

Soprintendenza Speciale  
al Museo Nazionale Preistorico Etnografico  
"L. PIGORINI"

A.I.A. Sub.  
Associazione Italiana  
Archeologi Subacquei

# LEZIONI FABIO FACCENNA

Conferenze di archeologia subacquea  
(I e II ciclo)

a cura di  
Marta Giacobelli



EDIPUGLIA

Bari 2001

---

## COSTRUIRE NELL'ACQUA: I PORTI ANTICHI

di Enrico Felici

I porti antichi (ma anche le ville marittime, le peschiere, ecc.) sono strutture a rischio, a causa della disgregazione marina e degli interventi antropici sulle coste, con la crescente richiesta di porti turistici che minaccia gli impianti antichi. La rioccupazione delle rade (che non è un fenomeno nuovo in quanto i porti antichi hanno spesso occupato le migliori posizioni orografiche e marittime) comporta la distruzione o il reimpiego delle strutture, nonché la perdita del deposito archeologico sui fondali a causa dei dragaggi. La maggior parte dei porti antichi del Mediterraneo è scomparsa in questo modo. Danni alle strutture sono stati poi nel tempo inflitti per le ragioni più disparate, anche ricorrendo perfino agli esplosivi: nell'Ottocento nel porto di Anzio (Roma), più recentemente nel porto di Egnazia (Brindisi), ad esempio. Tutto questo ha reso estremamente frammentaria la documentazione archeologica, e difficile la ricerca.

Nel percorrere rapidamente le tecniche edilizie usate nell'antichità per realizzare questi monumenti, accenneremo rapidamente ai sistemi in uso prima dei Romani, per concentrare poi l'attenzione sulla "rivoluzione" del cementizio.

### *Porti naturali: baie, lagune e fiumi*

La navigazione, che nel Mediterraneo è stata praticata dalle epoche più remote, ha sempre avuto necessità di porti. Il tipo più semplice (e più antico) sfrutta una favorevole situazione costiera naturale: una baia riparata, un ridosso, la foce di un fiume o una laguna collegata col mare. Le città di fondazione greca in Italia, ad esempio, si avvalsero spesso di ambienti dalla morfologia costiera favorevole per garantire continuità nei traffici marittimi. Questa elementare considerazione introduce una semplice distinzione tra porti naturali e porti artificiali. I porti naturali occupano un sito già predisposto, utilizzabile come semplice riparo oppure come impianto strutturato mediante armature di sponda, banchine, ecc. Nei porti artificiali, il bacino è invece realizzato dall'uomo, scavando nell'entroterra (porti interni) o per conquista sul mare, gettando dighe di difesa (porti esterni).

La costruzione dei porti, come tutte le tecniche, ha avuto un'evoluzione: gli approdi delle origini non erano certo dotati delle imponenti attrezzature greche o romane: perciò è frequente che luoghi, di cui per la vantaggiosa disposizione si può ipotizzare l'uso come riparo o ancoraggio, non presentino sistemazioni edilizie portuali evidenti. L'uso di alare le navi rappresentava del resto una soluzione, come nel mitico porto omerico dei Feaci: «...e bello ai lati della città s'apre un porto, ma stretta è l'entrata: le navi ben manovrabili lungo la strada son tratte in secco, per tutte, a una a una c'è il posto...» (*Odissea*, 6, 262-265; trad. R. Calzecchi Onesti). Non è difficile immaginare che questi spazi siano stati comunque dotati di elementari infrastrutture di falangaggio (ormeggio su pali) in acqua e di copertura a terra: l'uso del legno, il materiale da costruzione più semplice da reperire, trasportare, installare, ne rende però – per la sua precarietà – difficilissima l'individuazione. In questi casi l'occupazione di un sito non comporta comunque un'alterazione sensibile dei luoghi,

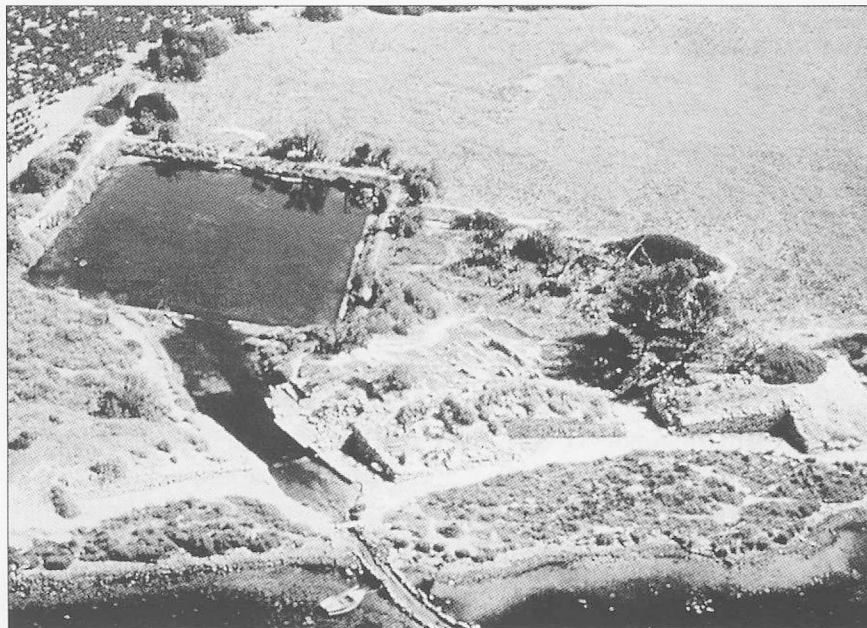


1. - Il molo in opera quadrata di Tabbat-al-Hamman (Siria), datato al IX secolo a.C. in base alla stratigrafia degli insediamenti vicini (da Braidwood).

### Porti artificiali

La navigazione e il commercio nel Mediterraneo erano già attivi in epoca protostorica, ma, a parte alcune installazioni fluviali in Mesopotamia e in Egitto, non è facile individuare tracce coeve di costruzioni portuali, anche per l'impossibilità di datare la pietra da taglio in sé stessa, senza ricorrere a elementi indiretti (fig. 1). Per le epoche successive, data la quantità e il peso delle merci ritrovate in relitti già dal XIV-XIII secolo a.C., è però difficile credere che le navi venissero sempre caricate e scaricate per alleggio, cioè senza accostarle a installazioni di terraferma. L'ipotesi più plausibile è che siano stati scelti i siti favorevoli per la presenza di isolotti e banchi di roccia costieri, nei quali siano state ricavate delle installazioni intagliando la pietra. Forse a primi nuclei realizzati in questo modo risalgono le origini di grandi porti, che in seguito sono stati ampliati e potenziati. Infatti, con l'affermarsi nel Mediterraneo delle flotte fenicie, etrusche e greche, che necessitavano di impianti fissi per gli scambi commerciali, si è cominciato a realizzare porti artificiali sempre più massicci,

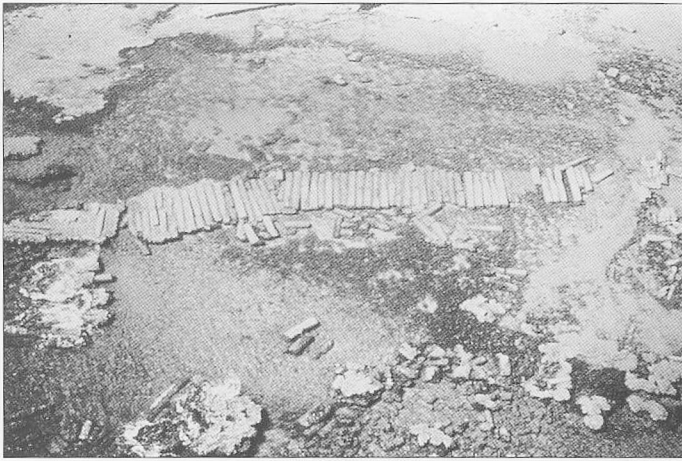
2. - Il *cothon* di Mozia (Trapani).



