

La documentazione dei monumenti costieri, come porti, ville marittime, peschiere ecc., è oggi una corsa contro il tempo, poiché si tratta di strutture a rischio, con una prospettiva di sopravvivenza ridotta. La disgregazione marina è enfatizzata dagli interventi antropici sul regime delle coste, che, se in qualche caso sortiscono l'effetto di interrare le strutture, in altri le espongono maggiormente, accelerandone la distruzione (1). Ma è soprattutto la crescente richiesta di porti turistici, con l'ingrandimento degli esistenti e la realizzazione di nuovi, a minacciare gli impianti antichi (2). La rioccupazione delle rade è un fenomeno tutt'altro che recente, in quanto i porti romani hanno generalmente occupato la posizione localmente migliore dal punto di vista orografico e marittimo (3). L'impianto di un'installazione moderna nello stesso sito di una antica porta come conseguenza la distruzione o il reimpianto delle sue strutture, nonché la perdita del deposito archeologico sui fondali a causa dei dragaggi; in questo modo è scomparsa la maggior parte dei porti antichi del Mediterraneo. Tra i tanti, alcuni esempi: i porti di *Centumcellae* e di *Tarracina* (Fig. 1), quasi del tutto scomparsi; il molo di *Puteoli*, inglobato nel molo moderno; il molo di *Cosa*, in parte inglobato nel cemento armato e in parte probabilmente demolito (Fig. 2-3); il porto di Claudio, finito in parte sotto l'aeroporto di Fiumicino; il porto d'Anzio, il cui bacino ad est è stato occupato dal porto di Innocenzo XII alla fine del '600, con inglobamento e demolizione di parte delle strutture romane (Fig. 4) (4). Nonostante tutto questo, la necessità di approfondite valutazioni di impatto archeologico e di indagini preventive ad ogni lavoro civile in acqua non è ancora universalmente sentita.

(1) Mentre era in corso la stampa di queste note, la Soprintendenza archeologica per il Lazio è riuscita ad evitare la distruzione nel porto neroniano di Anzio di strutture sconosciute sulle quali era stata progettata la posa di enormi dighe di massi per un inutile ripascimento della spiaggia.

(2) Tra gli esempi più recenti, due peschiere distrutte dal porto turistico di Nettuno (RM): cfr. GIANFROTTA 1997.

(3) Sulla disposizione degli impianti tirrenici, vd. CASTAGNOLI 1963.

(4) Cfr. FELICI 1993, p. 72.



Fig. 1 – Terracina: la situazione attuale (Aerofototeca; conc. 201 del 5/2/1993).

Questi monumenti sono, per la maggior parte, scarsamente studiati; l'interpretazione delle strutture poi, come vedremo, ha sofferto a lungo di errori e sviste grossolani. In qualche caso sono stati terreno di "gioco" per subacquei volenterosi ma privi delle competenze necessarie, i cui sforzi sono stati quindi vanificati dall'inevitabile confusione di base tra sommaria indicazione di rovine e interpretazione edilizia di strutture archeologiche (5). Invece, ovviamente, solo un'analisi tecnica e storica rigorosa e aliena da suggestioni, seppure lenta e faticosa, produce dati utili e comparabili; in altre parole, l'indagine su un impianto portuale – pur con le sue specificità – non ha motivo di avere presupposti e metodologie diversi da quella su qualsiasi altro resto archeologico. Rispettando queste condizioni, la ricerca su un impianto portuale può restituire, oltre naturalmente alla documentazione su quello specifico monumento, informazioni preziose su tecniche e procedimenti in uso anche in altri cantieri. Materiali che portano un contributo alla storia dell'edilizia e delle tecnologie e informazioni sul livello del mare antico, sull'ingegneria navale (in relazione a quella portuale), sulle cognizioni fisico-meteorologiche nell'antichità, oltre a dati che, in futuro, potrebbero aggiun-

(5) Emblematico in questo senso il caso di R. Clementi, autore dell'inutile *Il porto romano di Astura*, «L'universo», LXI, 6, 1981, pp. 945-972, per il quale vd. F. Faccenna-E. Felici in questo stesso Ciclo di lezioni.



Fig. 2 – Il molo di Cosa in foto aerea (da McCann).

gere qualche elemento per la sempre difficilissima datazione dei porti. In assenza di fonti, infatti, è ancora quasi impossibile datare i resti archeologici sulla base di elementi “interni” (6).

L’analisi tecnica da sola – ovviamente – non basta. Un porto è una realtà complessa: l’obiettivo da perseguire è quindi la comprensione del progetto generale, anche per rintracciarne i presupposti storici. In questo modo si può delineare sempre meglio una storia delle tecniche, ma soprattutto si può individuare e documentare il rapporto tra il porto, la città che lo ospita e che di

(6) Sul rilievo e la documentazione si rimanda alla lezione di F. Faccenna e E. Felici in questo stesso ciclo.



Fig. 3 – Il molo di Cosa ammorso nel cemento armato.

Fig. 4 – Anzio, il porto neroniano in foto aerea (Aerofototeca).

esso vive e il territorio circostante e il suo ruolo nella politica marittima generale. La costruzione di un grande impianto ha un potente impatto sulla morfologia locale e richiede la traslazione di enormi masse di materiali e forza lavoro: la logica che vi presiede è chiaramente strategica, annonaria, militare o entrambe (7).

Strumenti della ricerca

LE FONTI

Se una fonte ricorda la presenza di un porto, si può (con estrema cautela) formulare qualche valutazione preliminare sulla base della terminologia. Semplificando, un ampio bacino difeso da moli artificiali protesi in mare e attrezzato a terra da infrastrutture richiedeva generalmente la definizione di *portus*, che è poi il termine impiegato da Vitruvio nel “paradigma” dell’impianto portuale (e con cui è stata battezzata la città di Porto) (8).

Qualche informazione aggiuntiva può ricavarsi naturalmente dal contesto: a volte l’autore si è soffermato sulla disposizione dell’impianto o su particolari aspetti tecnici e costruttivi. Ad esempio Svetonio, nel ricordare che ad Anzio Nerone *portum fecit*, ha precisato *operis sumptuosissimi*, alludendo quindi ad una realizzazione imponente (9). Oltre alle fonti letterarie si deve tenere conto dell’epigrafia, che può contenere riferimenti a costruzioni o rifacimenti, come i lavori di Traiano ad Ancona (10) o i restauri di Antonio Pio nei porti di Pozzuoli, di Terracina e di Gaeta (11).

Anche gli itinerari possono, con cautela, fornire qualche indicazione topografica: il termine *portus* è largamente impiegato nell’*Itinerarium mari-*

(7) Cfr. *Suet.*, *Cl.*, 18, sui problemi di approvvigionamento di Roma: «... non vi fu mezzo che non escogitasse per importare i viveri, anche d’inverno, e offrì ai mercanti un guadagno sicuro, accollandosi le perdite dovute a naufragio e dando grossi premi agli armatori ...».

(8) *Ulp.*, *Dig.*, 50, 16, 59, «*portus appellatus est conclusus locus, quo importantur merces et inde exportantur*», cfr. FORCELLINI 1940, s.v. *portus*; UGGERI 1968, pp. 241 e ss.

(9) Nero, 9.V. Alcune altre fonti su porti: Plinio il Giovane (*Ep.*, 6.31, 16-17) descrive i lavori traianei a Civitavecchia; Plinio (*N. h.*, 16.202), Cassio Dione (*Rom.*, LX, 11, 1) e Svetonio (*Cl.* 20) scrivono del porto ostiense, costruito da Claudio e terminato da Nerone; una fonte (*Sch. in Iuvenal. Sat.*, XII, 75) accenna alla costruzione del bacino esagonale di Traiano, cfr. LUGLI, FILIBECK 1935, pp. 31 e ss. Pausania VI, 19, 9 attribuisce ad Adriano il porto di *Lupiae*; Cicerone (*Pro leg. Manil.*, 12, 33) su Gaeta: «*Portus Cajetae celeberrimus et plenissimus navium*».

(10) *CIL* IX, 5894, «*hoc etiam addito ex pecunia sua portu*», su cui cfr. STUCCHI 1965.

(11) Per Pozzuoli, *CIL* X, 1640-1641; per Gaeta e Terracina, *S.H.A.*, *A.P.*, 8, 3: «*Opera eius haec exstant: [...] Fari restitutio, Caietae portus, Tarracinensis portus restitutio*» ...; ma per Gaeta deve trattarsi di restauri, cfr. sopra a nota 9.

timum e, sporadicamente, anche dall'Anonimo Ravennate e da Guidone (12). La menzione di porti in queste fonti, se confrontata con la documentazione medievale può a volte dare ragione di fasi di vita difficilmente comprensibili dalle strutture (13).

L'ICONOGRAFIA

Come gli altri monumenti, i porti compaiono nelle fonti iconografiche, come monete celebrative, rilievi, mosaici, affreschi: tutto materiale che pone però problemi interpretativi. Spesso è infatti assai difficile (e a volte impossibile) capire se si tratti di rappresentazioni realistiche, da cui trarre elementi attendibili sull'aspetto architettonico, sulla tecnica edilizia o sulla topografia, oppure di convenzionali immagini di repertorio, il cui scopo è semplicemente di suggerire una generica ambientazione portuale. È opportuno tenere presente, come premessa, che i porti erano il punto di transito tra due mondi, una posizione che non poteva sottrarsi all'attribuzione di simbologie e valenze religiose: sembra anche che ricadessero (insieme alle porte) sotto la specifica tutela della divinità che presiedeva ai passaggi, *Portunus / Ianus* (14). La vignetta del famoso rilievo Torlonia, ricca di elementi simbolici e apotropaici, illustra bene questa concezione.

Abbiamo insomma dati archeologici troppo scarsi sull'aspetto architettonico dei porti per disporre di sicuri elementi di discernimento. Qualche indizio viene a volte dal contesto: nella *Tabula Peutingeriana*, le vignette dei porti di *Fossis Marianis* e di *Portus Augusti* hanno almeno un sicuro valore geografico-topografico (Fig. 5) (15). Emblematiche sono le raffigurazioni del porto ostiense di Claudio nelle monete che ne celebrano l'inaugurazione sotto Nerone. Tra i diversi esemplari si riconoscono almeno due varianti fondamentali: nella prima, il bacino portuale è racchiuso a sinistra da un braccio su cui poggiano edifici e un portico voltato, che rappresenta probabilmente un fronte di edifici di servizio portuale, simile a quelli che si scorgono su altre monete (16), nelle stesse vignette della *Tabula* o nel mosaico di Toledo (Fig.

(12) Cfr. CUNTZ, SCHNETZ 1990, s.vv. *portus*: T. 1, pp. 76 e ss., per l'*Itinerarium maritimum*; T. 2 per la *Ravennatis Anonymi Cosmographia* e la *Guidonis Geographica*.

(13) SCHMIEDT 1978.

(14) Varro, *frg. Schol. Verg. Veron.*, *Aen.* 5, 241, «*Portunus ... , deus portuum porta]rumque praeses*»; *Portunus* aveva una propria festa: Varro, *L.L.*, 69, «*Portunalia dicta a Portuno, cui eo die aedes in portu Tiberini facta et feriae institutae*»; e un proprio *flamen Portunalis*: *Fest.*, p. 217. Per *Portunus/Fortuna/Poseidon*, cfr. Pauly-Wissowa, *R.E.*, s.v.; GRIMAL 1958, s.v.; *Thesaurus L.L.*, s.v. *portus*.

(15) WEBER 1976, vol. I, segm. I, 5 (*Fossis Marianis*); segm. 4, 5 (*Ostia*); per le vignette (qui Fig. 5), cfr. LEVI, LEVI 1967, pp. 124 e ss., 211.

(16) Cfr. PRICE, TRELL 1977, figg. 480-481 (ambienti voltati nel porto di Side); fig. 484.

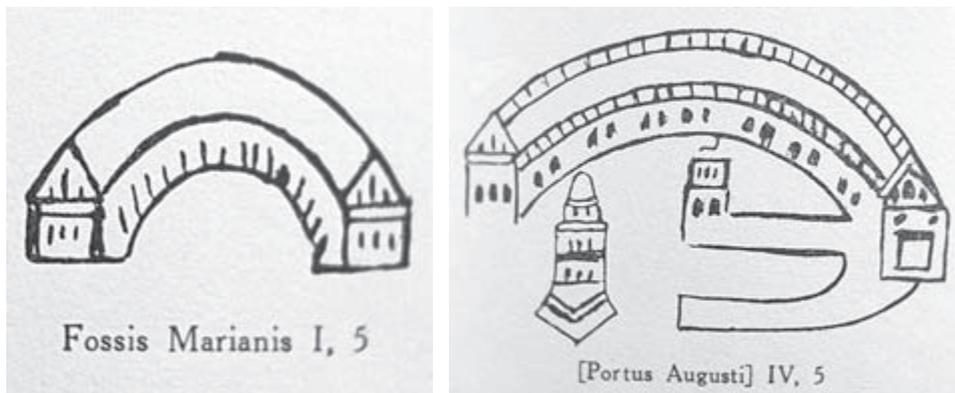


Fig. 5 – Le vignette della *Tabula Peutingeriana* con in porti di *Fossis Marianis* e *Portus Augusti* (da LEVI, LEVI 1967).

6) (17). In posizione speculare si osserva un braccio continuo la cui base sembra presentare delle cuspidi verso il basso (allusione a palificate di costruzione?) (Fig. 7a) (18). In un altro conio, il braccio sinistro diviene un portico colonnato, mentre il braccio destro assume decisamente l'aspetto di molo ad arcate; tra diversi segmenti si notano dei ringrossi terminanti verso il basso a punta e verso l'alto a torre (?) (Fig. 7b).

La configurazione del braccio destro lo ha fatto in passato interpretare come un molo a piloni (19); i moli ostiensi però, per quanto se ne conosce, sono a fondazione continua (Figg. 8-10). Questa lettura del porto di Ostia è uno degli elementi che hanno profondamente condizionato l'interpretazione anche di altri porti romani, facendo loro attribuire una presunta struttura “a *pilae*” (per la quale, come vedremo, si è anche trovata una spiegazione “idraulica”), quasi mai dimostrata ma accettata per oltre due secoli (20). Resta il fatto che in tutti e due i tipi monetali è volutamente rimarcata una differenza strutturale tra le due costruzioni, attraverso due modelli iconografici che dovevano essere noti e riconoscibili (21). Entrambi i motivi concorrono a caratterizzare la scena come portuale: il fronte curvilineo di ambienti in se-

(17) Ambienti voltati erano del resto anche a Portus, a Terracina, ad Anzio, lungo la banchina del porto di Testaccio a Roma, ecc.

(18) Per questa moneta, e in generale sulle rappresentazioni di porti, cfr. BLACKMAN 1992, pp. 81 e ss.

(19) Cfr. la “restituzione grafica” di T. Gallaccini (1597-1602) in *Sopra i porti di mare* I, fig. 30 (qui Fig. 10).

(20) LUCATELLI 1750, pp. 15 e ss.

(21) Cfr. TESTAGUZZA 1970.



Fig. 6 – Il mosaico di Toledo (part.) (da LEVI, LEVI 1967).

Fig. 7 – Monete dell'inaugurazione del porto di Ostia: a) da LEVI, LEVI 1967; b) da (P. POMEY (a cura di) *La navigation dans l'antiquité*, Aix-en-Provence 1997).



Fig. 8 – Ostia, porto di Claudio, molo ovest.

rie, dall'ingresso voltato o architravato (*porticus, navalia, horrea o tabernae*), e una costruzione affrontata a cui, indipendentemente dalla reale struttura, si è voluto con una caratterizzazione "sospesa" conferire l'aspetto di costruzione fondata in acqua (*conclusiones, moles*).

L'edificio sospeso (in analogia con i ponti) sembra assumere un generalizzato significato di stereotipo che, per convenzione, caratterizzava con immediatezza una scena come *aequorea*. Rappresentazioni di edifici litoranei, anche non specificamente portuali, che sembrano poggiare su arcate non mancano. Ad esempio, sulla colonna Traiana compaiono ambienti e moli voltati lambiti dal mare; l'intento descrittivo del rilievo può anche restituire un'ambientazione realistica, ma forse non su particolari come la struttura degli edifici a mare: un dettaglio, nell'economia della narrazione, secondario (Fig. 11) (22). Anche la pittura murale, soprattutto campana e laziale, è ricca di paesaggi marittimi e portuali, probabilmente scene di genere ispirate alle costruzioni flegree: pontili su piloni compaiono in pitture da Stabia, da Pompei, da una villa sull'Esquilino a Roma (Figg. 12-13) (23).

Un altro esempio è il molo che fa da sfondo ad un quadretto di libagione (dalla "villa grande" di S. Sebastiano) (Fig. 14). Da un tentativo di trasposizione grafica vi sono risultati riconoscibili alcuni elementi architettonici (la torre-faro, il portico, ecc.), ma l'insieme presenta delle incongruenze sul piano tecnico (Fig. 15) (24). In altre parole, da questa pittura non sembra possi-

(22) Vd. le scene 60, 61, 64-65 in REINACH 1909; cfr. STUCCHI 1965.

(23) Cfr. CARCOPINO 1913. In generale vd. REINACH 1922, LXVII - *Paysages maritimes*, pp. 378-384. Sembra che il porto rientrasse tra i motivi descritti da Vitruvio (7, V, 2) circa la pittura (di II stile): «*Pinguntur enim portus ...*».

(24) La pittura è in WIRTH 1934, tavv. 19 e 21; per la trasposizione grafica, FASOLO

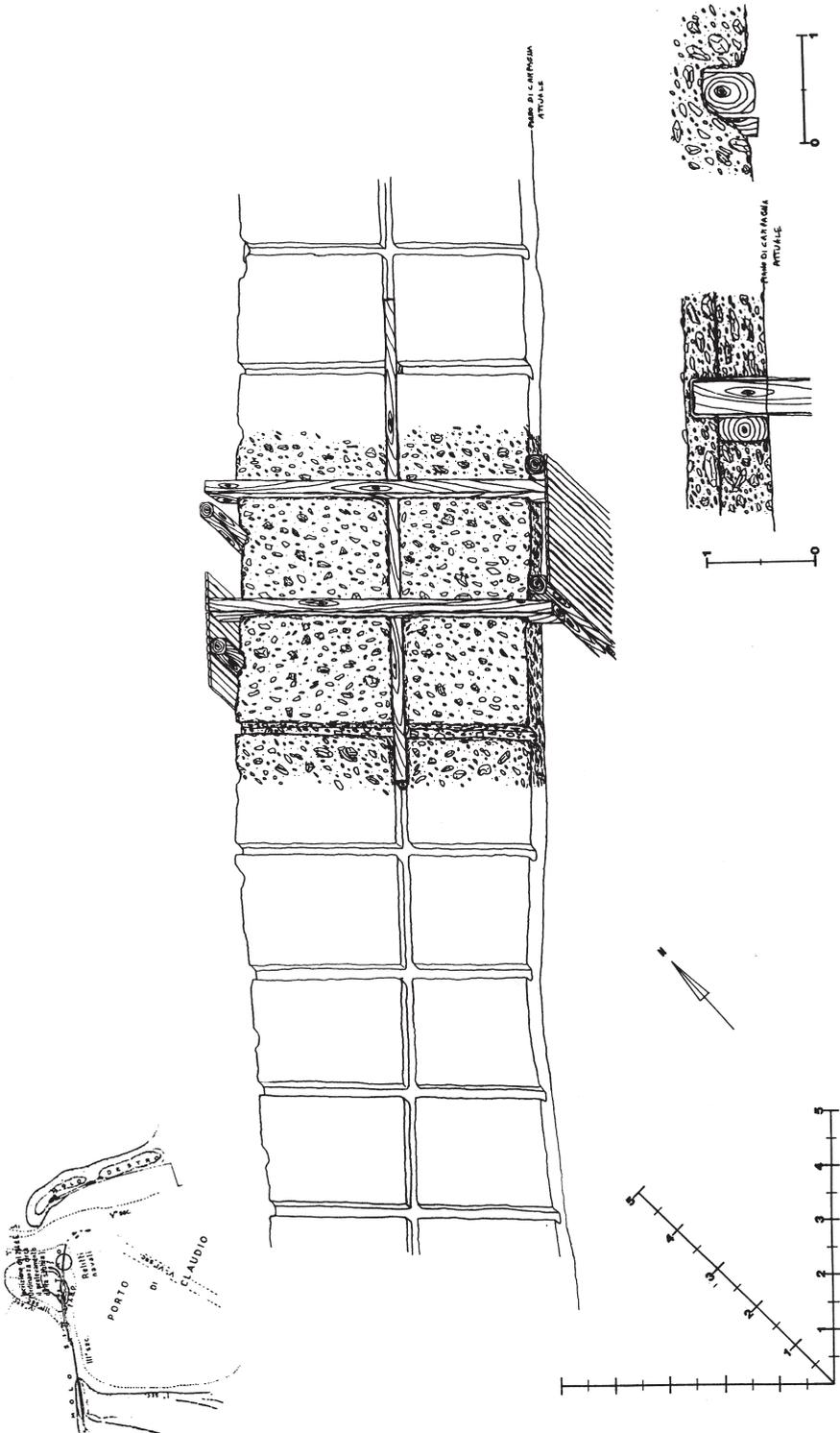


Fig. 9 – Ostia, porto di Claudio, settore del molo ovest, restituzione grafica.



