti frammenti di laterizi.

F.F., S.G.

2. Il cantiere edilizio e l'economia del riciclo

La sponda fluviale dell'Area Scheibler in età augustea, così come in epoca giulio-claudia, è artificialmente progradata, rialzata e consolidata, per renderla atta alle complesse movimentazioni delle imbarcazioni e per sostenere, infine, gli edifici impiantati alle sue spalle.

Ci troviamo in un contesto geomorfologicamente fragile, con suoli limo-sabbiosi di scarsa capacità portante, intrisi dalle acque di falda, cui si aggiungono quelle apportate dai continui fenomeni esondativi ed erosivi del fiume; il panorama delineato appare dunque assai distante da quel concetto di *firmitas*, tanto auspicato da Vitruvio come requisito indispensabile per la stabilità, la solidità e la durevolezza delle opere architettoniche⁴¹. Appare evidente che, se tali condizioni non sono riscontrabili nel sottosuolo, il *solidum* debba essere creato artificialmente, attraverso una serie di interventi 'pre-costruttivi', che concorrono a comporre adeguate sottofondazioni per mezzo di una corretta scelta di tecniche edilizie e materiali⁴².

Il contesto dell'Area Scheibler offre dunque la possibilità di riflettere, da un lato, sulle tecniche di consolidamento di terreni fragili attraverso la deposizione di strati di sabbia alternati a livelli di inerti di vario tipo e, dall'altro, sulla provenienza e sulla funzione strutturale di tali materiali. La disamina delle tecniche edilizie e della varietà dei materiali utilizzati risulta fondamentale allo scopo di 'entrare' all'interno dell'organizzazione del cantiere⁴³, per tentare di ricreare la complessa rete di relazioni che intercorrevano tra le maestranze all'opera e i fornitori; questi ultimi, assai differenziati, erano previsti in fase di definizione del progetto ed erano poi profondamente integrati nella filiera del cantiere.

F.F.

⁴⁰ FABIANI *et al.* 2021, p. 9, fig. 9. Per questa tipologia di lucerne si veda, in particolare, RICCI 1973, pp. 200-206.

⁴¹ Vitr., I, 3, 2 (in particolare per il concetto di *firmitas*); III, 4, 2; V, 3, 3; sulla stessa tematica vedi anche Pallad., I, 8, 2; Sen. *Epist.*, LII, 5.

⁴² PREVIATO 2016, p. 211.

⁴³ DELAINE 2008, pp. 321-328; CAMPOREALE 2010, pp. 171-180.

2.1. Le sottofondazioni pluristratificate

La costruzione dei piani per l'alaggio delle imbarcazioni sia per la fase di età augustea sia per quella di età giulio-claudia si basa, come abbiamo visto (cfr. § 1.1-2), sulla sovrapposizione di strati caratterizzati da granulometria variabile: a strati di materiali grossolani con funzione drenante (pietre, frammenti di laterizi e ceramica) si alternano strati a matrice sabbiosa; questi ultimi, oltre a colmare, svolgono un'evidente funzione stabilizzante. Questo sistema struttivo trova stringenti affinità con le cosiddette "sottofondazioni pluristratificate", tecnica impiegata per consolidare terreni fragili di scarsa portanza e di forte imbibizione, particolarmente diffusa in Cisalpina dal III secolo a.C. e per tutta l'età imperiale, con particolare frequenza tra II secolo a.C. e I secolo d.C.⁴⁴. Qui il sistema è utilizzato per creare, all'interno di lunghe e profonde fosse, sostrati solidi in grado di assestarsi, già in fase di cantiere, con relativa rapidità, sui quali impiantare piani pavimentali o strutture anche di rilevante portanza⁴⁵. I materiali impiegati possono variare da sito a sito, comprendendo strati di ghiaie, scaglie di pietra, frammenti laterizi e ceramici, alternati a strati sabbiosi o limo-argillosi, come nei casi di Aquileia, Padova, Oderzo, Altino, Verona, Milano, *Bedriacum*, Concordia e Cremona, anche se la funzione struttiva resta la medesima⁴⁶.

Particolarmente significativo per il caso pisano è il confronto con numerose sottofondazioni pluristratificate di Padova, dove, tra gli inerti che si alternano agli strati di limi, compaiono, oltre ai laterizi, a scapoli lapidei e frammenti ceramici, anche i mattoni crudi, che diventano esclusivi nel contesto del cortile di Palazzo Zabarella, datato al II secolo a.C.⁴⁷. A Piazza Castello, in un contesto di I secolo a.C., sono stati rilevati addirittura otto livelli alternati di limo pressato, scaglie di pietra e frammenti di tegole e ceramica⁴⁸: tale complessa stratificazione richiama per qualità dei materiali e per giacitura proprio il caso dei consolidamenti dell'Area Scheibler, anche se il caso pisano costituisce una variante tipologica. La sottofondazione, predisposta qui per sostenere gli ampi scivoli di alaggio, interessa infatti una vasta area destinata, nel suo insieme, a supportare le forti sollecitazioni causate dalla movimentazione delle imbarcazioni e dei materiali impiegati per la loro manutenzione. È evidente che l'indefornabilità del sottofondo pavimentale e il mantenimento della complanarità di quest'ultimo dovessero costituire una caratteristica imprescindibile per la tenuta strutturale e la funzionalità degli scivoli stessi.

Le ricerche effettuate in area padana hanno portato a riconoscere in questo peculiare sistema di consolidamento dei suoli un portato del periodo di "elle-

⁴⁴ PREVIATO 2012, pp. 165-180; PREVIATO 2016, pp. 209-230, figg. 4, 8, 11; BONETTO, PREVIATO 2013, pp. 231-264, fig. 5.

⁴⁵ BONETTO, PREVIATO 2013, pp. 232-235, 239.

⁴⁶ BONETTO, PREVIATO 2013, p. 220, fig. 2.

⁴⁷ RUTA SERAFINI *et al.* 2006, p. 72; BONETTO, PREVIATO 2013, p. 237.

⁴⁸ RUTA SERAFINI *et al.* 2006, p. 73; BONETTO, PREVIATO 2013, p. 237.

nizzazione e romanizzazione”⁴⁹ che caratterizza, in questa regione, la nascita e lo sviluppo della dimensione urbana: sembrerebbero confermare l’ipotesi i precedenti casi riscontrati in ambito greco e magnogreco. Interessanti, in particolare, sono quelli in cui il sistema è applicato con funzione statica in contesti umidi o antropici incoerenti, come, per l’età tardo arcaica e classica, l’*Heraion* di Samo, il tempio A di Metaponto, l’*Heraion* di Poseidonia e il vicino *Heraion* del Sele e, per l’età ellenistica, il teatro di Magnesia sul Meandro⁵⁰. A Pisa l’adozione di queste tecniche costruttive è dettata indubbiamente dal contesto ambientale e, con ogni verosimiglianza, sono recepiti modelli che, seguendo i complessi flussi dell’ellenizzazione, si radicano nelle tradizioni edilizie locali.

Ciò che emerge dunque dalle scelte attente dei materiali utilizzati e dall’analisi della modalità del loro impiego nel cantiere edilizio sulle sponde dell’*Auser* all’Area Scheibler è la presenza di maestranze pienamente consapevoli di pratiche struttive consolidate, che trovavano riscontro in consuetudini empiricamente sperimentate e collaudate nelle tradizioni architettoniche dei centri con analoghe caratteristiche ambientali. L’analisi delle tecniche impiegate è dunque indispensabile per comprendere come le maestranze agissero nel cantiere edilizio, come ripartissero i compiti e con quale sequenza questi venissero eseguiti, dall’elaborazione del progetto iniziale, alla preparazione del sito e delle infrastrutture, alla scelta, all’acquisizione e all’elaborazione dei materiali, fino al loro uso combinato, al fine di sfruttarne appieno le proprietà struttive (cfr. § 4.1.).

2.2. *L’approvvigionamento dei materiali: materie prime, residui di produzione e rudera*

Tra le materie prime più utilizzate per l’allestimento dei piani inclinati di alaggio rientrano in primo luogo la sabbia e la pietra. La prima era verosimilmente estratta, secondo una pratica attestata lungo il corso dell’Arno nel Medioevo e fino all’età contemporanea⁵¹, da giacimenti disposti lungo l’alveo stesso del fiume e qui depositata in strati consistenti e talvolta molto estesi.

Un’efficace funzione di consolidamento e al tempo stesso drenante è svolta poi dalla pietra; già in età augustea, il primo argine è realizzato infatti mediante una massiciata di pietre di piccole e grandi dimensioni, verosimilmente da identificare, per la forma irregolare degli scapoli, con materiale di scarto delle lavorazioni della pietra nelle cave dislocate tra Avane e San Giuliano. In età giulio-claudia a questi litotipi si aggiunge in modo predominante la calcarenite della costa livornese, ancora una volta con funzione di costipamento degli strati sabbiosi.

⁴⁹ BONETTO, PREVIATO 2013, p. 241.

⁵⁰ BONETTO, PREVIATO 2013, pp. 241-244, figg. 2-4; PREVIATO 2016, pp. 226-227.

⁵¹ Per l’età medievale, SALVESTRINI 2010, p. 205; per l’età contemporanea, “Navicellai d’Arno”, regia di Romeo Leonardi, 1941, Archivio Storico Istituto Luce (D023401; <https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL3000051032/1/navicellai-d-arno.html?startPage=0>).

Oltre alle materie prime e ai sottoprodotti, un ruolo rilevante è svolto dai residui di produzione: tra questi ultimi rientrano carboni e ceneri uniti a sabbia, utilizzati in particolare per la preparazione dei piani di calpestio della ripa fluviale, con funzione impermeabilizzante. Tale impiego trova una precisa corrispondenza, nella composizione e nello spessore, con le prescrizioni di Vitruvio che, per la realizzazione di preparazioni pavimentali, raccomanda l'impiego di carboni compressi (*calcatis carbonibus*) misti, tra l'altro, a sabbia (*e sabulone*), per uno spessore di mezzo piede romano (*crassitudine semipedali*)⁵².

Tale pratica trova riscontro anche nel dato archeologico in numerosi contesti di ambito privato, come i magazzini e le case puniche di Nora⁵³ e i pavimenti della villa di San Basilio di Ariano nel Polesine⁵⁴, e di ambito pubblico, come, esempio assai calzante per il nostro contesto, nella sistemazione delle sponde del canale Navisego di Oderzo, dove materiale carbonioso si alterna a strati a matrice limo-argillosa⁵⁵.

All'Area Scheibler, la grande quantità di ceneri e carboni impiegata pone il problema del suo approvvigionamento, probabilmente da riferire all'attività di *praefurnia* di tipo termale o legati a manifatture ceramiche: in entrambi i casi si assiste al riutilizzo, per fini edilizi, di un residuo di produzione.

Un ruolo rilevante svolgono, infine, le macerie di edifici dismessi, *rudera*, a cui si fa ricorso con particolare intensità in età giulio-claudia. Nel complesso dei materiali che abbiamo definito *rudera* comprendiamo, in senso stretto, i resti strutturali di edifici demoliti e, in termini più ampi, anche i materiali relativi alla vita di quegli stessi edifici: le ceramiche relative alla vita quotidiana nei complessi demoliti o i laterizi malcotti che rientravano tra gli scarti di produzione di officine ceramiche che, come vedremo, hanno fornito le più alte attestazioni di resti materiali.

Al fine di comprendere i criteri impiegati in antico per la loro selezione, è stato deciso di vagliare e accumulare separatamente, in corso di scavo, le singole componenti della grande colmata dell'US 18, che ha complessivamente interessato un volume totale stimabile in 21,513 m³. Per ciascuna di esse, tramite tecniche fotogrammetriche di rilievo volumetrico⁵⁶, è stato così possibile ricostruire il valore in metri cubi, con il fine di ottenere una quantificazione complessiva della tipologia di materiali presenti nello strato e la loro attestazione in termini percentuali. Una raccolta selezionata dei componenti dei tali strati ha permes-

⁵² Vitr. VII, 4, 4-5. Per l'impiego di materiali carboniosi nell'edilizia vedi anche Vitr. V, 9, 7; VIII, 6, 9; Plin., *Nat. hist.*, XXXVI, 21, 95; XXXVI, 63, 188; *Palladius*, I, 9, 4; I, 40, 3.

⁵³ BONETTO 2009, p. 82.

⁵⁴ DALLEMULLE 1986, pp. 185-188; SALZANI, VITALI, 2002, pp. 115-138.

⁵⁵ MALIZIA 1986, pp. 86-88.

⁵⁶ Tramite aerofotogrammetria da UAV è stata ottenuta una nuvola di punti, scalata e georiferita tramite GCP misurati a stazione totale, per ciascuno dei materiali accumulati. Grazie allo strumento "Compute 2.5D volume" del software opensource CloudCompare, è stato possibile calcolare in output i metri cubi dei cumuli stessi.

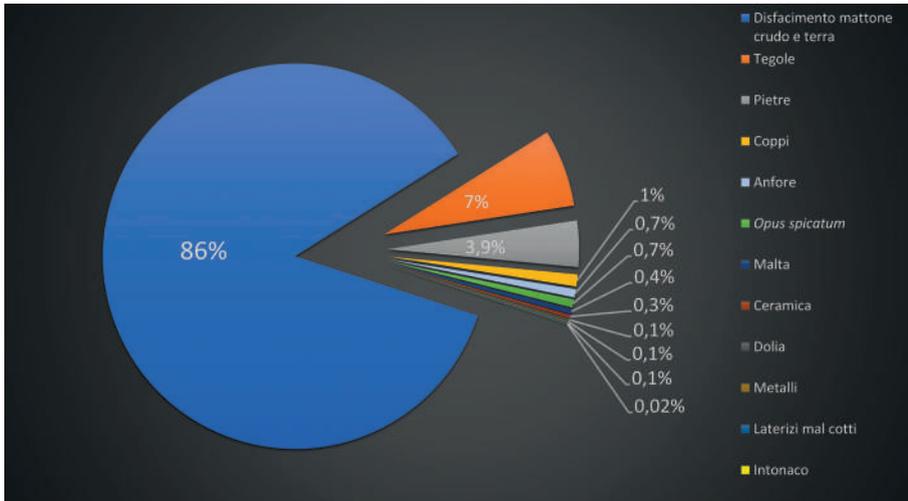


Fig. 10 - Valori in percentuale delle diverse classi di materiali riutilizzati nel consolidamento US 18 (elaborazione A. Caroti).

so di rilevare percentualmente una presenza preponderante di mattoni crudi concotti, cui seguono, in proporzione sensibilmente inferiore, laterizi in parte malcotti, pietre anch'esse parzialmente termotrasformate, mattoncini per *opus spicatum*, nuclei di malta, intonaci dipinti (**Fig. 10**). Minoritaria in rapporto alle altre componenti, ma consistente in termini assoluti, è la ceramica, rappresentata per lo più da anfore, cui seguono varie altre classi ceramiche e *dolia*.

F.F., S.G.

La grande colmata rappresentata dall'US 18 è costituita per l'86,10% da mattoni crudi, rinvenuti per lo più in stato di frammentarietà. Solo per il 4,06% dei frammenti è possibile riconoscere una o più dimensioni della forma originaria. I mattoni sono accomunati macroscopicamente da un colore rosso-arancio⁵⁷ (Muns., 2.5 YR 5/8-6/8) e da una notevole consistenza, acquisiti in seguito ad un processo di termotrasformazione: si tratta, infatti, di mattoni da fornace che, tuttavia, non dovevano trovarsi a diretto contatto con il fuoco, come indica l'uniformità cromatica delle superfici. L'uso del mattone crudo in questo tipo di strutture è consueto e trova le sue più vicine applicazioni nelle fornaci del centro manifatturiero di Massa⁵⁸, attivo in età tardorepubblicana, in quelle di età augustea del Vingone, presso Firenze⁵⁹, e ad Albinia, dove l'attività produttiva

⁵⁷ Il colore rossastro è dovuto all'esposizione al forte calore e non alla cottura preventiva (in questo senso vedi SHEPHERD *et al.* 2008, p. 185 per il caso delle fornaci del centro produttivo del Vingone).

⁵⁸ FABIANI, PARIBENI 2016, pp. 41-44.

⁵⁹ SHEPHERD *et al.* 2008, p. 185, figg. 168-169.

delle vaste *figlinae* si estende tra la metà del II secolo a.C. e la fine del I secolo d.C.⁶⁰. Non sappiamo dove, a Pisa, fossero ubicati tali impianti, anche se non si può escludere una loro localizzazione ad una certa distanza dalla città, forse in prossimità della foce del sistema fluviale *Auser-Serchio*⁶¹.

Da un'osservazione diretta, i mattoni sono costituiti da una matrice piuttosto omogenea, di ridotta porosità, con inclusi di dimensioni millimetriche ben selezionati; solo in alcuni casi è stato possibile osservare il riutilizzo di frammenti di materiale fittile, che suggeriscono come nel loro ciclo produttivo fosse previsto il riuso di laterizi o ceramica. Tra gli inerti mescolati con l'argilla, con funzione stabilizzante, doveva essere compresa paglia sminuzzata in maniera accurata, come indicano i vuoti millimetrici che si sono formati per la deperibilità del materiale. Nonostante la frammentarietà degli esemplari, è possibile documentare sulle facce laterali solcature parallele con andamento sub-orizzontale, da interpretare come impronte delle venature dello stampo ligneo in cui sono i mattoni sono stati formati.

Il valore metrico dello spessore, rilevato su 62 esemplari e per il quale sono state effettuate valutazioni metrico-quantitative, è compreso tra 10 e 10,9 cm per il 48% di essi, con oscillazioni comprese tra 9,4 e 15,5 cm per la restante parte⁶².

Solo quattro esemplari conservano per intero il valore della lunghezza, caratterizzato da una misura media di 30,85 cm (lunghezza min. 29,2 – max. 32,1 cm). Queste misure sembrerebbero riconducibili al *pes romanus* di 29,6 cm⁶³, di tradizione attica⁶⁴, e troverebbero confronti stringenti, limitatamente all'Etruria settentrionale, con i mattoni impiegati nella fornace 1 dell'impianto produttivo di piazza Mercurio a Massa⁶⁵.

L.F.