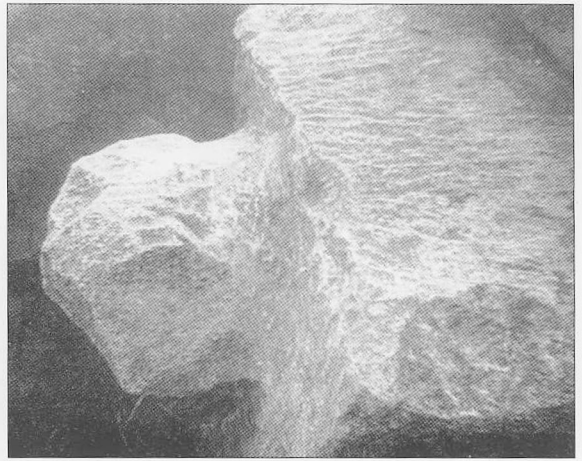
il cui tipo edilizio è dipeso dalla morfologia costiera e dalla disponibilità di materiali da costruzione. I litorali rocciosi sono stati ancora meglio adattati con escavazione e taglio nella pietra di darsene, banchinamenti, scivoli. Un esempio caratteristico di questa tecnica è la piccola darsena (*cothon*) fenicia dell'isola di Mozia (fig. 2). La continuità d'uso dei siti, protratta per lungo tempo, e la varietà di tecniche costruttive creano però oggettive difficoltà di interpretazione e datazione delle strutture. Nel porto di Tiro (Libano) è stata plausibilmente

Enrico Felici

che vengono semplicemente sfruttati adattandosi alla morfologia della costa; un'attendibile testimonianza di frequentazione può essere però costituita da materiali sul fondale, come ancore o depositi di ceramica.



3. - Colonne sistemate dai Crociati nel porto romano di *Caesarea Maritima* (da Raban).

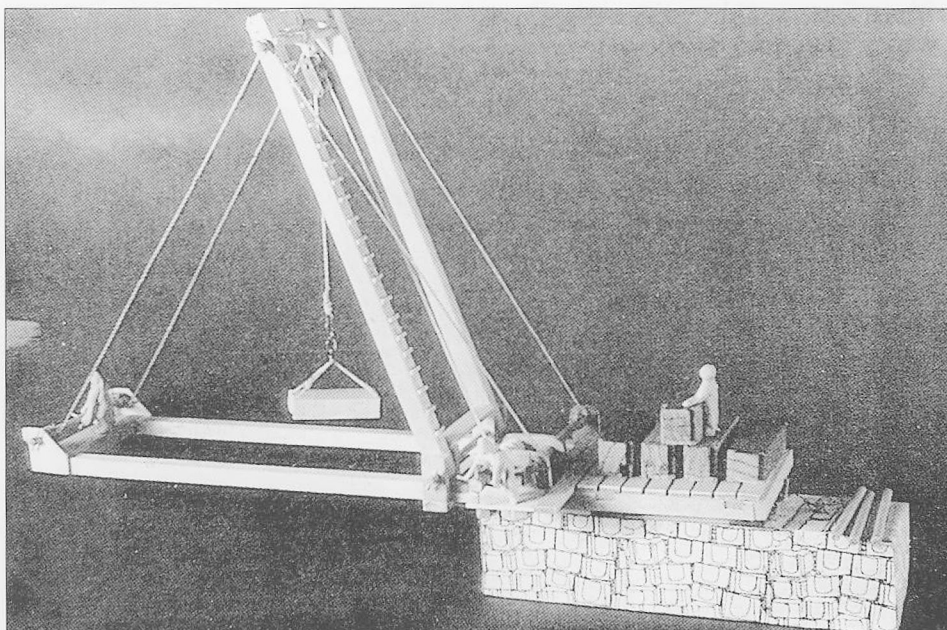


4. - Bugne per il sollevamento dei blocchi del porto di Amathus, Cipro (da Empereur, Verlinden).

individuata una originaria fase fenicia; tuttavia, l'aggiunta di un secondo bacino e il passaggio della città in varie mani (Alessandro Magno, i Romani, ecc.) rendono difficile distinguere le diverse fasi, che sempre utilizzarono la pietra da taglio. A ciò bisogna aggiungere che la maggior parte dei porti del Mediterraneo è stata poi rioccupata in età tardo antica, medievale, rinascimentale, da Bizantini, Veneziani, Genovesi, Turchi, per ricordarne solo alcuni (fig. 3). Aggiunte, sottrazioni, ampliamenti, restauri hanno profondamente, e spesso radicalmente, modificato le strutture originali, con attività edilizie che avevano nella pietra il materiale d'elezione. Aggiungiamo ancora che alcune tecniche sono passate dai Fenici ai Greci o dai Greci ai Romani; e che spesso elementi di conservatorismo costruttivo dipendono da tradizioni e capacità delle maestranze locali. Laddove non si riscontrano evidenze materiali certe di discernimento, l'unico soccorso può venire dalle fonti, o da elementi di datazione indiretti.

Non tutto è però indistinto. I Greci applicarono sicuramente alle costruzioni portuali il loro metodo di costruzione dei monumenti. Realizzarono così potenti strutture in blocchi di pietra, accostati e sovrapposti in assise, legati tra loro orizzontalmente con grappe e verticalmente con tenoni e perni di piombo, legno o ferro. In qualche caso si è accertato il sistema di posa: i blocchi venivano calati in acqua servendosi di grosse bugne risparmiate nella pietra, in cui venivano fatte passare le corde (figg. 4-5). Sembra che per coprire larghe superfici fosse in uso una tecnica «a vespaio»: filari di blocchi disposti in modo da

5. - Porto di Amathus, sistema di posa dei blocchi (da Empereur, Verlinden).



formare una cassaforma, che veniva poi riempita di pietrame; anche questa è tuttavia una tecnica che i Romani hanno mutuato. I porti fenici e poi quelli greci, si avvalevano a terra di varie attrezzature di servizio, la più caratteristica delle quali sono gli scivoli di alaggio coperti per il ricovero invernale delle navi (fig. 6). Dallo studio di queste infrastrutture, si sono anche ottenuti dei dati sulle caratteristiche delle imbarcazioni.

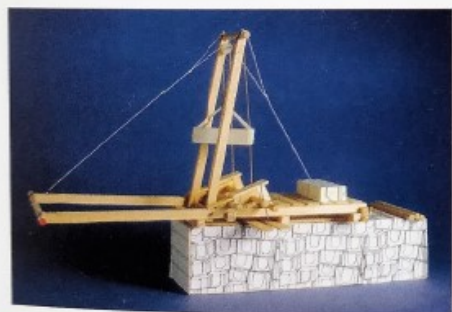
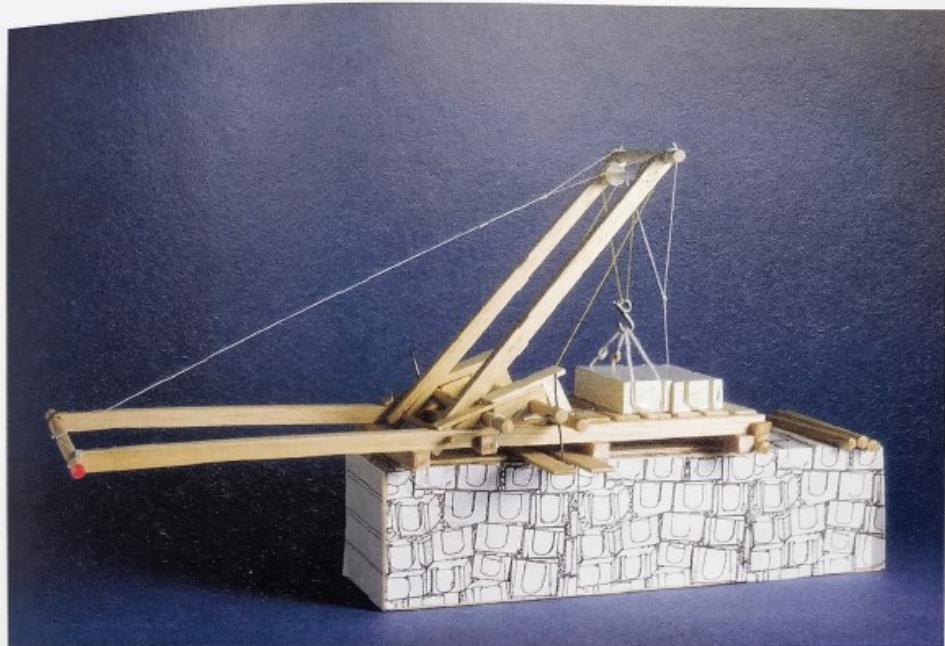
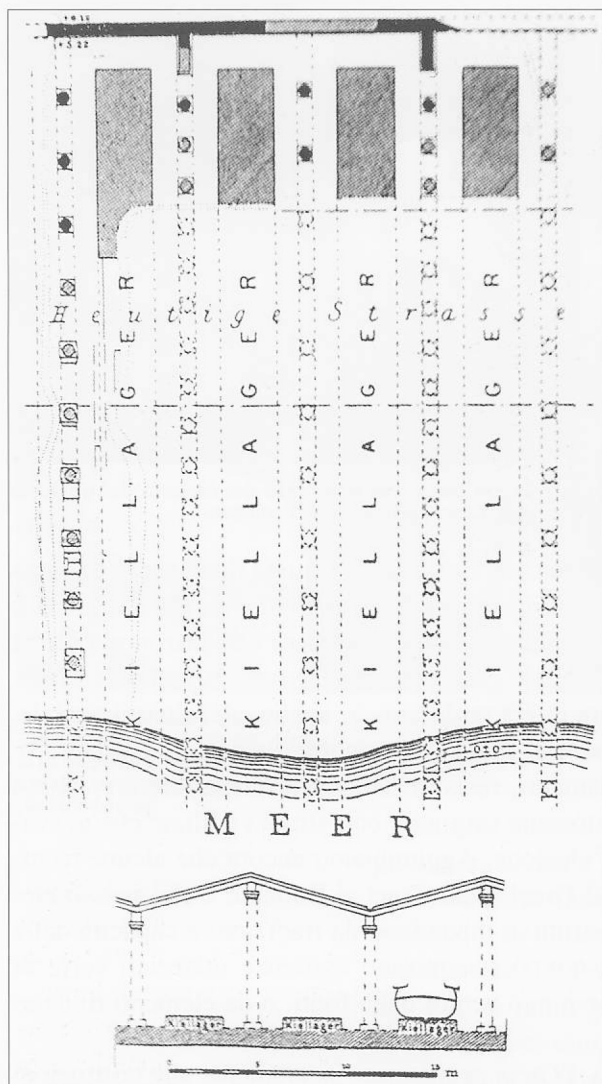