Fig. 10 – T. Gallaccini, restituzione del porto di Claudio da un sesterzio di Nerone (da *Sopra i porti di mare I*).

bile identificare né un determinato edificio, né un monumento astratto ma almeno plausibile; eventualmente – con estrema cautela – se ne possono ricavare degli elementi “universali”, in parte credibili in sé ma ridotti a convenzione pittorica e assemblati in maniera alquanto incoerente. Analogo ragionamento può proporsi per il cd. Mosaico dei Conservatori, in cui una scena marittima è inquadrata in un porto sconosciuto (Fig. 16) (25).

Un cura dei particolari, che denota un notevole puntiglio descrittivo, si

1940, tav. III (qui Figg. 14-15).
 (25) Cfr. REDDÉ 1979, p. 866, fig. 7.

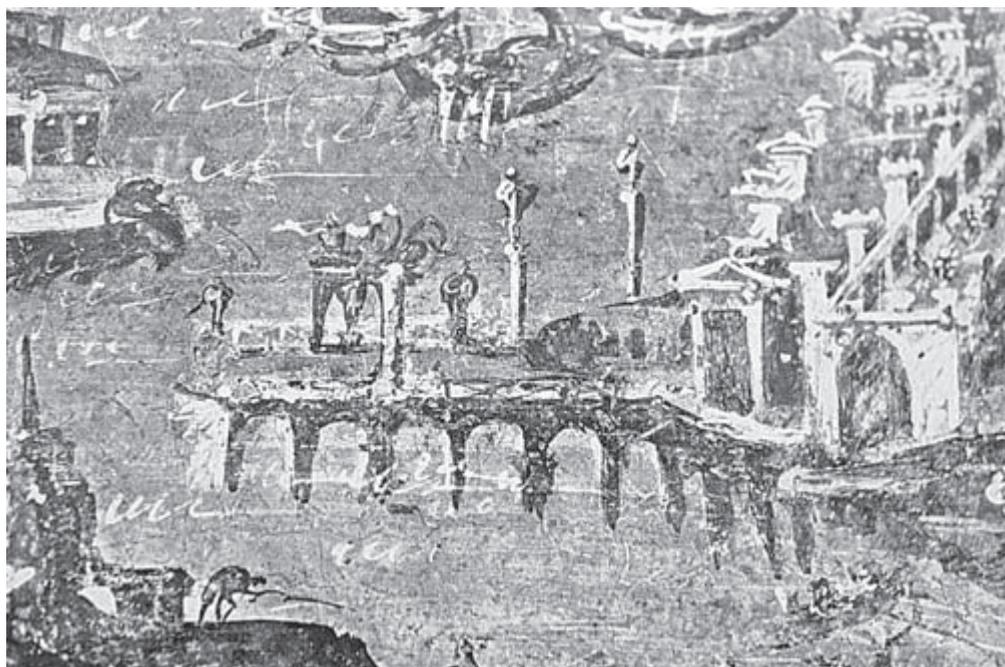


Fig. 11 – Scene marittime dalla Colonna Traiana (da REINACH 1909).

Fig. 12 – Pontile del Pittore Visionario (partic.) (da C.L. RAGGHIANI, *Pittori di Pompei*, Milano 1963).

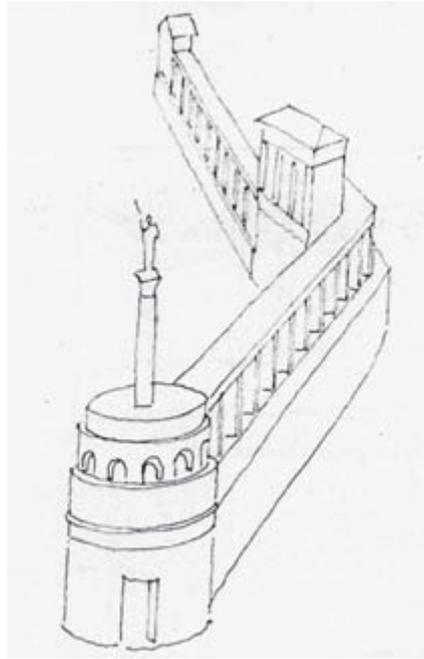
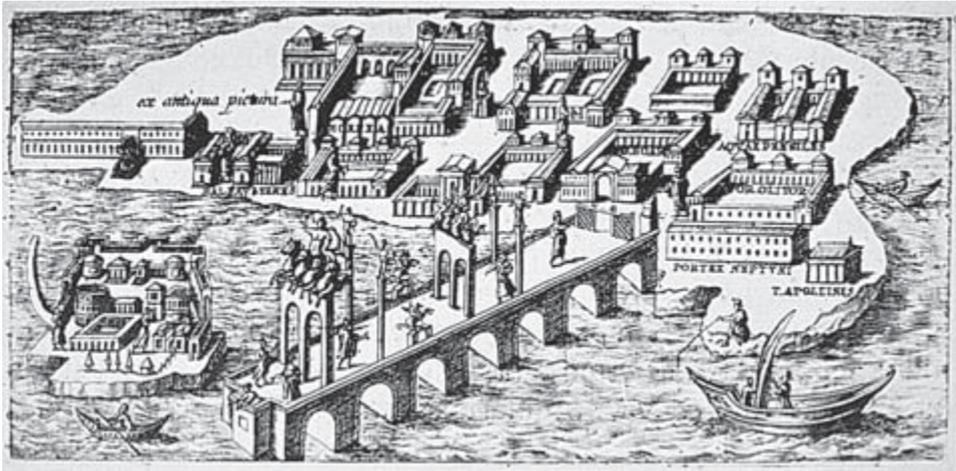


Fig. 13 – La pittura di Bellori (da Carcopino): è il molo di Pozzuoli?.

Fig. 14 – Affresco con scena di porto da S. Sebastiano (da WIRTH 1934).

Fig. 15 – Trasposizione grafica della fig. 14 (da FASOLO 1940).

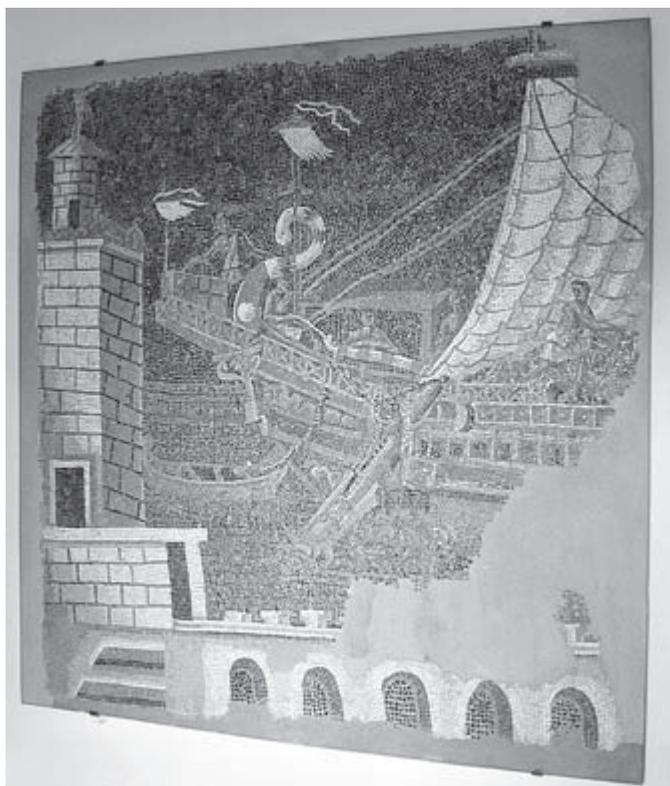


Fig. 16 – Il Mosaico dei Conservatori.

ha invece nelle notissime fiaschette raffiguranti il molo di Pozzuoli (Fig. 17); in questo caso, pur non potendo ricostruire l'apparato decorativo del monumento (archi, statue equestri, colonne, ecc.), si può almeno avere la certezza della veridicità dell'elemento strutturale delle *pilae*, che è anche ribadito epigraficamente (26).

Rappresentazioni di porti compaiono anche in ambito funerario, ma per la ricerca di elementi di realismo si deve tenere presente che il porto è per antonomasia salvezza, quiete raggiunta dopo le burrasche della vita (*perflugium*) (27); una metafora che si consoliderà in ambiente cristiano (28). Non è facile valu-

(26) Cfr. OSTROW 1979; non è più accettata l'ipotesi di STUCCHI 1965, nota 43, secondo cui l'indicazione *pilae* sul molo di Pozzuoli si riferirebbe alla coppia di colonne.

(27) *Em., Scaen.* 369: «*Neque sepulcrum, quo recipiat, habeat naufragus, portum corporis ...*».

(28) *Optat.*, 4, 1, p. 121, 20: «*baptisma ... innocentiae portum*».

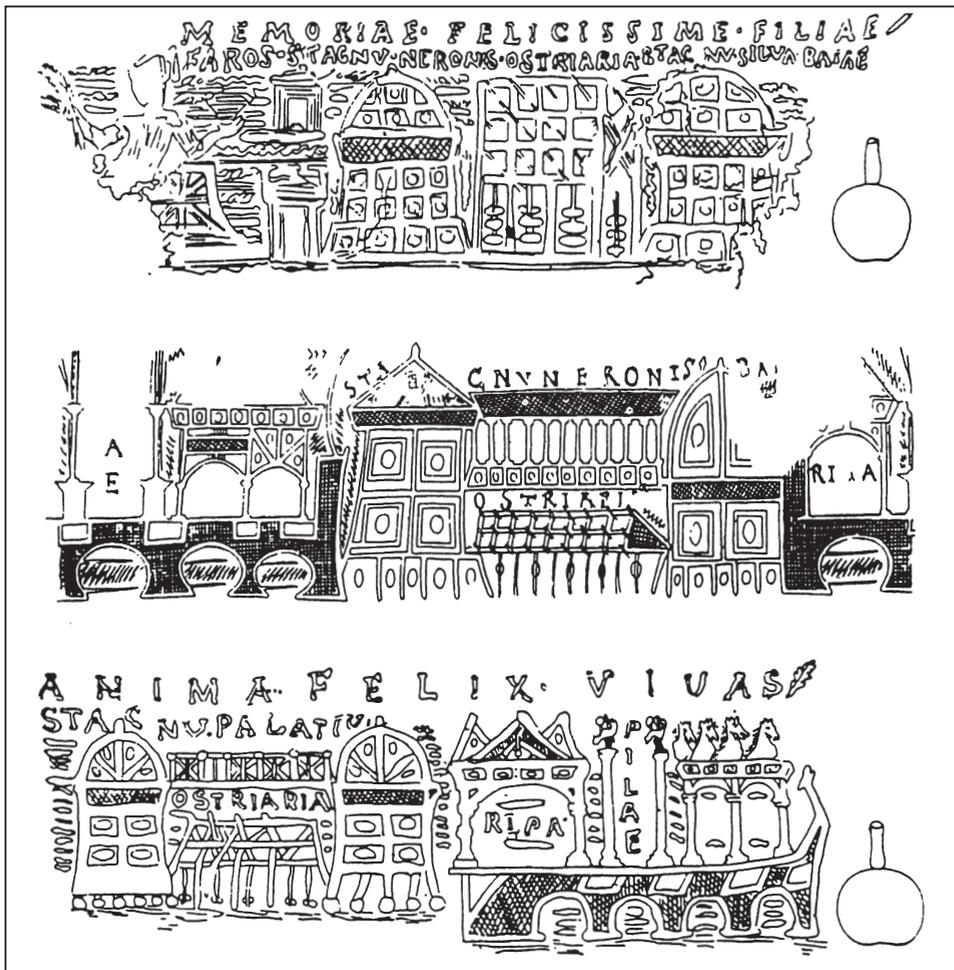


Fig. 17 – Il molo di Pozzuoli sulle ampolle di vetro (da OSTROW 1979).

tare in che misura questa valenza trasfigurasse la realtà. Certamente il faro ostiense nelle tombe di Porto (come nelle *stationes* del Piazzale delle Corporazioni a Ostia), pur ridotto al segno grafico essenziale dei “dadi” sovrapposti, rappresentava il monumento emblematico del paesaggio locale, ma in molti altri casi la convenzione avrà avuto il sopravvento (Fig. 18) (29).

(29) Cfr. REDDÉ 1979, p. 863.

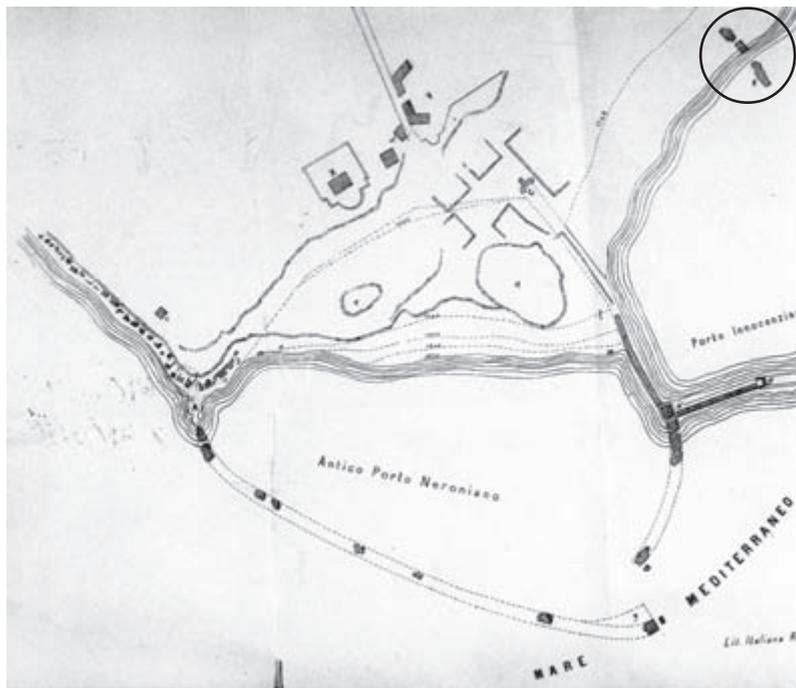


Fig. 18 – Sarcofago con scena di porto.

Fig. 19 – Anzio, porti innocenziano e neroniano: pianta d'epoca col "Moletto Panfil".

LA DOCUMENTAZIONE MODERNA

La documentazione iconografica moderna è spesso preziosa per verificare le modificazioni dei siti. Per la ricerca è opportuno spaziare nelle sedi più eterogenee: resti antichi compaiono infatti in dipinti, fotografie, foto aeree oblique e cartoline d'epoca come ruderi e "scogli", gli elementi caratteristici del paesaggio marino. Attingendo a queste fonti si è riusciti ad esempio a "recuperare" ad Anzio un terzo molo romano, finito sotto un'installazione

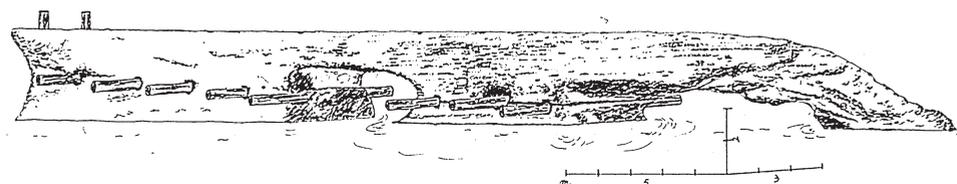
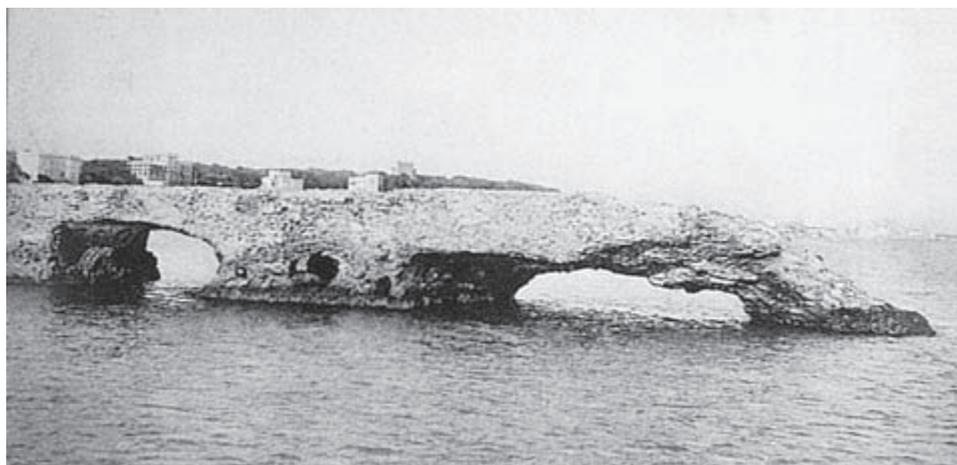


Fig. 20 – Anzio, porto neroniano, bacino est: il molo romano chiamato Moletto Panfili.

Fig. 21 – Anzio, porto neroniano, bacino est: restituzione grafica del molo.

moderna, restituendo quindi al porto neroniano l'originaria estensione su due bacini (Figg. 19-21) (30).

Utilissima è la documentazione conservata negli archivi (di Stato, comunali, ecc.). Mappe e incisioni restituiscono informazioni topografiche; a queste si aggiungono i progetti e le relazioni tecniche e amministrative relativi a costruzioni e rifacimenti di opere marittime, documenti che danno conto di fasi della vita moderna delle strutture antiche. Spesso anche scritti e relazioni di circolazione locale su singoli impianti portuali, a cui certo non si può attribuire alcun valore scientifico dal punto di vista archeologico, sono però testimonianza di situazioni non altrimenti ricostruibili e utili fonti di microstorie edilizie, marginali ma utili a sgombrare il campo da insidie pericolose per l'interpretazione (31). Anche le trattazioni di edilizia marittima moderna

(30) Cfr. FELICI, BALDERI 1997a.

(31) Nella *Relazione sullo stato antico e moderno del porto d'Anzio* di G. Venturoli

offrono interessanti spunti comparativi. Fino ai primi del secolo, quando si iniziò ad impiegare il cemento Portland (32), in Italia tecnologie e metodi sono rimasti simili a quelli romani; nella documentazione storico archivistica moderna si ritrovano quindi applicazioni e chiarimenti ingegneristici utili a comprendere le tecniche antiche, a evitare, in specifici casi, fraintendimenti tra antico e moderno, e anche ad apprezzare gli sforzi, da parte di architetti e ingegneri, nel cercare di assimilare le tecniche antiche e di riprodurle nei loro lavori (Fig. 22) (33).

La costruzione portuale romana in calcestruzzo

OPERA CEMENTIZIA E COSTRUZIONI PORTUALI

I prodromi applicativi dell'*opus caementicium* nelle costruzioni portuali (in senso lato) si possono individuare nella *Porticus Aemilia* a Roma; si trattava tuttavia di infrastrutture a terra (34). Il primo esempio di costruzione portuale in calcestruzzo eseguita direttamente in acqua è invece ritenuto il molo di *Cosa*, datato, sulla base di frammenti d'anfora con bollo *SES[tius]* annegati nel cementizio (che tuttavia possono solo rappresentare un *terminus post quem*), alla fine del II sec. a.C. (35).

In seguito, l'impiego massiccio di questa collaudata tecnica edilizia costituì un supporto efficace alle strategie imperiali di munizione delle rotte, particolarmente intense soprattutto tra la fine del I secolo a.C. e i successivi tre: dall'attività augustea (Pozzuoli, Miseno, Porto Giulio, ecc.) (36), all'in-

(1838), conservata all'Archivio di Stato di Roma, Camerale III, b. 1508, si proponeva di realizzare dei varchi nei moli di Anzio con gli esplosivi per creare passaggi di corrente. Un'operazione analoga fu effettuata nel 1768 nel molo romano di Ancona, in cui vennero realizzati dei "trafori" con lo stesso scopo, come narra PERIANI 1921, p. 22. Quest'operetta di Periani (che fu giustamente stimata irrilevante sul piano archeologico da STUCCHI 1965), presenta però l'utilità di ripercorrere, dal punto di vista di un ingegnere portuale, la storia edilizia del porto di Ancona.

(32) Cfr. PERIANI 1937, p. 5.

(33) L'ingegner D. Fontana, ai primi del Seicento, così argomentava in una disputa tecnica: «Li pilieri del Ponte de Pezzuolo sono stati fondati a cassa con pieter minute e piccole di buona calcia et pozzolana ma non a casse [...] il che gli antichi non hanno mai usato, ma hanno fatte le casse col piantar li pali attorno ove si è voluto far la fabbrica, e poi riempir a getto, ma questo non lo facevano se non in quelli luoghi dove vi era il fondo da circa 25 in 30 et 40 palmi» (da *Sopra i porti di mare* II, p. 131). Anche se assai debole nella trattazione di Vitruvio, la collana storica *Sopra i porti di mare* si segnala per la ricchezza della documentazione storica e archivistica.