La seconda tipologia di materiali ad essere rappresentata nel contesto, per quantità, è quella dei laterizi da copertura che rappresentano il 7,61% del volume totale. Si tratta prevalentemente di tegole del tipo “con risega”⁶⁶ e coppi semicilindrici, ridotti in frammenti di piccole e medie dimensioni, da cui non è stato possibile ricomporre alcun esemplare completo.

Alla medesima classe dei laterizi appartengono anche un frammento di tegola forata e di comignolo, destinati al manto di copertura di qualche edificio, con la

⁶⁰ VITALI 2007, p. 28.

⁶¹ Per le produzioni di sigillata italica e tardo-italica vedi: MENCHELLI *et al.* 2001, pp. 89-104. Per la produzione di mattoni sesquipedali rettangolari vedi: FABIANI, GENOVESI 2022, pp. 301-339.

⁶² Il valore più elevato si ottiene se si aggiungono e si considerano i due pezzi anomali di 13,2 e 15,5 cm.

⁶³ Misura ampiamente adottata per i laterizi di area padana e che trova riscontro con la tradizione costruttiva etrusca: BONETTO 2019, pp. 289-291.

⁶⁴ RIGHINI 1990, pp. 270-285.

⁶⁵ FABIANI, PARIBENI 2016, pp. 41-44. I mattoni crudi impiegati nella costruzione dei perimetrali della camera di cottura della fornace 1 misurano 29,6x44,4x12 cm, trovando confronto nelle dimensioni del mattone cosiddetto “lidio” ricordato da Vitruvio (II, 3, 1).

⁶⁶ Per la distinzione dall'altro tipo comune in Etruria settentrionale “a incasso”, cfr. SHEPHERD 2015, p. 121, fig. 1, con bibliografia precedente.

specifica funzione di smaltire i fumi interni. La tegola presenta un foro apparentemente circolare, provvisto di margine rilevato verticale su cui veniva sistemato il comignolo; di quest'ultimo si conserva solo la parte superiore con "pomello" sommitale e una minima porzione dei quattro fori laterali necessari alla fuoriuscita del fumo⁶⁷. Le caratteristiche macroscopiche degli impasti dei frammenti, oltre a far pensare che i due manufatti fossero correlati, sembrano indicare una loro provenienza dal medesimo contesto di approvvigionamento.

Significativa è la presenza, tra questi materiali, di un nucleo di scarti di produzione; nel complesso sono presenti circa 130 frammenti tra tegole e coppi che presentano deformazioni tali da averne verosimilmente compromesso la commercializzazione e l'utilizzo.

Ben documentata, con valori pari al 3,60% del volume totale, è la presenza di mattoncini parallelepipedi per *opus spicatum*, alcuni dei quali ancora allettati nella preparazione pavimentale in nuclei di alcune unità fino a vere e proprie porzioni di pavimentazione. Si tratta con ogni verosimiglianza di materiale proveniente dalla distruzione del medesimo pavimento, come provano l'uniformità degli impasti e delle misure⁶⁸. Caratterizza tutti gli esemplari rinvenuti la presenza di tracce carboniose o segni di esposizione al calore.

Le pietre restituite dallo strato rappresentano il 3,9% del volume totale, il terzo in ordine di grandezza; alcune di esse, parzialmente sbazzate e con evidenti segni di esposizione ad alte temperature, lasciano pensare che fossero parte di qualche struttura sottoposta regolarmente e con continuità all'azione del fuoco, come ad esempio, quelle dei *praefurnia*.

Da *praefurnia* o da ambienti ad essi collegati è verosimile che provengano tutti i materiali che presentano marcati segni di malcottura (laterizi), di termotrasformazione (mattonne crudo, pietre) o di contatto con ceneri e carboni (mattoncini per *opus spicatum*). Quantomeno nel caso dei laterizi deformati e del mattone crudo è certa la pertinenza a manifatture ceramiche, le cui fornaci erano periodicamente smantellate nell'ambito del normale svolgimento del ciclo produttivo.

F.G.M.

È interessante osservare, inoltre, una grande quantità di frammenti di intonaco proveniente dall'US 18 e da altri contesti ad esso assimilabili, per i quali tuttavia non è possibile definire una quantificazione precisa poiché al momento dell'indagine non era stato ancora deciso di effettuare il calcolo percentile delle componenti. La quasi totalità di questi, per tecnica di realizzazione e aspetto, sembra provenire da un unico contesto decorativo; i frammenti, infatti, condividono una preparazione costituita da uno strato di intonaco a base di calce e sabbia con piccoli inclusi di

⁶⁷ Il manufatto è avvicinabile, anche se non perfettamente corrispondente, all'esemplare dalla villa di Settefinestre, dove sono attestate anche tegole forate simili al nostro esemplare (CELUZZA 1985, pp. 34, 39, figg. 19-20, tavv. 1.4a-b, 2.1).

⁶⁸ Lunghezza: 11-12 cm; larghezza: 4,7-5 cm; spessore: 2,2-2,5 cm circa.

serpentinite e laterizio e da un sottile intonachino più raffinato e accuratamente lisciato. Il lato posteriore mantiene traccia delle spatolature a spina di pesce eseguite sull'arriccio per migliorarne l'adesione all'intonaco. La pellicola pittorica conserva del tutto il colore, nero e rosso oca, che risulta aver subito perfettamente il processo di carbonatazione, ben penetrato all'interno del substrato. Gli unici elementi decorativi conservati sono due filetti bianchi, con colore applicato a secco, che in un caso nasconde il passaggio dalla campitura rossa a quella nera.

Gli intonaci rinvenuti, per l'elevata qualità tecnica della decorazione dipinta ed i colori utilizzati, risultano riconducibili ad uno scarico di macerie provenienti da un edificio, pubblico o privato, di un certo tono, compatibili con la datazione dell'apprestamento spondale⁶⁹. La loro presenza nel contesto dell'Area Scheibler trova ragione nell'abituale riutilizzo funzionale nei cantieri edili di questi materiali, che agli innegabili vantaggi legati alla facile reperibilità e al basso costo, aggiungevano le proprietà di drenaggio, traspirabilità e impermeabilità determinate dalla capacità refrattaria della malta e dalla porosità del materiale, caratteristiche già note ai costruttori antichi. Tale pratica è attestata a Pompei dal commercio di materiale proveniente dalla demolizione di vecchi edifici, documentato dall'annuncio di una vendita di intonaci frammentati presso l'insula III 7⁷⁰. L'utilizzo in contesti analoghi è inoltre attestato in Italia a Ostia e Aquileia, e, nelle province, nei siti gallici di Soissons, Vieil Évreux, Ribemont-sur-Ancre e Jonzac⁷¹.

I.B.

Il materiale ceramico, rappresentato soprattutto da anfore, ceramica da mensa, di uso comune e da fuoco (0,96%) e *dolia* (0,17%), riflette una più ampia e indefinibile fonte di approvvigionamento, come magazzini o edifici rustici.

I contenitori da trasporto sono rappresentati da anfore di produzione italica (tipi Dressel 2-4, Dressel 21-22; Dressel 6B⁷²), gallica (tipi Gallica 1 e Gallica 3 o 5⁷³), betica (tipi Haltern 70, Dressel 7-11)⁷⁴, africana (tipo Tripolitano I)⁷⁵ e orientale (tipo Cretese 2B)⁷⁶; ad essi si aggiunge un consistente numero di frammenti di sigillata italica⁷⁷, di ceramica a pareti sottili, grigia, di uso comune, da fuoco e di lucerne a canale aperto, a volute e di tipo *Vogelkopflampen*.

⁶⁹ I frammenti, per caratteristiche tecniche e decorative, presentano forti analogie con quelli rinvenuti nei contesti del saggio D, effettuato tra il 1985-1988 nel settore orientale di Piazza dei Miracoli (BENETTI, SORRENTINO c.s.; TACCOLA 2019, p. 232, n. 528, tav. LXXXIII).

⁷⁰ TOMASSINI 2019, pp. 32-33.

⁷¹ CARRIVE 2017.

⁷² PANELLA, RIZZO 2014, pp. 99-103; 125-127; 147-148; 124-125.

⁷³ PANELLA, RIZZO 2014, pp. 169-173.

⁷⁴ PANELLA, RIZZO 2014, pp. 202-206; 238-239.

⁷⁵ PANELLA, RIZZO 2014, p. 285.

⁷⁶ PANELLA, RIZZO 2014, pp. 325-327.

⁷⁷ Sono datanti, nel contesto in oggetto, le forme *Consp.* 3 e 23.1.1 (ETTLINGER *et al.* 1990, p. 56, tav. 3; p. 92, tav. 21), la cui produzione ha inizio nel corso del secondo quarto del I secolo d.C.; lo strato ha inoltre restituito un consistente numero di frammenti pertinente a forme con cronologia precedente,

Residuali nel contesto sono frammenti di ceramica a vernice nera, grigia, comune da fuoco, a scisti microclastici e di anfore di tipo greco-italico e Dressel 1, ai quali si aggiunge la parete dipinta di una *kélebe* di produzione volterrana.

Seguono infine classi di materiali decisamente poco rappresentate; tra queste i metalli (0,12%), specificatamente chiodi in ferro e bronzo da carpenteria edile e navale, probabilmente oggetto di selezioni mirate ad altri generi di riutilizzo⁷⁸; marginali anche l'incannucciato e le *crustae* marmoree, queste ultime rappresentate da due soli frammenti.

S.G.

2.3. Gestione e approvvigionamento dei materiali

L'analisi dettagliata dei materiali utilizzati per la costruzione delle rampe per l'alaggio delle imbarcazioni all'Area Scheibler, sia in età augustea che in età giulio-claudia, offre uno straordinario spaccato delle dinamiche di approvvigionamento e, contestualmente, del panorama economico sotteso alle pratiche edilizie della Pisa romana.

La sabbia è, con ogni evidenza, uno dei principali prodotti del fiume: possiamo infatti immaginare che figure specifiche, assimilabili a moderni renaioli, fossero impegnati nell'estrazione dall'alveo dell'*Auser* della sabbia e nel suo trasporto in città ad uso edilizio⁷⁹. Non sfugge che, nel circolo virtuoso di questa filiera produttiva, l'attività di tali maestranze poteva garantire, da un lato, l'approvvigionamento di un imprescindibile materiale da costruzione, e, dall'altro, il costante dragaggio dei fondali, necessario alla stessa navigazione fluviale. Per l'età romana è stato supposto che trasportasse sabbia sull'*Auser* la nave D rinvenuta nel vicino sito di Pisa San Rossore (**Fig. 11**)⁸⁰. L'attenzione alla navigabilità dello stesso fiume, così come per quella dell'Arno, del resto, dovette rappresentare una preoccupazione costante (*pateat amnis in navium cursus*⁸¹), se ancora nella prima metà del VI secolo d.C. Teoderico si affida al prefetto del pretorio affinché strutture fisse per la pesca non ostruiscano il passaggio delle navi.

L'attività dei "renaioli" del fiume è attestata a Roma stessa dalla presenza di un *collegium harenariorum Romae*⁸² e dalla *navis harenaria* condotta dal *redemptor Lucius Mucius Felix*⁸³, attiva lungo il Tevere nella prima età imperiale.

da considerarsi, quindi, residuali (*Consp.* 4.3.2; 6.3; 6.12; 11.1.4; 12.3.2; 14.1.5; 14.2.1; 15.1.2; 18.2.1-5; 21.3.2; 22.1.4; 22.2.1; 33.1.2; 33.2.1; 33.4.1).

⁷⁸ RIZZITELLI, FABIANI 2021, p. 47, figg. 15-16.

⁷⁹ SALVESTRINI 2010, p. 205.

⁸⁰ CAMILLI 2012, p. 17 (fase XII, VI secolo d.C.); CAMILLI, SETARI 2005, pp. 76-77.

⁸¹ Cassiod., *Var.*, 5, 17 (vedi anche 5, 20).

⁸² C.I.L. XI, 862 = I.L.S. 7559 (sull'epigrafe vedi anche PARISINI 2011, pp. 37-42, n. 6). Sul significato del termine (*h*)*arenarius*: E. BRANDT, (*H*)*arenarius*, «*TbLL*», VI, 3, Lipsiae 1936-1942, coll. 2531-2532; sul significato specifico legato alla movimentazione e commercio della sabbia: Diom., *Gramm.*, I 326, 14.

⁸³ C.I.L. XV, 7150. Sulle implicazioni dell'attività della *navis harenaria* citata nel testo, si vedano LE GALL 1956, p. 267 e QUILICI 1986, p. 212.



Fig. 11 - Nave D del sito di Pisa - San Rossore (immagine tratta da CAMILLI 2019, p. 59).

Un ruolo altrettanto rilevante è svolto dalla pietra, proveniente dalle più vicine cave di calcare del Monte Pisano e da quelle costiere di calcarenite; imbarcazioni di vario tonnellaggio e tipologia trasportavano sui cantieri il materiale lapideo per opere di sistemazione delle sponde dei fiumi e per le infrastrutture ad esse connesse. L'impiego di pietra di cava per opere di questo genere è attestato, ad esempio, a Colonia alla fine del I secolo d.C.: sui riporti di sabbie e ghiaie ricavati dallo scavo per la fondazione delle mura lungo la sponda del Reno, sono gettati a secco scapoli di pietra arenaria di cava, in modo da creare uno scivolo per trarre in secca le imbarcazioni che trasportavano il materiale edilizio destinato alla costruzione delle fortificazioni⁸⁴.

A Pisa, pur senza elementi epigrafici o di altro genere che qualifichino la proprietà delle cave di calcare, non si può escludere la loro appartenenza alla città; in tal caso, questa avrebbe gestito anche il materiale di scarto per opere di interesse pubblico e privato.

Svolgono inoltre un ruolo particolarmente rilevante i *rudera*, che presuppongono l'esistenza di un sistema complesso di gestione da parte della città o di privati, che consentiva, di volta in volta, di recuperare materiali opportunamente selezionati⁸⁵. Anche i manufatti metallici, in primo luogo i chiodi da carpenteria, dovevano essere recuperati per essere rifusi e non certo impiegati per interventi di

⁸⁴ SCHÄFER 2014, pp. 131-133, fig. 20.

⁸⁵ Sull'esistenza, a Roma e, più in generale, nelle città dell'impero, di strutture amministrative complesse per la gestione dei rifiuti organici e inerti (*rudera*) vedi PANCIERA 2000, pp. 95-105; CONTINO 2022, pp. 31-52; CONTINO, D'ALESSANDRO, SEBASTIANI, pp. 127-142. Per un quadro delle fonti scritte relative a tale problematica vedi, da ultimo, RODRÍGUEZ NEILA 2022, pp. 1-30, con bibliografia.

consolidamento o bonifica: gli scarsi esemplari presenti nei nostri contesti, evidentemente sfuggiti alla selezione, costituiscono la prova che i *rudera* erano sottoposti ad una cernita funzionale a reindirizzarli verso specifiche forme di reimpiego.

Il caso pisano offre la possibilità di riflettere ancora una volta su fenomeni di carattere economico legati all'attività edilizia del mondo antico e, segnatamente, romano, ormai ampiamente rilevati, oltre che attraverso le fonti⁸⁶, nel dato archeologico. Il meccanismo di “demolizione e riuso”, come sostiene Yuri A. Marano⁸⁷, non costituisce infatti una necessità dettata da economie povere o diffusa solo in periodi di crisi; al contrario, rappresenta una modalità ampiamente diffusa, che consentiva, oltre all'ottimizzazione delle spese, una razionale gestione delle macerie, soprattutto nei momenti di maggiore sviluppo dell'attività edilizia, proprio come per il periodo qui preso in considerazione, ovvero la prima età imperiale, o in occasione di eventi naturali, come sismi, o di incendi, quando la costruzione si accompagnava inevitabilmente alla decostruzione. A Pompei, all'indomani del sisma del 62 d.C., cumuli selezionati di intonaci dipinti in I e II Stile sono stoccati all'esterno delle mura orientali⁸⁸, verosimilmente in attesa di essere recuperati per opere che ne avrebbero sfruttato le caratteristiche isolanti⁸⁹. Nei *thermopolia*, inoltre, sono reimpiegati, per i rivestimenti parietali, frammenti di decorazione architettonica e iscrizioni provenienti da monumenti pubblici smantellati in seguito allo stesso evento sismico⁹⁰.

Anche le fonti scritte fanno spesso riferimento all'utilità del materiale edilizio di recupero: un avviso di età repubblicana vergato sul muro esterno della *domus* di *Popidius Metellius* nella *Regio III* a Pompei pubblicizza la vendita di tegole (*tegula*), embrici (*opercula*) e grondaie (*colliquia*), evidentemente di seconda mano⁹¹; Vitruvio, in particolare, ricorda la convenienza di segmentare vecchie tegole (*veteres tegulae*), la cui resistenza agli agenti atmosferici era ormai collaudata, per ricavarne mattoni⁹².

Il materiale edilizio derivante da interventi di ristrutturazione rappresentava inoltre una fonte di guadagno, se Verre, nell'appalto per la ristrutturazione del tempio dei Castori, comprende nel compenso per il *redemptor* anche gli inerti di risulta (*rediviva sibi habeto*)⁹³.

All'interno di un circolo economico virtuoso, nel quadro del processo definito come “*self-cleaning city*”⁹⁴, il recupero del materiale da costruzione risponde anche

⁸⁶ BARKER, MARANO, 2017, pp. 833-850; MARANO 2012, pp. 63-84; MARANO 2013, 1-54; RODRÍGUEZ NEILA 2022, pp. 1-30.

⁸⁷ MARANO 2012, pp. 63-64.

⁸⁸ ZEVI 1992, p. 41; MARANO 2012, p. 68.

⁸⁹ CARRIVE 2017, pp. 37-56.

⁹⁰ FANT 2009, pp. 6-8.

⁹¹ C.I.L. IV, 7124=C.I.L. I, 3145=I.L.L.R.P. 1121. DELLA CORTE 1936, p. 333; FRANK 1938, pp. 224-225.

⁹² Vitr., II, 8, 19.

⁹³ Cic., *In Verrem*, II, 1, 147.