Fig. 51a-e — Reconstruction of the machinery used for placing the blocks (CAD EFA, T. Koželj)

*I porti dei Romani*

I Romani rielaborarono, contaminarono e utilizzarono tutte le tecniche di costruzione portuale, aggiungendovi quella, del tutto originale, che rappresenta la più avanzata: il cementizio. Vedremo come quest'ultimo abbia dato un enorme impulso alla fabbricazione di nuovi impianti in tutto il Mediterraneo.

Un modo elementare, ma efficace, per realizzare grandi dighe foranee non transitabili era il getto di pietra sciolta, che, come narra Plinio, fu usato a Civitavecchia o, come hanno accertato delle indagini, è stato anteposto al porto di Cosa. L'opera a blocchi "alla greca" fu ampiamente utilizzata, applicandola da sola ma anche in combinazione con il cementizio, come avvenne massicciamente nella grande risistemazione Severiana del porto di *Leptis Magna*, in Libia. Anche nelle costruzioni in soli blocchi, fu aggiunta la novità del legante, come nel porto greco di Antedone (età di Giustiniano). Né fu disdegnato di scavare i porti direttamente nei banchi rocciosi: alcune parti del



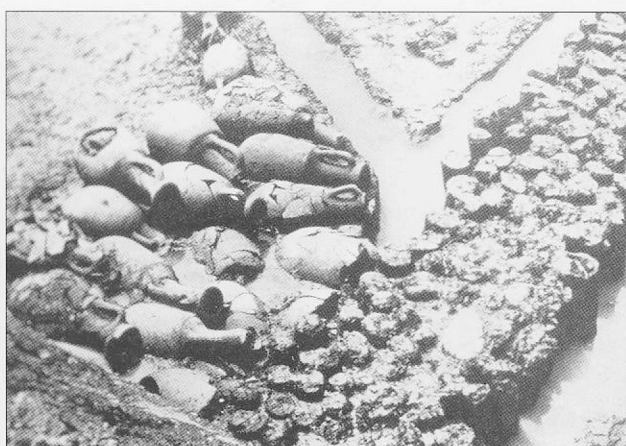
6. - L'arsenale per il ricovero delle navi del porto di Zea (Grecia): pianta e sezione.

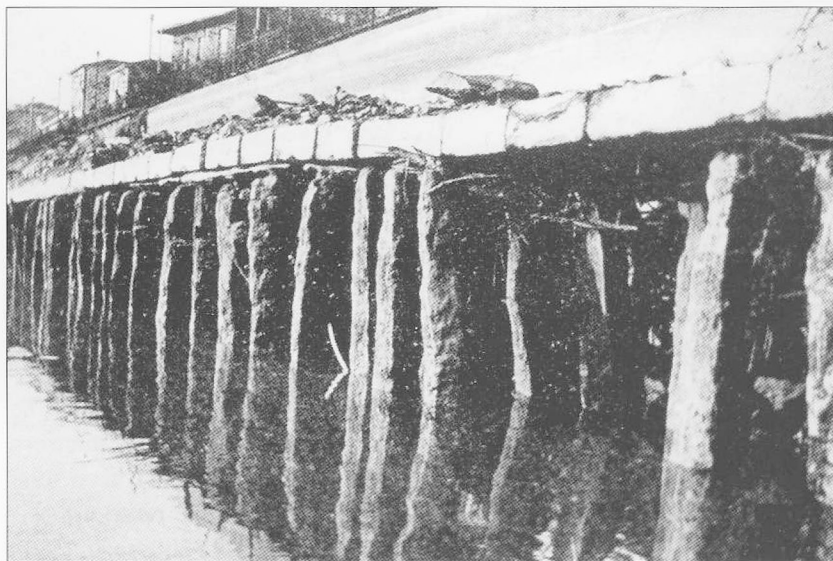
porto di Egnazia, e ancor più l'intero bacino di Ventotene sono esempi eloquenti.

Anche gli economici sistemi di solo legno ebbero fortuna, dove la situazione lo consentiva: soprattutto, quindi, come metodi di arginatura di rive lacustri e fluviali. Sistemi in fondo non dissimili concettualmente dalle tecniche in uso per il cementizio, che vedremo più avanti: casseforme di pali montanti e tavolati, riempite di terra e detriti – se ne è trovata una a Marsiglia – o materiali drenanti, come il letto di anfore di una banchina a Oderzo (figg. 7-8). Il dominio di tutte le tecniche produsse anche fenomeni di contaminazione, di cui un esempio interessante è una banchina sul fiume Dora, a Ivrea: su una fondazione a palificata poggia un'assise di blocchi di pietra, con alzati dal nucleo in opera cementizia (fig. 9).

7. - (a sinistra) Una banchina di legno e riempimento nel porto di Marsiglia (da Hesnard).

8. - (a destra) Oderzo, palificata e drenaggio di anfore per il banchinamento (da Tirelli).





9. - Ivrea, banchina sulla Dora: palificata di fondazione (da Finocchi).

Costruire nell'acqua: i porti antichi

*L'iconografia portuale romana: dalla fantasia alla realtà*

Prima di affrontare gli aspetti più tecnici della grande rivoluzione del cementizio, gettiamo uno

sguardo alle rappresentazioni iconografiche di porti in età romana, un aspetto rilevante perché da esse si sono nel tempo tratte delle informazioni che hanno poi, nel bene e nel male, influenzato l'interpretazione delle strutture antiche. I porti compaiono in monete celebrative, rilievi, mosaici, affreschi, ma spesso è assai difficile (e a volte impossibile) individuare in queste rappresentazioni dei tratti di realismo, cioè trarne elementi attendibili sull'aspetto architettonico, sulla tecnica edilizia o sulla topografia. Per fare esempi concreti, emblematiche sono le raffigurazioni del porto ostiense di Claudio nelle monete che ne celebrano l'inaugurazione sotto Nerone, note in almeno due varianti fondamentali. In entrambe, uno dei due moli sembra presentare un'allusione a palificate di costruzione, in base alla quale il molo è stato interpretato come realizzato a piloni ad arcate (*opus pilarum*) (fig. 10). Si trattava però, probabilmente, di un modello iconografico stereotipato, cioè un elemento grafico convenzionalmente noto e riconoscibile, che serviva ad indicare una costruzione fondata in acqua e a celebrare la conquista dello spazio sul mare; i moli ostiensi, per quanto se ne conosce, sono infatti a fondazione continua. Tuttavia, proprio 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.