(34) Cfr. CASTAGNOLI 1980, pp. 38-39.

(35) GAZDA 1987, pp. 74 e ss., anche per la bibliografia precedente.

(36) Cfr. CASTAGNOLI 1977, pp. 62 e ss.; GIANFROTTA 1996.

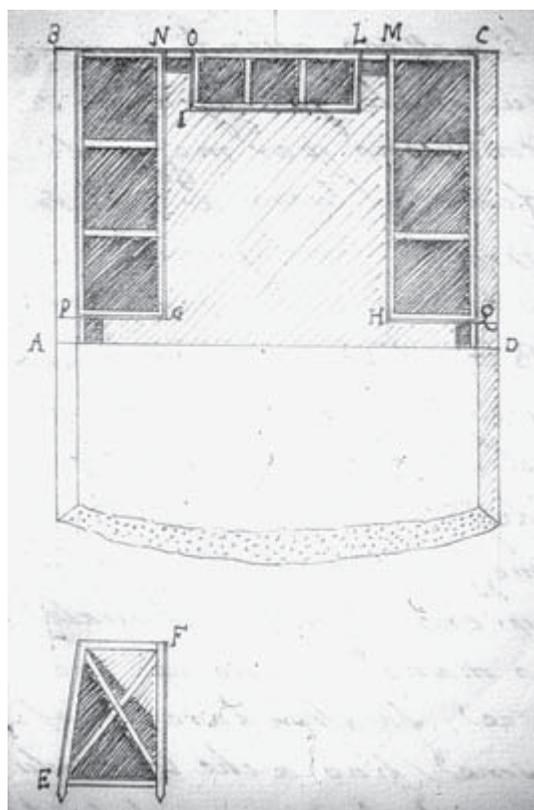


Fig. 22 – Anzio, porto innocenziano: progetto di cassone dell’architetto camerale Camporesi (Archivio di Stato di Roma).

tervento di Claudio a Ostia, alla sempre più evidente azione progettuale e costruttiva di Nerone (*Leptis Magna*, Ostia, *Circeii*, Anzio) (37), di Traiano (Ancona, Brindisi, *Portus*, Civitavecchia, Terracina), degli Antonini, fino ai Severi (38).

Va però precisato che l’uso del cementizio non era generalizzato. Si continuò a costruire in pietra da taglio laddove la disponibilità rendeva più semplice ed economico lavorare questo materiale, come, ad esempio, sulla costa istriana (39).

(37) Sulle numerose realizzazioni neroniane, cenni e bibliografia in FELICI, BALDERI 1997a.

(38) Cfr. SOMMELLA 1988, pp. 205 e ss., 281 e ss.

(39) DEGRASSI 1955, p 167.

Un passo del *De architectura* (V, XII) di Vitruvio è l'unica fonte "manualistica" sulla costruzione di opere portuali. Non mancano tuttavia altre descrizioni, anche se più generiche, come quella di Flavio Giuseppe per la costruzione di Sebastos, il porto di *Caesarea Maritima* (40), o quella di Procopio di Cesarea (41).

In primo luogo Vitruvio fornisce indicazioni sulla disposizione dell'impianto in relazione alle condizioni naturali (42). Passa poi a enunciare le tecniche fondamentali di costruzione delle strutture in acqua, basate su tre "modi": i primi due trattano le costruzioni da fare direttamente sul punto di destinazione, mediante gettata in casseforme di legno; il terzo prevede la realizzazione a terra di blocchi prefabbricati da gettare poi in acqua. Solo per il primo modo, Vitruvio prescrive esplicitamente l'impiego dell'*opus caementicium* pozzolanico.

L'interpretazione del passo è complessa: l'autore ha proceduto per grandi linee, dando per scontate le conoscenze di base nel lettore e non menzionando casi particolari; forse egli stesso non si era mai direttamente interessato della cosa, e ha riferito informazioni raccolte. Il testo è poi pervenuto in varie lezioni, con alcune corruzioni; la prosa è ellittica, certe costruzioni inconsuete; qualche lemma non ha riscontro altrove, ecc. (43).

L'esegesi sul testo vitruviano è iniziata nel Rinascimento. *L'editio princeps* in Italia apparve intorno al 1486 (44); la versione Cesariana "in vulgare" fu stampata nel 1521 (45). Si avviò un processo di assimilazione e interpretazione; le tecniche per costruire moli e banchine direttamente in acqua furono oggetto di continua e tormentata analisi (che continuò fino all'Ottocento), anche attraverso lo studio delle rovine antiche, a cui parteciparono numerosi "tecnici", tra cui Francesco Di Giorgio Martini, Leon Battista Alberti,

(40) *Antichità Giudaiche* XV, 334-338; *La guerra giudaica* I, 411-413.

(41) Il quale (*De aedificiis* 1, 11, 18-20) descrive la posa di cassoni: cfr. HOHLFELDER 1988.

(42) *Vitr.* V, XII, 1: «*Hi autem naturaliter si sint bene positi habeantque acroteria sive promunturia procurrentia, ex quibus introrsus curvaturae sive versurae ex loci natura fuerint conformatae, maximas utilitates videntur habere. Circum enim porticus sive navalia sunt facienda sive ex porticibus aditus [ad] emporia turreaque ex utraque parte conlocandae, ex quibus catenae traduci per machinas possint. Sin autem non naturalem locum neque idoneum ad tuendas ab tempestatibus naves habuerimus, ita videtur esse faciendum, uti, si nullum flumen in his locis impederit sed erit ex una parte statio, tunc ex altera parte structuris sive aggeribus expediuntur progressus, et ita conformandae portuum conclusiones*» (ediz. Fensterbusch).

(43) Cfr. CALLEBAT 1982; CALLEBAT, BOUET, FLEURY, ZUINGHEDAU 1984; CALLEBAT, FLEURY 1995.

(44) Curata, secondo POLENI 1739, da Giovanni Sulpizio.

(45) Cfr. FONTANA, MORACHIELLO 1975; VAGNETTI, MARCUCCI 1978 p. XX.

e forse anche Leonardo (Figg. 23-24) (46). L'esperienza delle maestranze tuttavia, a prescindere dalle prime sistematizzazioni teoriche, sembra avesse mantenuto le tecniche romane nel proprio bagaglio tradizionale: casseforme lignee sono documentate (ad esempio) per il XV secolo, in almeno una fase di costruzione di un ponte medievale a Cahors, in Francia (Fig. 25) (47).

Naturalmente, tutta questa letteratura non fornisce dati archeologici in senso stretto, ma è utile in quanto restituisce formulazioni teoriche di metodi di costruzione, la cui applicazione pratica è a volte rintracciabile nella documentazione tecnica di specifici cantieri. Nella continuità operativa quindi, indirettamente o esplicitamente, essa offre una sorta di confronto "sperimentale" con le regole di Vitruvio (48).

Sulla base delle esperienze letteraria e pratica, già nel Settecento si cominciarono a guardare le rovine dei porti antichi con occhio critico, cercandovi spunti tecnici: da quelle osservazioni scaturirono intuizioni notevoli sulle fabbriche romane, che però, rimaste confinate nella letteratura ingegneristica, hanno scarsamente inciso sulla moderna interpretazione archeologica (49).

LA POZZOLANA

Il *pulvis puteolanus* è il materiale – chiave per la realizzazione di un cementizio in grado di "tirare" anche se immerso nell'acqua. Vitruvio, tra gli altri, ne descrive le proprietà: «... *est enim genus pulveris quod efficit naturaliter res admirandas; non modo aedificiis praestat firmitatem, sed etiam moles, cum struuntur in mare, sub aquam solidescunt* (II, VI, 1)» (50). Largamente impiegata su tutta la costa tirrenica (Campania, Lazio ecc.), la pozzolana giunse perfino ad essere "esportata" (forse insieme a legname e a maestranze specializzate) da Pozzuoli sulle coste della Palestina per la costruzione del

(46) Cfr. SIMONCINI 1993, pp. 37 e ss.

(47) Cfr. DEPEYROT 1974.

(48) Vd. ad esempio la relazione del Padre Labat, testimone oculare intorno al 1710 dei lavori nel nuovo porto d'Anzio, in BOCCI 1887, p. 12, n. 1: «On se sert de caissons [...] ce sont de coffres de charpente de dixhuit à vinct pieds en quarré bien et fortiment assemblés, garni de planches doubles ...».

(49) Vd., ad esempio, LINOTTE 1824, fasc. XXIII, p. 235: «Nei ruderi emersi dall'acqua [...] ed in quelli sott'acqua, si vedono buchi regolari profondi e verticali di un diametro all'incirca di 25 cent.: altri se ne osservano orizzontalmente [sic] posti, che traversano i massi di fabbrica fuori dall'acqua [...]. I primi sono sicuramente i vuoti lasciati dalli pali infradiciati conficcati prima internamente nelle casse, per sostenere la lunghezza delle traverse; ed i secondi sono parimente i vuoti lasciati dalle traverse, o catene, che fortificavano le casse».

(50) Strabone (V, 4, 6) su Pozzuoli: «gli ancoraggi artificiali (realizzati) grazie alla natura favorevole della polvere»; Sen., *Nat. Quaest.* III, 20, 3; Plin., *N.h.* IV, 35, 116, cfr. CASTAGNOLI 1977, pp. 62 e s.

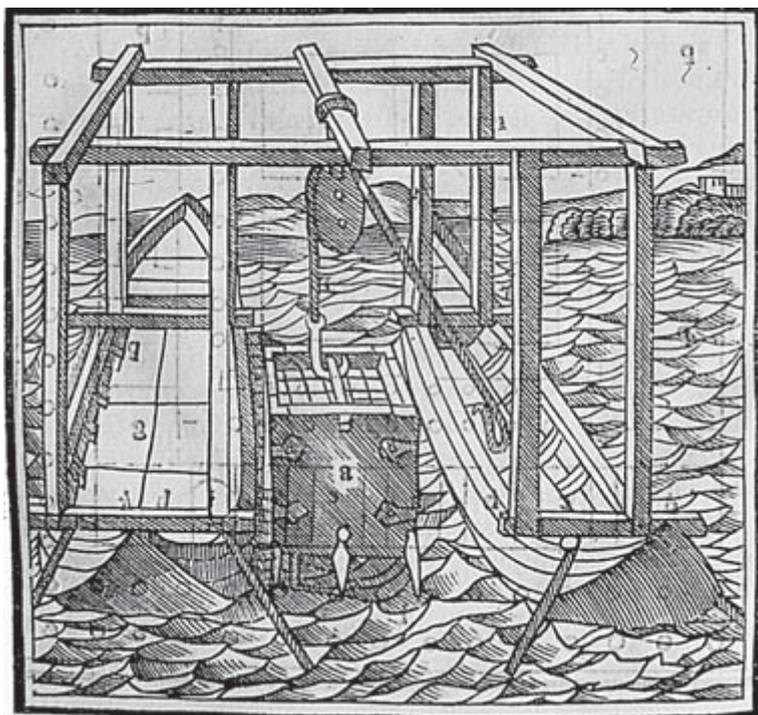
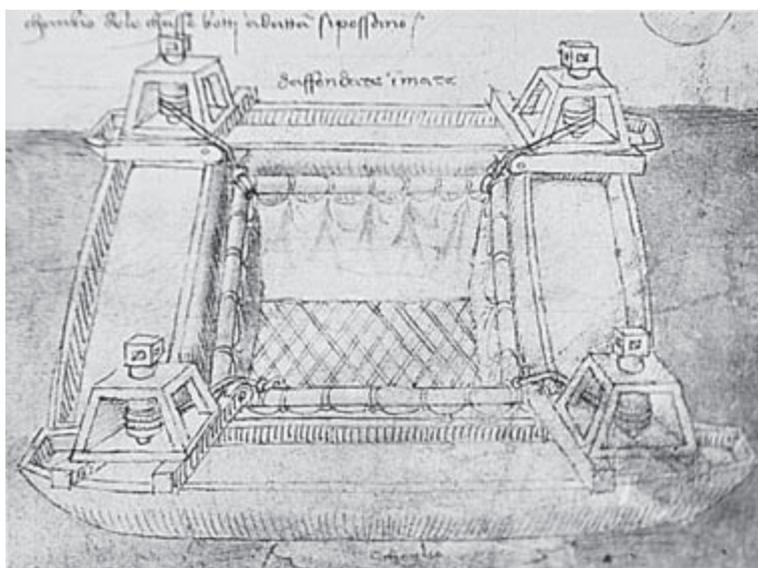


Fig. 23 – Il cassone per costruzioni subacquee secondo Francesco Di Giorgio Martini.

Fig. 24 – Il cassone per costruzioni subacquee secondo Francesco L. Durantino.

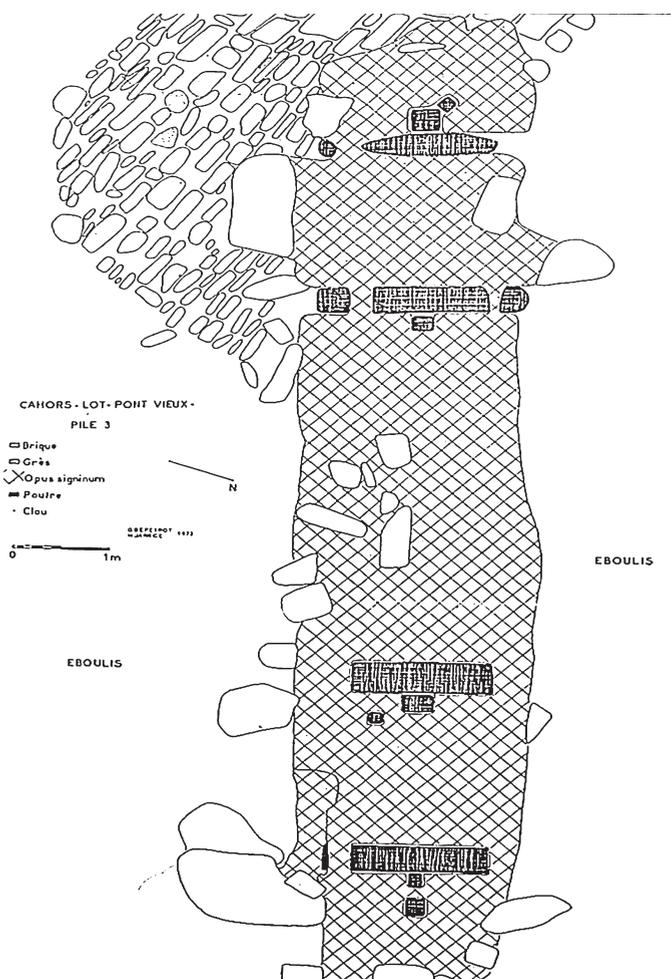


Fig. 25 – Ponte di Cahors: tecniche romane in un pilone medievale (da DEPEYROT 1974).

porto di Erode a *Caesarea Maritima* (Fig. 26) (51): era infatti un eccellente “carico di ritorno” per le navi che trasportavano grano da Alessandria a Pozzuoli (52).

La disponibilità di pozzolana dunque, secondo Vitruvio, era il presupposto per fabbricare in ambiente sommerso:

(51) Cfr. OLESON, BRANTON 1992.

(52) Cfr. GIANFROTTA 1993, p. 124.

Eae autem structurae, quae in aqua sunt futurae, videntur sic esse faciendae, uti portetur pulvis a regionibus, quae sunt a Cumis continuatae ad promunturium Minervae, isque misceatur, uti in mortario duo ad unum respondeant.

(Ora, queste opere, che sono destinate a stare in acqua, sembra che debbano fabbricarsi in questo modo, portando cioè la pozzolana dalla zona che si estende da Cuma al promontorio di Minerva, e mescolandola, in modo che nel trogolo si trovi in proporzione di due parti per una [di calce].)

La presenza di pozzolana in una struttura rimanda quindi con buona probabilità ad una tecnica “idraulica”: l’economia del cantiere era infatti condizionata dalla reperibilità di questo elemento, che – se disponibile in abbondanza – consentiva di risparmiare enormemente sulle opere di carpenteria realizzando casseforme semplificate. Qualche indizio suggerisce che valutazioni di questo tipo abbiano spesso condizionato le scelte di cantiere. Il molo di *Cosa* è costruito nella parte immersa in acqua in calcestruzzo di tufo e malta con abbondante pozzolana; la parte superiore è realizzata anch’essa in cementizio, ma non contiene né tufo né pozzolana: sembra trattarsi di una forma di risparmio di questi materiali, che per difficoltà di reperimento venivano forse riservati alle parti dove erano ritenuti indispensabili (Fig. 27) (53).

I TRE “MODI” DI VITRUVIO

Vitruvio sintetizza le tecniche per costruire in acqua in tre metodologie fondamentali. Come in ogni genere di costruzione, le maestranze dovevano però far fronte di volta in volta a problemi diversi, adattando le tecniche di base alla situazione con espedienti e soluzioni originali che si riscontrano, come vedremo, nei resti edilizi, ma che è inutile cercare nel testo vitruviano (Fig. 28).

Costruzione in cassaforma “inondata”

Deinde tunc in eo loco, qui definitus erit, arcae stipitibus robusteis et catenis inclusae in aquam demittendae destinandaeque firmiter; deinde inter ea extrastilis inferior pars sub aqua exaequanda et purganda, et caementis ex mortario materia mixta, quemadmodum supra scriptum est, ibi congerendum, denique compleatur structura spatium, quod fuerit inter arcas.

(Quindi, in quel punto stabilito, si debbono affondare e bloccare con sicurezza delle casseforme tenute insieme da montanti di quercia e tiranti trasversali; poi, nel vano interno, [lavorando] dalle traversine si deve livellare e pulire il fondale e gettare la malta, preparata come è spiegato sopra,

(53) Cfr. FELICI, BALDERI 1997b. Nelle strutture di Anzio le parti immerse contengono esclusivamente tufo, ma a quota superiore si trova anche pezzame di selce, cfr. FELICI 1993.



Fig. 26 – Sebastos, il porto di *Caesarea Maritima*.

Fig. 27 – Porto di Cosa, pilone 2: gettate cementizie differenziate.

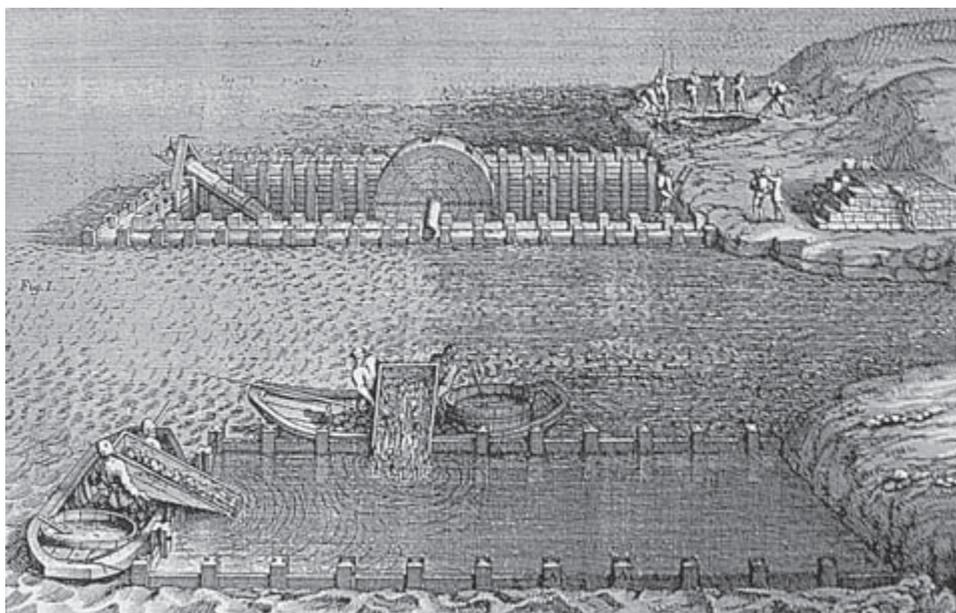


Fig. 28 – Le casseforme inondata e stagnata (da PERRAULT 1673).

mischiata al pezzame di pietra, fino a che lo spazio tra le paratie non sia riempito di calcestruzzo).

La caratteristica saliente per la gettata in acqua consiste nell'assenza di stagnatura di questo tipo di cassa, che, secondo Vitruvio, non doveva nemmeno avere il fondo: infatti, una volta assemblata la struttura, *l'inferior pars sub aqua* era *exaequanda et purganda*. Invece casseforme con il fondo, che Vitruvio non menziona, sono sicuramente documentate a Laurons e a *Caesarea Maritima* (Figg. 29-30) (54). In questi casi evidentemente la struttura venne fabbricata a terra, e poi fatta navigare fino al punto stabilito, per esservi ancorata e affondata.