⁹⁴ RODRÍGUEZ-ALMEIDA 2000, pp. 123-127.

alla necessità di smaltire non solo i *rudera* in senso stretto ma tutti i materiali che possono risultare utili in edilizia, tra cui, ad esempio, le anfore e gli scarti delle produzioni ceramiche, impiegati in interventi di consolidamento dei suoli, o i residui carboniosi dei *praefurnia*, preziosi per l'isolamento dei piani pavimentali. A Roma gli inerti prodotti dall'incendio del 64 d.C.⁹⁵, così come quelli provocati dalle distruzioni della guerra civile del 68-69 d.C.⁹⁶, sono, ad esempio, impiegati per attuare programmi di bonifica nell'area delle *paludes Ostienses*, risolvendo al contempo il problema del loro smaltimento per la ripresa dell'attività edilizia nell'Urbe. A titolo esemplificativo possiamo inoltre ricordare il caso di Tarragona, dove, tra il I secolo a.C. e la metà del I secolo d.C., in un'area depressa in prossimità del porto, sono nel tempo riversate macerie e anfore, al fine di bonificare tale settore in vista di una sua urbanizzazione con edifici pubblici e privati, connessi al porto⁹⁷.

Il commercio e il riutilizzo dei *rudera*, che può avvenire a livello privato o su grande scala, coinvolgendo la comunità e le loro istituzioni per progetti di utilità pubblica⁹⁸, è rigorosamente normata dalla legislazione, particolarmente attenta a tale fenomeno nel periodo di grande fervore edilizio che caratterizza Roma e le province, in particolare quelle occidentali, tra il I secolo a.C. e la prima età imperiale.

In età tardo repubblicana la *lex municipii Tarentini*⁹⁹ così come la *lex coloniae Iuliae Genetivae Ursonensis*¹⁰⁰ vincolano la demolizione di edifici al consenso dell'autorità pubblica e all'impegno alla riedificazione delle strutture stesse. Ancora nella prima età imperiale i *senatus consulta Hosidinianum* e *Volusianum* tentano di porre un freno alla deriva determinata dall'indiscriminato abbattimento di edifici al solo scopo di recuperare materiale edilizio da rivendere¹⁰¹; la *lex municipii Malacitani*¹⁰² e la *lex Irnitana*¹⁰³, di età flavia, ampliano l'ambito della tutela, estendo il divieto di demolizione anche ai *continentia aedificia*. Il *senatus consultum Acilianum* (122 d.C.) comprende nel divieto anche l'arredo architettonico, dai marmi alle colonne, alle statue, agli affreschi, che, insieme al materiale edilizio di minor pregio, compongono, nel loro insieme, l'unità architettonica¹⁰⁴, anche se, secondo un rescritto di Alessandro Severo del 222 d.C., tale prescrizione sarebbe già stata compresa in un *senatus consultum* di Vespasiano¹⁰⁵. Allo stes-

⁹⁵ Tac., *Ann.*, 15.43.3.

⁹⁶ Tac., *Hist.*, 4.53.2.

⁹⁷ DUPRÉ RAVENTÓS, REMOLÀ VALLVERDÚ 2002, pp. 47-48; Per un'ampia casistica di interventi di bonifica attraverso macerie ai fini di rendere disponibili nuovi spazi per l'espansione urbanistica vedi DUPRÉ RAVENTÓS, REMOLÀ VALLVERDÚ 2002, pp. 47-53; RODRÍGUEZ NEILA 2022, pp. 22-23.

⁹⁸ RODRÍGUEZ NEILA 2022, p. 23.

⁹⁹ CRAWFORD 1996, pp. 310-311.

¹⁰⁰ CRAWFORD 1996, pp. 438-439.

¹⁰¹ C.I.L. X, 1401=I.L.S. 6043=FIRA I, 45 (47-56 d.C.): [...] *si quis negotiandi causa emisset quodquod aedificium ut diruendo plus acquireret quam quanti emisset* [...]; [...] *ne quis domum villamve dirueret quam sibi acquireret neve quis negotiandi causa eorum quid emeret venderetve* [...].

¹⁰² SPITZL 1984, pp. 79-82.

¹⁰³ GONZALEZ, CRAWFORD 1996, pp. 166-167, 190 e 218.

¹⁰⁴ RAINER 1987, pp. 290-293; MURGA 1975.

¹⁰⁵ Cod. Just., 8, 10, 2.

so Adriano l'*Historia Augusta* attribuisce il divieto di fare commercio di *rudera* da una città all'altra¹⁰⁶, mentre nella disposizione imperiale *ad Stratonicensis* (127 d.C.) Adriano condanna la mancata manutenzione degli edifici con il deliberato intento di recuperare da complessi deteriorati i materiali da costruzione¹⁰⁷.

La legislazione ribadisce dunque con insistenza non già il divieto di commercializzare i *rudera*, quanto piuttosto l'obbligo di praticare tale commercio, che costituiva evidentemente una pratica comune, in un quadro di norme e disposizioni regolamentate, affinché non si verificasse un depauperamento del patrimonio edilizio¹⁰⁸. La demolizione, infatti, era autorizzata se accompagnata da un'opera di ricostruzione, tantopiù se di pubblica utilità; possiamo ricordare ad esempio il caso di *Alliatoria Celsilla*, che, nei *Campi Macri*, presso Modena, riceve l'autorizzazione alla demolizione di edifici fatiscenti, utilizzati periodicamente per una fiera del bestiame, poiché l'intervento non si configura come una speculazione ma è finalizzato alla ricostruzione di strutture di pubblica utilità¹⁰⁹. In modo analogo, *M. Aurelion Iason* e la moglie *Iulia Paula* sono autorizzati, dalle autorità di Afrodizia di Caria, al riutilizzo di materiale architettonico proveniente da una *stoa* pubblica perché funzionale al restauro dell'archivio cittadino¹¹⁰.

A ben vedere, dunque, il caso dell'Area Scheibler a Pisa, con i grandi costipamenti di *rudera* per l'allestimento dei piani di alloggio, sia in età augustea sia in età giulio-claudia, può rientrare pienamente nella casistica ricordata. Possiamo infatti immaginare che da luoghi di immagazzinamento di macerie selezionate, sul modello degli accumuli di intonaci dislocati lungo le mura orientali di Pompei, anche a Pisa esistessero aree di stoccaggio: qui, personale specializzato, addetto alla spoliatura, alla selezione e alla movimentazione del materiale edilizio avrebbe potuto, di volta in volta, concentrare, insieme ai *rudera*, ogni altro tipo di prodotti di scarto utili per varie forme di reimpiego. Poco sappiamo sulla loro identità ma possiamo immaginare si trattasse di *servi publici* o *communes* oppure *redemptores* privati, inquadrati in contratti di *locatio/conductio*¹¹¹. A Roma gli addetti a queste funzioni potevano riunirsi in *collegia*, se nei *subrutores* menzionati in un'epigrafe urbana di età flavia¹¹² possiamo riconoscere, come è stato supposto¹¹³, proprio manovalanze impiegate in tale compito. L'attività di costoro avrebbe avuto seguito ancora in epoca tardoantica, quando nel IV secolo d.C. una forza pubblica e soldati (*militari manu et vi publicae*) sono impegnati nella

¹⁰⁶ Aelius Spartianus, *De vita Hadriani*, 18, 2.

¹⁰⁷ S.I.G. 3, 837 = I.G.R. IV, 1156a.

¹⁰⁸ BARKER, MARANO 2017, p. 843.

¹⁰⁹ C.I.L. X, 1401=I.L.S. 6043=FIRA I, 45, pp. 289-291. Su tale vicenda vedi anche MARANO 2012, p. 67.

¹¹⁰ CHIANIOTIS 2008, pp. 66-68.

¹¹¹ RODRÍGUEZ NEILA 2022, p. 24.

¹¹² C.I.L. VI, 940: *Pro salute / T(it)i Caesaris Aug(usti) filii / Imp(eratoris) Vespasiani / Ti(berius) Claudius Clemens / fecit / T(itus) Naevius Diadumen(us) / cur(ator) co[l](legii) subrutor(um) / cultor(um) Silvani / p(ecunia) s(ua) r(efecit)*.

¹¹³ BARKER 2010, p. 128; MARANO 2012, p. 75, nota 92; RODRÍGUEZ NEILA 2022, p. 24.

demolizione di un tempio presso il *vicus Ambiatensis* in Gallia¹¹⁴ e ad operai specializzati è affidata la demolizione di più templi in Fenicia¹¹⁵.

La realtà emersa presso l'Area Scheibler, come del resto la riconsiderazione di contesti simili indagati in anni passati lungo il corso dell'*Auser*, nei siti di San Zeno – Dipartimento di Biochimica, via Santo Stefano e via Galluppi (**Fig. 1.3-5**)¹¹⁶, mostrano come a Pisa, in modo analogo ad altri centri affacciati su fiumi, si sia fatto frequente ricorso al reimpiego di materiali di varia natura per far fronte ai problemi idrogeologici delle aree lambite dai corsi d'acqua. Presso via Sant'Ansano (**Fig. 1.6**)¹¹⁷, all'Arena Garibaldi (**Fig. 1.7**)¹¹⁸ e, ancora una volta, a San Zeno – Istituto d'Igiene (**Fig. 1.8**)¹¹⁹ è attestato anche l'impiego di sistemi ad anfore per il consolidamento dei suoli in aree prospicienti il fiume e in aree depresse poste a maggiore distanza da questo. Così, ad esempio, ad Arles, in un quadro con forti affinità con Pisa, fin dalla tarda età repubblicana le sponde del Rodano, soprattutto dove maggiore era la forza esercitata dalle correnti, e le aree contermini sono state consolidate, oltre che con opere in muratura o in legno, per mezzo di rialzamenti attraverso *rudera* e sistemi ad anfore¹²⁰.

A Pisa, materiali edilizi così vari trovano come denominatore comune il fatto di essere dislocati lungo il corso dell'*Auser*: la sabbia proveniva verosimilmente dall'alveo stesso, le scaglie di pietra costituivano gli scarti di lavorazione dalle cave del Monte Pisano, mentre i laterizi malcotti e i mattoni crudi derivavano dall'attività produttiva e dallo smantellamento di manifatture ceramiche. Possiamo dunque immaginare che la via d'acqua rappresentasse il più agevole percorso per lo smaltimento delle diverse categorie dei prodotti del fiume e dei rifiuti e degli scarti delle attività che si svolgevano lungo il suo corso, agevolmente trasportati su chiatte o barconi. Il fiume rappresentava però, a ben vedere, anche uno dei luoghi di consumo privilegiati di tali materiali che potevano essere assorbiti nella continua attività di consolidamento e ripascimento delle sue sponde.

La riflessione sull'approvvigionamento dei materiali edilizi per i cantieri dell'Area Scheibler fornisce spunti di indagine di natura economica e sociale di un certo interesse nella ricostruzione del panorama edilizio e urbanistico della città nella prima età imperiale. La definizione del profilo dei personaggi coinvolti arricchisce però anche la “compagnia degli attori” che, insieme ai manovali e ai fruitori del cantiere hanno intessuto relazioni umane all'Area Scheibler e hanno contribuito a dare forma a questo peculiare paesaggio fluviale, la “scena” su cui per secoli si sono svolte alcune delle molteplici storie della Pisa romana (cfr. § 4.2.).

FF, S.G.

¹¹⁴ Sulp. Sev., *Dial.*, 3, 8, 4-7.

¹¹⁵ Theod., *He.*, 5, 29.

¹¹⁶ FABIANI, RIZZITELLI 2022, pp. 34-37, 41-44.

¹¹⁷ GENOVESI, BUENO 2020, p. 67, figg. 4; 3.5.

¹¹⁸ GENOVESI, BUENO 2020, pp. 67, 69, figg. 3.6; 5.

¹¹⁹ FABIANI, RIZZITELLI 2022, p. 30, figg. 14; 31, fig. 16, 3; figg. 17, 4-6.

¹²⁰ DJAOUI 2022, pp. 216-228, fig. 3.

3. Proposte per la simulazione virtuale

3.1. Aspetti di metodo

Le ricostruzioni tridimensionali, nell'ampio ambito dei Beni Culturali, sono ormai in uso da alcuni decenni e dopo anni di dibattito scientifico si è giunti all'introduzione di alcuni principi validi a livello internazionale. La *London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage* del 2006 stabilisce i principi per l'applicazione dei metodi e dei risultati delle ricostruzioni digitali, intese come mezzo per la ricerca e la comunicazione dei Beni culturali¹²¹. Gli stessi principi sono stati ribaditi dalla Carta di Siviglia¹²², dove è stato introdotto il concetto di trasparenza e verificabilità della ricostruzione in ambito archeologico¹²³, così che ogni progetto possa essere confermato o smentito dalla comunità scientifica. La definizione di procedure formali e di uno standard deve portare all'eliminazione delle cosiddette intuizioni "Black Box". Talvolta sono proposte simulazioni gradevoli alla vista dove, tuttavia, i dati e i processi fatti per arrivare al prodotto finale non sono chiaramente esplicitati, così che non sia possibile validare o smentire la ricostruzione¹²⁴. Il passaggio da una "Black Box" ad una "White Box" è ciò che rende la ricostruzione virtuale non una mera visualizzazione, ma uno strumento scientifico in grado di apportare nuove conoscenze e facilitare la gestione e l'interpretazione dei dati a disposizione¹²⁵. A questo scopo è necessario che la ricostruzione, generalmente basata su dati eterogenei, contenga ed espliciti tutte le informazioni che portano alla produzione di una possibile rappresentazione dell'oggetto di studio; metadati e paradatai forniranno dunque tutti gli elementi validanti e di raffronto¹²⁶. Ad ogni modo, la validità e l'autorevolezza di una ricostruzione è sempre espressa dal suo livello di affidabilità finale, secondo il principio della *intellectual transparency*¹²⁷. Ogni ricostruzione archeologica avrà sempre un certo grado di incertezza, in virtù del fatto che si vogliono proporre interpretazioni e soluzioni plausibili, senza mai pretendere di ricostruire la vera e propria realtà¹²⁸. A questo scopo, i gradi di attendibilità saranno resi visivamente evidenti tramite una legenda di colori: solo gli elementi attestati avranno una attendibilità massima, mentre quelli ricostruibili o solamente ipotizzabili avranno gradi di attendibilità gradatamente inferiori. Ad esempio, le integrazioni di parti che sono comunque attestate nello

¹²¹ DENARD 2012, p. 57.

¹²² LOPEZ-MANCHERO, GRANDE 2011.

¹²³ Principio n. 7: «Tutti i sistemi di visualizzazione *computer-based* devono essere essenzialmente trasparenti, ad esempio verificabili da altri ricercatori o professionisti, dato che la validità – e quindi la finalità – delle conclusioni prodotte da tali visualizzazioni dipenderà in gran parte dalla capacità degli altri di confermare o rifiutare i risultati ottenuti». GABELLONE 2012.

¹²⁴ NICCOLUCCI 2012, p. 27.

¹²⁵ DEMETRESCU, FERDANI 2021, p. 1.

¹²⁶ BARRETT 2020, p. 7.

¹²⁷ BEACHAM *et al.* 2006, pp. 263-269; DENARD 2012, p. 57.

¹²⁸ NICCOLUCCI 2012, p. 27.

stesso contesto avranno un alto grado di affidabilità; seguono gli elementi ricostruibili mediante un “approccio deduttivo”, basato sul rapporto tra gli aspetti storici, stilistici e formali e i principi costruttivi, le regole compositive e le leggi della statica; mediante un “approccio analogico” che raffronta gli elementi attestati e documentati, proponendo un apparato architettonico e stilistico coerente con l’oggetto studiato; un “approccio tipologico” che rapporta le evidenze ai tipi edilizi noti in letteratura e infine un livello “ipotetico”, dal più basso grado di affidabilità, poiché si tratta di congetture difficilmente verificabili con i dati disponibili¹²⁹ (Fig. 15).

Seguendo tale ordine, nel caso dei *navalia* dell’Area Scheibler, sono stati dunque integrati il piano di calpestio e il pilastro sud, per la parte asportata durante la bonifica bellica. Le qualità strutturali dei pilastri rinvenuti, tramite un “approccio deduttivo”, permettono di stimare l’altezza degli elementi portanti in una misura compresa tra i 4,5 m e i 5,5 m. Allo stesso modo, è ricostruibile l’utilizzo di una copertura ad ordito e impalcato, costituita da una serie di capriate lignee semplici, sufficienti a coprire una luce di 10,50 m e capaci di sorreggere il peso dell’impalcato e del manto di copertura. Infine, grazie alle analisi di resistività geoelettrica, è possibile ricostruire l’andamento dell’alveo fluviale su cui si aprono i *navalia*. Tramite l’“approccio analogico” è possibile ricostruire due file di pilastri allineati e isorientati a quelli rinvenuti, una delle almeno due rampe di alaggio per le imbarcazioni, l’estensione del piano pavimentale inclinato all’interno dell’edificio, verso est, e fin dentro l’alveo del fiume, verso ovest e, infine, la copertura a tegole e coppi in terracotta, abbondantemente attestati nelle stratigrafie. Inoltre, con il medesimo approccio, sono ricostruibili pure le imbarcazioni minori, modellate sulla base del profilo di chiglia delle coeve barche G ed F ritrovate nel limitrofo Cantiere delle Navi di Pisa. L’imbarcazione maggiore, invece, rientra tra le “ricostruzioni tipologiche” poiché fa parte di un modello di chiatte fluviali ampiamente diffuse in tutta la penisola italiana, simile all’incompleto relitto B del Cantiere e modellato su quello di Monfalcone¹³⁰. Allo stesso modo, poiché dal punto di vista tipologico l’edificio è inquadrabile all’interno della categoria dei *navalia* di tipo civile e commerciale, è possibile ricostruire con medio-bassa affidabilità la presenza degli elementi al momento non attestati: i muri continui su due o tre lati, l’esistenza di ulteriori rampe di alaggio a nord e a sud, il proseguimento verso gli stessi punti cardinali del piano pavimentale e la copertura dei medesimi ambienti. Infine, la presenza di un argano o di un verricello, funzionale alle lavorazioni in atto nel piazzale antistante il fiume, appartiene al campo delle ipotesi, sebbene fondate sull’interpretazione di elementi attestati in fase di scavo, come i basamenti in cementizio, forse destinati all’alloggiamento delle parti lignee dei macchinari.

A.C.

¹²⁹ GABELLONE 2021, pp. 221-225.