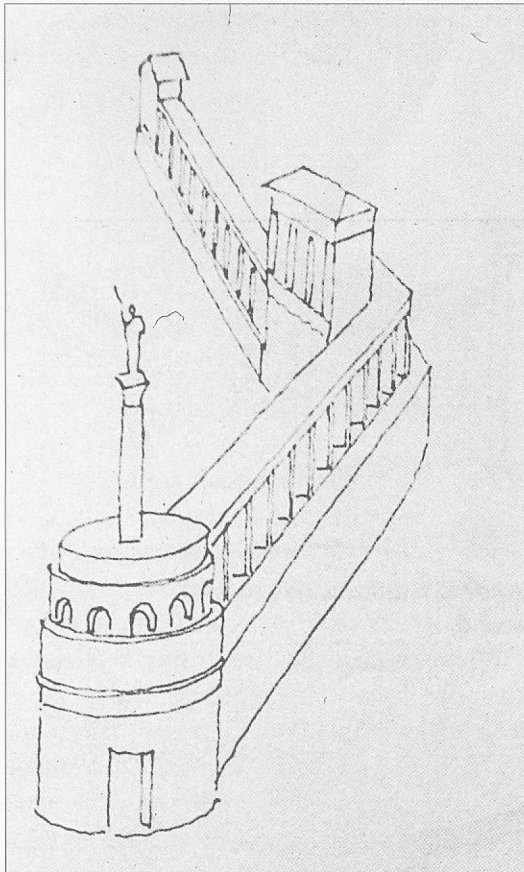
10. - Moneta celebrativa dell'inaugurazione del porto di Ostia.



L'iconografia dell'edificio "sospeso" su arcate è molto diffusa; compare, tra l'altro, sulla colonna Traiana, ma anche nella pittura murale, soprattutto campana e laziale, ricca di paesaggi marittimi e portuali, probabilmente scene di genere ispirate alle costruzioni flegree: pontili su piloni in pitture da Stabia, da Pompei, da una villa sull'Esquilino a Roma, per ricordarne alcune. Sembra, del resto, che il porto rientrasse tra i motivi canonici della pittura di paesaggio descritti da Vitruvio (7, V, 2). Ma neanche da questi esempi è facile cogliere specifici tratti di realismo. In una pittura dalla "villa grande" di S. Sebastiano appare un molo, del quale è stata tentata una trasposizione grafica. Ne sono risultati riconoscibili alcuni elementi architettonici (la torre-faro, il portico, ecc.), ma l'insieme ha evidenziato delle incongruenze sul piano tecnico (fig. 11). In altre parole, da questa pittura non sembra possibile identificare né un determinato edificio, né un monumento astratto ma almeno plausibile; eventualmente – con estrema cautela – se ne possono







11. - Affresco con scena di porto da S. Sebastiano, trasposizione grafica (da Fasolo).

Enrico Felici

ricavare degli elementi “universali”, in parte credibili in sé ma ridotti a convenzione pittorica e assemblati in maniera alquanto incoerente. Un notevole puntiglio descrittivo, che denuncia una volontà di realismo, si ha invece nelle notissime fiaschette raffiguranti il molo di Pozzuoli; in questo caso, si può almeno avere la certezza della veridicità dell’elemento strutturale delle *pilae*.

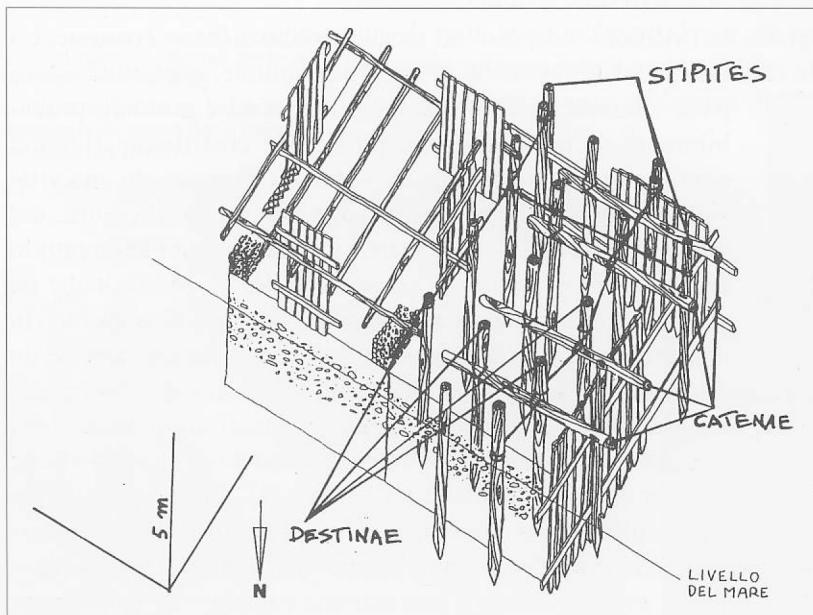
#### Vitruvio e le tecniche di costruzione portuale

Tra alcune generiche descrizioni di costruzioni di porti, l’unica fonte “manualistica” è un passo del *De architectura* (V, XII) di Marco Vitruvio Pollione, architetto di età augu-

stea, che sintetizza le tecniche fondamentali di costruzione delle strutture in acqua in tre “modi” fondamentali.

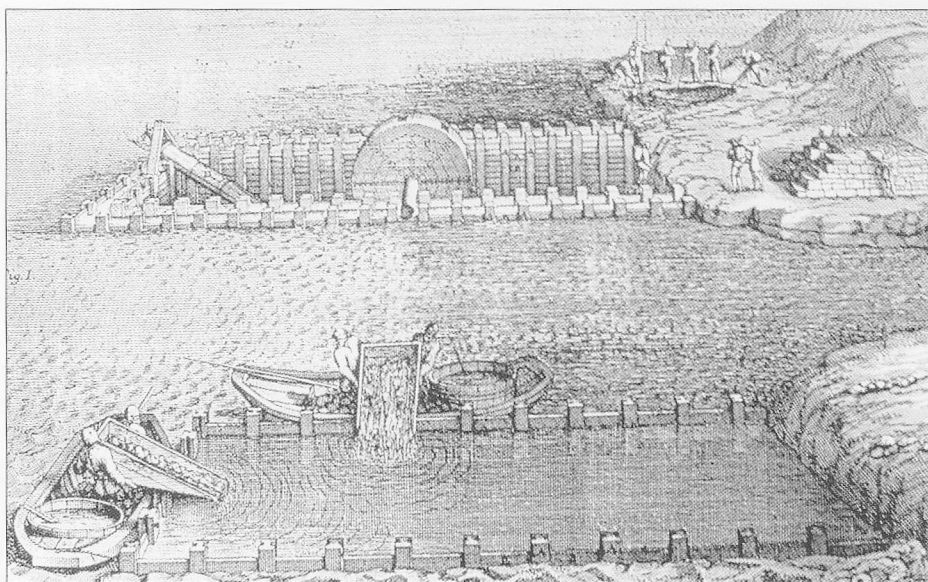
Economia e velocità di esecuzione caratterizzano il primo: si doveva realizzare una cassaforma di legno (*arca*) con le pareti di assi tenute insieme da pali piantati nel fondale (*destinae*) che avevano la funzione di formare l’ossatura portante della “macchina”, e forse anche di costituire un ancoraggio dell’opera al fondale, secondo il principio del “molo su palafitta”; naturalmente, questa operazione era agevole solamente sui fondali sabbiosi. Si proseguiva con l’installazione di travature trasversali (*catenae*) fissate ai pali montanti. Questi elementi esercitavano dall’interno delle casseforme la forza necessaria a contrastare la spinta del cementizio fresco; su di esse si poteva installare un tavolato provvisorio (*transtilla*) percorribile durante i lavori. Il tutto era ricalzato con altri pali montanti esterni (*stipites*) di quercia (fig.12). I pali potevano essere

12. - Anzio, porto neroniano, molo est, blocco II: assonometria ricostruttiva della cassaforma di costruzione.



armati con puntazze di metallo. Nel cassone si sarebbe gettato un cementizio composto di pietre, calce e pozzolana, direttamente nell’acqua: a farlo indurire avrebbe provveduto proprio la pozzolana, il *pulvis puteolanus*. Lo stesso Vitruvio, tra gli altri, ne descrive le proprietà: «è infatti un tipo di polvere che per la sua natura fa cose mirabili: non solo dà solidità agli edifici ma anche i moli costruiti in mare solidificano sott’acqua» (*De architectura*, II, VI, 1). Largamente impiegata sulla costa tirrenica (Campania, Lazio ecc.), la pozzolana giunse perfino ad essere “esportata” (forse insieme a

13. - Le casseforme, inondate e stagnate, in una stampa di C. Perreault.



maestranze specializzate) da Pozzuoli sulle coste della Palestina per la costruzione del porto di Erode a *Caesarea*.