Quando, invece, si riscontrano all'interno della massa cementizia impronte di pali montanti, è infatti logicamente certo che si tratti della cassa senza fondo descritta da Vitruvio, il cui assemblaggio avveniva dunque direttamente sul posto, con un procedimento che può sinteticamente ricostruirsi nel modo seguente.

Venivano piantati dei pali (*destinae*) che avevano la funzione di formare l'ossatura portante della "macchina", e forse anche di costituire un ancoraggio dell'opera al fondale, secondo il principio del "molo su palafitta"; natu-

(54) Per Laurons, cfr. XIMÉNÈS-MOERMAN 1985 e 1989; per *Caesarea*, cfr. BRANDON 1997.

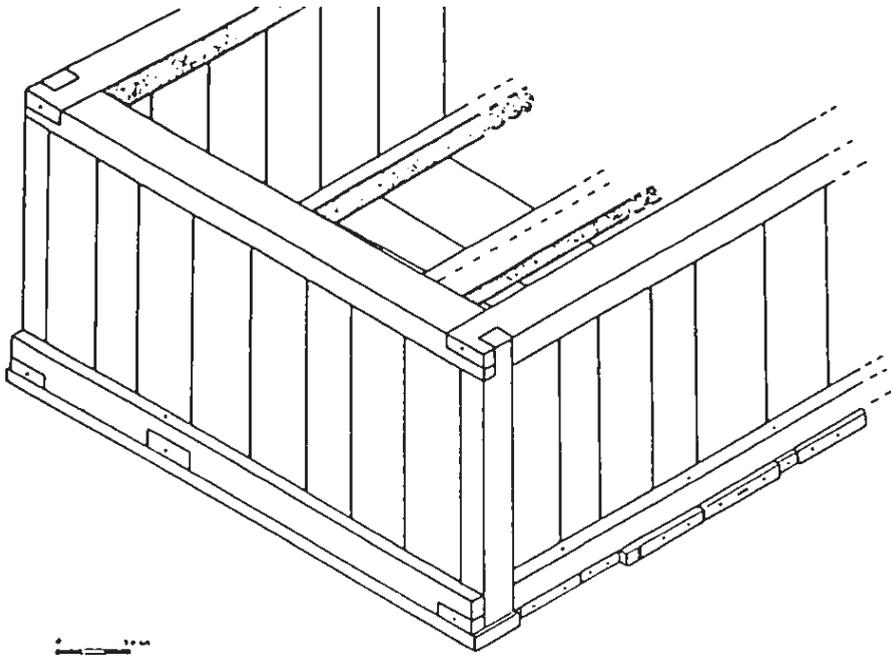


Fig. 29 – Porto di Laurons: cassaforma (da XIMÉNÈS, MOERMAN 1988).
Fig. 30 – Porto di *Caesarea*: cassaforma (da BRANDON 1997).

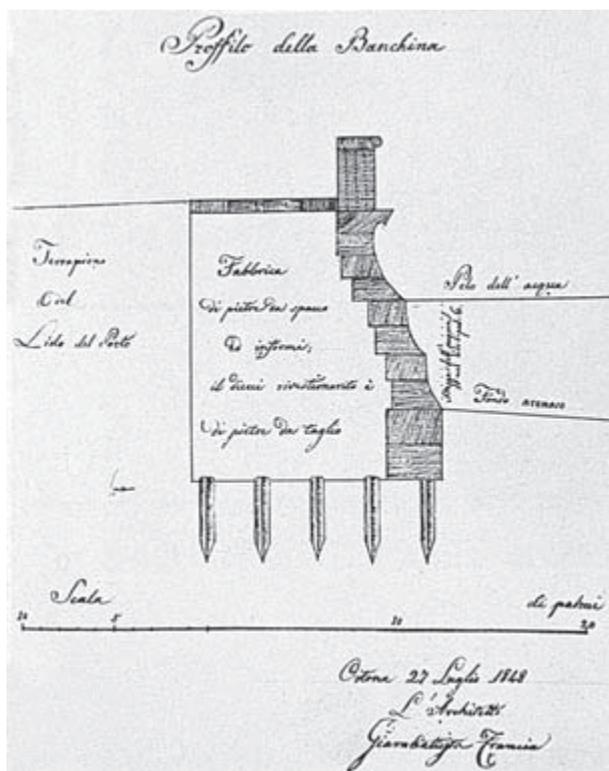


Fig. 31 – Molo su palafitta da un progetto ottocentesco (da *Sopra i porti di mare II*).

ralmente, questa operazione era possibile solamente sui fondali sabbiosi (Fig. 31-32) (55).

Si proseguiva con l'installazione di travature trasversali, fissate ai pali montanti. Questi elementi assolvevano a diverse funzioni. La principale era di esercitare dall'interno delle casseforme la forza necessaria a contrastare la spinta verso l'esterno sulle pareti del cementizio fresco; in relazione a questa funzione le traverse prendevano il nome di *catenae* (Fig. 33-34). Si trattava di un elemento indispensabile, perché, costruendo in acqua e in particolare su fondali sabbiosi, non era ragionevolmente possibile sistemare dei puntoni esterni. Poiché almeno un ordine di traverse veniva installato poco al di sopra del livello del mare, su di esse poteva poggiarsi un tavolato provvisorio praticabile, da cui (*extrastilis*) svolgere le operazioni di *exaequatio* e *purgatio*

(55) Cfr. CALLEBAT, FLEURY 1995, s.v. *destina*. I moli su palafitte sono ancora usati, cfr. COHEN CAGLI, MELLI 1935, p. 15, fig. 20.



Fig. 32 – Anzio, porto neroniano, molo ovest, blocco III *destina* allo scoperto dopo un crollo.
Fig. 33 – Anzio, porto neroniano: *catena* e *destina* sulla spiaggia.



Fig. 34 – Porto di Side: impronta di *catena* (da SCHLÄGER 1971).

del fondale nonché di gettata del cementizio; in questa funzione si definivano appunto *transtilla* (56). A queste si aggiunge che le testate delle travi sporgenti lateralmente costituivano un appoggio per le impalcature necessarie alla costruzione degli elevati.

(56) Sulla questione, cfr. FELICI 1993, p. 97. Nelle more della stampa è peraltro apparsa la pregevole opera a cura di P. Gros, *Vitruvio, De architectura* (Torino 1997), con la traduzione e il commento di A. Corso e E. Romano. Qui, in 5, XII, 3, viene giustamente accolta la lezione *ex transtilis* (da emendare però in *ex transtil[li]s*) ma – inspiegabilmente – del passo viene proposta una versione discutibile: «... si debbono far scendere nell'acqua e fissare fermamente casse *fatte* di pali di rovere e tenute ferme con catene, poi nel tratto intermedio la sezione inferiore sotto acqua deve essere livellata e ripulita *con piccole travi traverse* ...». Osserviamo, innanzitutto, che in Vitruvio le *arcae* sono *inclusae*, e non “fatte”, *stipitibus*: l'integrazione è dunque arbitraria. I traduttori ritengono poi che le “piccole travi traverse” fossero gli attrezzi per la ripulitura; una lettura nuova, che riteniamo tecnicamente insostenibile, di cui non danno alcuna spiegazione. L'interpretazione di *transtra* come “traverse” discende invece dalla traduzione di F. Calvo: cfr. FONTANA-MORACHIELLO 1975, p. 231.

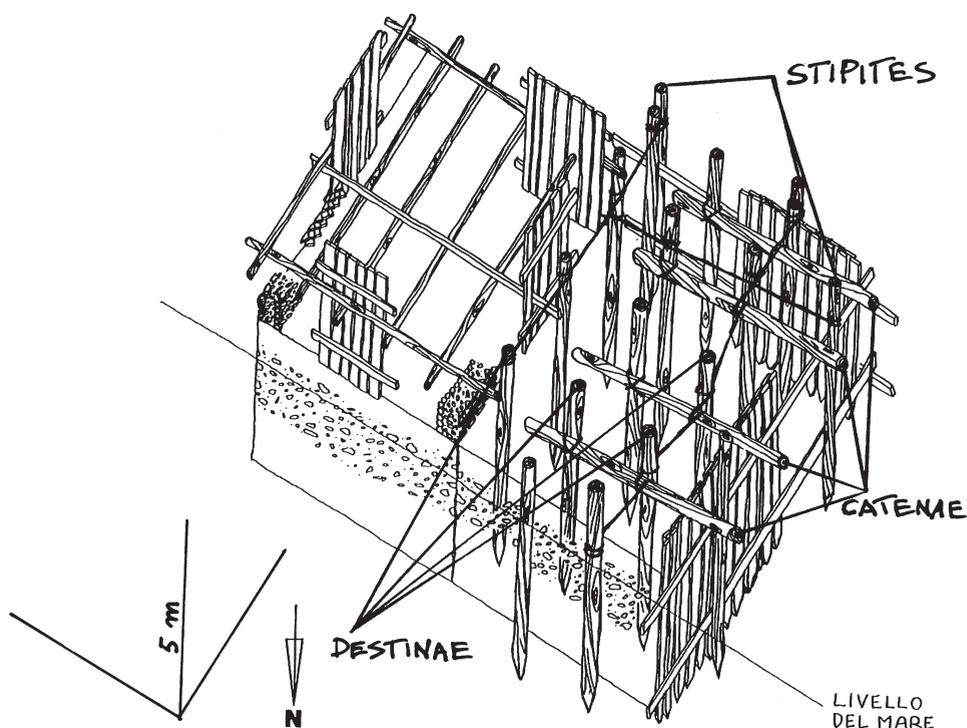


Fig. 35 – Anzio, porto neroniano, molo est, blocco II: restituzione assonometrica della cassaforma.

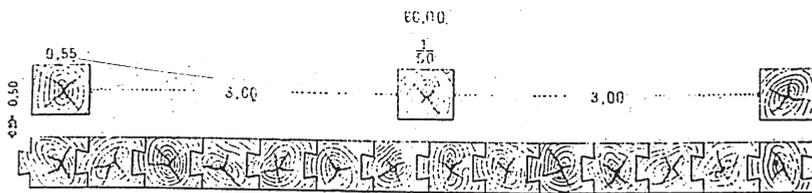
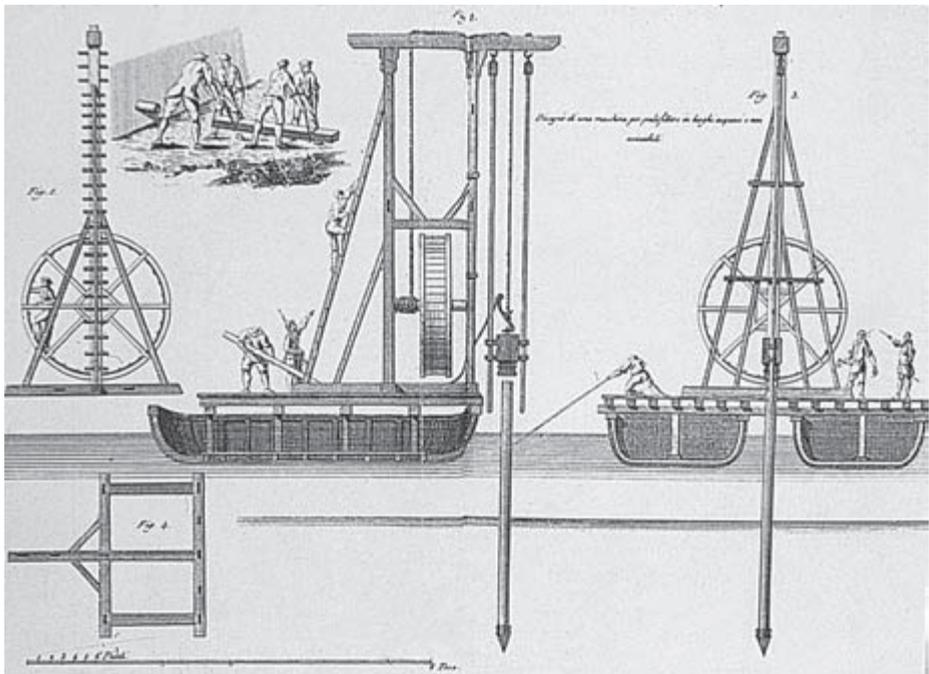
Seguiva il montaggio delle paratie che componevano la cassaforma (*arca*), che erano agganciate alle traverse e rincalzate (*inclusae*) con altri pali montanti esterni (*stipitibus*) di quercia (*robusteis*) (Fig. 35). I pali potevano essere armati con puntazze di metallo (Figg. 36-37) (57).

La cassaforma inondata non consentiva ovviamente di fabbricare paramenti: il cementizio veniva quindi gettato direttamente a contatto con il legno. In questo caso, quindi, sulle pareti dei moli si possono riscontrare le impronte lasciate dalle facce delle assi (Fig. 38) (58). Naturalmente anche una cassa stagnata, nella quale si fosse però rinunciato al paramento, avrebbe lasciato impronte analoghe.

Il paramento era riservato agli alzati (Fig. 39). Una volta completato il basamento del molo, portandone la quota sopra il livello del mare, la fabbri-

(57) Cfr. MARCHETTI 1891; UCELLI 1950, pp. 119 e ss.; GIULIANI 1990, figg. 5.6 e 5.8

(58) Impronte, ad esempio, ad Anzio, Cosa, Fiumicino, Pyrgi, Side.



PARTICOLARI DELLA PALAFITTA



CUSPIDI
DEI
PALI

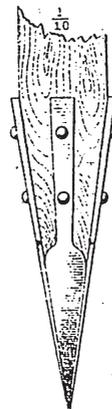


Fig. 36 – Il battipalo in un disegno d'epoca (da *Sopra dei porti di mare I*).
Fig. 37 – Le puntazze di armatura per i pali (da MARCHETTI 1891).

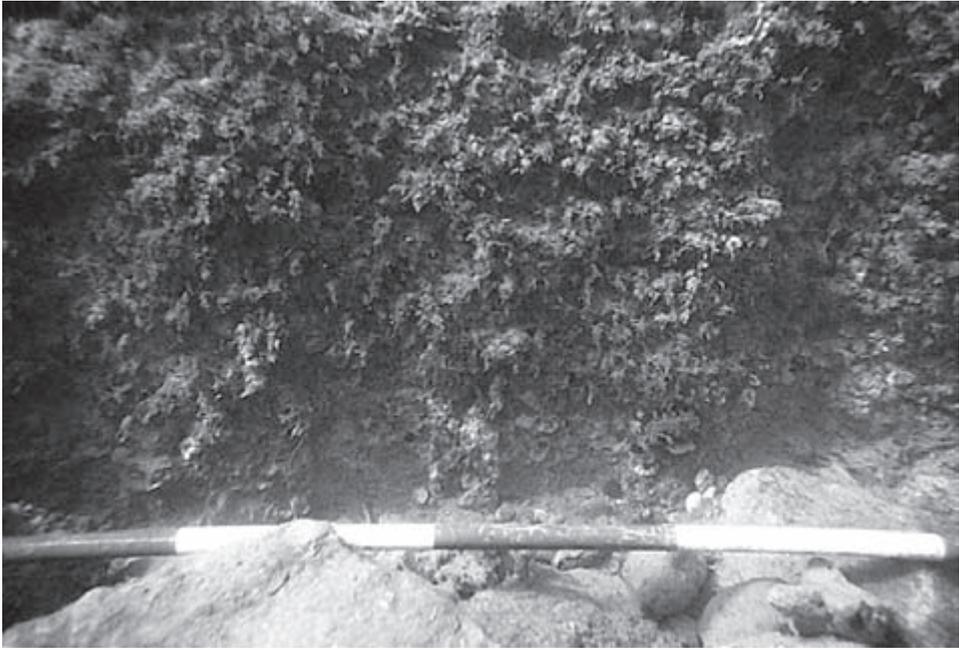


Fig. 38 – Anzio, porto neroniano, molo ovest, blocco III: imponte di palanche nel cementizio.
Fig. 39 – Anzio, porto neroniano, molo ovest, blocco II: resti di paramento dell'elevato.

ca proseguiva con le murature aeree, che occupavano la porzione esterna del molo e proteggevano il bacino dai venti e dal mare. Venivano per questo sfruttate le traverse, su cui si potevano installare i ponteggi di costruzione. Anche per gli elevati si utilizzava probabilmente una tecnica a cassaforma: trattandosi di muri molto larghi, un paramento ordinario non avrebbe avuto la forza di contenere la spinta del nucleo cementizio fresco. Il problema poteva essere risolto con altre *catenae* passanti, che trattenessero delle paratie di contenimento. Dati in questo senso vengono da un grosso frammento del molo orientale di Anzio precipitato in mare, che è rivestito di laterizio e porta alla base le impronte di un'orditura di tiranti di legno (Fig. 40) (59).

Il largo impiego di questo tipo di cassaforma è da ascrivere alle caratteristiche di facilità di assemblaggio e di modularità. È infatti una cassaforma anche una struttura composta da lati (paratie) indipendenti; lo stesso termine *arca* designava probabilmente anche una sola paratia o una semplice palancolata (60). Dunque per costruire un'*arca* non si doveva necessariamente approntare un complesso cassone con quattro lati rigidamente solidali tra loro: appoggiandosi a strutture già solide potevano anche bastare tre, due, o anche una sola paratia, come, ad esempio, avveniva nella costruzione delle banchine (Fig. 41).

La versatilità di questo sistema consentiva l'avanzamento progressivo della costruzione, secondo moduli che in molti siti sono chiaramente leggibili. Le paratie, in questo modo, potevano in qualche caso essere recuperate e reimpiegate (61). Di più, non esistevano teoricamente vincoli di forma: una costruzione dalla geometria "libera" consentiva di inglobare rottami murari di forma irregolare, come mostra la testata del porto-canale che collega il lago di Paola al mare, a Circeii (Figg. 42-45) (62). Semplicità, economia e facilità di applicazione furono alla base del successo di questo metodo, che venne applicato non solo nei porti ma anche nella realizzazione di altre strutture in acqua, in primo luogo le peschiere (Fig. 46-47) (63).

A questo "modo" può anche ascriversi l'impiego di casseforme "improprie", non costruite appositamente ma ricavate da scafi di vecchie imbarcazioni. L'esempio più eclatante è la vicenda della *mirabilis navis* di Caligola, di

(59) Cfr. FELICI 1993, pp. 88-89.

(60) Cfr. FELICI 1993, p. 96 nota 40.

(61) Per Side, cfr. SCHLÄGER 1971, p. 156. Ad Anzio, la giunzione trasversale tra i blocchi 2 e 3 del molo occidentale e una giunzione longitudinale nel blocco 2 del molo est sono saldamente accostate, senza traccia di legname, cfr. FELICI 1993, p. 77, Fig 13. Per *pilae* a Baia, cfr. GIANFROTTA 1993, p. 122; G. DI FRAIA 1993, pp. 28, 42, tavv. I, V (*pilae* a paramento in opera reticolata); SCOGNAMIGLIO 1997.

(62) FELICI 1993, p. 93, tav. II.

(63) Cfr. PELLANDRA 1997.

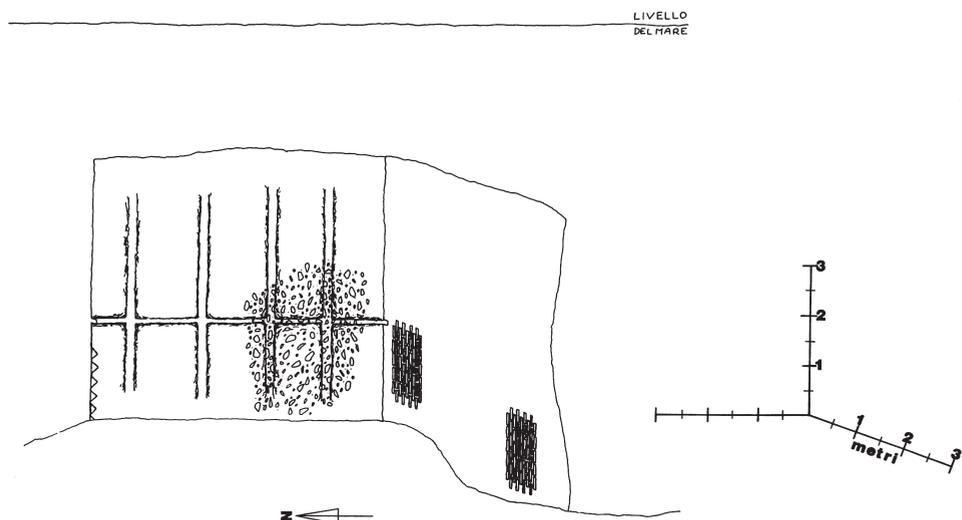


Fig. 40 – Anzio, porto neroniano, molo est: lo “Sconcioglio”.
 Fig. 41 – Banchina sul Tevere (da Meiggs).