¹³⁰ BERTACCHI 1976, pp. 39-45

Il processo metodologico si inserisce inoltre nella contemporanea opera di digitalizzazione del patrimonio costruito per creare sistemi intelligenti, efficienti e scalabili per l'indicizzazione, l'archiviazione, la ricerca e la gestione delle collezioni digitali e della relativa documentazione. In particolare, l'applicazione della metodologia H-BIM (*Heritage Building Information Modeling*) in archeologia, analoga a quella sviluppata e precedentemente esposta, è uno strumento fondamentale per mettere in relazione modelli geometrici tridimensionali in sistemi complessi di informazioni descrittive. Questa metodologia è stata originariamente sviluppata nel settore AEC (*Architecture, Engineering and Construction*), ma si sta sempre più diffondendo nello studio e nella gestione del patrimonio architettonico storico¹³¹, con ampie applicazioni in ambito archeologico.

L'opportunità di collegare i modelli tridimensionali ottenuti attraverso i sistemi precedentemente esposti con la documentazione grafica, fotografica e descrittiva dei dati rilevati può rappresentare una metodologia idonea anche ad integrare dati rilevabili attraverso approcci propri di altre discipline. In tale quadro, questa ricerca, frutto di un lavoro multidisciplinare, ha tra gli obiettivi anche quello di inquadrare efficacemente le necessità proprie dell'archeologia e di strutturare una proposta metodologica per la digitalizzazione dello scavo con la sua gestione anche in termini di *management*, e per la ricostruzione tipo-tecnologica dei manufatti edilizi.

3.2. Identificazione tipologica e strutturazione semantica per l'archeologia. Lettura del sistema edilizio ed HBIM

L'applicazione del metodo H-BIM al campo archeologico è ancora limitata a pochi casi di studio. La mancanza di convenzioni e regolamentazioni su questo argomento si riflette nei numerosi nomi che questo adattamento metodologico ha adottato in letteratura: A-BIM¹³², ARCHEO-BIM¹³³ o ARK-BIM¹³⁴.

La varietà degli elementi che si possono riscontrare in uno scavo archeologico sono forse i fattori che ostacolano maggiormente la standardizzazione e la validazione metodologica; a seconda del livello di dettaglio richiesto e delle proprietà dei differenti materiali presenti, è necessario perciò calibrare accuratamente, secondo un flusso di lavoro flessibile, tutte le fasi del processo di digitalizzazione, a partire dal rilievo e dall'elaborazione Scan-to-BIM fino alla costruzione del database di scavo¹³⁵, in modo che si adatti alle diverse tecniche di acquisizione utilizzate per i differenti elementi e nelle diverse fasi. Stabilire la relazione tra il modello BIM, l'ambiente GIS¹³⁶ e le piattaforme create apposi-

¹³¹ BARBOSA *et al.* 2016

¹³² MOYANO *et al.* 2020.

¹³³ GAIANI *et al.* 2021.

¹³⁴ DIARA, RINAUDO 2021.

¹³⁵ CARPENTIERO 2020.

¹³⁶ SACCUCCI, PELLICCIO 2018.

tamente per la gestione, la navigazione e la condivisione dei modelli rappresentano altri potenziali sviluppi in questo settore: il primo test della piattaforma ad accesso libero proposta da Diara va proprio in questa direzione (ARK-BIM)¹³⁷.

Come evidenziato nel paragrafo successivo 3.3, il lavoro svolto sul caso studio è stato sviluppato su due differenti fronti: la costruzione di un modello digitale dei *navalia* secondo una metodologia analoga a quella dell'H-BIM e quindi una modellazione e informatizzazione per oggetti dell'organismo architettonico attraverso la lettura del sistema edilizio, sia a livello ambientale che tecnologico, e la strutturazione di una proposta metodologica per la digitalizzazione in itinere dello scavo archeologico. La documentazione archeologica basata sull'unità minima dell'Unità Stratigrafica ha costituito il dato di partenza per lo sviluppo della metodologia, che si è articolata secondo le seguenti fasi:

- rilievi fotogrammetrici;
- elaborazione della nuvola di punti in Agisoft Metashape, realizzazione delle nuvole sparse e dense, del modello con *mesh* triangolari e della *texture*; esportazione del rilievo fotogrammetrico completo;
- classificazione delle US in ambiente 3D, importazione delle geometrie in McNeel Rhinoceros, suddivisione delle singole US e ripartizione in *layers*;
- informazione su McNeel Rhinoceros delle geometrie, gestione ed assegnazione di nuove proprietà personalizzate associabili ad esse e collegamento a molteplici dati informativi.

Il primo fronte di lavoro garantisce la completezza delle informazioni relative ai *navalia* e al contesto in cui si inseriscono, permettendo di relazionare i dati “corpo di fabbrica ipotizzato” con le risultanze dell'analisi archeologica.

La formalizzazione del sistema ha perseguito la volontà di facilitare la raccolta, l'archiviazione, l'inferenza e lo scambio di conoscenza relativa al patrimonio storico culturale. Il metodo, infatti, si basa sull'impiego di modelli tridimensionali quali supporto per l'annotazione all'interno di un processo che registra l'ambiguità e l'incertezza di associazione semantica degli esperti di dominio. L'incertezza è stata trattata come informazione; da problema è diventata dato e quindi risorsa, al fine di ottimizzare la condivisione, l'interoperabilità e la creazione collaborativa di conoscenza. Per i Beni Culturali, la fase di conoscenza ha un ruolo chiave e richiede di essere messa in relazione con il livello di accessibilità dei siti da studiare. Sebbene quest'ultima solitamente si relazioni alla dimensione fisica, deve tuttavia essere intesa anche in chiave virtuale sia per gli addetti al settore sia per gli utenti finali. A tal fine l'individuazione di approcci rapidi e intelligenti per la fruizione e la conoscenza a distanza del patrimonio può garantire l'accesso a database relazionali per supportare sia i tecnici per il lavoro in remoto sia la disseminazione delle informazioni. La letteratura scientifica contiene una quantità crescente di riferimenti allo *Smart Heritage*, inteso

¹³⁷ DIARA, RINAUDO 2020.

come la curatela attiva delle esperienze del patrimonio culturale da parte di tecnologie automatizzate e autonome, piuttosto che tecnologia come strumento digitale passivo per esperienze curate dall'uomo¹³⁸.

In conclusione, la ricerca di modelli futuri che siano in grado di supportare l'interazione diretta di un operatore con la rappresentazione archeologica-architettonica digitale, sia in fase di generazione delle informazioni sia per il recupero delle risorse, definisce uno scenario in cui la conoscenza del reale raggiunge livelli di approfondimento maggiori. La capacità interpretativa aumenta con il coinvolgimento non mediato dell'individuo con il modello digitale, così come aumenta la comprensione del valore e del significato là dove la conoscenza della rappresentazione è sperimentata con modalità simili a quelle con le quali la stessa viene a generarsi nel mondo reale. La vicinanza con il modello virtuale innesca così processi di documentazione e divulgazione dei saperi resi virtuosi da una partecipazione sempre più attiva nella costruzione della conoscenza, acquisita in modo intelligente e selezionato grazie al contributo dell'automazione cognitiva e dell'intelligenza artificiale¹³⁹.

G.Sa., M.M.

3.3. Modellare ricostruzioni affidabili

Il metodo proposto si basa sull'utilizzo di due *softwares* proprietari, ovvero Agisoft Metashape¹⁴⁰, con cui dalle foto acquisite alla fine dello scavo si arriva all'esportazione di un modello 3D texturizzato formato da *mesh* triangolari, e McNeel Rhinoceros®⁷¹⁴¹, con cui si procede invece alla informazione del modello tramite blocchi e di seguito alla sua ricostruzione. Quest'ultimo programma è un modellatore di superfici NURBS (*Non-Uniform Rational B-Splines*), ovvero rappresentazioni matematiche della geometria 3D in grado di definire con massima precisione qualunque forma: curve, superfici e poligoni semplici o complessi. Al pari dei *softwares* CAD, McNeel Rhinoceros ha una gestione dei livelli e dei *layout* di impaginazione ottimale rendendo agevole l'importazione e l'apertura di file in plurimi formati¹⁴² e permette, inoltre, di raccogliere gli elementi modellati in gruppi e blocchi, collezionati in librerie di parti.

3.3.1. Raccogliere e organizzare i dati

Punto di partenza fondamentale è la raccolta e l'organizzazione dei dati archeologici, storici e geologici disponibili per il contesto dei *navalia* (cfr. §1) all'interno di un *database cloud*, secondo una sistemazione che viene ricalcata dai

¹³⁸ BATCHELOR, SCHNABEL, DUDDING 2021.

¹³⁹ LASORELLA, CANTATORE, FATIGUSO 2021.

¹⁴⁰ <https://www.agisoft.com>.

¹⁴¹ <https://www.rhino3d.com>.

¹⁴² I principali formati supportati sono .3ds, .obj, .dwg, .dxf, .skp.

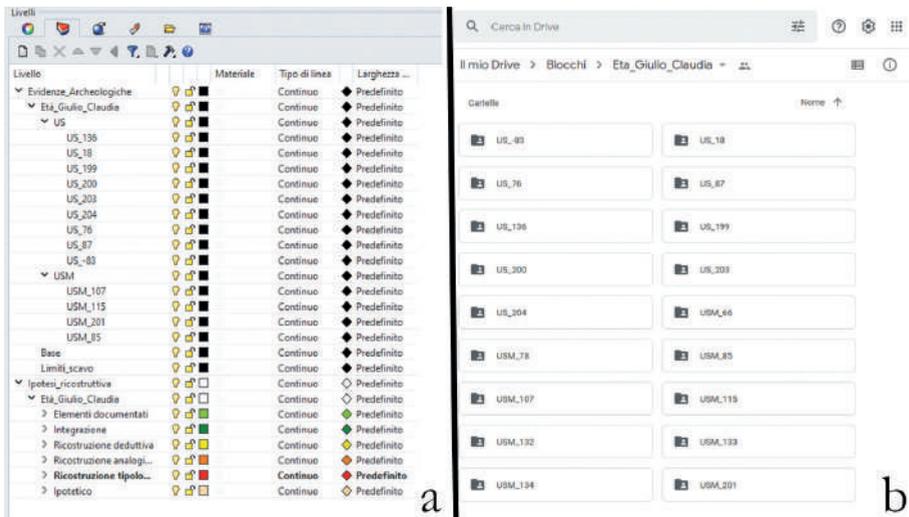


Fig. 12 - a) Organizzazione dei livelli e sottolivelli in McNeel Rhinoceros 7; b) l'analoga organizzazione delle cartelle in Google Drive.

layers all'interno del *software* McNeel Rhinoceros® 7 (Fig. 12). Il *cloud*, dunque, contiene due cartelle distinte: una con le informazioni da connettere al modello fotogrammetrico, l'altra quelle da collegare agli elementi ricostruiti. Ciascuna di esse contiene tante sottocartelle quante sono le fasi individuate, le quali, a loro volta, raccolgono le sottocartelle riferite alle Unità Stratigrafiche riconosciute o da ricostruire. I blocchi del rilievo fotogrammetrico, infatti, sono informati con la scheda US/USM di riferimento, le foto di scavo e una eventuale tabella dei materiali, mentre i modelli *proxy* delle stesse Unità Stratigrafiche contengono documenti diversificati a seconda dell'approccio ricostruttivo utilizzato. Ad esempio, la cartella dei pilastri integrati e ricostruiti in maniera deduttiva contiene la relazione tecnica, immagini di confronto con edifici analoghi e la loro bibliografia di riferimento; invece, quella degli elementi ricostruiti in maniera analogica e tipologica presenta solo le immagini di confronto e la bibliografia di riferimento.

3.3.2. Informare il rilievo fotogrammetrico

Il processo di informazione ha inizio con l'acquisizione e il controllo manuale delle immagini necessarie a generare il modello fotogrammetrico dello scavo¹⁴³ tramite tecniche *Structure From Motion* (SFM), seguendo il tradizionale flusso di lavoro del *software* proprietario Agisoft Metashape Pro. L'allineamento automatico delle foto genera una nuvola di punti sparsa, spazialmente riferi-

¹⁴³ Le immagini sono state acquisite manualmente tramite UAV della DJI, modello Phantom 3 Advance, con camera stabilizzata su tre assi, 12MP e risoluzione FullHD.

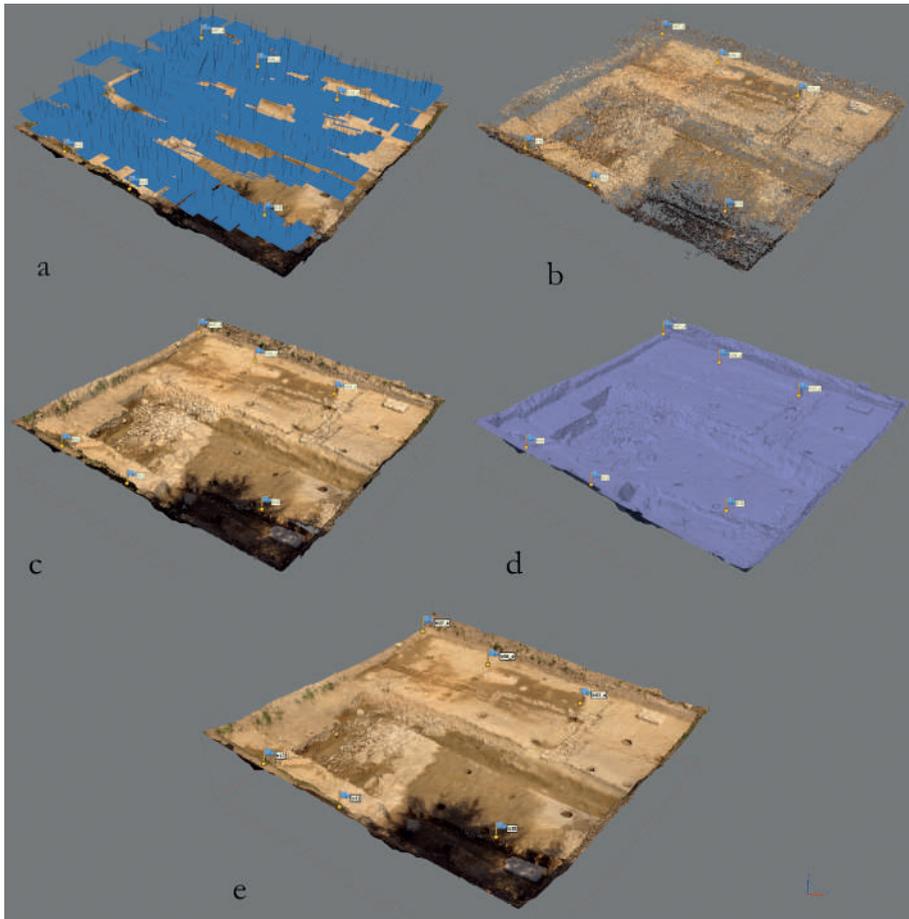


Fig. 13 - Istantanee del procedimento in Agisoft Metashape Pro: a. orientamento e allineamento delle camere; b. creazione della nuvola sparsa; c. creazione della nuvola densa; d. creazione della *mesh*; e. creazione e applicazione della *texture* (elaborazione A. Caroti).

ta tramite l’inserimento manuale dei *Ground Control Point*¹⁴⁴ (**Fig. 13a-b**). Di seguito viene creata la nuvola di punti densa caratterizzata da un buon grado di dettaglio senza essere eccessivamente pesante (**Fig. 13c**). A partire da essa viene creata la *mesh* (**Fig. 13d**), che conterrà tutte le informazioni spaziali e geometriche mentre le informazioni qualitative saranno date dalla *texture* (**Fig. 13e**). Il modello viene infine esportato nel formato universale .obj e importato all’interno del *software* McNeel Rhinoceros® 7. Qui, una volta impostati i

¹⁴⁴ I GCP sono stati acquisiti tramite stazione totale Trimble C5, orientata tramite resezione inversa su due punti dalle coordinate assolute ottenuti tramite rilevatore differenziale GNSS e basandosi sul sistema di riferimento Monte Mario/Italy Zone 1 (EPSG: 3003).

layers e i sottolayers sulla falsariga del *database*, si procede alla modellazione degli elementi *proxy* delle Unità Stratigrafiche, rappresentate con poligoni o superfici; in questo modo i pilastri saranno dei poligoni di forma parallelepipedica mentre le US negative saranno delle superfici che assecondano e semplificano il profilo negativo. Contestualmente, a queste geometrie viene assegnato il colore verde, poiché parte certa della successiva ricostruzione. La modellazione delle approssimazioni è fondamentale poiché costituisce l'oggetto di taglio necessario alla suddivisione del modello fotogrammetrico in blocchi di *mesh* più piccoli. Ogni singola porzione così ritagliata viene assegnata al sottolayer con indicato il numero della US/USM corrispondente (Fig. 14a).

Ogni porzione di modello 3D viene trasformata in blocco, così da poterne modificare le proprietà di definizione (Fig. 14b). Indicato il nome della US/USM nell'apposita casella, nel campo di testo "Descrizione" viene inserita la descrizione presente sulla scheda US, mentre, nella parte dedicata al "Collegamento ipertestuale" – ciò che si vuole connettere di esterno al programma – o *Iperlink*, viene indicato ciò che andremo a unire al blocco, in questo caso la documentazione di scavo. Infine, nella riga "URL" verrà inserito il *link* di collegamento alla risorsa esterna che rimanda alla cartella "Blocchi" precedentemente creata e condivisa sul *database* prestabilito. In questo modo inserendo il comando "Gestione Blocchi" compare a schermo una scheda con l'elenco di tutti i blocchi creati, in ordine alfanumerico, ognuno con la propria descrizione e l'anteprima del blocco (Fig. 14b,c). Inoltre, l'utilizzo di un *cloud* come archivio permette di tenere costantemente aggiornata la documentazione caricando in esso gli elementi modificati, senza dover cambiare *link* di accesso alla piattaforma stessa. Si ottiene dunque un file di dimensioni contenute ma con tutta la documentazione necessaria alla comprensione, allo studio e all'interpretazione di ciò che è presente nel modello fotogrammetrico.