In assenza di pozzolana, prescrive il secondo “modo”: si poteva costruire un cassone impermeabilizzato e svuotarlo dall’acqua, nel quale si sarebbero fabbricati quattro paramenti perimetrali in muratura, al cui interno costipare poi un cementizio meno adatto a tirare in acqua. Questa operazione doveva essere effettuata costruendo un recinto (*septio*) di paratie raddoppiate e stagnate pressando dell’argilla nel vuoto tra le due valve. 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 recentemente a Nisida, una *pila* costruita certamente con una cassa stagnata, come attesta il paramento in una sorta di *opus reticulatum*, nonostante la muratura contenga pozzolana in abbondanza.

Una vera e propria cassa stagnata in mare non è stata ancora individuata. Un esemplare di Cesarea presentava le pareti raddoppiate e riempite di una sorta di malta; non si trattava però di una stagnatura, in quanto la cassa era priva di fondo. Paratie stagnate furono invece impiegate per foderare di cementizio 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. Un altro esempio di paratia raddoppiata è stato riscontrato in una banchina a Marsiglia.

La cassaforma inondata non consentiva ovviamente di fabbricare paramenti: il cementizio veniva quindi gettato direttamente a contatto con il legno, come dimostrano le impronte lasciate dalle facce delle assi sulle pareti dei moli (fig.13).

La stessa logica della costruzione a cassoni poteva essere sviluppata con l’opera isodoma: blocchi di pietra disposti a vespaio, di cui riempire gli spazi vuoti con gettate di cementizio. È probabilmente un adattamento della tecnica



14. - Lecce, porto adrianeo: vista in sezione.

ne costruttiva locale e disponibilità di pietra si mescolavano all'uso di cementizio non specifico per l'uso idraulico: ricordiamo come esempio il porto adrianeo di Lecce (S. Cataldo) (fig.14).

Tornando ai porti in cementizio, se l'opera immersa dei moli era lasciata grezza, abbiamo invece conferma che spesso gli alzati erano rivestiti di paramento (fig.15). Una volta completato il basamento del molo, portandone la quota sopra il livello del mare, la fabbrica proseguiva con le murature aeree, che occupavano parte della superficie 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. Un esempio è 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.

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. Dunque per costruire un'*arca* non si doveva necessariamente approntare un complesso cassone con quattro lati: appoggiandosi a strutture già solide potevano anche bastare tre, due, o anche una sola paratia, come, ad esempio, avveniva nella costruzione delle banchine.

La versatilità di questo sistema consentiva l'avanzamento progressivo della costruzione, secondo moduli che in molti siti sono chiaramente leggibili. 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*. 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.

15. - Anzio, porto neroniano: un crollo rivestito di paramento in laterizi.



Tutte queste tecniche erano basate sulla carpenteria edile (*materiatio*). Recentemente si sono però riscontrate anche delle metodologie proprie della carpenteria navale, applicate alla costruzione di casseforme complesse a *Caesarea Maritima*. A questo ambito può anche ascriversi l'impiego di casseforme "improprie", non costruite appositamente ma ricavate da scafi di vecchie imbarcazioni. L'esempio più sorprendente sarebbe la vicenda della *mirabilis navis* di Caligola, che, secondo Plinio e Svetonio, sarebbe stata affondata e riempita di cementizio per costruire un segmento del molo di Claudio a Ostia. Probabilmente questo racconto non va tuttavia preso alla lettera; comunque l'impiego di spezzoni di imbarcazioni in altri contesti è stato effettivamente riscontrato, ad esempio nel porto di Marsiglia. Ma, a parte questi casi, la tecnica di costruzione in acqua è sostanzialmente un'applicazione della carpenteria in uso nelle fondazioni in terraferma, sviluppata in relazione alla mancanza di punti d'appoggio esterni, e resa perciò "autoportante" con lo sviluppo dall'interno della forza di tenuta.

Le impronte del legname rappresentano una fondamentale guida per la comprensione delle sequenze e del tipo di costruzione. Nonostante le prime intuizioni risalgano al Settecento, l'interpretazione corretta e compiuta di queste tracce su moli e banchine è tuttavia recente, ed ha ricevuto un'accelerazione dalla ricerca archeologica subacquea, che ha consentito anche l'individuazione di resti dei legnami. Porzioni di casseforme si sono trovate, per esempio, a Nemi, a *Caesarea Maritima*, ad Ostia, a Marsiglia e recentemente a Baia e – come si vedrà – ad Anzio. A Laurons si sono individuati dei numerali incisi sui legnami, forse indicazioni per il montaggio. 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.

Il grado di raffinatezza nelle soluzioni di carpenteria 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. 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.

Il terzo metodo di Vitruvio, che però non è mai stato documentato con sicurezza, consisteva nel fabbricare a terra un parallelepipedo in muratura, facendolo poi cadere in mare una volta indurito. L'inevitabile incertezza nell'assegnare una traiettoria precisa alla caduta del blocco sembra però 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. Forse rientrano in quest'ambito anche dei blocchi in cementizio (cm

150 x 80) riscontrati in mare a Sabratha. Si può notare che al parallelepipedo sia Virgilio che Vitruvio assegnano il termine *pila*.

#### *L'evidenza archeologica*

Si ritiene che il primo esempio di costruzione portuale in calcestruzzo eseguita direttamente in acqua sia il molo di *Cosa* (odierna Ansedonia), datato alla fine del II sec. a.C. Se pure questa tecnica edilizia sia stata applicata in età repubblicana, il suo impiego massiccio 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.), all'intervento di Claudio a Ostia, alla sempre più evidente azione progettuale e costruttiva di Nerone (*Leptis Magna*, Ostia, *Circeii*, Anzio), di Traiano (Ancona, Brindisi, *Portus*, Civitavecchia, Terracina), degli Antonini, fino ai Severi.

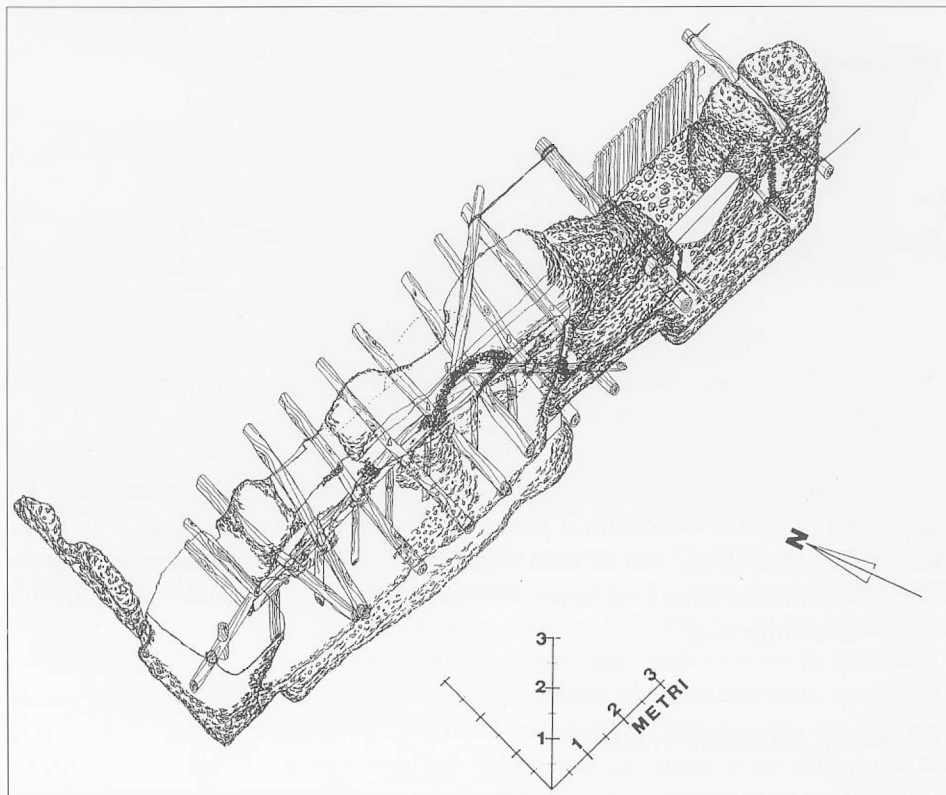
Va però precisato che l'uso del cementizio non era generalizzato. Si continuò a costruire in pietra da taglio laddove la disponibilità rendeva più semplice ed economico lavorare questo materiale, come, ad esempio, sulla costa istriana, a *Leptis Magna* o nel ricordato porto di Lecce.