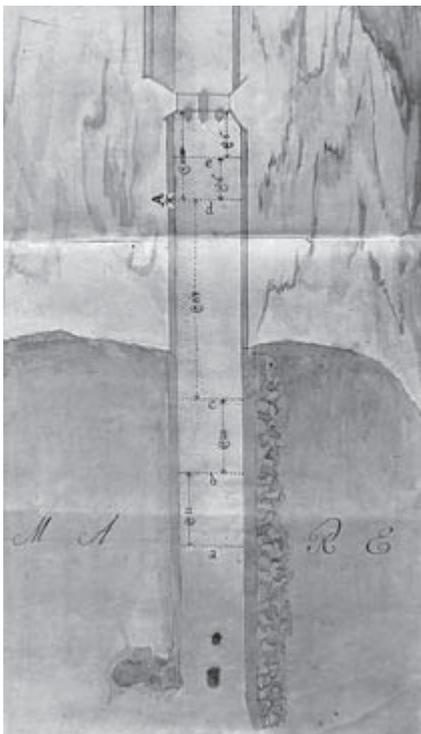


Fig. 42 – Porto-canale del Lago di Paola (*Circeii*), rilievo d'epoca pontificia (Archivio di Stato di Roma).

Fig. 43 – Porto-canale del Lago di Paola, in foto aerea R.A.F. (Aerofototeca conc. 360 del 13/6/1980).

Fig. 44 – Il porto-canale del Lago di Paola.

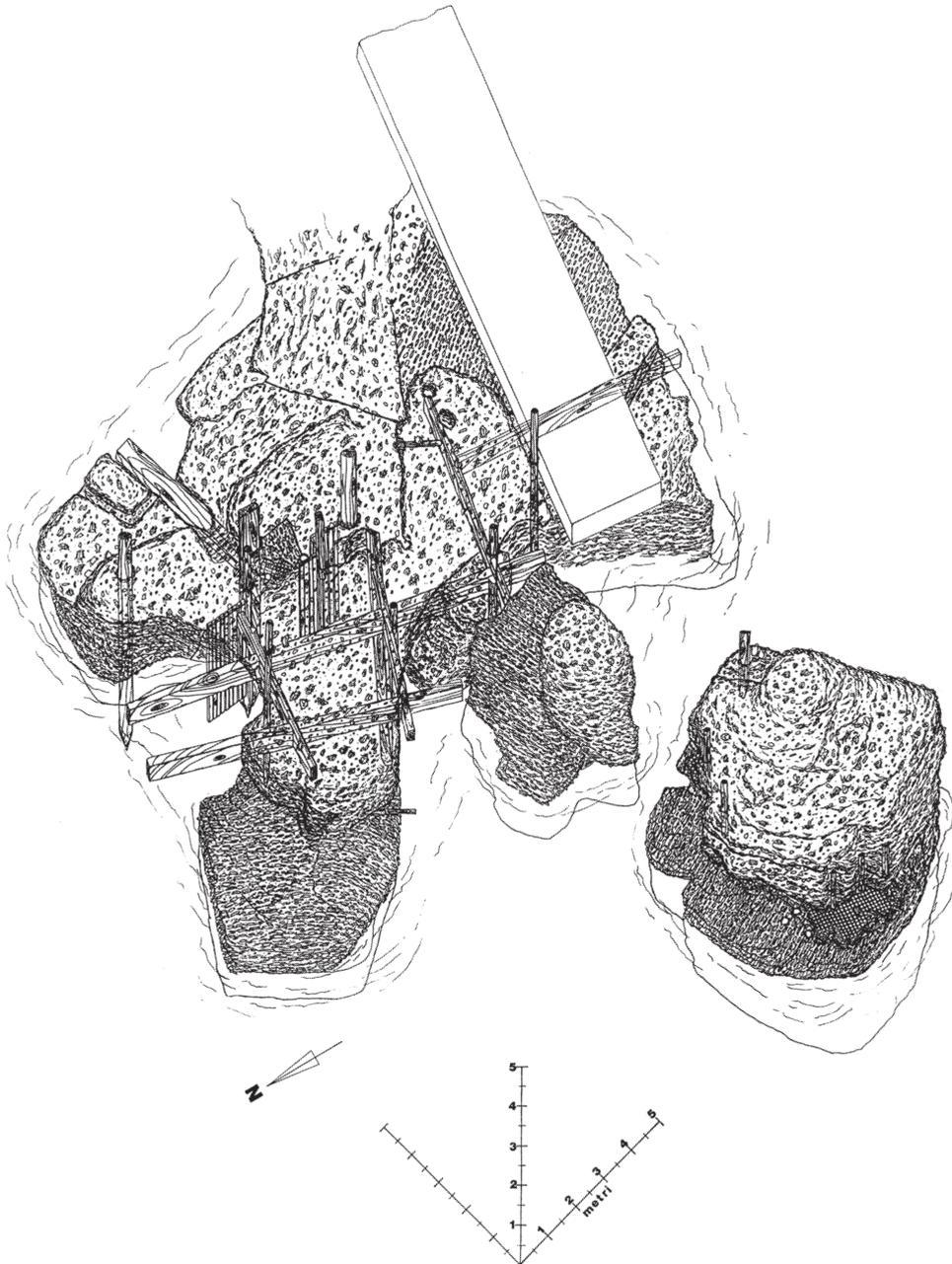


Fig. 45 – Porto-canale del Lago di Paola: assonometria della testata.

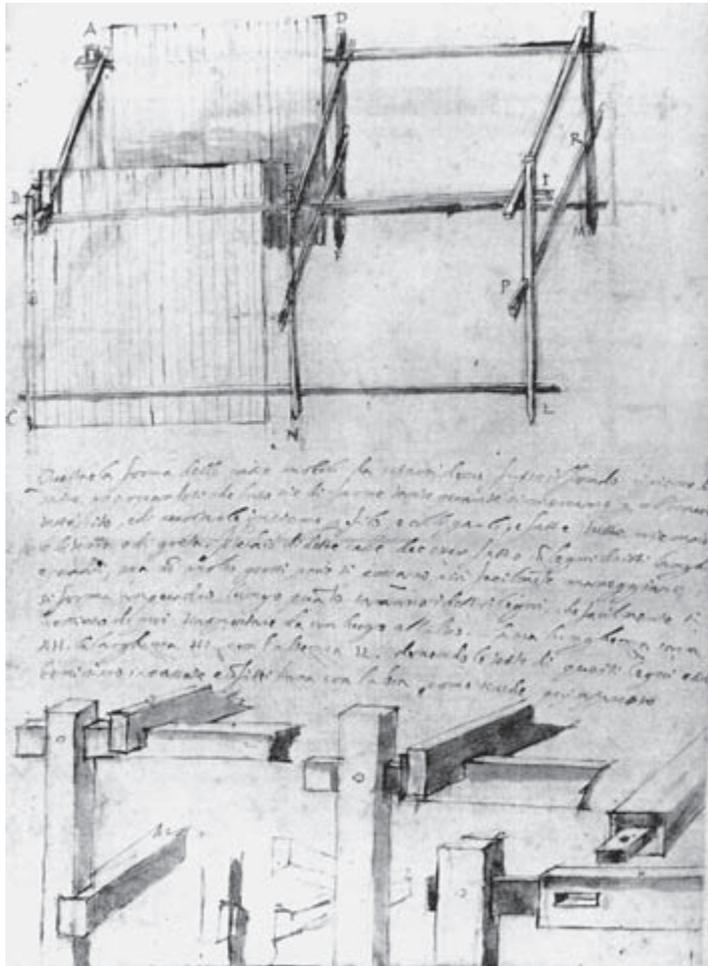


Fig. 46 – Progetti di casseforme di T. Gallaccini (da *Sopra i porti di mare I*).

cui Svetonio e Plinio riferiscono che sarebbe stata affondata e riempita di cementizio per costruire un segmento del molo di Claudio a Ostia (64). Vero o meno che sia il racconto, l'impiego di spezzoni di imbarcazioni in qualche caso è stato effettivamente riscontrato (65).

(64) *Suet.*, *Cl.*, 20; *Plin.*, *N.h.* 16, 40, 201; sui porti ostiensi, cfr. LUGLI, FILIBECK 1935; TESTAGUZZA 1970; CASTAGNOLI 1963; GIULIANI 1992.

(65) Cfr. HESNARD 1994, pp. 209-210.

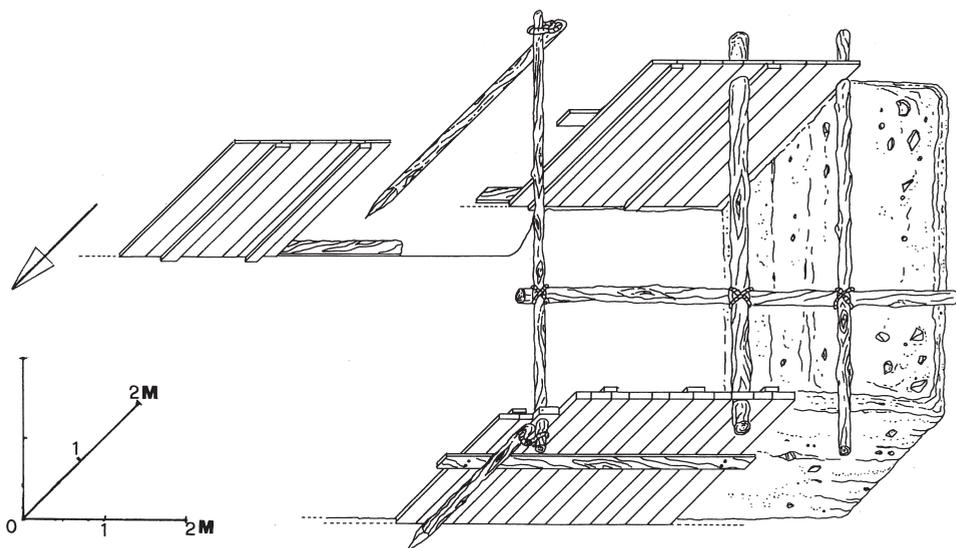


Fig. 47 – Peschiera di Santa Severa: restituzione grafica di cassaforma di costruzione (da PELLANDRA 1997).

Costruzione in cassaforma “stagnata”.

In quibus autem locis pulvis non nascitur, his rationibus erit faciendum, uti arcae duplices relatis tabulis et catenis conligatae in eo loco, qui finitus erit, constituentur, et inter destinas creta in eronibus ex ulva palustri factis calcetur. Cum ita bene calcatum et quam densissime fuerit, tunc cocleis, rotis, tympanis conlocatis locus, qui ea septione finitus fuerit, exinaniatur sicceturque, et ibi inter septiones fundamenta fodiantur.

(In quei luoghi invece, in cui non si trova la pozzolana, si dovrà seguire questo procedimento: nel punto che si sarà delimitato si impiantino delle paratie a doppia parete, tenute insieme da tavole riportate e traverse, e tra i montanti [interni alle paratie] si incalchi dell'argilla [confezionata] in panieri fatti d'alga di palude. Quando l'argilla sarà compressa al massimo, allora con pompe a vite, ruote e tamburi acquari [li] installati si svuoti e asciughi lo spazio circoscritto con questo recinto stagno, e tra le paratie si scavino le fondazioni).

Vitruvio precisa che a questo metodo si doveva ricorrere *in quibus [...]* *locis pulvis non nascitur*. L'assenza di pozzolana avrebbe dunque costretto a costruire in opera a sacco “tradizionale”, realizzando un “cassone” di paramento in muratura, in cui costipare un cementizio “non pozzolanico”, dunque inadatto a tirare in acqua. Questa operazione doveva essere effettuata costruendo un recinto (*septio*) di paratie raddoppiate e stagnate riempiendo

di argilla pressata il vuoto tra le due valve. Anche questo tipo di cassa, secondo Vitruvio, non doveva avere pavimento, dato che la muratura si doveva impiantare sul fondale stesso (*fundamenta fodiantur*). È questo un metodo che, piuttosto che a lunghe murature continue come i moli, meglio si adattava alla costruzione di elementi indipendenti come le *pilae*, diffusissime nell'area flegrea, come quelle recentemente indagate a Baia, a Miseno e a Nisida (una *pila* con paramento in una sorta di *opus reticulatum*) (Fig. 48) (66). In quest'ultimo caso fu certamente impiegato il metodo stagnato (come attestano i paramenti), nonostante quelle *pilae* contengano pozzolana in abbondanza.

Un altro esempio è costituito dalle *pilae* di Egnazia; quelle a ridosso della scogliera, per le quali è stata intagliata una base nella roccia oppure sono state vincolate alla parete con tiranti metallici, contengono pozzolana e sono rivestite in opera reticolata (67).

Una vera e propria cassa stagnata non è stata ancora documentata. Un esemplare di Cesarea presentava le pareti raddoppiate e riempite di una sorta di malta; non si trattava tuttavia di una stagnatura, in quanto la cassa era priva di fondo (68). Paratie stagnate furono invece impiegate per foderare di cemento tratti di sponda del lago di Nemi. L'impermeabilizzazione fu realizzata raddoppiando le paratie, connettendo i tavolati con incastri di precisione e riempiendo lo spazio interno d'argilla (Fig. 49) (69). Un altro esempio di paratia raddoppiata è stato riscontrato in una banchina a Marsiglia (Fig. 50) (70).

Era comunque possibile realizzare in acqua strutture "tradizionali", senza bisogno di impiantare alcuna macchina lignea stagna. Laddove non c'era una pressante necessità di *scavare le fondazioni*, e si intendeva costruire in opera a sacco di pietra. Potevano infatti essere posati direttamente in acqua due paramenti in blocchi; il vano interno poteva essere riempito di pietrame costipato, legato con malta più o meno buona o anche sciolto, analogamente all'*emplekton* di Vitruvio (71).

Costruzione a blocchi prefabbricati

Sin autem propter fluctus aut impetus aperti pelagi destinae arcas non potuerint continere, tunc ab ipsa terra sive crepidine pulvinus quam firmissime struatur, isque pulvinus exaequata struatur planitia minus quam dimidiae partis, reliquum, quod est

(66) GIANFROTTA 1996, p. 71.

(67) FRESCHI 1980, p. 452; l'interessante soluzione tecnica non è purtroppo esposta con alcun apparato illustrativo.

(68) Poteva trattarsi di un sistema per regolare l'affondamento del cassone, cfr. OLESON 1985, pp. 165 e ss.

(69) Cfr. UCELLI 1950, pp. 119 e ss.

(70) Cfr. HESNARD 1994, p. 209.

(71) Cfr. DEGRASSI 1955, p. 167.

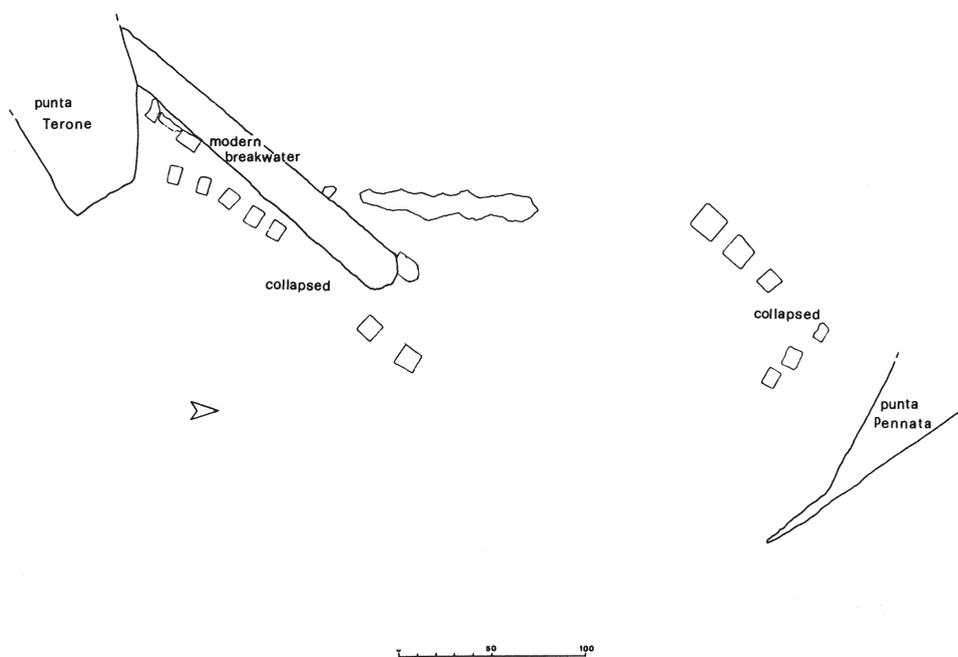


Fig. 48 – Miseno, Punta Terone: *pilae* (da GIANFROTTA 1996).

proxime litus, proclinatorum latus habeat. Deinde ab ipsam aquam et latera pulvino circiter sesquipedales margines struantur aequilibras ex planitia, quae est supra scripta; tunc proclinatorum ea impleatur harena et exaequetur cum margine et planitia pulvini. Deinde insuper eam exaequationem pila, quam magna constituta fuerit, ibi struatur; eaque cum erit extracta, relinquatur ne minus duos menses, ut siccescat. Tunc autem succidatur margo, quae sustinet harenam; ita harena fluctibus subruta efficiet in mare pilae praecipitationem. Hac ratione, quotienscumque opus fuerit, in aquam poterit esse progressus.

(Qualora invece, per via delle onde e della forza del mare aperto, le palificate non avessero potuto trattenere le casseforme, allora dalla terraferma o dalla banchina si costruisca quanto più solidamente possibile un basamento; questo basamento si costruisca in modo che abbia una superficie, per meno della metà in piano, e il resto, la parte verso la spiaggia, inclinata. Quindi, sul fronte a mare e sui lati si costruiscano al basamento degli argini, allo stesso livello della superficie in piano descritta sopra, larghi circa un piede e mezzo; poi l'inclinazione sia riportata con della sabbia alla quota dell'argine e del piano del basamento. Quindi sopra questo piano si costruisca un blocco, grande quanto si sarà stabilito; quando sarà pronto, lo si lasci



Fig. 49 – Lago di Nemi: il banchinamento di sponda dopo il prosciugamento del lago (da UCELLI 1950).

Fig. 50 – Porto di Marsiglia: una banchina (da HESNARD 1994).

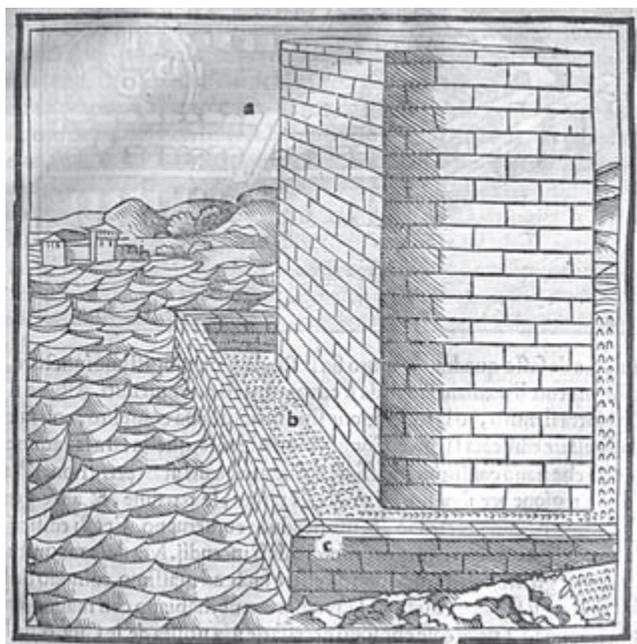


Fig. 51 – Il terzo metodo di Vitruvio (da DURANTINO 1524).

a tirare per almeno due mesi. Allora si demolisce l'argine che contiene la sabbia; in questo modo la sabbia, dilavata dalle onde, provocherà la caduta in mare del blocco. Con questo sistema, ogni volta che servirà si potrà ottenere un avanzamento in mare).

Un commento tecnico al passo è arduo, in quanto un'applicazione sicura di questo metodo non è stata mai individuata. L'inevitabile incertezza nell'assegnare una traiettoria precisa alla caduta del blocco sembra farne un sistema, più che a fabbricare moli, adatto a realizzare difese di spiaggia. Si sarebbe tentati di ritenerlo un enunciato puramente teorico, se Virgilio (*Aen.*, 9, 710 e ss.), descrivendo vividamente proprio la *praecipitatio* di una *pila* sul litorale di Baia, non ne attestasse – pure se in una similitudine poetica – l'applicazione pratica (72). Forse rientrano in quest'ambito anche dei blocchi in cementizio (cm 150x80) riscontrati in mare a Sabratha (73). Si può notare che al parallelepipedo sia Virgilio che Vitruvio assegnano il termine *pila* (Figg. 51-52).

(72) «... in *Euboico Bajarum litore quondam saxea pila cadit ...*». Su questo sistema, cfr. GIULIANI 1990, pp. 131 e s. Una proposta viene ora da BRANDON 1996, fig. 1: si tratta tuttavia di una pura congettura.