3.3.3. Ricostruzione e validazione delle proposte

Partendo dalle approssimazioni delle US precedentemente modellate, si procede con la ricostruzione digitale della struttura. Analogamente a quanto fatto per i blocchi, ogni poligono della ricostruzione viene informato per mezzo di un *link* al *cloud* dove, per ciascuna tipologia di oggetto modellato, sono illustrati i confronti noti in letteratura, le analisi geofisiche e/o la relazione sulla statica delle strutture. Nel caso degli elementi analoghi ma ricostruiti tramite processi metodologici differenti, come i pilastri o le rampe di alaggio, vengono collegati documenti diversificati. Ad esempio, la cartella *cloud* dei pilastri integrati e ricostruiti in maniera deduttiva contiene la relazione tecnica, immagini di confronto con edifici analoghi e la loro bibliografia di riferimento; invece, quella degli stessi elementi ricostruiti in maniera analogica e tipologica contiene solo le immagini di confronto e la bibliografia di riferimento. Ad ogni modo è fondamentale che ciascun poligono modellato presenti il colore corrispondente al proprio grado di affidabilità (Fig. 15).

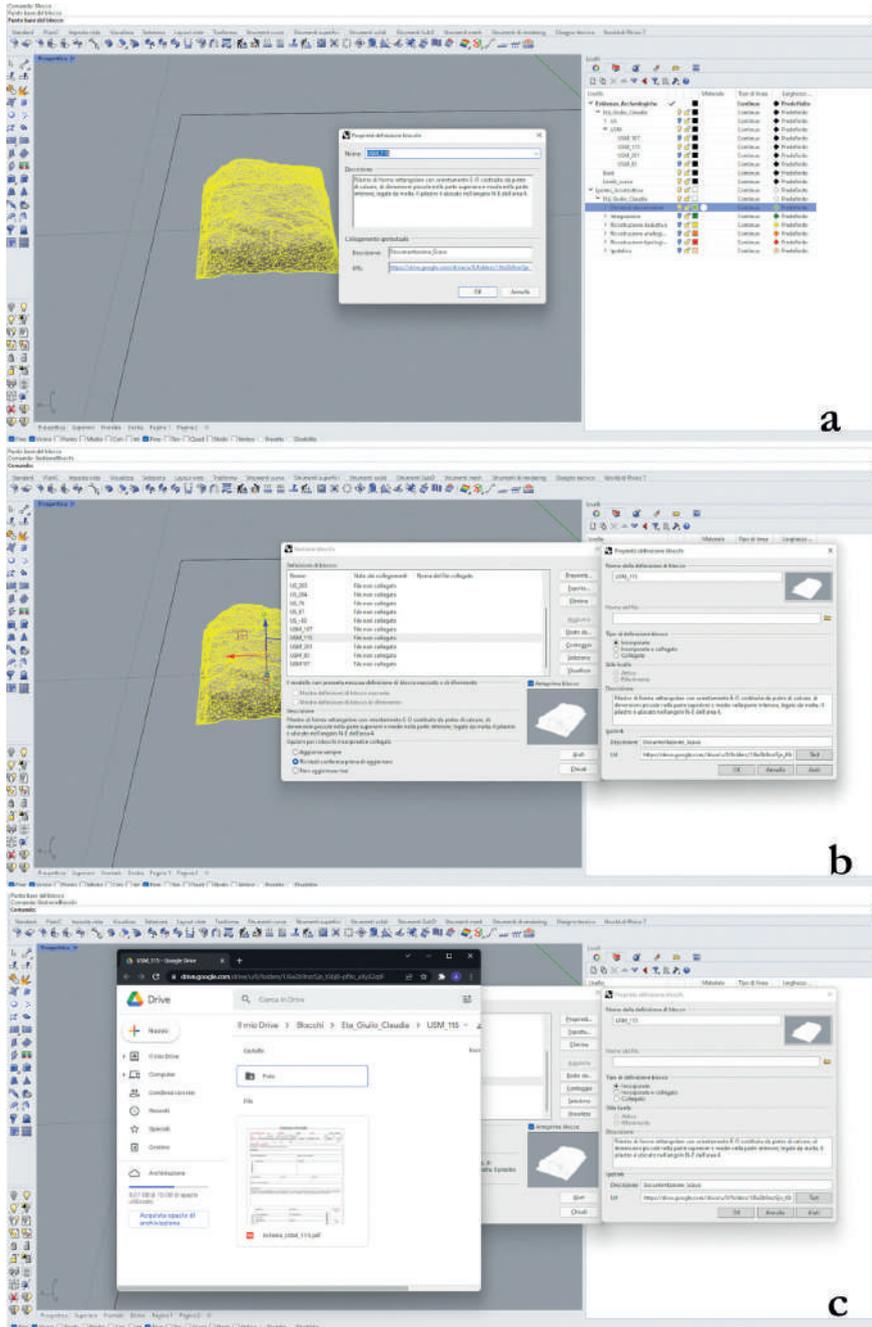


Fig. 14 - Informazione del rilievo e gestione dati: a) finestra a schermo per la definizione dei blocchi; b) finestra a schermo della Gestione Blocchi e delle proprietà di un blocco; c) funzione del comando "Test" (elaborazione A. Caroti).

Terminata la modellazione degli elementi ricostruiti e validate le ipotesi fatte attraverso la documentazione connessa è possibile assegnare materiali e *textures* ai poligoni. È da notare come questa scelta dei materiali non incida sulla selezione dei colori precedentemente eseguita poiché gestita da due diversi strumenti all'interno dello stesso *software*. Così è possibile passare a piacimento e in ogni momento da una visualizzazione “*wireframe*” o “ombreggiata” a una visualizzazione “renderizzata” con l'assegnazione di *textures*. Questo tipo di visualizzazione potrà essere resa fotorealistica tramite gli strumenti di creazione *render* interni allo stesso *software* e sottoposto a postproduzione – esterna a Rhinoceros 7 –, così da poter essere inserita in pubblicazioni scientifiche e divulgative (Fig. 16a,b).

3.3.4. Fruizione e disseminazione

Una volta informato il modello fotogrammetrico, modellata la ricostruzione, validata nelle ipotesi e resa anche in maniera fotorealistica, otteniamo un file in formato .3dm visualizzabile ed interrogabile all'interno del *software* McNeel Rhinoceros 7¹⁴⁵. È inoltre possibile fruire la ricostruzione anche su formati non proprietari all'esterno del programma: tra i vari formati di esportazione appare semplice quanto efficace la creazione di PDF interattivi 2D e 3D che permette di interrogare il modello da qualsiasi dispositivo provvisto di Adobe Acrobat Reader. Se una simile gestione della ricostruzione garantisce un'alta democraticità nella diffusione del dato, presenta alcune difficoltà poiché non è possibile passare dalla visione con gradi di affidabilità a quella con resa fotorealistica: si perde, infatti, la gestione delle *textures* relegando le architetture e la replica digitale dello scavo archeologico all'interno di una ‘pagina bianca’. Calato così in uno spazio irreali, il paesaggio fluviale ricostruito appare incapace di rendere la percezione della *facies locorum*¹⁴⁶ frequentata dagli antichi.

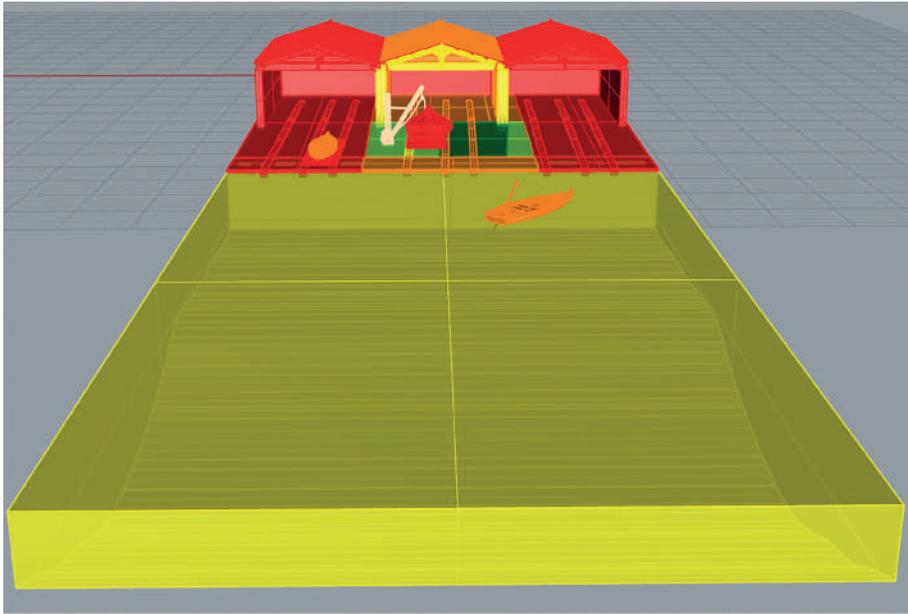
È tuttavia possibile simulare e ricreare gli impatti sensoriali, emotivi e affettivi degli ambienti virtualmente generati con molteplici soluzioni, sia analogiche sia digitali. Un valido strumento è fornito dalla *concept art*, capace di intersecare la pratica artistica con i concetti teorici formulati e la ricerca archeologica *stricto sensu*. Se applicato in modo rigoroso e critico, il processo di creazione dell'arte concettuale si può configurare come strumento di esplorazione del paesaggio, capace di sviluppare conoscenza attraverso l'espressione artistica stessa, configurandosi dunque come un'attività di ricerca interessata all'esperienza del luogo¹⁴⁷.

La comunicazione di molteplici espressioni sensoriali, scaturite dalle simulazioni virtuali, può inoltre essere veicolata in maniera digitale attraverso stru-

¹⁴⁵ È possibile ottenere una licenza gratuita completa di 90 giorni.

¹⁴⁶ Plin. *Ep.* II, 17. Plinio il Giovane, descrivendo la vista dalla sua villa in *Tuscis*, utilizza tale termine per indicare il paesaggio.

¹⁴⁷ Per alcune riflessioni circa i possibili punti di contatto e ricerca tra arte e archeologia: DANIS 2019, p. 393; TRINGHAM, DANIS 2019.



Metodo ricostruttivo	Affidabilità	Colore	R	G	B
Elementi documentati	Certa	Light Green	127	225	0
Integrazione	Alta	Dark Green	0	127	0
Approccio deduttivo	Medio-alta	Yellow	255	255	0
Approccio analogico	Media	Orange	255	127	0
Approccio tipologico	Medio-bassa	Red	255	0	0
Ipotetico	Bassa	Light Orange	255	222	175

Fig. 15 - Ricostruzione virtuale dei *navalia* con visualizzazione dei gradi di affidabilità. Tab. 1: Gradi di affidabilità dei tipi di ricostruzione espliciti da una scala cromatica espressa in valori RGB (elaborazione A. Caroti).

menti web rivolti tanto alla ricerca quanto alla fruizione generale. La creazione di tour virtuali, visualizzabili per qualsiasi *browser*, è un chiaro esempio di come mostrare in modo più suggestivo qualsiasi tipo di informazione o documentazione dettagliata, elaborando le informazioni con il fine di dar loro un contesto temporale e spaziale. Le indicazioni sotto forma di *hotspots* testuali sul modello facilitano le informazioni correlate ad ogni singolo elemento della ricostruzione. È possibile, infatti, cliccare su uno specifico oggetto, ad esempio un pilastro, e



Fig. 16 - Resa fotorealistica dei *navalia* dopo il processo di postproduzione in Adobe Photoshop (elaborazione A. Caroti, renderizzazione S. Rosi).

visualizzare la planimetria di scavo con la localizzazione dello stesso, didascalie descrittive o accedere ad altri elementi della documentazione, come la scheda USM, le foto di dettaglio e le immagini di confronto (**Fig. 17**). Tali applicazioni possono essere create tramite *softwares* proprietari, come 3D Vista Studio Pro, oppure *open-source*. In particolare, tra gli applicativi *online*, di notevole rilevanza è ATON, il *framework open-source* sviluppato da Bruno Fanini del

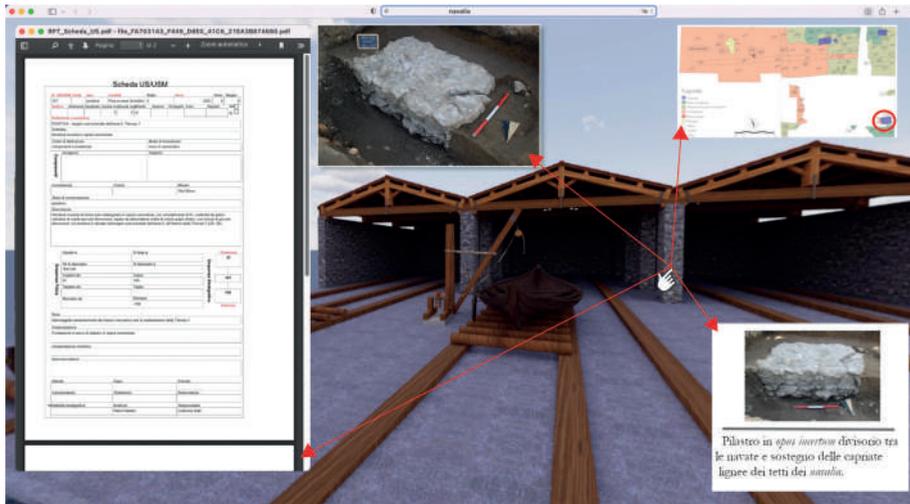


Fig. 17 - Schermata delle informazioni contenute nel tour virtuale elaborato con 3D Vista Virtual Tour PRO (elaborazione M. Martino, A. Caroti).

CNR-ISPC¹⁴⁸. Il suo sviluppo ha portato alla creazione di uno strumento modulare e flessibile per la realizzazione di applicazioni Web3D e WebXR liquide, ovvero capaci di adattare automaticamente i modelli di interazione e le interfacce ai dispositivi utilizzati, dal mobile fino agli *head-mounted display* (HMD). In particolare, il *framework* offre dei componenti integrati per l'esecuzione di interazioni collaborative e sincrone che permettono di elevare l'esperienza 3D *online* da singola a multiutente, configurandosi come un formidabile strumento per la didattica e per la creazione di ambienti collaborativi o di *applied games* 3D¹⁴⁹. Il videogioco infatti è, in generale, tra le realtà più innovative, specie nella loro accezione di *serious game*, da intendere come l'adattamento di una tecnologia interattiva utilizzata nell'industria dell'*entertainment* al patrimonio culturale, capace di unire gli aspetti ludici alle finalità di formazione e divulgazione, assicurate dalle dinamiche di *storytelling* e *learning-by-doing*¹⁵⁰. Le narrazioni sono dunque ambientate all'interno delle simulazioni virtuali, il cui successo e credibilità dipende proprio dalla accuratezza e attendibilità storica delle ricostruzioni modellate¹⁵¹.

L'utilizzo delle simulazioni, dunque, trova spazio in molteplici ambiti, dalla ricerca alla didattica, dalla creazione di contenuti museali a quella dei *video-*

¹⁴⁸ <https://osiris.itabc.cnr.it/aton/>.

¹⁴⁹ FANINI *et al.* 2021.

¹⁵⁰ BELLOTTI *et al.* 2011; FERDANI 2020, p. 137.

¹⁵¹ FERDANI 2020, pp. 146-147. Tra i *serious games* per il patrimonio culturale si ricorda il caso di "A Night in the Forum": PESCARIN *et al.* 2020.

games, accomunati dalla necessità di interrogare, trasmettere e comunicare il patrimonio culturale con nuovi strumenti digitali.

A.C.

4. Animare la scena: dalle strutture ricostruite all'azione

Una buca scavata su un esteso riporto di sabbia e un riempimento di legna carbonizzata; un'altra fossa, a breve distanza, con ceneri e anfore spezzate: queste le tipiche esili tracce che gli archeologi incontrano durante le indagini all'area Scheibler e che consentono loro di elaborare complesse sequenze stratigrafiche, di stabilire puntuali cronologie, funzioni e relazioni commerciali. Più arduo invece è il tentativo di addentrarsi nel vissuto quotidiano dei manovali, che in giorni indefiniti della prima metà del I secolo d.C. hanno momentaneamente interrotto le proprie attività nel cantiere dei *navalia* per predisporre i fuochi all'interno di quelle buche e per preparare il loro pasto frugale consumato all'aperto. I pochi e rarefatti lacerti materiali di quel cantiere e il filtro del nostro punto di osservazione rendono infatti assai incerto comprendere come gli operai, ciascuno con le proprie mansioni, utilizzassero i luoghi integrando i loro gesti nella sequenza delle attività. Analoghe difficoltà si incontrano, a ben vedere, anche quando, ultimati i *navalia*, altri attori svolgono attività diverse all'interno del nuovo complesso e ancora quando, in seguito a ulteriori cambiamenti strutturali, gli edifici saranno utilizzati per altri scopi, ancora una volta, secondo nuove modalità. Attraverso la comparazione dei dati di scavo, delle fonti letterarie e delle simulazioni tridimensionali, tenteremo tuttavia di integrare nel paesaggio dell'Area Scheibler gli attori che qui hanno interagito, cercando di ricostruirne i movimenti nello spazio, le reciproche interazioni e, infine, di osservare i luoghi ponendo il nostro sguardo nella stessa prospettiva del loro.

4.1. La vita nel cantiere edilizio

*Atque etiam illae impensae meliores, muri, navalia, portus, aquarum ductus omniaque, quae ad usum rei publicae pertinent [...]*¹⁵². In linea con l'opinione di Cicerone, anche un edile della colonia pisana, per rispondere alle necessità poste dai traffici fluviali sempre più intensi nei primi decenni dell'età imperiale, si è fatto carico della realizzazione di un'opera di uso pubblico, un complesso di *navalia* sull'*Auser*, una tra le opere prioritarie in una città dedita ai traffici marittimi e fluviali. Il luogo prescelto è strategico: si pone infatti all'inizio di una grande ansa che fiancheggia a nord la città e la separa dalle numerose infrastrutture del vasto suburbio settentrionale. Il progetto interessa una delle zone più regolamentate, ovvero le sponde del fiume, dove ogni intervento, anche privato, è sottoposto al

¹⁵² Cic., *De off.*, II, 60.

controllo delle autorità perché non vengano compromesse la tenuta delle rive, in rapporto ai fenomeni esondativi, e, di riflesso, la navigabilità¹⁵³.