Analizzando e confrontando le diverse le tecniche edilizie, si riscontrano quelle varianti, a volte marginali ma talora sostanziali, che restituiscono le specificità dei singoli cantieri. 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.

#### *La costruzione su piloni*

Il pilone (*pila*) è concettualmente un elemento singolo; nella costruzione di moli e ponti, posto in serie a intervalli regolari realizzava una struttura che veniva indicata con la locuzione *opus pilarum*. 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 il deposito sabbioso della «Corrente Litorale» (che però sembra che non abbia alcuna capacità in tal senso). 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.

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 estesivamente. 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



16. - Porto di Astura, molo nord: assonometria dell'armatura per il riempimento tra i piloni.

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. Una radicale ristrutturazione di Antonino Pio, attestata epigraficamente, può tuttavia costituire indizio di una relativa fragilità della struttura.

#### *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 riempimenti. Il riempimento dei vuoti sarebbe però risultato possibile, o almeno grandemente facilitato, realizzando negli stessi piloni, in corso d'opera o anche successivamente, dei punti di forza per il successivo aggancio delle paratie. Potremmo definire questo sistema come "falsa opera a piloni"; se ne sono individuati almeno due esempi, che esaminiamo brevemente.

Il molo sinistro del porto di Astura è stato interpretato come una costruzione a piloni distanziati in seguito modificata con il riempimento dei varchi. Lo spazio tra i primi due piloni (partendo da terra) è stato effettivamente riempito di cementizio in un secondo momento; per effettuare il riempimento, è stata usata un complessa intelaiatura di legno, appoggiata ad una lunga trave orizzontale collocata tra i piloni. Le testate di questa trave furono però affogate nei piloni stessi in fase di costruzione, chiaro indizio che in quel momento il riempimento era già previsto, quantomeno per un ripensamento in corso d'opera (fig.16).

Tra due piloni del molo di Cosa si trovano i resti di un parziale riempimento, che hanno fatto pensare che l'opera sia stata progettata "a *pilae*" e forse non completata. Sulla faccia nord di due dei piloni si sono però recentemente documentate delle cavità, una delle quali ottenuta intenzionalmente durante la costruzione del pilone, annegando nel cementizio una piccola anfora senza collo. La pancia dell'anfora poteva accogliere 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

cui lati erano ancora visibili le imposte per gli archi di collegamento, già descritti nel '500. Una struttura analoga è raffigurata su un rilievo ai Musei Capitolini (che potrebbe però rappresentare un ponte). Questo tipo di costruzione ben si adattava al golfo di Pozzuoli, relativamente riparato; più che

ze, come i non lievi sfalsamenti d'impianto tra i piloni e la situazione ambientale, sostengono questa interpretazione.

Rileggendo 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 completamento dell'opera, con un sostanziale abbattimento del costo complessivo.

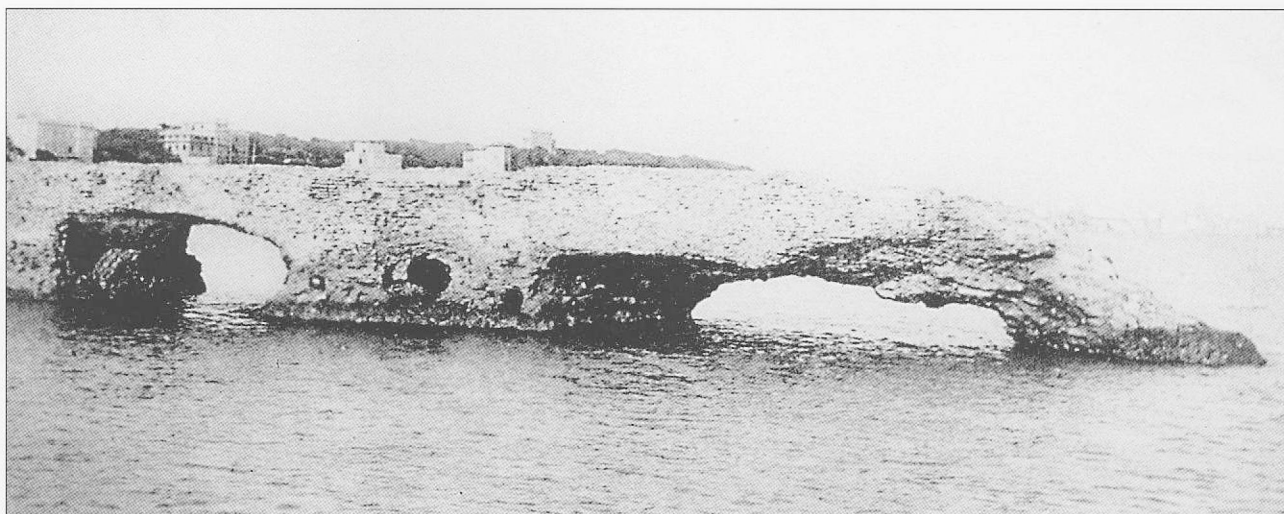
#### *Le opere a fondazione continua*

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. Il risultato era in sostanza una sequenza di *pilae* strettamente 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; 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; l'opera finita non presentava punti deboli all'azione del mare, al quale opponeva una parete uniforme che garantiva la riflessione delle onde. La presenza di ampi varchi o fratture nei resti di un molo è in questi casi il risultato di una 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.

#### *Le gettate estensive*

La grande versatilità del cementizio venne sfruttata anche per la realizzazione di platee, banchine, ecc. La profondità generalmente esigua consentiva procedimenti più rapidi. 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.

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 montanti di



17. - Anzio, porto neroniano, bacino est: il molo romano chiamato Moletto Panfilii.

riva con travi orizzontali. Si otteneva in questo modo una specie di zattera, che poteva anche essere usata come fondazione di ambienti.

Se alle spalle esistevano già delle strutture solide, se ne sfruttava la resistenza: ad Astura sono stati ricavati in un muro degli incassi, in cui sono stati alloggiati dei tenoni che trattenevano, mediante *catenae*, la paratia di costruzione della banchina. 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.

#### *Un esempio paradigmatico: il porto romano di Anzio*

Tra gli impianti romani indagati più recentemente, il porto di *Antium* sta restituendo numerosi dati, sia tecnici e strutturali, sia topografici e anche epigrafici, e lo si può dunque proporre come un buon paradigma per le costruzioni portuali di età imperiale. Esso costituisce infatti una delle più imponenti applicazioni dell'opera cementizia gettata in acqua, ed è un prezioso serbatoio di informazioni tecniche: i suoi resti illustrano infatti in modo significativo le prescrizioni di Vitruvio, aggiungendovi inoltre varianti e soluzioni tecniche non altrimenti note. A ciò si aggiunga che è ben databile, fatto tanto più rilevante in quanto la cronologia di queste opere marittime sulla base della sola evidenza archeologica è generalmente assai problematica. Suetonio ne attribuisce infatti la costruzione a Nerone, precisando che il cantiere comportò una spesa immensa, pienamente giustificata a giudicare dall'estensione e dall'imponenza che i resti ancora mostrano.