(73) Cfr. YORKE 1967 (“blocs de béton carrées”); la segnalazione è però priva di docu-

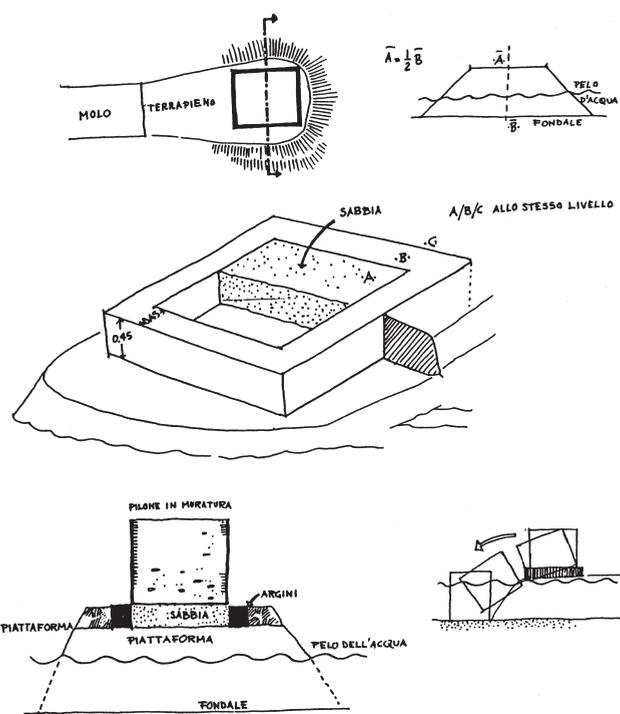


Fig. 52 – Il terzo metodo di Vitruvio (da GIULIANI 1990).

IL SUPPORTO LIGNEO

È naturale che lo studio di opere realizzate per mezzo di “macchine” in legno comporti delle cognizioni sulla carpenteria edile (*materiatio*). Recentemente si sono riscontrate delle applicazioni carpenteria navale nella tecnica di costruzione di casseforme complesse (74). A parte questi casi, e il riutilizzo di veri e propri scafi, per il resto si tratta fondamentalmente di carpenteria in uso nelle fondazioni, sviluppata in relazione alla mancanza di punti d'appoggio terrestri, resa perciò “autoportante” con lo sviluppo della forza di tenuta dall'interno.

Le impronte del legname rappresentano una fondamentale guida per la comprensione delle sequenze e del tipo di costruzione. L'interpretazione corretta di queste tracce su moli e banchine è tuttavia recente: nonostante le

mentazione grafica e fotografica e non consente alcun confronto.

(74) Cfr. BRANDON 1997.

prime intuizioni risalgano al Settecento (75), le impronte lasciate dai tiranti orizzontali nel cementizio dei moli di Anzio vennero erroneamente interpretate persino da Giuseppe Lugli come “fori circolari e passatori...al livello della alta marea, per lasciare uno sfogo all’impeto delle onde”; un equivoco che si trascina ancora oggi (Fig. 53) (76).

L’indagine ha ricevuto di recente un’accelerazione dalla corretta lettura delle tracce nel cementizio e ancor di più dalla ricerca archeologica subacquea, che ha consentito l’individuazione di resti dei legnami. Porzioni di casseforme si sono trovate, per esempio, a Nemi, a *Caesarea Maritima*, ad Ostia, ad Anzio, a Marsiglia e recentemente a Baia (Figg. 54-55) (77). A Laurons si sono individuati dei numerali incisi sui legnami, forse indicazioni per il montaggio (Fig. 56) (78). Si è già documentata una discreta varietà di giunzioni e incastri di assemblaggio e l’uso di differenti essenze, come legno di quercia per i pali montanti (gli *stipites robustei* di Vitruvio) e conifere per le assi (79).

Il grado di raffinatezza nelle soluzioni carpentieristiche e nella stessa finitura del legname dipendeva probabilmente dal tipo di opera, dall’economia di esecuzione, o dalla funzione della singola membratura nell’ambito della struttura. Si va dal tronco grezzo non scortecciato alla trave perfettamente rettilinea e squadrata, dalle assi e palanche lavorate, indizio di casseforme assemblate sul posto, ai complessi cassoni preparati a terra e portati in mare (Figg. 57-58). In condizioni particolari venivano applicate soluzioni di alta precisione: l’armatura per il banchinamento di riva nel lago di Nemi è realizzata con montanti e tavole connessi con incastri a coda di rondine (Fig. 59) (80).

LE COSTRUZIONI IN SOLO LEGNO

Esulerebbero da questa trattazione, ma è opportuno ricordarle poiché presentano delle analogie con le tecniche a cassaforma. Nel caso di intelaiature foderate con paratie e riempite di materiale costipato “non cementizio”

(75) Cfr. FONTANA 1710, p. 15.

(76) LUGLI 1940, p. 168. Mentre era in corso di stampa questa lezione è apparso nel «Bollettino di Archeologia Subacquea» (Ministero per i BB. CC. e AA.) 1-2, 1995-1996, pp. 237-242, lo scritto di P. CAPUTO, *Attività di tutela della Soprintendenza Archeologica per le province di Napoli e Caserta*, in cui l’autore (p. 240) incorre ancora in questo grossolano errore: descrive infatti su un molo a Punta Terone (Miseno) una «fila di fori circolari passanti orizzontalmente» a cui attribuisce «funzioni di frangiflutto [...] allo scopo di attenuare l’impatto del moto ondosso sul molo stesso».

(77) Cfr. SCOGNAMIGLIO 1997, p. 39.

(78) Cfr. XIMÉNÈS, MOERMAN 1985 e 1988.

(79) Sia i montanti che le assi in una banchina fluviale a *Minturnae* erano di quercia, cfr. DOMINIC RUEGG 1988, p. 221, purtroppo privo di documentazione grafica e fotografica.

(80) Cfr. UCELLI 1950, loc. cit.; GIULIANI 1990, pp. 133-135.

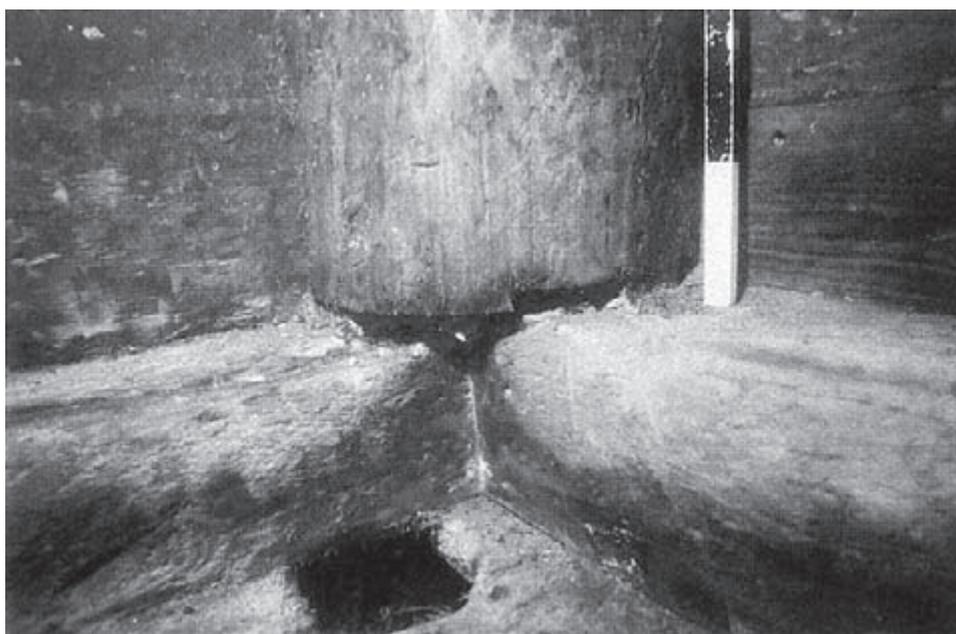


Fig. 53 – Anzio, porto neroniano, molo orientale: impronte nel cementizio di *catenae* di costruzione.

Fig. 54 – Porto di *Caesarea*: elementi di cassaforma (da BRANDON 1997).

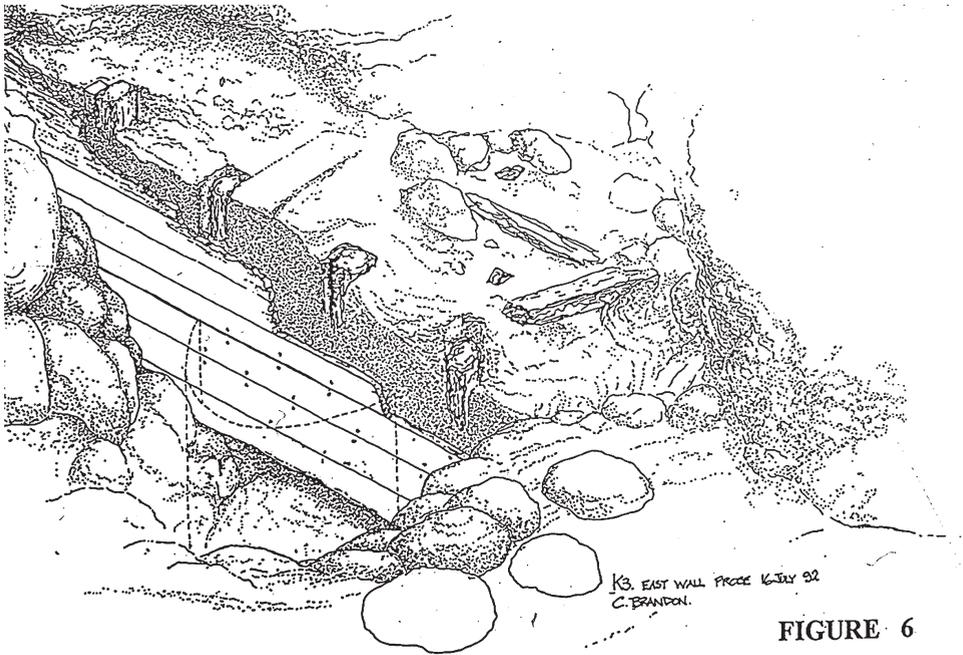


FIGURE 6

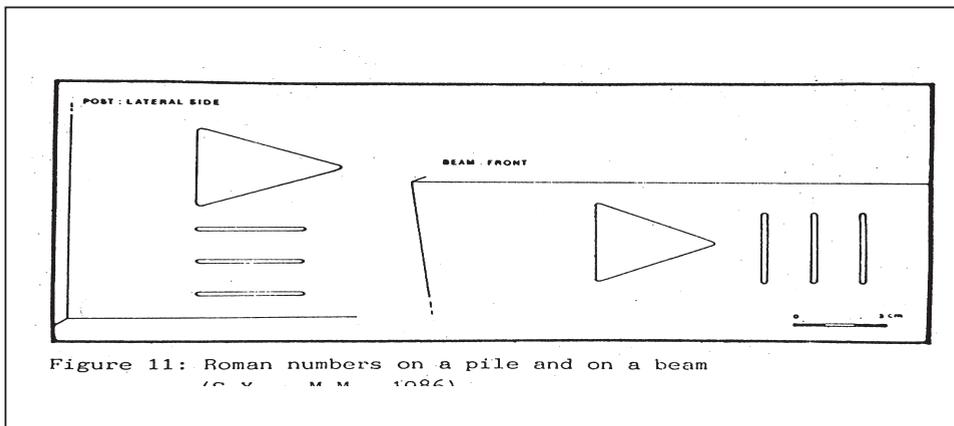


Fig. 55 – Porto di *Caesarea*: restituzione grafica di cassaforma (da BRANDON 1997).

Fig. 56 – Porto di Laurons: marchi su legnami di cassaforma (da XIMÉNÈS, MOERMAN 1988).

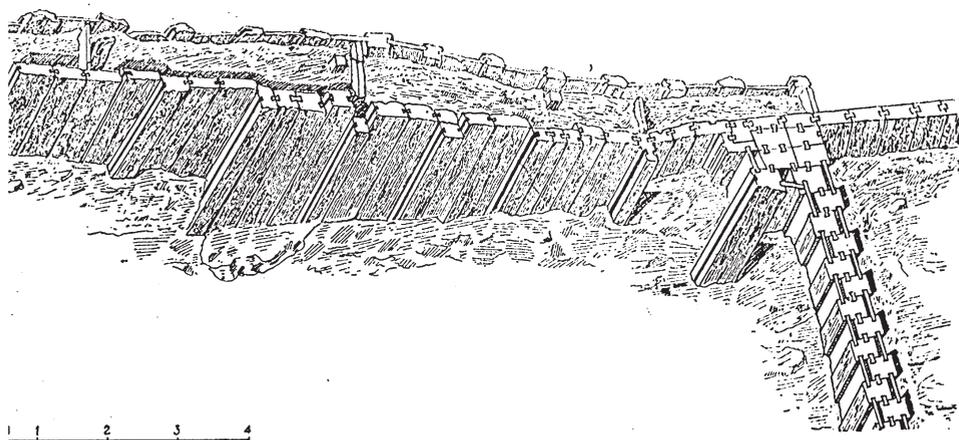


Fig. 57 – Porto di Astura, molo sud: impronte di tronchi.

Fig. 58 – Porto-canale del lago di Paola: impronta di trave nel cementizio della testata.

Fig. 59 – Lago di Nemi, banchina di sponda: restituzione grafica (da UCELLI 1950).

o “pseudo-cementizio”, può persino ingenerarsi qualche confusione. Anche se in esse si è formata per concrezione spontanea una sorta di legante, si tratta infatti di apparecchi concettualmente diversi, basati sulla tenuta perenne del legno, che nell’opera cementizia cessa invece la sua funzione con il tiro della malta. Tra i rari esempi in questo senso, ricordiamo i banchinamenti in terra pressata rinvenuti di recente nello scavo del porto di Marsiglia (81), oppure, per l’età medievale, la banchina in corso di scavo a Venezia presentata in questo stesso Ciclo di lezioni (82).

Appunti per una tipologia edilizia

Il quadro delle realizzazioni in calcestruzzo in acqua si sta rivelando assai articolato. Ferme restando le tecniche di base, si comincia infatti a riscontrare una notevole varietà nelle soluzioni tecniche, che – a partire dai procedimenti basilari – venivano adattate di volta in volta alle varie situazioni, anche contaminando tra loro sistemi finora ritenuti drasticamente diversi. La grande versatilità del materiale e l’ingegno delle maestranze consentirono infatti imprese edilizie sviluppate in profondità e in altezza, come moli e dighe, o in larghezza, come banchinamenti e platee, sia sfruttando il sistema a piloni, sia in murature continue, sia integrando fra loro i due metodi. Documentando correttamente le tecniche edilizie, si riscontrano quelle varianti, a volte marginali ma talora sostanziali, che restituiscono le specificità dei singoli cantieri.

Lungi da voler ricondurre queste tecniche in una schematica “gabbia” di tipologie, si delinea una sommaria individuazione dei denominatori comuni fondamentali, che può fornire un orientamento nella distinzione tra procedimenti che sono stati a volte confusi tra loro.

L’OPERA A PILONI

Si è già accennato all’*opus pilarum*. La *pila* è un elemento singolo: quando, nella costruzione di moli e ponti, viene posto in serie a intervalli regolari la locuzione assume per estensione il senso di molo sospeso (83). Le luci tra una pila e l’altra vengono in questo caso coperte collegando queste con arcuazioni, fino a riportare il piano calpestabile al di sopra. Nelle costruzioni portuali questa tecnica è stata intesa come funzionale, progettata per evitare

(81) Cfr. HESNARD 1994, p. 207 e ss, fig. 9.

(82) Cfr. L. FOZZATI, pp. 183-216.

(83) Cfr. UGGERI 1968, p. 242; ma sulle fiaschette di Baia l’indicazione è sempre al plurale *pilae/pilas*, cfr. OSTROW 1979.

il deposito sabbioso della “Corrente Litorale” (che però sembra che non abbia alcuna capacità in tal senso) (84). In realtà né il porto di Ostia, né altri, fra quelli comunemente assegnati a questa tipologia (Cosa, Anzio, Astura), sono poi risultati con sicurezza costruiti a *pilae* ed archi. Per quanto riguarda Ostia, abbiamo accennato alla presunta disposizione a piloni attribuita al porto sulla base dell’iconografia: un ulteriore elemento di equivoco è stata tuttavia un’informazione di Suetonio (*Cl.*, XX), secondo la quale per costruire il faro *quam quo stabilius fundaret, navem ante demersit [...] congestisque pilis superposuit altissimam turrem*. In questo caso, tuttavia, il termine *pila* non va restrittivamente inteso come “pilone”, ma, anche sulla scorta del verbo *congero*, nel modo più estensivo e comune di “gettata, costruzione in cementizio”.

Un esempio attestato è invece il molo su piloni di *Puteoli*. L’edificio, forse augusteo, si trovava nei Campi Flegrei, il territorio dove forse le tecniche di costruzione in calcestruzzo in acqua vennero sperimentate e impiegate estensivamente (85).

L’impianto puteolano è noto dalle menzionate vignette su vetro, da pitture murali e dai rilievi che ne furono tratti prima che l’inglobamento nel molo moderno lo distruggesse. Era distribuito su almeno quindici *pilae*, sui cui lati erano ancora visibili le imposte per gli archi di collegamento, già descritti nel ’500 (86). Una struttura analoga è raffigurata su un rilievo ai Musei Capitolini (che potrebbe però rappresentare un ponte) (Fig. 60) (87). Questo tipo di costruzione ben si adattava al golfo di Pozzuoli, relativamente riparato; più che di una diga di sbarramento si trattava infatti di un lungo pontile di andamento pressoché rettilineo, condizione – quest’ultima – essenziale per la realizzazione delle arcate (Figg. 61-62). Una radicale ristrutturazione di Antonino Pio, attestata epigraficamente, può tuttavia costituire indizio di una relativa fragilità della struttura (88).

(84) CIALDI 1866; FELICI 1993, p. 73.

(85) Cfr. CASTAGNOLI 1977, pp. 64 e ss.

(86) «Vedonsi poi nel mare (cominciando al lito) tredici piloni fatti di mattoni cotti di smisurata grossezza, che paiono tredici turrioni, che risguardano a quelli, che sono nel mare, a’ Baie [...], sopra alcuni de’ quali sono sostenuti alcuni archi mezzi ronvinati», F.L. ALBERTI, *Descrittione de tutta Italia di F.L.A.*, Venezia 1561, p. 179 (da *Sopra i porti di mare II*). Cfr. DUBOIS 1907 (*pilae* a paramento ...); SOMMELLA 1978, pp. 69, 74. Per *pilae* a Baia, DI FRAIA 1993, pp. 28, 42, tavv. I, V (*pilae* a paramento in opera reticolata); cfr. GIANFROTTA 1993, p. 122; GIANFROTTA 1996, p. 71; SCOGNAMIGLIO 1997.

(87) Cfr. LEVI, LEVI 1940, p.83, fig. 58.

(88) *CIL X*, 1640: «opus pilarum vi maris conlapsum», cfr. CASTAGNOLI 1977, *loc. cit.*



Fig. 60 – Bassorilievo del Museo Capitolino (da LEVI, LEVI 1967).

L'OPERA A PILONI E RIEMPIMENTI

La *pila* fu anche impiegata per costituire dei capisaldi tra i quali, risparmiando materiali e lavoro, fosse poi più semplice effettuare dei riempi-menti (89). Questa operazione sarebbe però risultata possibile, o almeno grandemente facilitata, realizzando nei piloni, in corso d'opera, dei punti di forza per il successivo aggancio delle paratie. Ne esaminiamo due esempi: il molo di Astura, interpretato come una costruzione a piloni distanziati in seguito modificata con il riempimento dei varchi, e il molo di Cosa, comunemente ritenuto “a *pilae*”.

Nel molo sinistro di Astura, lo spazio tra i primi due piloni (partendo

(89) Un'intuizione di SCHLÄGER 1971, p. 156, che ipotizzò segmenti di 10-11 metri.

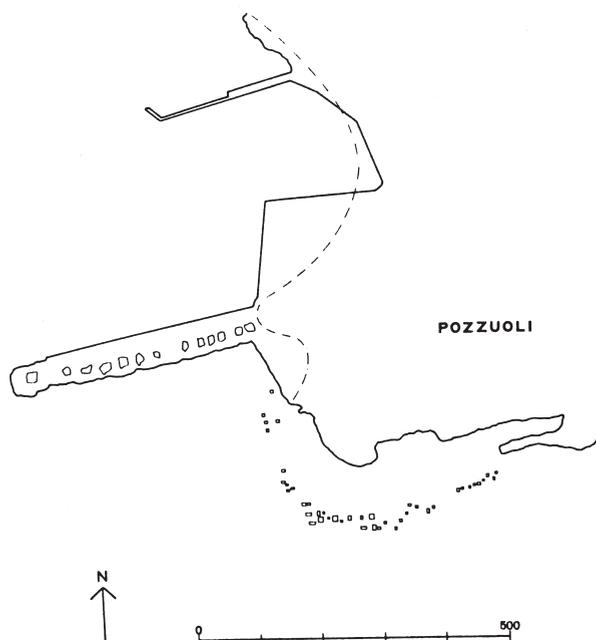
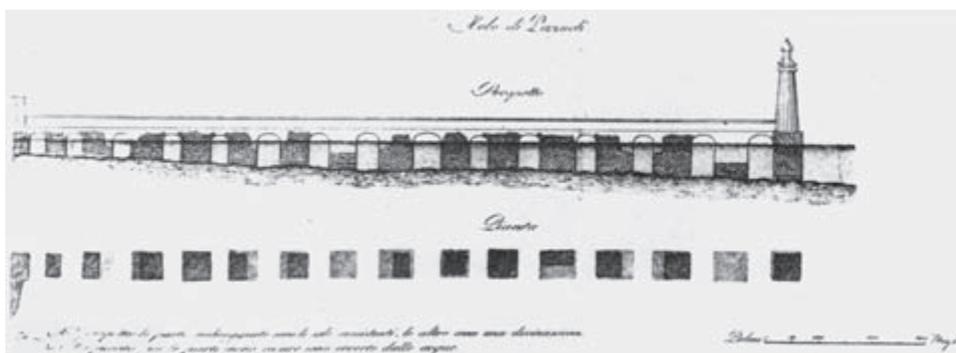


Fig. 61 – Puteoli: rilievi del molo (da DE FAZIO 1828).