Forse un architetto e comunque un capomastro, perfettamente consapevoli delle tecniche di costruzione in terreni fragili e di scarsa portanza, di fronte a un progetto di grande impatto e soprattutto destinato alle forti sollecitazioni legate alla movimentazione delle imbarcazioni, programmano la realizzazione di un complesso sistema di sottofondazioni, che conferisca stabilità a quelle sponde, oltre a modellarle secondo l'inclinazione necessaria all'alaggio. Si fondono così due saperi: uno legato alla tecnica edilizia e l'altro alla piena consapevolezza delle capacità portanti e isolanti dei materiali (cfr. § 2.1-2.). Ciò comporta la perfetta organizzazione del lavoro e delle competenze necessarie nel cantiere, oltre alla conoscenza dei materiali specifici da impiegare e di cui richiedere la fornitura. È dunque opportuna anche una corretta gestione dell'articolata filiera della produzione di materie di primo impiego e, parimenti, di quelle di riciclo: in un'economia come quella antica, fondata sui vantaggi offerti dal reimpiego, ogni cantiere edilizio di una certa rilevanza deve intrattenere relazioni con la complessa macchina che gestisce la selezione e lo stoccaggio dei rifiuti solidi e, in particolare, delle macerie.

La fabbrica di un edificio può durare a lungo nei mesi, talvolta negli anni; gli orari dell'apertura del cantiere all'alba, delle pause ritmate, della sua chiusura serale scandiscono il tempo della vita di una moltitudine di persone che hanno così modo di instaurare relazioni lavorative ma anche umane, favorite queste ultime dalla condivisione di alloggi comuni. L'attività dei manovali di cantiere non è solitaria; molti altri attori con competenze specifiche – fabbri, falegnami, carpentieri – lavorano fianco a fianco in stretta collaborazione all'ordine del capomastro, cosicché il deposito dei materiali, degli attrezzi, del legname da cantiere, così come la falegnameria o la fucina per la riparazione degli attrezzi costituiscono i luoghi quotidianamente percorsi a più riprese dagli operai secondo la ripartizione dei compiti di ciascuno¹⁵⁴.

Secondo le necessità dettate dall'avanzamento dei lavori, la squadra che lavora in cantiere si relaziona con altri interlocutori, secondo modalità in uso fino al secolo scorso: sono coloro che riforniscono il cantiere stesso del materiale edilizio, trasportato preferenzialmente lungo la vicina via d'acqua. I battellieri movimentano su grandi chiatte o zattere pietre informi di grandi dimensioni dalle cave del Monte Pisano; da riva alcuni manovali azionano una capra o biga (*rechamum*) ben ancorata al suolo per movimentare i massi dalle imbarcazioni fino a terra¹⁵⁵, mentre altri operai con le funi guidano il blocco sospeso verso il punto di posa. Le zattere sono smontate per ricavarne il legname per la carpenteria necessaria al cantiere edilizio¹⁵⁶, mentre altri tronchi possono giungere fluitati, sciolti sulla

¹⁵³ Dig., XXXXIII, 12, 1; 13, 1. LE GALL 1953, pp. 176-177.

¹⁵⁴ Per l'organizzazione ideale di un cantiere edile si veda GIULIANI 2018, pp. 247-249.

¹⁵⁵ GALLI, PISANI SARTORIO 2009, p. 92 (sez. 2.1d).

¹⁵⁶ BUKOWIECKI, WULF-RHEIDT 2015, p. 45.



Fig. 18 - Trasporto per fluitazione del legname presso Dogna (Friuli Venezia Giulia); foto d'epoca degli inizi del '900 (immagine tratta da FALESCHINI 2018, fig. 4).

corrente (**Fig. 18**)¹⁵⁷. Dal fiume arrivano anche la sabbia che i “renaioli” hanno ricavato dal letto del fiume stesso (**Fig. 19**) e le macerie selezionate, che, allettate nella prima, danno consistenza ai piani inclinati su cui avverrà l'alaggio delle imbarcazioni. Contemporaneamente, in spazi definiti, i manovali impastano malta e pietre per rifornire costantemente di cementizio i muratori che, a monte della ripa, procedono a costruire gli alti pilastri destinati a sorreggere, secondo i calcoli del capomastro, la travatura delle ampie capriate dei *navalia*.

L'ora dei pasti, come in ogni cantiere, interrompe brevemente la fatica e consente un temporaneo ristoro, offrendo l'occasione per un momento di convivialità. Entro buche scavate nei riperti di sabbia vengono accesi focolari per cucinare pasti frugali che gli operai consumano seduti uno vicino all'altro sulle pietre e sul legname. Le anfore e le stoviglie rotte sono gettate poi nelle buche, che saranno presto ricoperte dai nuovi piani di cantiere.

F.F., A.C., S.G.

4.2. La vita all'interno dei *navalia*

La presenza di strutture per la manutenzione e il rimessaggio riparato delle imbarcazioni sulle sponde dell'*Auser* delinea il contesto infrastrutturale più idoneo per il traffico fluviale fino ad ora quasi esclusivamente attestato dai relitti di San Rossore e dai loro carichi. Ciò che siamo in grado adesso di animare è dunque un complesso architettonico articolato, nel quale riconosciamo strutture funzionali all'attracco delle imbarcazioni, al loro rimessaggio e allo smistamento delle merci: un *triptyque portuaire*, nell'accezione teorizzata da Jimmy

¹⁵⁷ MEIGGS 1982, p. 337.



Fig. 19 - Renaioli sull'Arno a Pisa; tratto da "Navicellai d'Arno", regia di Romeo Leonardi, 1941, Archivio Storico Istituto Luce (D023401).

Mouchard in riferimento ai contesti portuali della rete fluviale delle province galliche (**Fig. 20**)¹⁵⁸. Tre elementi, ciascuno interdipendente dall'altro, compongono tale modello: un corso d'acqua, uno spazio di carico e scarico, favorito dalla presenza di una zona di alaggio o di attrezzature come banchine e moli, e, infine, un'area per lo stoccaggio e la redistribuzione delle merci e l'eventuale rimessaggio delle imbarcazioni¹⁵⁹. La tripartizione sarebbe sottolineata anche dalla topografia del terreno, uno spazio "basso", caratterizzato dalla presenza di un corso d'acqua, uno spazio centrale che prende avvio dal piede di sponda e culmina alla rottura di pendio e infine uno spazio "alto" su cui si impostano gli ambienti per il rimessaggio delle imbarcazioni¹⁶⁰.

Dai *navalia*, ormai ultimati, si possono osservare imbarcazioni di vario tipo solcare le acque col favore della corrente verso il mare o, nel senso inverso, anche con il supporto degli *belciarii*, che trainano le barche da riva col supporto di funi (**Fig. 21**)¹⁶¹. L'ampiezza dell'*Auser* e il suo pescaggio, del resto, non dovevano pre-

¹⁵⁸ MOUCHARD 2020. Il modello era stato elaborato nel 1979 da A. Vigarié in relazione ai porti marittimi di età contemporanea (VIGARIÉ 1979, 18-50).

¹⁵⁹ MOUCHARD 2020, pp. 13-14.

¹⁶⁰ MOUCHARD 2020, p. 7.

¹⁶¹ Cassiod., *Var.*, XII, 24: [...] *tractae funibus ambulanti, quae stare rudentibus consuerunt, et conditione mutata pedibus iuvant homines naves suas; [...]*.

sentare problemi per la navigazione e le manovre dei più vari tipi di imbarcazioni: sono presenti infatti barconi dal fondo piatto e dal pescaggio limitato, predisposti appositamente per ambienti fluviali e lacustri, come i barconi P e G naufragati a San Rossore tra I e II secolo d.C.¹⁶², navi di grande carico, analoghe alla Nave E, forse una oneraria con un pescaggio di circa 2 m, o di tipo più inconsueto come l'*Alkedo*, di medie dimensioni e con un pescaggio di 70 cm¹⁶³. Le imbarcazioni sono tratte in secco o ormeggiate lungo la riva, assicurate con funi a pali infissi sulla sponda; le piene fluviali, particolarmente rovinose, causano talvolta il loro naufragio, trascinando con sé persino questi solidi ancoraggi, come è avvenuto per l'*Alkedo*, ancora ormeggiata al suo palo mediante una robusta cima¹⁶⁴.

Le imbarcazioni che necessitano di rimessaggio possono effettuare agevolmente le manovre necessarie a virare verso i piani inclinati per essere tratte in secco, quelle a fondo piatto, lunghe fino a 9 m e larghe 1-2 m¹⁶⁵, e sicuramente anche quelle di stazza maggiore, come la Nave B di età augustea, un'imbarcazione da carico di medie dimensioni lunga oltre 10 m e larga 4 m¹⁶⁶. Manovali, da riva, assicurano gli scafi con funi e, per mezzo di argani, li traggono sul lungo pendio accompagnando le operazioni con i caratteristici suoni cadenzati che danno ritmo ad ogni lavoro di fatica; le barche scivolano sui binari lignei, con l'aiuto di rulli, fino al piazzale antistante i *navalia*. L'ampia area tra il fiume e questi ultimi accoglie una moltitudine di persone intente a svolgere lavori di manutenzione e cantieristica navale (Fig. 22): all'interno di alcune imbarcazioni, poggiate a terra su selle e cavalletti, manovali sono intenti a rifinire il fasciame con martelli e scalpelli da legno, mentre altri tagliano un'asse con una sega a telaio (Fig. 23)¹⁶⁷. Presso i *navalia* sono all'opera *fabri tignarii*, che con seghe e pialle riducono in assi di legno i tronchi trasportati lungo la corrente del fiume, *fabri navales*, che con asce e martelli danno forma al fasciame, riparando e rivestendo le chiglie delle imbarcazioni, ed infine fabbri, intente a forgiare sottili lamine in piombo e chiodi in bronzo, dotati di bugne in rilievo, in grado di ammorsare le lamine ai tavolati lignei delle imbarcazioni¹⁶⁸; i calafati, infine, impermeabilizzano gli scafi con stoppa e pece (Fig. 24)¹⁶⁹.

Durante le stagioni sfavorevoli alla navigazione, ancora con l'aiuto di rulli e di argani, i manovali riparano le imbarcazioni dedite al commercio fluviale all'interno dei grandi capannoni, dove possono essere alloggiate almeno due

¹⁶² CAMILLI 2004, p. 69.

¹⁶³ BONINO 2006, p. 21.

¹⁶⁴ CAMILLI 2004, p. 66.

¹⁶⁵ CAMILLI 2012, p. 16, n. 27.

¹⁶⁶ CAMILLI 2012, p. 16; CAMILLI 2004, p. 65; BRUNI 2002, p. 32.

¹⁶⁷ MEIJER 2001, pp. 415-416; C.I.L. IX, 139. ZIMMER 1982, p. 144.

¹⁶⁸ FABIANI *et al.* 2022, pag. 15-16, fig.18. Analoghi ritrovamenti sono riscontrabili nel relitto di *Cape Dramont* (GIOVANNINI, TASCA 2016, p. 122, n. 6) e dai contesti del porto militare di *Forum Iulii-Frejus* (FEUGÈRE 2009, 116-117, fig. 12).

¹⁶⁹ Plin., *Nat. hist.*, XVI, 52. Per evidenze legate al calafataggio delle imbarcazioni di San Rossore CAMILLI 2005, p. 4; CAMILLI, DE LAURENZI, SETARI 2006, pp. 25-26.

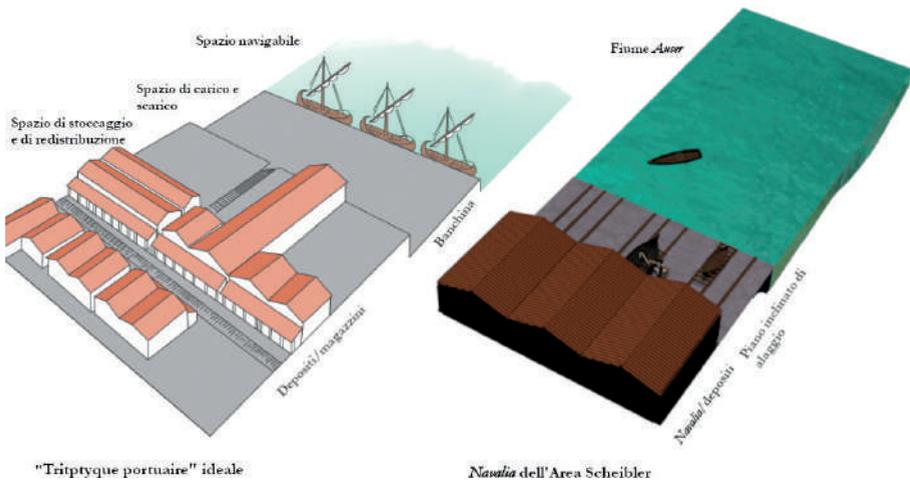


Fig. 20 - L'organizzazione dei *navalia* dell'Area Scheibler sul modello del "tritypue portuaire" (rielaborato da MOUCHARD 2020, fig. 4).



Fig. 21 - Rilievo funerario ricomposto con scena di allaggio nel registro inferiore (II secolo d.C.; Avignone, Musée Calvet, Musée Lapidaire. <https://books.openedition.org/efr/3248>).

navi di medie dimensioni, ciascuna entro la propria rampa di allaggio, oppure imbarcazioni più piccole, appaiate sullo stesso binario.

La precisione dei gesti e un perfetto coordinamento tra le maestranze rivelano un saper fare consolidato derivante da una antica tradizione manifatturiera, che giustifica la presenza a Pisa della *vetustissima et piissima statio fabrum navaliū Pisanorum* e dei *collegia* dei *fabri navales* e dei *fabri tignarii* che in essa operavano¹⁷⁰.

F.F., A.C.

¹⁷⁰ C.I.L. XI, I, 1436 = I.L.S. 7258. MAGIONCALDA 1994, pp. 126-130.

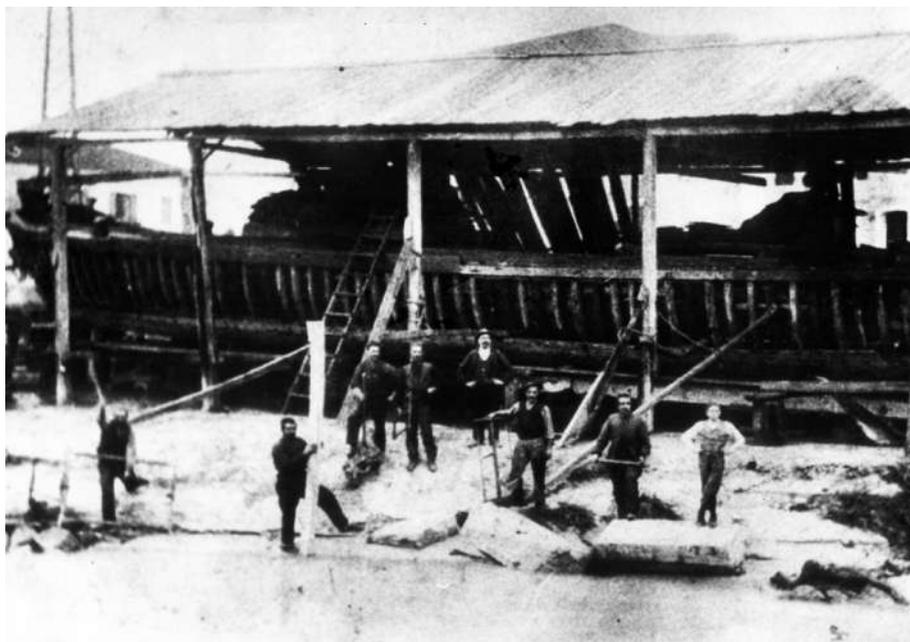


Fig. 22 - Costruzione di una imbarcazione con fondo piatto (burchio) presso lo squero No-coletti a Limena (Padova); foto d'epoca degli anni Trenta (per concessione del Museo della Navigazione Fluviale di Battaglia Terme).

4.3. I navalia nel paesaggio fluviale dell'Asuser

I *navalia* dell'Area Scheibler costituiscono solo un tassello del vasto paesaggio che, assecondando l'andamento dell'*Asuser*, si snoda lungo il suburbio, fiancheggiando la città stessa. Se assai spesso si è fatto riferimento a Pisa come città al centro di una rete viaria composta da arterie terrestri e fluviali¹⁷¹, raramente ci si è soffermati a riflettere sull'impatto che un immaginario frequentatore avrebbe ricevuto avvicinandosi alla città, seguendo il corso dei fiumi. Le recenti acquisizioni archeologiche e le prime simulazioni tridimensionali consentono ora di immaginare questo ingresso, risalendo dal mare il corso dell'*Asuser*. Entrando in una delle foci del fiume l'immaginario viandante della prima età imperiale osserva gli impianti per le produzioni ceramiche, in particolare di sigillata italica¹⁷² e di laterizi¹⁷³, strate-

¹⁷¹ PASQUINUCCI, CECCARELLI LEMUT 1991, pp. 124-126, 132-133; MOSCA 1992, pp. 91-108; PASQUINUCCI 2014, pp. 33-48.

¹⁷² PASQUINUCCI, MENCHELLI 2006, pp. 217-224. Sulla produzione di sigillata italica, in generale, MENCHELLI 1995, pp. 333-350; MENCHELLI 1997, pp. 191-197; MENCHELLI *et al.* 2001, pp. 89-104; SANGRISO 2018, pp. 69-75.

¹⁷³ FABIANI, GENOVESI 2022, pp. 301-339.



Fig. 23 - Stele funeraria del *faber navalis* Publius Longidienus da Ravenna (età giulio-claudia; C.I.L. XI, I, 1436=ILS 7258).



Fig. 24 - Scena di calafataggio nel porto di Fano; inizi del '900 (per concessione dell'Associazione di volontariato e solidarietà "Il ridosso").

gicamente dislocate in aree adeguatamente ampie, con facile accesso alle risorse e rivolte verso la commercializzazione locale e transmarina.

Gli appaiono inoltre le sponde attrezzate per le attività connesse alla navigazione: scorge gli scaricatori intenti a trasferire merci all'interno di magazzini per lo stivaggio e il successivo smistamento e, passando davanti ai *navalia*, alle soglie della città, gli operai che traggono su piani inclinati le imbarcazioni destinate al ricovero o alla manutenzione.