La storia degli studi su di esso si avviò nei primi anni del '700, con la costruzione del nuovo porto d'Anzio da parte del papa Innocenzo XII; si accese in quell'occasione un vivo interesse antiquario e "idraulico" per la contigua opera romana, che fu in quegli anni e nel secolo successivo più volte scandagliata e rilevata. Conferme a quei primi dati sono venute da una foto aerea sperimentale del 1939 e da una successiva ripresa della R.A.F., dalle quali si nota che il bacino è racchiuso da due moli foranei, l'occidentale lungo più di ottocento metri e l'orientale stimabile in oltre cinquecento, e che l'apertura della bocca è con ogni probabilità ad est, coerentemente con la disposizione generalizzata degli impianti tirrenici. Questi inizi, pure se promettenti, non hanno però avuto seguito e hanno lasciato irrisolte la maggior parte delle questioni. Solo recentemente, con ricerche mirate sia alle strutture emergenti che ai resti sommersi, si è cominciato ad acquisire dati sulle tecniche di costruzione.





18. - Anzio, porto neroniano: sigla O-P-A punzonata su una palanca di costruzione.

Enrico Felici

Si è accertato, ad esempio, che l'impianto antico non consisteva in un unico bacino, come sinora ritenuto, ma era composto da due darsene contigue,

delle quali l'orientale (più piccola) è stata in seguito occupata dal porto pontificio. Infatti, attraverso documentazione d'archivio e materiale iconografico d'epoca, un resto di molo oggi scomparso, sempre ritenuto opera del '700, si è rivelato una costruzione romana (fig. 17). Anch'esso era infatti palesemente costruito come gli altri resti del porto: cementizio gettato in casseforme di legno fino al livello del mare, completato nella parti aeree con murature in laterizio.

Ogni nuova indagine sull'impianto di Anzio contribuisce a configurarlo come un porto dalla disposizione sempre più complessa e articolata.

Nel 1997, accertamenti preventivi imposti dalla Soprintendenza archeologica per il Lazio hanno impedito la posa di una barriera sommersa che, articolata su tre segmenti, avrebbe occupato il centro del bacino occidentale con andamento est-ovest, distruggendolo. Nel corso delle ricerche si è individuato un "nuovo", lungo tratto di un molo approssimativamente rettilineo che corre parallelo al molo "principale" del porto con andamento est-ovest.

L'opera, conservata per un'altezza di circa m 2,50 e per una larghezza alla base attuale (a circa 4 metri di profondità) di m 3,50 - 3,60, è come di consueto realizzata gettando cementizio in casseforme, realizzate mediante due palancolate parallele composte con assi accostate in verticale, larghe cm 23-50 e spesse cm 7-8, di cui affiorano dal fondale i monconi. I filari di palanche erano bloccati dall'esterno con pali montanti, piantati nel fondale con cadenza di circa m 1,20, a distanza di 50-70 cm dalla parete di tavole. Nei tratti maggiormente disgregati, proprio dai resti dei tavolati di costruzione si individua l'andamento del molo, al quale, a circa due terzi del bacino verso ovest, è stato impresso un deciso cambio di direzione verso nord.

Al limite orientale del molo si è effettuato uno scavo di accertamento, rimuovendo due panconi per l'osservazione e la documentazione, che attualmente sono in restauro grazie alla collaborazione tra il Comune di Anzio e gli Assessorati al Bilancio e ai Beni Culturali della Regione Lazio. Le assi sono in essenza di conifera, ben conservata dal fango sigillante in cui affondavano per 120 cm. L'estremità inferiore è lavorata a ugnatura, per facilitarne la penetrazione nella sabbia. Entrambe le facce delle palanche recano i segni della sgrossatura, probabilmente effettuata con l'accetta. L'analisi al Carbonio 14 di due campioni dei tavolati ha restituito una cronologia collocabile, sia pure genericamente, in età romana.

Su un lato di entrambe si leggono numerose lettere, battute a freddo mediante punzoni a rilievo, raggruppabili in cinque gruppi di sigle in capitale romana; alcune rappresentano probabilmente abbreviazioni di *tria nomina*, di non facile scioglimento. Di altre è possibile tentare una, sia pure provvisoria, interpretazione: ad esempio nella sigla PVB potrebbe leggersi l'abbreviazione di (*opus*) *publicum*, mentre il punzone O-P-A potrebbe sciogliersi con *Opus Portus Antiatum* o *Augusti* (fig.18). Perché queste sigle? Un primo, plausibile orientamento è che si tratti di marchi "di servizio", indicazioni di proprietà o di

19. - Anzio, porto neroniano: strutture sommerse in un volo del 1956 (Aerofototeca; conc. S.M.A. 184 del 8/5/1996).



natura fiscale, destinate ad assolvere la propria funzione nel corso dei vari passaggi di mano del legname, prima grezzo e poi lavorato, fino alla messa in opera nel cantiere; del resto il legname per l'edilizia è spesso ancora oggi marchiato.

Ma un'attenzione particolare merita, per la sua disposizione, il nuovo molo. Esso sembra inscrivere in un sistema più esteso e complesso, che si rintraccia già in un rilievo anonimo del 1819, in cui resti sommersi con vario andamento all'interno dell'area portuale sono attribuiti ad «antiche darsene». Integrandole queste informazioni con le fotografie aeree e con i recenti rilevamenti si ricava la presenza di un'opera con un andamento che sembra mirato a delimitare un'area ristretta all'interno del bacino occidentale del porto neroniano, la cui funzione rappresenta l'interrogativo più interessante (fig. 19).

Va innanzitutto precisato che la cronologia di questa struttura la pone in un momento coevo o posteriore all'impianto neroniano. Il complesso può essere il risultato di diverse fasi, come una modifica o perfezionamento dell'impianto

effettuati in età antica – forse già in corso d'opera – per rimediare a qualche errore progettuale. Può anche derivare da una radicale ristrutturazione dell'impianto principale di cui si fosse presto gravemente compromessa l'agibilità, che ne abbia sfruttato le rovine come massicciata di difesa ricavando al suo interno un'area ristretta.

Potrebbe però trattarsi di un progetto unitario, in cui troverebbero una collocazione coerente sia i larghi moli esterni di difesa, sia un'organizzazione interna realizzata con attrezzature “leggere”. Il nuovo molo può infatti avere assolto una funzione di difesa dell'interno del bacino. Il suo braccio orientale sembra formare uno sbarramento arretrato davanti alla bocca del porto, quasi a porre rimedio all'esposizione, come in altri porti tirrenici, al vento di scirocco, che durante le mareggiate avrebbe spinto pericolose onde fino al limite interno del bacino (fig. 20).

20. - Anzio, porto neroniano: ipotesi di massima sulla topografia generale, con la direzione di provenienza delle mareggiate.



Se così fosse si sarebbe in presenza di un avanzato grado di capacità progettuale, e forse di un tentativo sperimentale. Il porto fu – Svetonio lo precisa – realizzato in concomitanza con la deduzione della colonia anziate: un sito vergine può forse aver consentito una accurata pianificazione complessiva dell'intervento e la ricerca di soluzioni mirate, nell'intento di realizzare un nodo portuale nevralgico sul litorale tirrenico. Tutto ciò aiuta a comprendere quanto poco ancora si sappia, tutto sommato, sull'ingegneria portuale antica, e come sia necessario salvaguardare le sue ultime testimonianze dall'indifferenza e dalla distruzione.