Fig. 62 – Puteoli, pianta del molo e delle *pilaie* (da GIANFROTTA 1996).

da terra) è stato effettivamente riempito di cementizio in un secondo momento (Fig. 63). Per effettuare il riempimento, è stata usata un complessa intelaiatura di legno, appoggiata ad una lunga trave orizzontale collocata tra i piloni (che piloni veri e propri forse non sono, poiché sembrano poggiare su un unico letto di fondazione). Le testate di questa trave furono però affogate nei piloni stessi in fase di costruzione, chiaro indizio che in quel momen-

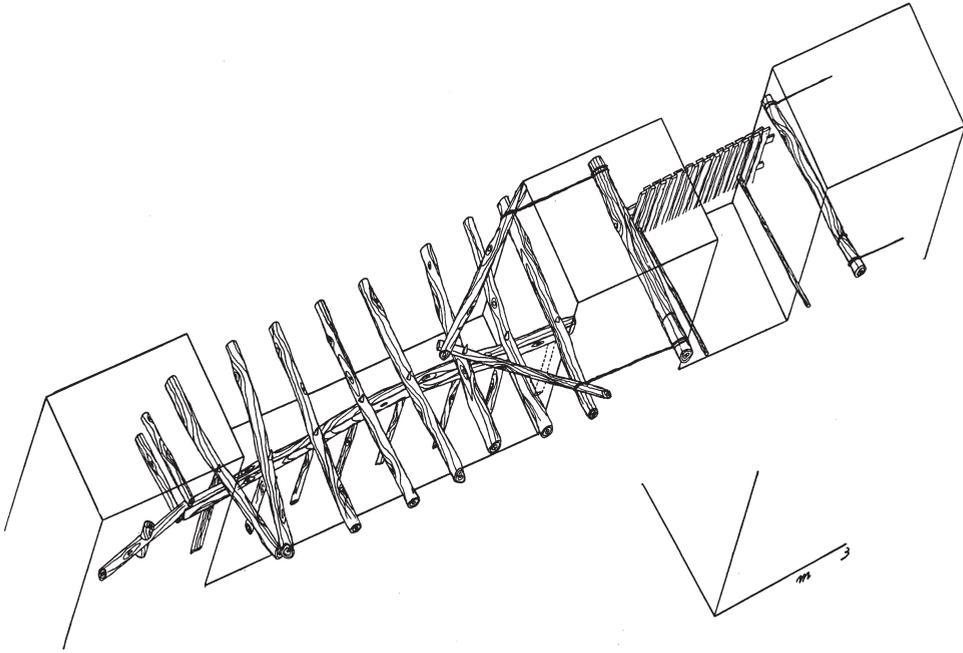


Fig. 63 – Porto di Astura, molo nord: assonometria dell'armatura per il riempimento tra i piloni.

to il riempimento era già previsto, quantomeno per un ripensamento in corso d'opera (90).

Anche tra due piloni nel molo di Cosa si trovano i resti (oggi di bassissima quota) di un parziale riempimento, che hanno fatto pensare che l'opera sia stata progettata “a *pilae*” e forse non completata (91). Sulla faccia nord di due dei piloni si sono però recentemente documentate delle cavità, una delle quali senza dubbio ottenuta intenzionalmente durante la costruzione del pilone, annegando nel cementizio una piccola anfora senza collo, con l'apertura a filo della parete del pilone stesso (Fig. 64). Questo elementare espediente serviva ad ottenere nella parete un alloggiamento, in cui collocare la testa di un palo di contrasto a cui appoggiare una paratia per la gettata di riempimento: un procedimento che presuppone già nel progetto l'intenzione di tamponare i varchi. Altre circostanze, come i non lievi sfalsamenti d'implan-

(90) Cfr. FELICI 1993, p. 91, tav. I; vd. anche la lezione di Faccenna-Felici in questo stesso Ciclo, Figg. 74-77.

(91) cfr. GAZDA 1987, p. 76, che però rimane nel campo delle ipotesi.



Fig. 64 – Molo di Cosa: l'anfora sulla faccia nord del pilone 2.

to tra i piloni e la situazione ambientale, sostengono questa interpretazione (Fig. 65) (92).

Con la nuova lettura di questi impianti si ottengono due casi significativi di *pilae* cementizie a cui viene assegnata una funzione portante nella costruzione del molo. Su di esse si concentra il primo sforzo edilizio, con la realizzazione di casseforme complesse, ma ad esse si affida il compito di costituire l'appoggio per uno speditivo completamente dell'opera, con un sostanziale abbattimento del costo complessivo.

LE OPERE A FONDAZIONE CONTINUA

È di fatto una derivazione dell'opera a *pilae*, dato che, per la difficoltà di effettuare gettate continue su fronti eccessivamente lunghi, la costruzione doveva procedere a segmenti successivi (che possiamo ipotizzare da terra verso il largo). Il risultato era in sostanza una sequenza di *pilae* strettamente

(92) L'anfora – inspiegabilmente – è stata completamente ignorata da Gazda, sia nella documentazione che nell'interpretazione, cfr. FELICI, BALDERI 1997b; è un esempio lampante di come un particolare tecnico trascurato possa alterare l'interpretazione finale del monumento. BRANDON 1996 (Fig. 2), forse sulla scorta degli schizzi di Gazda, propone oggi una restituzione grafica di una delle casseforme di Cosa, non basata però sull'evidenza archeologica.

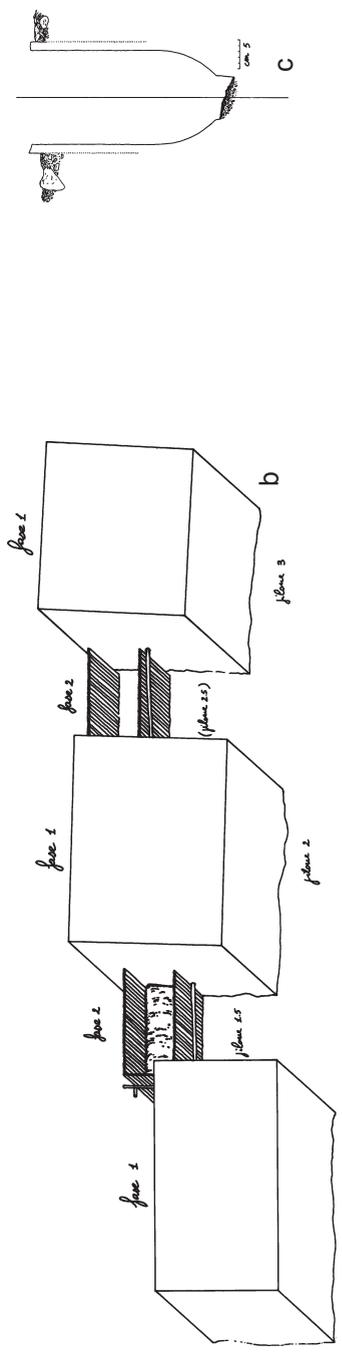
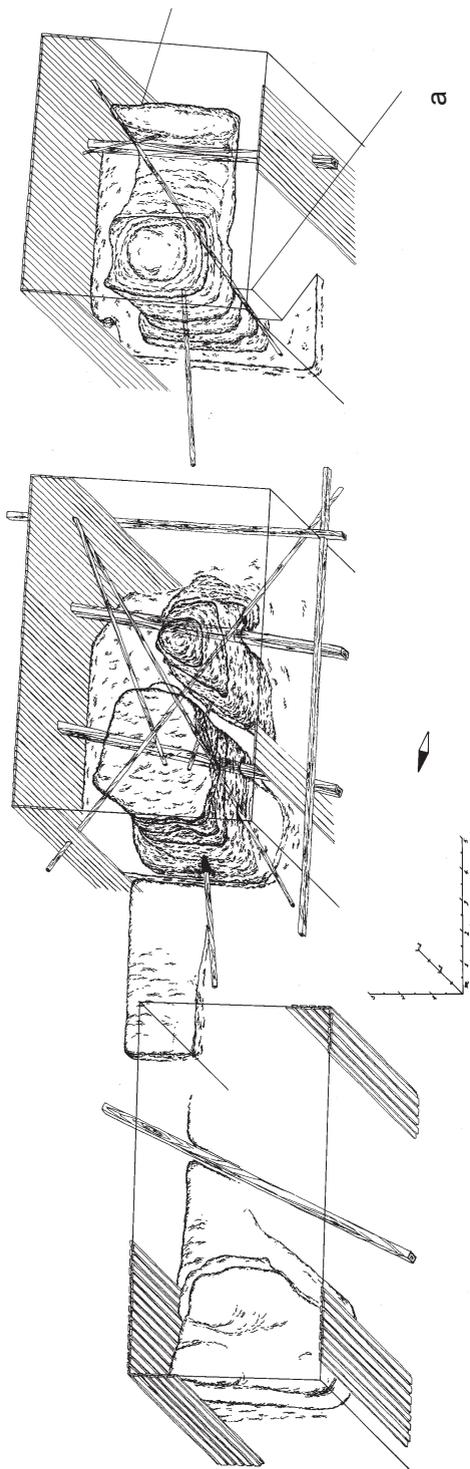


Fig. 65 – Molo di Cosa: assonometria. a) assonometria dei volumi superstiti e della tecnica di costruzione; b) fasi di costruzione; c) sezione dell'anfora nel "pilone".

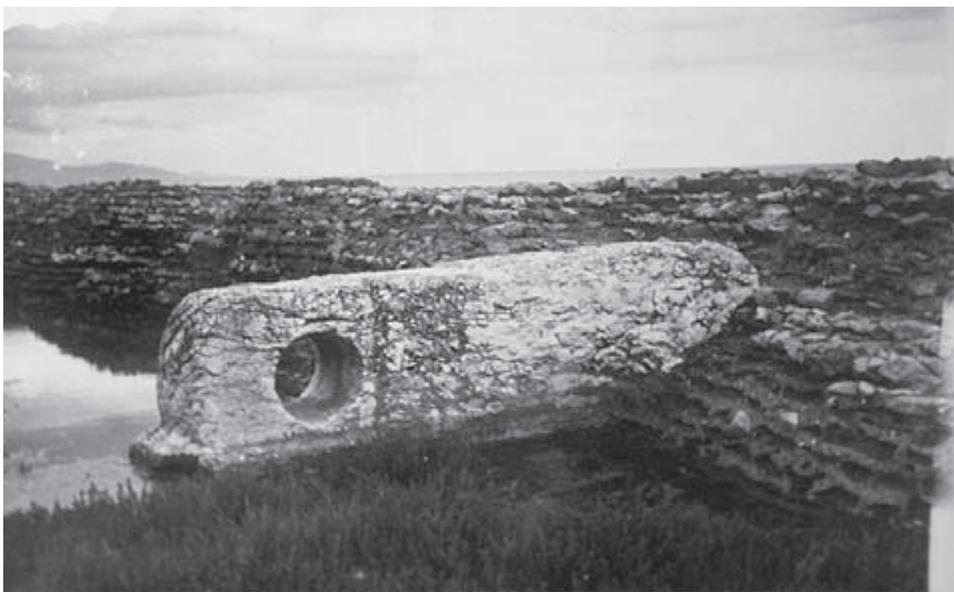


Fig. 66 – Terracina, il molo continuo in cementizio oggi scomparso (da LUGLI 1926).

accostate. I vantaggi erano notevoli, sia per l'economia della costruzione sia per la durezza dell'edificio: si risparmiava sulla carpenteria appoggiando sempre le nuove gettate alle precedenti; si avanzava camminando sempre sul solido, rendendo più semplice il trasporto; l'opera finita non presentava punti deboli all'azione del mare, al quale opponeva una parete uniforme che garantiva la "riflessione" delle onde; si limitava il pericolo di slittamento o rotazione sul proprio asse di singole *pilae*, rischio presente sulla sabbia e a cui si cercava anche di ovviare con i pali di ancoraggio. Indizi di questo procedimento possono ricercarsi nei punti di giunzione nei moli, verificando se in essi si trovano soluzioni di continuità strutturali o resti di legno (Fig. 66) (93).

La presenza di ampi varchi o fratture nei resti di un molo può tuttavia trarre in inganno, perché spesso si tratta del risultato di distruzione, sia naturale che antropica. Il cedimento strutturale inizia generalmente con fratture del cementizio nei punti "critici", ad esempio in corrispondenza delle cavità lasciate dai legnami (Fig. 67).

(93) Ad Anzio, nessuna traccia di legno in una giunzione longitudinale del blocco II del molo est e in un'altra trasversale tra i blocchi II e III del molo ovest, cfr. FELICI 1993, pp. 76-77.



Fig. 67 – Anzio, porto neroniano, molo orientale: frattura in corrispondenza di una *catena*.

LE GETTATE ESTENSIVE

La grande versatilità del cementizio venne sfruttata anche per la realizzazione di opere estensive, come platee, banchine, ecc. La profondità generalmente esigua consentiva procedimenti più speditivi. Si trattava inoltre di opere appoggiate a terra: pertanto i lati su cui dover contrastare la spinta del cementizio fresco potevano essere tre, due o anche uno solo. La costruzione poteva infatti essere realizzata in più gettate progressive, sfruttando le prime come appoggio per le successive. Tra una gettata e l'altra le paratie erano recuperate dopo il tiro della malta; si riutilizzava così il legname e si sfruttavano le impronte delle tavole come ammorsi per la gettata successiva, per prevenire lo slittamento di parti delle strutture (Fig. 68) (94).

Il punto più critico in fase di gettata era il piede della paratia del lato verso mare, dove si concentrava la spinta del cemento; lo sforzo del cantiere era quindi mirato ad ottenere il migliore aggancio possibile a terra. Se il terreno era vergine, il problema era risolto con una robusta palificata in prossimità del ciglio, sia in mare come sulla sponda dei fiumi, incatenata a pali

(94) Vd. la platea del porto d'Anzio, FELICI 1993, p. 82.



Fig. 68 – Anzio, porto neroniano, platea: giunzione di gettate.

montanti di riva con travi orizzontali (Fig. 69) (95). Si otteneva in questo modo una specie di “zattera”, che poteva anche essere usata come fondazione di ambienti (Fig. 70) (96).

Se alle spalle esistevano già delle strutture solide, se ne sfruttava la resi-

(95) Un esempio è una banchina sul Tevere, MEIGGS 1973, tav. VI, *d*; un altro è la banchina di Marmorata a Roma, in C. MOCCHEGIANI CARPANO, *Tevere. Premesse per una archeologia fluviale*, «Archeologia Subacquea» 1, suppl. 4 al *BdA*, 1986, (pp. 151-170) fig. 7, in cui sono evidenti le impronte di *catenae*, che però l'Autore ha ommesso di commentare.

(96) Per una zattera (“raft”) nel porto esterno di Cartagine, cfr. YORKE, DAVIDSON 1985, purtroppo privo di documentazione grafica e fotografica. Per ambienti costruiti su queste gettate ad Anzio, cfr. FELICI 1993, pp. 82 e s.; a TERRACINA, LUGLI 1926, pp. 130-132.

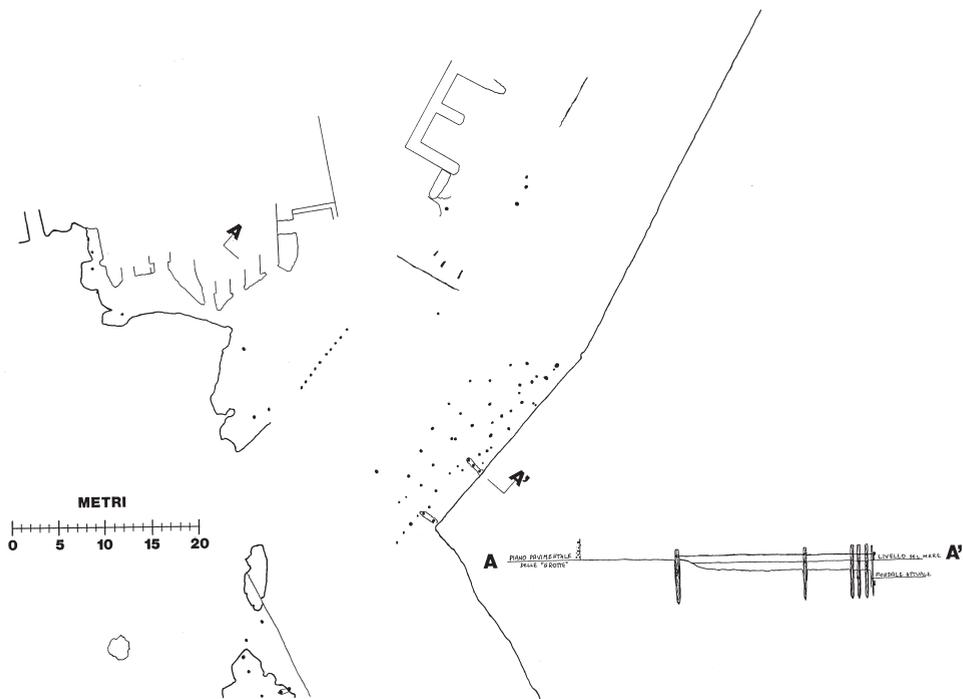


Fig. 69 – Anzio, porto neroniano, platea: concentrazione di montanti.

Fig. 70 – Anzio, porto neroniano: le “grotte”.



Fig. 71 – Porto di Astura: aggancio della banchina al muro retrostante.

stenza: ad Astura sono stati ricavati in un muro degli incassi, in cui sono stati alloggiati dei tenoni che trattenevano, mediante *catenae* di legno, la paratia di costruzione della banchina (Figg. 71-73) (97). Il sistema era coadiuvato da una tecnica, finora documentata solamente ad Anzio e ad Astura: il bordo inferiore della paratia, il punto più critico, è stato annegato in un letto di cementizio; le gettate successive sono state effettuate quando questo aveva ammorsato saldamente il tavolato. Con questo espediente si è ottenuto anche un risparmio sui pali di contenimento esterni (Figg. 74) (98).

ENRICO FELICI

(97) Per Astura, cfr. FELICI 1993, p. 89, figg. 32-35, Tav. I; per un aggancio a terra a Egnazia, cfr. FRESCHI 1980.

(98) Cfr. FELICI 1993, pp. 85 e ss. (Anzio), p. 89 (Astura).