Poco oltre inizia a fiancheggiare l'area urbana che asseconda la riva sinistra del fiume: gli appaiono le *domus* di piazza Andrea Del Sarto (**Fig. 1.5**)¹⁷⁴, estreme propaggini di una città che si va espandendo, e quindi i fitti quartieri abitativi di piazza del Duomo (**Fig. 1.6**) e di via Cardinale Maffi (**Fig. 1.7**)¹⁷⁵. In corrispondenza di piazza del Duomo, un'area a carattere pubblico affacciata sul fiume, monumentalizzata da statue poste su basi (**Fig. 1.8**)¹⁷⁶, costituisce forse il filtro tra la via d'acqua e il centro cittadino, come avviene del resto in altre città fluviali quali *Iulia Concordia*, dove una banchina lungo un ramo del Lemene costituisce il passaggio tra il corso d'acqua e uno degli ingressi monumentali alla città¹⁷⁷ o Cordoba, nel punto in cui il *Baetis* si raccorda alla città con banchine e un ponte¹⁷⁸.

Sul lato opposto del fiume egli può invece osservare le strutture di servizio di un denso suburbio produttivo (**Fig. 1.9**)¹⁷⁹ e il grande muro spondale di via Marche, che offre altre possibilità di approdo (**Fig. 1.4**)¹⁸⁰.

Più tardi, tra il I e il II secolo d.C., il fronte orientale della città, imperniato sull'*Auser*, avrebbe ricevuto un'ulteriore monumentalizzazione con i complessi delle cosiddette "Terme di Nerone" (**Fig. 1.10**) e forse dell'anfiteatro (**Fig. 1.11**)¹⁸¹.

Tutti questi apprestamenti suggeriscono dunque che, almeno a partire dalla tarda età repubblicana, forse già con il rinnovamento urbanistico che dovette interessare la città in occasione della municipalizzazione, il processo di trasformazione delle sponde dell'*Auser* abbia interessato tutto il suo percorso urbano e suburbano. Ciò ha evidentemente influito sull'impatto percettivo delle aree prossime al fiume da parte degli abitanti e di tutti coloro che, per motivi diversi, si trovavano a frequentare le sue sponde. Appare evidente, al tempo stesso, che i nuovi assetti consentivano lo svolgimento o l'intensificazione di specifiche e peculiari attività, dando vita a nuove o più intense varietà di relazioni sociali: quelle intessute tra le maestranze che operavano nei cantieri edili e coloro che,

¹⁷⁴ FABIANI *et al.* 2023.

¹⁷⁵ FABIANI, RIZZITELLI 2019, pp. 329-333.

¹⁷⁶ ALBERTI, PARIBENI 2011, pp. 132-133, figg. 52-53; FABIANI *et al.* 2013, p. 173, fig. 10.5.

¹⁷⁷ CROCE DA VILLA 2001, pp. 277-288.

¹⁷⁸ VAQUERIZO, MURILLO 2017, p. 124, fig. 3.

¹⁷⁹ GENOVESI, BUENO 2020, pp. 55-64; MENCHELLI *et al.* 2020, pp. 57-64; FABIANI, RIZZITELLI 2023, pp. 34-36.

¹⁸⁰ FABIANI, RIZZITELLI 2023, pp. 19-22, figg. 1-7; 25-27.

¹⁸¹ LUPI 1885, pp. 115-123; PASQUINUCCI, MENCHELLI 1989; CAMPUS 2016, pp. 205-235; FABIANI *et al.* 2018, pp. 1-19; FABIANI *et al.* 2019b, pp. 301-313; FABIANI, GUALANDI 2020, pp. 203-235. Per una recente proposta di datazione di entrambi gli edifici nel II secolo d.C. FABIANI, RIZZITELLI 2023, p. 39, nota 151.

soprattutto attraverso il fiume, li rifornivano di materiali; le relazioni instaurate tra coloro che percorrevano l'*Auser* su imbarcazioni per avvicinare le merci alla città e coloro che erano impegnati nella gestione dei magazzini, gli operatori del commercio e gli addetti al ricovero e alla manutenzione delle imbarcazioni. L'*Auser*, insieme all'Arno, costituiva però anche una delle principali vie di ingresso in città: coloro che percorrevano la via dell'*Auser* sarebbero stati dunque certamente colpiti, oltre che dal fervore delle attività, anche dalla monumentalità che il fronte della città offriva a questo particolare punto di osservazione: i grandi edifici pubblici come le terme e l'anfiteatro, senz'altro a servizio della popolazione locale, dei centri vicini e certamente anche dei frequentatori del fiume, costituivano rispettivamente con i loro servizi e i loro spettacoli, occasione di altre e peculiari forme di relazione sociale.

Più tardi a partire dal III secolo d.C., nuovi assetti economici, unitamente a profonde trasformazioni ambientali, mutarono parzialmente il suburbio percorso dall'*Auser*: alcune delle aree produttive e commerciali lasciarono infatti spazio a estese aree cimiteriali¹⁸². Ancora una volta le sponde del fiume avrebbero costituito l'ambientazione per nuove pratiche sociali: in questi luoghi ormai appartati, dove il silenzio era interrotto solo dai riti della morte, si sarebbero infatti svolte pratiche tra le più intense di una comunità ancora profondamente legata al proprio fiume.

F.F.

Bibliografia

- ALBERTI A., PARIBENI E., 2011, *Archeologia in Piazza Dei Miracoli. Gli Scavi 2003-2009*, Pisa.
- BARBOSA M., PAUWELS P., FERREIRA V., MATEUS L., 2016, *Towards increased BIM usage for existing building interventions*, in *Structural Survey*, vol. 34, 2, pp. 168-190.
- BARRETT R.P., 2020, *Defining a Methodology for 3D Approximations in Archaeology: The Issue with Alternative Models*, in *Proceedings of CHNT 23*, pp. 1-12.
- BARKER S. 2010, *Roman Builders – Pillagers or Salvagers? The Economics of Deconstruction and Reuse*, in S. CAMPOREALE, H. DESALLES, A. PIZZO (Eds.), *Arqueología de la construcción II. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias orientales*, Atti dell'Incontro (Certosa di Pontignano, Siena, 13-15 novembre 2008), Madrid-Merida, pp. 127-142.
- BARKER S. J., MARANO Y.A., 2017, *Demolition laws in an archaeological context. Legislation and architectural re-use in the Roman building industry*, «Thiasos Monografie», 9, pp. 833-850.
- BATCHELOR D., SCHNABEL M.A., DUDDING M., 2021, *Smart Heritage: Defining the Discourse*, «Heritage», 4(2), pp. 1005-1015. <https://doi.org/10.3390/heritage4020055>.
- BEACHAM R., DENARD H., NICCOLUCCI F., 2006, *An introduction to the London Charter*, in M. IOANNIDES (Ed.), *The E-volution of information communication and technology in cultural heritage*, Proceedings of VAST 2006, Budapest, pp. 263-269.

¹⁸² FABIANI, RIZZITELLI 2023, pp. 48-262.

- BENETTI I., SORRENTINO G., c.s., *Gli scavi di Piazza dei Miracoli a Pisa: apparati decorativi e decoratori*, in A. SANTUCCI (a cura di), *Pittura, luce, colore, Atti del IV colloquio dell' AIRPA* (Urbino, 17-19 giugno 2021).
- BERNAL-CASASOLA D., CONTINO A., SEBASTIANI R. (a cura di), 2022, *Da Roma a Gades/ De Roma a Gades. Gestione, smaltimento e riuso dei rifiuti artigianali e commerciali in ambiti portuali marittimi e fluviali. La gestión, eliminación y reutilización de residuos artesanales y comerciales en ámbitos portuarios marítimos y fluviales*. Atti del Workshop Internazionale (Roma, 19-20 settembre 2019), Oxford.
- BERTACCHI L., 1976, *L'imbarcazione romana di Monfalcone*, «Antichità Altoadriatiche», X, pp. 39-45.
- BERTACCHI L., 1980, *Il porto fluviale*, in B. FORLATI TAMARO, L. BERTACCHI, L. BESCHI (a cura di), *Da Aquileia a Venezia*, Milano, pp. 123-134.
- BINI M., FABIANI F., GENOVESI S., 2022, *Alla ricerca di un fiume. Nuovi dati per la ricostruzione del percorso dell' Auser in età romana*, in F. FABIANI, C. RIZZITELLI, *Pisa romana. La necropoli di via Marche*, Pisa, pp. 11-14.
- BLACKMAN D., 2008, *Roman Shipyards*, in R.L. HOHLFELDER (Ed.), *The Maritime World of Ancient Rome*, «Memoirs of the American Academy in Rome». Supplementary Vol. VI, Michigan, pp. 23-26.
- BLACKMAN D., RANKOV B., BAIKA K., GERDING H., PAKKANEN J. (Eds.), 2013, *Shipyards of the Ancient Mediterranean*, Cambridge.
- BONETTO J., 2009, *L'insediamento di età fenicia, punica e romana repubblicana nell'area del foro*, in J. BONETTO, A.R. GHIOTTO, M. NOVELLO (a cura di), *Nora. Il foro romano. Storia di un'area urbana dall'età fenicia alla tarda Antichità. Scavi 1997-2006. I. Lo scavo*, Padova, pp. 39-243.
- BONINO M., 2015, *Navi mercantili e barche di età romana*, Roma.
- BRUNI S., 2002, *Pisa. La Città Delle Navi. Il Porto Urbano di Pisa Etrusca e Romana Dallo Scavo al Museo: Prospettive e Problemi*, in A. ZAMPIERI (a cura di), *Pisa Nei Secoli. La Storia, l'arte, Le Tradizioni*, Pisa, pp. 5-58.
- BRUNI S., COSCI M., 2003, *Alpheae veterem contemplor originis urbem, quam cingunt geminis Arnus et Auser aquis. Il paesaggio di Pisa etrusca e romana: materiali e problemi*, in S. BRUNI (a cura di), *Il Porto Urbano di Pisa Antica. La Fase Etrusca. I. Il Contesto e il Relitto Ellenistico*, Cinisello Balsamo, pp. 29-43.
- BUKOWIECKI E., WULF-RHEIDT U., 2015, *Trasporto e stoccaggio dei laterizi a Roma: nuove riflessioni in corso*, in E. BUKOWIECKI, U. WULF-RHEIDT (Eds.), *Archeologia dell'Architettura XX. Il laterizio nei cantieri imperiali. Roma e il Mediterraneo*. Atti del I workshop "Laterizio" (Roma, 27-28 novembre 2014), Firenze, pp. 45-49.
- CAMILI A., 2004, *Il cantiere delle navi antiche di Pisa. Note sull'ambiente e sulla periodizzazione del deposito*, «Archeologia Marittima Mediterranea», 1, pp. 53-75.
- CAMILI A., 2005, *Il contesto delle navi antiche di Pisa. Un breve punto della situazione*, «FOLD&R. The Journal of Fasti Online», 31, pp. 1-7.
- CAMILI A., 2012, *Ambiente, rinvenimenti e sequenza. Un breve riassunto aggiornato dello scavo delle navi*, in E. REMOTTI (a cura di), *Il bagaglio di un marinaio*, Roma, pp. 13-18.
- CAMILI A. (a cura di), 2019, *Le navi antiche di Pisa*, Pisa.
- CAMILI A., DE LAURENZI A., SETARI E., 2006, *Alkedo. Navi e commerci della Pisa romana*, Pontedera.
- CAMILI A., SETARI E. (a cura di), 2005, *Le navi antiche di Pisa. Guida archeologica*, Milano.

- CAMPOREALE S., 2010, *Archeologia dei cantieri di età romana*, in G.P. BROGIOLO (a cura di), *Archeologia dell'architettura. Temi e prospettive di ricerca*, XV, Firenze, pp. 171-180.
- CAMPUS A., 2016, Il complesso delle Terme "di Nerone" a Pisa, «Studi Classici e Orientali», LXII, pp. 205-235.
- CANTINI F., FABIANI F., GUALANDI M.L., RIZZITELLI C. (a cura di), 2020. *Le case di Pisa. Edilizia privata tra età romana e Medioevo*, Atti del Convegno (Pisa, 7-8 Maggio 2019), Sesto Fiorentino.
- CARPENTIERO L., 2020, *Il BIM come modello di gestione di un sito archeologico. Oltre i limiti dell'oggetto parametrico tra criticità e nuove proposte*, in *Newsletter Archeologia (CISA)*, vol. 11, pp. 69-85.
- CARRIVE M. (Ed.), 2017, *Remployer, recycler, restaurer: les autres vies des enduits peints*, Collection de l'École Française de Rome, 540, Rome.
- CONTINO A., 2022, *Roma e i rifiuti urbani: un problema di stoccaggio, eliminazione e riuso*, in BERNAL-CASASOLA, CONTINO, SEBASTIANI 2022, pp. 31-52.
- CELUZZA M.G., 1985, *Materiali da costruzione*, in RICCI 1985, vol. III, pp. 33-39.
- CHANOTIS A., 2008, *Twelve buildings in search of locations: known and unknown buildings in the inscriptions of Aphrodisias*, in C. ROUECHÉ, R.R.R. SMITH (Eds.), *Aphrodisias Papers 4. New research on the city and its monuments*, «Journal of Roman Archaeology», Suppl. Series, 70, Portsmouth, pp. 61-78.
- CONTINO A., D'ALESSANDRO L., SEBASTIANI R., 2022, *La discarica per rudera del Nuovo Mercato Testaccio a Roma*, in BERNAL-CASASOLA, CONTINO, SEBASTIANI 2022, pp. 127-142.
- CROCE DA VILLA P., 2001, *Scali e infrastrutture commerciali nell'entroterra nel Veneto orientale*, in C. ZACCARIA (a cura di), *Strutture portuali e rotte marittime nell'Adriatico di età romana*, «Antichità Altoadriatiche», XLVI, Trieste, pp. 277-288.
- DANIS A., 2019, *Augmented, Hyper-mediated, IRL*, «European Journal of Archaeology», 22(3), pp. 386-397.
- DALLEMULLE U., 1986, *La villa rustica di San Basilio*, in M. DE MIN, R. PERETTO, *L'antico Polesine. Testimonianze archeologiche e paleoambientali*, Padova, pp. 185-188.
- DELAINE J., 2008, *Conclusions*, in S. CAMPOREALE, H. DESSALES, A. PIZZO (a cura di), *Arqueología de la construcción, 1. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias occidentales* (Mérida, 26-27 ottobre 2007), «Archivo Español de Arqueología», suplemento L, Mérida, pp. 321-328.
- DELLA CORTE M., 1935, *Pompei. Nuove scoperte epigrafiche*, «Notizie degli scavi di antichità», 14, pp. 299-352.
- DEMETRESCU E., FERDANI D., 2021, *From field archaeology to virtual reconstruction: a five steps method using the extended matrix*, «Applied sciences», 11, 5026. <https://doi.org/10.3390/app11115206>.
- DENARD H., 2012, *A new introduction to the London Charter*, in A. BENTKOWSKA-KAFEL, D. HUGH, D. BAKER (Eds.), *Paradata and transparency in virtual heritage*, London, pp. 57-72.
- DIARA F., RINAUDO F., 2020, *Building Archaeology documentation and analysis through open-source H-BIM solutions via NURBS modelling*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLIII/B2, pp. 1381-1388.
- DIARA F., RINAUDO F., 2021, *ARK-BIM: Open-Source Cloud-Based H-BIM platform for Archaeology*, in «Appl. Sci.», 11-8770.
- DJAOUI D., 2022, *Gestion et fonction des déchets amphoriques et céramiques: l'exemple d'Arles*, in BERNAL-CASASOLA, CONTINO, SEBASTIANI 2022, pp. 215-234.

- DUPRÉ RAVENTÓS X., REMOLÀ VALLVERDÚ J.-A., 2002, *A propósito de la gestión de los residuos urbanos en Hispania*, «Romula» 1, pp. 39-56.
- ETTLINGER E., HEDINGER B., HOFFMANN B., KENRICK P.M., PUCCI G., ROTH-RUBI K., SCHNEIDER G., VON SCHNURBEIN S., WELLS C.M., ZABEHLICKY-SCHEFFENEGGER S., 1990, *Conspectus formarum terrae sigillatae italico modo confectae*, Bonn.
- FABIANI F., BASILE S., CAMPUS A., CLEMENTE G., 2018, *Indagini archeologiche alle Terme "di Nerone" a Pisa. Ricerca, didattica, valorizzazione*, «FOLD&R. The Journal of Fasti Online», 410, pp. 1-19.
- FABIANI F., BASILE S., CAMPUS A., SORRENTINO G., 2022a, *Pisa Progetto Suburbio. L'ex Area Scheibler-Via Caruso a Pisa. Il riesame dei vecchi scavi per una nuova indagine*, «Agoghé», LXII, pp. 253-273.
- FABIANI F., GENOVESI S., 2022, *Tecniche edilizie e tradizione ellenistica. I mattoni sesquipedali rettangolari a Pisa*, «Studi Classici e Orientali», LXVIII, pp. 301-339.
- FABIANI F., GENOVESI S., RIZZITELLI C., 2022, *Longobardi a Pisa*, in C. VALDAMBRINI (a cura di), *Una terra di mezzo. I longobardi e la nascita della Toscana*, Catalogo della Mostra (Grosseto, 30 luglio 2021-6 gennaio 2022), Cinisello Balsamo, pp. 205-213.
- FABIANI F., GENOVESI S., BASILE S., CAMPUS A., CAROTI A., GALLI L., PACE G., SALA F., SORRENTINO G., TACCOLA E., 2021, *Pisa Progetto Suburbio. L'ex Area Scheibler. La campagna di scavo 2020*, «FOLD&R. The Journal of Fasti Online», 501, pp. 1-28.
- FABIANI F., GENOVESI S., BASILE S., CAROTI A., RIBOLINI A., SARTI G., SORRENTINO G., 2022b, *Pisa Progetto Suburbio. Paesaggi fluviali di età romana. La campagna di scavo 2021 all'Area Scheibler*, «FOLD&R. The Journal of Fasti Online», 528, pp. 1-25.
- FABIANI F., GENOVESI S., CAROTI A., SORRENTINO G., GRELLA M., 2023, *Pisa. Area Scheibler. La campagna di scavo 2022: la conclusione di una ricerca*, «FOLD&R. The Journal of Fasti Online», 529, pp. 1-23.
- FABIANI F., GHIZZANI MARCÍA F., GUALANDI M.L., 2013, *Dai metodi alla storia. Pisa in età romana e tardoantica*, in F. ANICHINI, N. DUBBINI, F. FABIANI, G. GATTIGLIA, M.L. GUALANDI (a cura di), *Mappa. Metodologie applicate alla predittività del potenziale archeologico*, Roma, pp. 161-184. Roma.
- FABIANI F., GUALANDI M.L., 2020, *Le Terme di Nerone a Pisa. Un grande complesso pubblico al confine tra città e suburbio*, «Studi Classici e Orientali», LXVI, pp. 203-235.
- FABIANI F., GUALANDI M.L., CAMPUS A., 2019a, *Pisae (Pisa). Le Terme di Nerone*, in M. MEDRI, A. PIZZO (a cura di), *Le terme pubbliche nell'Italia romana (II secolo a.C. - fine IV d.C.). Architettura, tecnologia e società*. Seminario internazionale di studio (Roma 4-5 ottobre 2018), Roma, pp. 301-313.
- FABIANI F., RIZZITELLI C., 2019, *Trasformazioni urbanistiche a Pisa: da un quartiere imperiale alle fortificazioni tardoantiche*, in M. MODOLO, S. PALLECCHI, G. VOLPE, E. ZANINI (a cura di), *Studi in onore di Daniele Manacorda*, Bari, pp. 329-333.
- FABIANI F., RIZZITELLI C. (a cura di), 2022, *Pisa romana. La necropoli di via Marche*, Pisa.
- FABIANI F., RIZZITELLI C., CAMELLA D., FERIANI G., IZZETTI R., LEGNAIOLI S., MINOZZI S., PAGNOTTA S., PALLESCI V., PARODI L., 2019b, *Longobardi a Pisa. Le necropoli di via Marche e dell'Area Scheibler*, «FOLD&R. The Journal of Fasti Online», 436, pp. 1-38.
- FABIANI F., SORRENTINO G., 2020, *Via Caruso - ex Area Scheibler. Una villa affacciata sull'Auser?*, in CANTINI *et al.* 2020, pp. 85-90.
- FABIANI F., GENOVESI S., BENETTI I., CAROTI A., GHIZZANI MARCÍA F., SORRENTINO G., 2023, *Le domus romane di piazza Andrea Del Sarto a Pisa*, «Agoghé», XIX, pp. 80-88.