#### Bibliografia

- A. Archontidou-Argyri, A. Simossi, J.Y. Empereur, *The Underwater Excavation at the Ancient Port of Thasos, Greece*, in «The International Journal of Nautical Archaeology» 18, 1989, pp. 51-59.
- R. Bartoccini, *Il porto romano di Leptis Magna*, Roma 1958.
- A. Benini, *Note sulla tecnica edilizia del molo romano di San Marco di Castellabate nel Cilento (SA)*, in «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti» III, in stampa.
- D.J. Blackman, *Evidence of Sea Level Change in Ancient Harbours and Coastal Installations*, in *Marine Archaeology*, Colston Papers 23 (D. J. Blackman ed.), 1973, pp. 115-137.
- D.J. Blackman, *Triremes and Shipheds*, in *Tropis II 2nd International Symposium on Ship Construction, Delphi (1987)1990*, pp. 35-52.
- D.J. Blackman, *Ancient Harbours in the Mediterranean*, in «The International Journal of Nautical Archaeology» 1982, *Part. 1*: 11. 2, pp. 79-104; *Part. 2*: 11.3, pp. 185-211.
- R.J. Braidwood, *Report on Two Sondages on the Coast of Syria, South of Tartous*, in «Syria» XXI, 1940, pp. 183-221.
- F. Castagnoli, *Astura*, in «Studi Romani» XI, 6, 1963, pp. 637-644.
- F. Castagnoli, *Topografia dei Campi Flegrei*, in *I campi Flegrei nell'archeologia e nella storia*, Atti dei Convegni Lincei 33, 1977, pp. 41-79.
- F. Castagnoli, *Installazioni portuali a Roma*, in «Memoirs of the American Academy in Rome» XXXVI, 1980, pp. 35-42.
- C. Dubois, *Observations sur un passage de Vitruve*, in «Mélanges d'Archéologie et d'Histoire», Rome 1902, pp. 439-467.
- J.Y. Empereur, C. Verlinden, *The Underwater Excavation of the Port of Amathus in Cyprus*, in «The International Journal of Nautical Archaeology» 16, 1987, pp. 7-18.
- E. Felici, P.A. Gianfrotta, et al., *Il porto di Kyme in Eolia*, in «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti» III, in stampa.
- V. Fasolo, *Rappresentazioni architettoniche nella pittura romana*, in *Atti del III Convegno nazionale di storia dell'architettura*, Roma 1940, pp. 207-214.
- E. Felici, *Osservazioni sul porto neroniano di Anzio e sulla tecnica romana delle costruzioni portuali in calcestruzzo*, in «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti» I, 1993, pp. 71-104.
- E. Felici, *La ricerca sui porti romani in cementizio: metodi e obiettivi*, in *Archeologia subacquea; come opera l'archeologo sott'acqua. Storie dalle acque*, VIII Ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia, (Siena 1996), Firenze 1998, pp. 275-340.
- E. Felici, *Nuovi elementi topografici ed epigrafici dal porto romano di Anzio*, in «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti » III, in stampa.

- E. Felici, G. Balderi, *Nuovi documenti sulla «topografia portuale» di Antium*, in *Atti del Convegno Nazionale di Archeologia Subacquea A.I.A.Sub.*, (Anzio 1996) Bari 1997, pp. 11-20.
- E. Felici, G. Balderi, *Il porto romano di Cosa: note per l'interpretazione di un'opera marittima in cementizio*, «Archeologia Subacquea. Studi, ricerche e documenti» II, 1997, pp. 11-19.
- S. Finocchi, *Banchina romana su palificata trovata a Ivrea nell'alveo della Dora*, in *Studi di archeologia dedicati a Pietro Barocelli*, Torino 1998, pp. 89-93.
- H. Frost, *The Offshore Island Harbour at Sidon and other Phoenician Sites in the Light of new Dating Evidence*, in «The International Journal of Nautical Archaeology» 2.1, 1973, pp. 75 e ss.
- H. Frost, *Harbours and Proto-Harbours; Early Levantine Engineering*, in *Cyprus and the Sea*, Proceedings of the International Symposium, Nicosia (1993), 1995, pp. 1-21.
- V. Galliazzo, *I ponti romani*, Treviso 1995.
- P.A. Gianfrotta, *Puteoli sommersa*, in *Puteoli*, Napoli 1993, pp. 115-124.
- P.A. Gianfrotta, *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 1996, pp. 65-76.
- P.A. Gianfrotta, *I porti dell'area flegrea*, in *Porti, approdi e linee di rotta del Mediterraneo antico*, *Studi di filologia e letteratura* (Atti del seminario di studi) 4, Lecce (1996) 1998, pp. 153-176.
- P.A. Gianfrotta, *Il contributo della ricerca subacquea agli studi di topografia antica in Italia*, in *La forma della città e del territorio*, Atti dell'incontro di studio (S. Maria C.V. 1998) Roma 1999, pp. 75-90.
- P.A. Gianfrotta, *Ponza (puntualizzazioni marittime)*, in «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti» III, in stampa.
- P.A. Gianfrotta, P. Pomey, *Archeologia subacquea. Storia, tecniche, scoperte e relitti*, Milano 1981.
- C.F. Giuliani, *L'edilizia nell'antichità*, Roma 1990.
- C.F. Giuliani, *Note sulla topografia di Portus*, in V. Mannucci (a cura di), *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*, Roma 1992, pp. 29-44.
- A. Hesnard, *Une nouvelle fouille du port de Marseille, Place Jules-Verne*, in «Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres», 1994, pp. 195-217.
- G. Lugli, *Anxur-Terracina, Forma Italiae, Regio I, I*, Roma 1926.
- G. Lugli, *Circeii, Forma Italiae, Regio I, II*, Roma 1928.
- G. Lugli, *Saggi di esplorazione archeologica a mezzo della fotografia aerea*, Istituto di Studi Romani, Roma 1939, pp. 5-6.
- G. Lugli, *Saggio sulla topografia dell'antica Antium*, in «Rivista dell'Istituto nazionale di archeologia e storia dell'arte» VII, 1940, pp. 153 e ss.
- G. Lugli, G. Filibeck, *Il Porto di Roma imperiale e l'agro portuense*, Roma 1935.
- L. Miller, J. Schofield, M. Rhodes, *The Roman Quay at St Magnus House, London*, London 1986.
- C. Milne, *Recent Work on London's Roman Harbour*, in «The International Journal of Nautical Archaeology» 11.2, 1982, pp. 163-164.
- P. Oleson, *The Technology of Roman Harbours*, in «The International Journal of Nautical Archaeology» 17.2, 1988, pp. 147-157.
- S.E. Ostrow, *The topography of Puteoli and Baiae on the eight glass flasks*, in «Puteoli» III, 1979, pp. 77-137.
- C. Perrault, *Vitruve, les dix livres d'architecture*. (Traduction intégrale de Claude Perrault, 1673 revue et corrigé sur le texte latin et présenté par André Dalmas), Paris 1965.
- L. Quilici, *Il porto di Civitavecchia, l'antica Centumcellae*, in *Eius Virtutis Studiosi: Classical and Postclassical Studies in Memory of F.E. Brown*, «Symposium Papers» XIII, London 1993, pp. 63-83.

- A. Raban, *The Ancient Harbours of Israel in Biblical Times (from the Neolithic Period to the end of Iron Age)*, in *Harbour Archaeology, Proceedings of the First International Workshop on Ancient Mediterranean Harbours*, (Caesarea Maritima 1983) Haifa, «British Archaeological Reports» 257, pp. 11-44.
- A. Raban, *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 1988, «British Archaeological Reports» 404, pp. 185-208.
- A. Raban, *Sebastos, the Royal Harbour of Herod at Caesarea Maritima: 20 Years of Underwater Research*, in *Archeologia subacquea; come opera l'archeologo sott'acqua. Storie dalle acque*, VIII Ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia, (Siena 1996), Firenze 1998, pp. 217-273.
- A. Raban, *The Heritage of Ancient Harbour Engineering in Cyprus and the Levant, in Cyprus and the Sea*, Proceedings of the International Symposium, Nicosia (1993) 1995, pp. 139-188
- B. Sciarra Bardaro, *Archeologia subacquea: risultati dell'attività svolta lungo il litorale brindisino*, in *Atti del VI Congreso Internacional de Arqueologia Submarina*, (Cartagena 1982) Madrid 1985, pp. 143-147.
- G. Schmiedt, *Antichi porti d'Italia*, in «L'universo» 45, 2, 1965, pp. 225 e ss.; 46, 2, 1966, pp. 297 e ss.; 47, 1, 1967, pp. 2 e ss.
- H. Schläger, *Die Texte Vitruvs im Lichte der Untersuchungen am Hafen von Side*, in «Bonner Jahrbücher des Rheinischen Landesmuseums in Bonn» 1971, pp. 150-161.
- E. Scognamiglio, *Nuovi dati sull'antica città sommersa di Baia*, in «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti» III, in stampa.
- P. Sommella, *Italia Antica. L'urbanistica romana*, Roma 1988.
- O. Testaguzza, *Portus*, Roma 1970.
- M. Tirelli, *Oderzo. Rinvenimento di un molo fluviale in via delle Grazie*, in «Quaderni di Archeologia Veneta» 3, 1987, pp. 81-85.
- G. Ucelli, *Le navi di Nemi*, Roma 1950 (2a ed.).
- P. Verduchi, *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 1992, pp. 55-60.
- S. Ximénès, M. Moerman, *Le quais de la crique est du port romain des Laurons (Martigue)*, in «Cahiers d'archéologie subaquatique» VIII, 1989, pp. 179-191.
- R.A. Yorke, D.P. Davidson, *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, «British Archaeological Reports» 257, 1985, pp. 157-164.