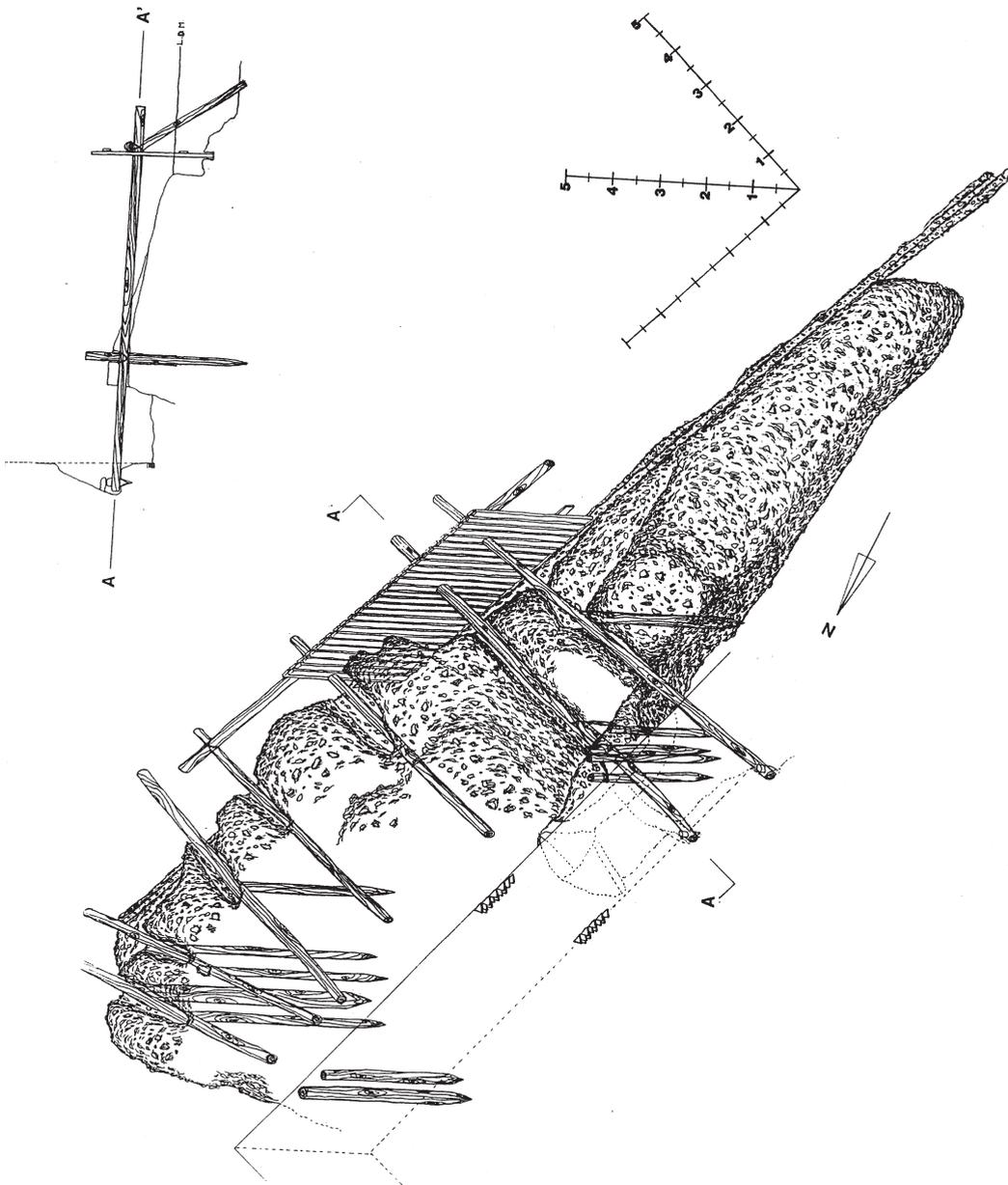


Fig. 72 – Porto di Astura, banchina: assonometria.

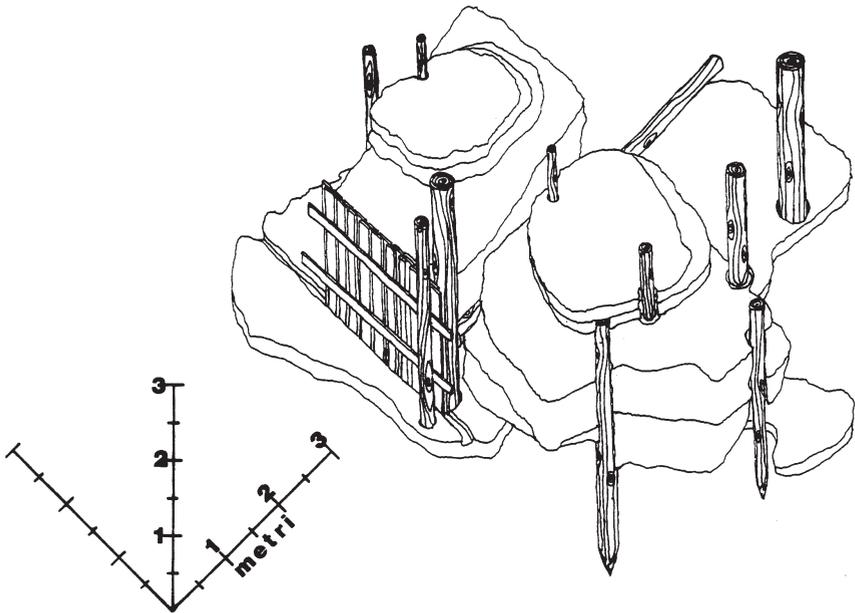


Fig. 73 – Porto di Astura, banchina: impronta nel cementizio del piede della paratia.

Fig. 74 – Anzio, porto neroniano, “moletto ad ovest”: assonometria dell’armatura di costruzione.

Bibliografia

- (Abbreviazioni secondo l'Archäologische Bibliographie)
- B. BALDUS, 1612, *De verborum vitruvianorum significatione, Augustae Vindelicorum*.
- D.J. BLACKMAN, 1973, *Evidence of Sea Level Change in Ancient Harbours and Coastal Installations*, in *Marine Archaeology*, Colston Papers 23 (D.J. Blackman ed.), pp. 115-137.
- D.J. BLACKMAN, 1992, *Ancient harbours in the Mediterranean*, «IntJNautA», Part.1: 11. 2, pp. 79-104; Part. 2: 11.3, pp. 185-211.
- D. BOCCI, 1887, *Porto di Anzio*, Milano.
- CH. BRANDON, 1996, *Cements, Concrete, and Settling Barges at Sebastos: Comparisons with Other Roman Harbor Examples and the Descriptions of Vitruvius*, in *Atti del Convegno Caesarea Maritima, A retrospective after two millennia*, (Caesarea Maritima 1995) Leiden-New York-Köln, pp. 25-40.
- CH. BRANDON, 1997, *Techniques d'architecture navale dans la construction des caissons en bois du port du roi Hérode à Césarée*, «CahASubaqu», XIII, pp. 13-32.
- L. CALLEBAT, 1982, *La prose du "De architectura" de Vitruve*, «ANRW», II, I, pp. 696-722.
- L. CALLEBAT, P. BOUET, PH. FLEURY, M. ZUINGHEDAU, 1984, *Vitruve De Architectura Concordance*, Hildesheim-Zurich-New York.
- L. CALLEBAT, PH. FLEURY, 1995, *Dictionnaire des termes techniques du De architectura de Vitruve*, Hildesheim.
- J. CARCOPINO, 1913, *La paix de Miséne et la peinture de Bellori*, «RA» s. IV, t. XXII, pp. 253-270.
- F. CASTAGNOLI, 1963, *Astura*, in *StRom XI*, 6, pp. 637-644.
- F. CASTAGNOLI, 1977, *Topografia dei Campi Flegrei*, in *I campi Flegrei nell'archeologia e nella storia*, Atti dei Convegni Lincei, 33, pp. 41-79.
- F. CASTAGNOLI, 1980, *Installazioni portuali a Roma*, «MemAmAc», XXXVI, pp. 35-42.
- J.P. CASTILIONII, 1545, *In decem libros Marci Vitruvij Pollionis De architectura annotationes, Parisiis*.
- A. CIALDI, 1860, *Sintesi di fatti per dimostrare come il moto ondosso del mare anziché la Corrente Litorale è la ragione precipua del protendimento delle spiagge*, Roma.
- A. CIALDI, 1866, *Sul moto ondosso del mare e su le correnti di esso specialmente su quelle littorali*, Roma.
- E. COHEN CAGLI, A. MELLI, 1935, (s.v.) *Porto*, in *Enciclopedia Italiana*, XXVIII.
- G. COLOMBO, 1939, *Manuale dell'ingegnere*, n.e., Milano, pp. 399-417.
- O. CUNTZ, J. SCHENTZ, 1990 (rist.), *Itineraria Romana*, Lipsia.
- G. DE FAZIO, 1828, *Intorno al migliore sistema di costruzione dei porti - Discorsi tre*, Napoli.
- A. DEGRASSI, 1955, *I porti romani dell'Istria*, in *Anthemion. Scritti in onore di C. Anti*, Firenze, pp. 119-169.
- G. DEPEYROT, 1974, *Le pont vieux de Cahors. Étude architecturale et archéologique d'un pont médiéval*, «CahASubaqu», III, pp. 151-161.
- G. DI FRAIA, 1993, *Baia sommersa. Nuove evidenze topografiche e monumentali*, «ASubacq», I, pp. 21-48.
- B.S. DOMINIC RUEGG, 1988, *Minturnae: A Roman River Seaport on the Garigliano River, Italy*, in *Archaeology of Coastal Changes, Proceedings of The First International Symposium Cities on the sea - past and present* (A. Raban ed.), (Haifa 1986) Haifa, British Archaeological Reports (BAR) 404, pp. 209-228.

- C. DUBOIS, 1902, *Observations sur un passage de Vitruve*, in *Mélanges d'Archéologie et d'Histoire*, Rome, pp. 439-467.
- C. DUBOIS, 1907, *Pouzzoles antique*, *Bibl. des Éc. Fr. de Rome et d'Athènes* 98.
- F.L. DURANTINO, 1524, *De Architectura M.L. Vitruvio Pollione traducto di Latino in Vulgare dal vero exemplare con le figure ...*, senza luogo di ed.
- V. FASOLO, 1940, *Rappresentazioni architettoniche nella pittura romana*, in *Atti del III Convegno nazionale di storia dell'architettura*, Roma, pp. 207-214.
- E. FELICI, 1993, *Osservazioni sul porto neroniano di Anzio e sulla tecnica romana delle costruzioni portuali in calcestruzzo*, «ASubacq», I, pp. 71-104.
- E. FELICI, G. BALDERI, 1997 a, *Nuovi documenti sulla "topografia portuale" di Antium*, in *Atti del Convegno Nazionale di Archeologia subacquea*, (Anzio 1996), Bari, pp. 11-20.
- E. FELICI, G. BALDERI, 1997 b, *Il porto romano di Cosa: note per l'interpretazione di un'opera marittima in cementizio*, «ASubacq», II, pp. 11-19.
- C. FENSTERBUSCH, 1991, *Vitruv, Zehn Bücher über Architektur*, Darmstadt (2 ed.).
- C. FONTANA, 1710, *Antio e sue antichità*, Roma.
- V. FONTANA, P. MORACCHIELLO, 1975, *Vitruvio e Raffaello. Il "De architectura" di Vitruvio nella traduzione inedita di Fabio Calvo Ravennate*, Roma.
- A. FORCELLINI, 1940, *Lexicon Totius Latinitatis, Patavii*.
- A. FRESCHI, 1980, *Egnazia 1979. Ricerche subacquee*, in *L'Epos greco in Occidente, Atti del XIX Convegno di Studi sulla Magna Grecia*, Taranto (1979), pp. 450-455.
- E.K. GAZDA, 1987, *The Port and Fishery: Description of the Extant Remains and Sequence of Construction*, in A.M. McCANN et al., *The Roman Port and Fishery of Cosa*, Princeton, pp. 74 e ss.
- P.A. GIANFROTTA, P. POMEY, 1981, *Archeologia subacquea*, Milano.
- P.A. GIANFROTTA, 1993, *Puteoli sommersa*, in *Puteoli*, Napoli, pp. 115-124.
- P.A. GIANFROTTA, 1996, *Harbor Structures of the Augustan Age in Italy*, in *Atti del Convegno Caesarea Maritima, A retrospective after Two Millennia* (Caesarea Maritima 1995) Leiden-New York-Köln, pp. 65-76.
- P.A. GIANFROTTA, 1997, *Le peschiere di Nettuno (RM)*, in *Atti del Convegno Nazionale di Archeologia subacquea*, (Anzio 1996) Bari, pp. 21-24.
- R. GINOUVÈS, R. MARTIN, 1985, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, I, matériaux, techniques de construction, techniques et formes du décor*, *Coll. des Éc. Fr. de Rome et d'Athènes* 84.
- C.F. GIULIANI, 1986, *Archeologia, documentazione grafica*, Roma.
- C.F. GIULIANI, 1990, *L'edilizia nell'antichità*, Roma.
- C.F. GIULIANI, 1992, *Note sulla topografia di Portus*, in V. MANNUCCI (a cura di), *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*, Roma, pp. 29-44.
- P. GRIMAL, 1958, *Dictionnaire de la mythologie grecque et romaine*, Paris.
- A. HESNARD, 1994, *Une nouvelle fouille du port de Marseille, Place Jules-Verne*, «CRAI», pp. 195-217.
- R.L. HOHLFELDER, 1988, *Procopius "De aedificiis" 1.11.18-20: Caesarea Maritima and the Building of Harbours in Late Antiquity*, in *Mediterranean cities: historical perspectives*, «MedHistR», 3, pp. 54-62.
- H.-O. LAMPRECHT, 1987, *Opus Caementitium. Bautechnik der Römer*, Düsseldorf (pp. 115-123).
- K. LEHMANN-HARTLEBEN, 1923, *Die antiken Hafenanlagen des Mittelmeeres*, *Klio* XIV, Leipzig.
- A. LEVI, M. LEVI, 1967, *Itineraria picta. Contributo allo studio della Tabula Peutingeriana*, Roma.

- L. LINOTTE, 1824, *Sul porto d'Anzio antico e moderno innocenziano, con varie riflessioni sul sistema adottato dagli antichi per la costruzione dei porti di mare*, «Giornale Arcadico» fasc. XXIII, pp. 225-246, 293-320; fasc. XXIV, pp. 3-48.
- G. LUCATELLI, 1750, *Del porto di Ostia e della maniera usata da' Romani nel fabbricare i porti del Mediterraneo. Dissertazione*, Roma.
- G. LUGLI, 1926, *Anxur-Terracina, Forma Italiae*, R. I, I, Roma.
- G. LUGLI, 1928, *Circeii, Forma Italiae*, R. I, II, Roma.
- G. LUGLI, 1939, *Saggi di esplorazione archeologica a mezzo della fotografia aerea*, Ist. St. Rom., Roma, pp. 5-6.
- G. LUGLI, 1940, *Saggio sulla topografia dell'antica Antium*, «RIA», VII, 1940, pp. 153 e ss.
- G. LUGLI, G. FILIBECK, 1935, *Il Porto di Roma imperiale e l'agro portuense*, Roma.
- C. MALTESE, 1967 (a cura di), Francesco Di Giorgio Martini, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, Cod. Magliabechiano II-I/Cod. Senese SIV, Milano, Sesto Trattato, *Parti e forme dei porti*.
- V. MANNUCCI, P. VERDUCHI, 1992, *Il porto imperiale di Roma: le vicende storiche*, in V. MANNUCCI (a cura di), *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*, Roma, pp. 15-28.
- D. MARCHETTI, 1891, *Di un antico molo per lo sbarco dei marmi riconosciuto sulla riva sinistra del Tevere*, «BCom», pp. 45-60.
- R. MEIGGS, 1973, *Roman Ostia*, Oxford.
- K. MILLER, 1916, *Itineraria romana*, Stuttgart.
- J.P. OLESON, 1977, *Underwater Survey and Excavation in the Port of Pyrgi (Santa Severa)*, 1974, «JFieldA», 4, pp. 297-308.
- J.P. OLESON, 1985, *Herod and Vitruvius: Preliminary Thoughts on Harbour Engineering at Sebastos: the Harbour of Caesarea Maritima*, in *Harbour Archaeology, Proceedings of the first International Workshop on Ancient Mediterranean Harbours* (ed. A. Raban), (Caesarea Maritima 1983), Haifa, BAR 257, pp. 165-172.
- J.P. OLESON, 1988, *The Technology of Roman Harbours*, «IJNA», 17.2, pp. 147-157.
- J.P. OLESON, R.L. HOHLFELDER, A. RABAN, R.L. VANN, 1984, *The Caesarea Ancient Harbor Excavation Project (C.A.H.E.P.): Preliminary Report on the 1980-1983 Seasons*, «JFieldA», 3, pp. 282-305.
- J.P. OLESON, G. BRANTON, 1992, *The Harbour of Caesarea Palaestinae: a Case Study of Technology Transfer in the Roman Empire*, in *Atti del simposio, Geschichte der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus im Mediterranen Raum*, (Merida 1991) Braunschweig, pp. 389-420.
- S.E. OSTROW, 1979, *The topography of Puteoli and Baiae on the eight glass flasks*, «Puteoli» III, pp. 77-137.
- D.I. PELLANDRA, 1997, *Due poco note peschiere a Santa Marinella e a Santa Severa*, «ASubacq», II, pp. 21-33.
- P. PERIANI, 1921, *Il porto di Ancona e la sua sistemazione*, Ancona.
- P. PERIANI, 1937, *Gli agglomerati idraulici nei lavori marittimi*, I Congresso nazionale del cemento, Casale Monferrato.
- C. PERRAULT, 1673, *Vitruve, les dix livres d'architecture (traduction intégrale de C. Perrault, revue et corrigée sur les textes latins et présentée par A. Dalmas)*, Paris 1965.
- I. POLONI, 1739, *Commentarius criticus de M. Vitruvii Pollionis*, Patavii.
- M.J. PRICE, B.L. TRELL, 1977, *Coins and their Cities. Architecture on the Ancient Coins of Greece, Rome and Palestine*, London.
- A. RABAN, 1988, *Coastal Processes and Ancient Harbour Engineering*, in *Archaeology of Coastal Changes, Proceedings of The First International Symposium Cities*

- on the sea - past and present* (A. Raban ed.), (Haifa 1986), Haifa, BAR 404, pp. 185-208.
- M. REDDÉ, 1979, *La représentation des phares à l'époque romaine*, «MEFRA», 1991, 2, pp. 845-872.
- S. REINACH, 1909, *Répertoire de Reliefs Grecs et Romains*, I, *Les ensembles*, Paris.
- S. REINACH, 1922, *Répertoire de Peintures Grecques et Romaines*, Paris.
- G. SCHMIEDT, 1972, *Il livello antico del Mar Tirreno*, Firenze.
- G. SCHMIEDT, 1978, *I porti italiani nell'Alto Medioevo*, in *La navigazione mediterranea nel Medioevo*, Settimane di studio del Centro Italiano di studi sull'Alto Medioevo XXV, T. I, Spoleto, pp. 129-258 + tavv.
- H. SCHLÄGER, 1971, *Die Texte Vitruvius im Lichte der Untersuchungen am Hafen von Side*, «BjB», pp. 150-161.
- E. SCOGNAMIGLIO, 1997, *Aggiornamenti per la topografia di Baia sommersa*, «ASubacq», II, pp. 35-45.
- G. SIMONCINI, 1993, *L'architettura dei porti*, in *Sopra i porti di mare I*.
- P. SOMMELLA, 1978, *Forma e urbanistica di Pozzuoli romana*, «Puteoli», II.
- P. SOMMELLA, 1988, *Italia Antica. L'urbanistica romana*, Roma.
- Sopra i porti di mare I* – G. SIMONCINI (a cura di), *Il trattato di Teofilo Gallaccini e la concezione architettonica dei porti dal Rinascimento alla Restaurazione*, L'ambiente storico. Studi di storia urbana e del territorio III, Firenze 1993.
- Sopra i porti di mare II* – G. SIMONCINI (a cura di), *Il Regno di Napoli*, L'ambiente storico. Studi di storia urbana e del territorio IV, Firenze 1993.
- Sopra i porti di mare IV* – G. SIMONCINI (a cura di), *Lo Stato Pontificio*, L'ambiente storico. Studi di storia urbana e del territorio VI, Firenze 1995.
- S. STUCCHI, 1965, *Intorno al viaggio di Traiano nel 105 d.C.*, «MR», 72, pp. 142-170.
- O. TESTAGUZZA, 1970, *Portus*, Roma.
- G. UCCELLI, 1950, *Le navi di Nemi*, Roma (2a ed.).
- G. UGGERI, 1968, *La terminologia portuale romana e la documentazione dell'«Itinerarium Antonini»*, «StItFilCl», XL, 1-2, pp. 225-254.
- L. VAGNETTI, L. MARCUCCI, 1978, *Per una coscienza vitruviana. Regesto cronologico e critico delle edizioni, delle traduzioni e delle ricerche più importanti sul trattato latino De architectura di libri X di M. Vitruvio Pollione*, in *2000 anni di Vitruvio*, Studi e documenti di Architettura 8, Firenze.
- P. VERDUCHI, 1992, *Il patrimonio archeologico monumentale di Porto: osservazioni preliminari sulle strutture architettoniche*, in V. MANNUCCI (a cura di), *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*, Roma, pp. 55-60.
- E. WEBER, 1976, *Tabula Peutingeriana. Codex Vindobonensis 324*, Graz.
- F. WIRTH, 1934, *Römische Wandmalerei*, Berlin.
- S. XIMÉNÈS, M. MOERMAN, 1988, *The Roman Harbour of Laurons: Building and Structures*, in *Archaeology of Coastal Changes, Proceedings of The First International Symposium Cities on the sea - past and present* (A. Raban ed.), (Haifa 1986), Haifa, BAR 404, pp. 229-252.
- S. XIMÉNÈS, M. MOERMAN, 1989, *Le quai de la crique est du port romain des Laurons (Martigue)*, «CahASubaqu», VIII, pp. 179-191.
- R.A. YORKE, 1967, *Les ports engloutis de Tripolitaine et de Tunisie*, «ArcheologiaParis», 17, pp. 18-24.
- R.A. YORKE, D.P. DAVIDSON, 1985, *Survey of Building Techniques at the Roman Harbours of Carthage and Some North African Ports*, in *Proceedings of the First International Workshop on Ancient Mediterranean Harbours* (A. Raban ed.), (Haifa 1983), Haifa, BAR 257, pp. 157-164.