- FALESCHINI M., 2018, *Il larice. Trasporto e commercio del legname dalle Alpi al Tirreno in epoca romana: un esempio di sistema integrato*, «Quaderni friulani di Archeologia» XXVIII.1, pp. 157-169.
- FANINI B., FERDANI D., DEMETRESCU E., BERTO S., D'ANNIBALE E., 2021, *ATON: An Open-Source Framework for Creating Immersive, Collaborative and Liquid Web-Apps for Cultural Heritage*, «Appl. Sci.», 11, 11062. <https://doi.org/10.3390/app112211062>.
- FANT J.C., 2009, *Bars with marble surfaces at Pompeii: evidence for sub-elite marble use*, «The Journal of Fasti Online», 159, pp. 1-10.
- FERDANI D., 2020, *Ricostruzioni Virtuali dal sito archeologico al videogioco*, in S. PESCARIN (a cura di), *Videogames, Ricerca, Patrimonio Culturale*, Milano, pp. 136-149.
- FEUGÈRE M., 1981, *Découvertes au quartier de Villeneuve, Fréjus. Le mobilier métallique et la parure*, «Documents d'Archéologie Méridionale», 4, pp. 137-166.
- FEUGÈRE M., 2009, *Militaria et objets en os et en métal*, in C. GOUDINEAU, D. BRENTCHALOFF (Eds.), *Le camp de la flotte d'Agrippa à Fréjus. Les fouilles de Villeneuve (1979-1981)*, Paris, pp. 107-188.
- FRANK T.S., 1938, *A new advertisement at Pompeii*, «The American Journal of Philology», 59/2, pp. 224-225.
- GABELLONE F., 2012, *La trasparenza scientifica in archeologia virtuale: una lettura critica al principio n. 7 della Carta di Siviglia*, «SCIRES-IT – Scientific REsearch and Information Technology – Ricerca scientifica e tecnologie dell'informazione», 2, pp. 99-124.
- GABELLONE F., 2021, *Principi e metodi dell'archeologia ricostruttiva. Dall'approccio filologico alla ricostruzione tipologica*, «Archeologia e calcolatori», 32(1), pp. 213-232.
- GALLI M., PISANI SARTORIO G. (a cura di), 2009, *Machina. Tecnologia dell'antica Roma*. Catalogo della mostra (Museo della Civiltà Romana, 23 dicembre 2009 - 5 aprile 2010), Roma.
- GAIANI M., GARAGNANI S., GAUCCI A., MOSCATI P., 2021, *ArchaeoBIM: Theory, Processes and Digital Methodologies for the Lost Heritage*, Bologna.
- GENOVESI S., BUENO M., 2020, *Pisa oltre l'Auser. Il quartiere suburbano dello Stadio in età romana*, in CANTINI et al. 2020, pp. 55-64.
- GIOVANNINI A., TASCIA G., 2016, *Metalli antichi del Museo di San Vito al Tagliamento. L'età romana e Altomedievale*, Udine.
- GIULIANI C.F., 2018, *L'edilizia nell'antichità*, Roma.
- GUCKER D., 2020, *Les aménagements portuaires antiques de La Vesle à Reims/Durocortorum (Marne)*, «Gallia», 77-1, pp. 303-316.
- LASORELLA M., CANTATORE E., FATIGUSO F., 2021, *Smart approaches to enhance technical knowledge of in/low-accessible heritage*, «SCIRES-IT-SCientific REsearch and Information Technology», 11(2), pp. 97-112. <http://dx.doi.org/10.2423/122394303v11n2p97>.
- LE GALL J., 1953, *Le Tibre, fleuve de Rome dans l'antiquité*, Paris.
- LOPEZ-MANCHERO V.M., GRANDE A., 2011, *The principles of the Seville Charter*, in *Proceedings of the CIPA Symposium* (Prague, Czech Republic, 12-16 September 2011), Prague, pp. 2-6. <https://www.cipaheritagedocumentation.org/wp-content/uploads/2018/12/L%C3%B3pez-Menchero-Grande-The-principles-of-the-Seville-Charter.pdf>.
- LUPI C., 1885, *Nuovi studi sulle antiche Terme Pisane*, Pisa.
- MAGIONCALDA A., 1994, *Documentazione epigrafica e «Fondazioni» testamentarie. Appunti su una scelta di testi*, Torino.

- MALIZIA A., 1986, *Oderzo, rinvenimenti nel canale Navisego*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 2, pp. 86-88.
- MARANO Y.A., 2012, *Fonti giuridiche di età romana (I secolo a.C. - VI secolo d.C.) per lo studio del reimpiego*, in G. CUSCITO (a cura di), *Riuso di monumenti e reimpiego di materiali antichi in età postclassica: il caso della Venetia*, «Antichità Altoadriatiche», LXXIV, Trieste, pp. 63-84.
- MARANO Y.A., 2013, *Roma non è stata (de)costruita in un giorno. Fonti giuridiche e reimpiego in età romana (I secolo a.C. - VI secolo d.C.)*, «Lanx», 16, pp. 1-54.
- MEIGGS R., 1982, *Trees and timber in the ancient Mediterranean world*, Oxford.
- MEIJER F., 2001, *A shipbuilding scene on an unpublished relief*, «Tropis», VI, pp. 415-420.
- MENCHELLI S., 1995, *Ateius e gli altri: produzioni ceramiche in Pisa e nell'ager Pisanus fra tarda Repubblica e Primo Impero*, «Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa», XXV(1-2), pp. 333-350.
- MENCHELLI S., 1997, *Terra Sigillata Pisana. Forniture militari e "libero mercato"*, «Rei cretariae romanae fautorum acta», 35, pp. 191-197.
- MENCHELLI S., BARONTI T., SANGRISO P., 2020, *Gli scavi in via Galluppi*, in CANTINI *et al.* 2020, pp. 57-64.
- MENCHELLI S., CAPELLI C., DEL RIO A., PASQUINUCCI M., THIRION-MERLE V., PICON M., 2001, *Ateliers de céramiques sigillées de l'Étrurie septentrionale maritime. Données archéologiques et archéométriques*, «Rei cretariae romanae fautorum acta», 37, pp. 89-104.
- MIGLIARI R., 2002, *Frontiere del rilievo. Dalla matita alle scansioni 3D*, Roma.
- MOYANO J., ODRIOSOLA C.P., NIETO-JULIAN J.E., VARGAS J.M., BARRERA J.A., LEON J., 2020, *Bringing BIM to archaeological heritage: Interdisciplinary method/strategy and accuracy applied to megalithic monument of the Copper Age*, «Journal of Cultural Heritage», 45, pp. 303-314.
- MOSCA A., 1992, *Via Quinctia. La strada romana fra Fiesole e Pisa. I. Da Firenze a Empoli*, «Journal of Ancient Topography», 2, pp. 91-108.
- MOUCHARD J., 2020, *Le ports romains atlantiques et intérieurs en France. Équipement, architecture, fonction et environnement*, «Gallia» online, 77-1, messo online il 29 aprile 2021, consultato il 20 marzo 2023. URL: <http://journals.openedition.org/gallia/5770>; DOI: <https://doi.org/10.4000/gallia.5770>.
- NICCOLUCCI F., 2012, *Setting standards for 3D visualization of culturale heritage in Europe and beyond*, in A. BENTKOWSKA-KAFEL, D. HUGH, D. BAKER (Eds.), *Paradata and transparency in virtual heritage*, London, pp. 23-36.
- PANCIERA S., 2000, *Nettezza urbana a Roma. Organizzazione e responsabili*, in X. DUPRÉ RAVENTÓS, J.-A. REMOLÀ (Eds.), *Sordes urbis: la eliminación de residuos en la ciudad romana. Actas de la reunión de Roma (15-16 de noviembre de 1996)*, Roma, pp. 95-105.
- PANELLA C., RIZZO G., 2014, *Ostia VI. Le Terme Del Nuotatore*, Roma.
- PARISINI S., 2011, *Fullo dedit Mutinae ... Testimonianze di mestieri nell'epigrafia lapidaria latina di Mutina e del suo territorio*, «Palaestra: Studi on line sull'Antichità Classica della Fondazione Canussio», <http://www.fondazionecanussio.org/palaestra/parisini-fullo.htm>.
- PASQUINUCCI M., 2014, *Honesta missione. Festschrift für Barbara Pferdehirt*, «Monographien des römisch-Germanischen Zentralmuseums», 100, pp. 33-48.
- PASQUINUCCI M., CECCARELLI LEMUT M.L., 1991, *Fonti antiche e medievali per la viabilità del territorio pisano*, «Bollettino Storico Pisano», 38, pp. 111-138.

- PASQUINUCCI M., MENCHELLI S. (a cura di), 1989, *Pisa. Le terme "Di Nerone"*, Pontedera.
- PASQUINUCCI M., MENCHELLI S. (a cura di), 2006, *Pisa e Isola di Migliarino: città, territorio e produzioni di terra sigillata*, in M. PASQUINUCCI, S. MENCHELLI (a cura di), *Territorio e Produzioni Ceramiche: Paesaggi, Economia e Società in Età Romana*, Pisa, pp. 217-224.
- PESCARIN S., CERATO I., FANINI B., FERDANI D., PALOMBINI A., RESCIC L., UNGARO L., VIGLIAROLO P., HAMILTON A., MESCHE I., MIFSUD K., 2020, *Una notte nel foro: un videogioco ambientato in un sito archeologico*, in PESCARIN S. (a cura di), *Videogames, Ricerca, Patrimonio Culturale*, Milano, pp. 60-69.
- PESCARIN S., FANINI B., FERDANI D., LUCCI BALDASSARI G., CALORI L., 2011, *Archeologia virtuale, realismo, interattività e performance: dalla ricostruzione alla fruizione on line*, in E. IPPOLITI, A. MESCHINI (a cura di), *Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale*, «DisegnareCon», pp. 62-70.
- PREVIATO C., 2012, *Tecniche costruttive impiegate nelle case di Aquileia: le sottofondazioni pluristratificate*, in J. BONETTO, M. SALVADORI (a cura di), *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, «Antenor Quaderni», 24, Padova, pp. 165-180.
- PREVIATO C., 2016, *Costruire in terreni paludosi: sistemi di fondazione e bonifica in uso in età romana*, in J. DELAINE, S. CAMPOREALE, A. PIZZO (a cura di), *Arqueología de la Construcción V - Man-made materials, engineering and infrastructure*, 5th International Workshop on the Archaeology of Roman Construction (Oxford, 11-12 April 2015), Madrid, pp. 209-230.
- PUCHE J.M., 2015, *Al di là della morte del disegno archeologico. I massive data acquisition systems (MDAS) in archeologia*, «Archeologia e calcolatori», 26, pp. 189-208.
- QUILICI L., 1986, *Il Tevere e l'Aniene come vie d'acqua a monte di Roma in età imperiale*, in S. QUILICI GIGLI (a cura di), *Il Tevere e le altre vie d'acqua del Lazio antico*. Settimo incontro di studio del comitato per l'archeologia laziale, «Quaderni del centro di studio per l'archeologia etrusco-italica», Roma, pp. 198-217.
- REDDÉ M., 1986, *Mare Nostrum. Les infrastructures, le dispositif et l'histoire de la marine militaire sous l'empire romain*, Rome.
- RICCI A. (a cura di), 1985, *Settefinestre. Una villa schiavistica nell'Etruria romana. III. La villa e suoi reperti*, Modena.
- RICCI M., 1973, *Per una cronologia delle lucerne tardo-repubblicane*, «Rivista di Studi Liguri», 39, pp. 168-234.
- RODRÍGUEZ-ALMEIDA E., 2000, *Roma, una città self-cleaning?*, in R. JOSEP ANTON, X. DUPRÉ RAVENTÓS (Eds.), *Sordes urbis: la eliminación de residuos en la ciudad romana*. Actas de la reunión de Roma (15-16 de noviembre de 1996), Roma, pp. 123-127.
- RODRÍGUEZ NEILA J.F., 2022, *Leyes y normas sobre la gestión de los residuos en época romana*, in BERNAL-CASASOLA, CONTINO, SEBASTIANI 2022, pp. 1-30.
- RUTA SERAFINI A., BALISTA C., CAGNONI M., CIPRIANO S., MAZZOCCHIN S., MELONI F., ROSSIGNOLI F., SAINATI C., VIGONI A. (a cura di), 2006, *Padova, fra tradizione e innovazione*, in L. BRECCIAROLI TABORELLI (a cura di), *Forme e tempi dell'urbanizzazione nella Cisalpina (II secolo a.C.-I secolo d.C.)*, Atti delle Giornate di Studio (Torino 4-6 maggio 2006), Firenze, pp. 67-83.
- SALVESTRINI F., 2010, *Navigazione e trasporti sulle acque interne della Toscana medievale e protomoderna (secoli XIII - XVI)*, in A. CALZONA, D. LAMBERINI (a cura di), *La Civiltà delle Acque tra Medioevo e Rinascimento*. Atti del Convegno internazionale (Mantova, 1-4 ottobre 2008), Firenze, pp. 197-220.

- SALZANI L., VITALI D., 2002, *Gli scavi archeologici nel podere Forzello a San Basilio di Ariano Polesine*, «Padusa», XXXVIII, pp. 115-138.
- SANGRISO P., 2018, *La terra sigillata italica*, in M. BALDASSARRI (a cura di), *Pisa città della ceramica. Mille anni di economia e d'arte, dalle importazioni mediterranee alle creazioni contemporanee*, Catalogo Della Mostra (Pisa maggio-novembre 2018), Pisa, pp. 69-75.
- SCHÄFER A., 2014, *Köln: Römischer Hafen und rheinseitige Stadtbefestigungen. Zur Rolle des römischen Heeres als Bauträger*, in H. KENNECKE (Hrsg.), *Der Rhein als europäische Verkehrsachse. Die Römerzeit*, «Bonner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichtlichen Archäologie», 16, pp. 117-143.
- SHEPHERD E.J., 2015, *Tegole piane di età romana: una tipologia influenzata dalle culture "locali", una diffusione stimolata dall'espansione militare*, in E. BUKOWIECKI, R. VOLPE, U. WULF-RHEIDT (a cura di), *Il laterizio nei cantieri imperiali. Roma e il Mediterraneo*, Atti del I workshop "Laterizio", (Roma, 27-28 novembre 2014), «Archeologia dell'Architettura», XX, Firenze, pp. 120-132.
- SHEPHERD E.J., CAPECCHI G., DE MARINIS G., MOSCA F., PATERA A. (a cura di), 2008, *Le fornaci del Vingone a Scandicci. Un impianto produttivo di età romana nella valle dell'Arno*, «Rassegna di Archeologia», 22/B, Borgo San Lorenzo.
- SUTHERLAND C.H.V., CARSON R.A.G., 1984, *Roman Imperial Coinage*, vol. I, London.
- TACCOLA E., 2019, *Uno sguardo su Pisa ellenistica da piazza del Duomo. Lo scavo del saggio D 1985- 1988*, Oxford.
- TOMASSINI P., 2019, *La pittura antica attraverso il frammento: le numerose vite dell'intonaco dipinto*, in «West&East», 4, pp. 30-37.
- TRINGHAM R., DANIS A., 2019, *Doing sensory archaeology*, in R. SKEATES, J. DAY (Eds.), *The Routledge Handbook of Sensory Archaeology*, New York, pp. 48-75.
- VAQUERIZO D., MURILLO J.F., 2017, *The Suburbs of Corduba*, «Conimbriga», 56, pp. 109-156.
- VIGARIÉ A., 1979, *Ports de Commerce et Vie Littorale*, Paris.
- VITALI D. (a cura di), *Le fornaci e le anfore di Albinia. Primi dati su produzioni e scambi dalla costa tirrenica al mondo gallico*. Atti del Seminario Internazionale (Ravenna, 6-7 maggio, 2006), Bologna.
- ZEVI F., *Il terremoto del 62 e l'edilizia privata pompeiana*, in F. ZEVI (a cura di), *Pompei*, Napoli, pp. 39-58.
- ZIMMER G., 1982, *Römische Berufsdarstellungen*, «Archäologische Forschungen», 12, Berlin.