



Leopoldo Franco *

L'INGEGNERIA MARITTIMA NELL'ANTICHITA'

Retrospectiva per una valorizzazione

Summary

Based on an ample bibliographical research and on the direct observation of the archeological remains disseminated along the Mediterranean sea-shores, the paper reviews the historical evolution of ancient harbour engineering, mainly from the technical-hydraulic point of view. The most interesting innovations in design and construction are analyzed, particularly the ones produced by the Romans, which have been often reinvented in modern times and can still represent significant examples. Co-operation between coastal engineers and archaeologists is encouraged, for the interpretation, defence and revaluation of the numerous abandoned remains of ancient maritime works, and the possible creation of new coastal and submarine archaeological parks or museums of educational and recreational interest.

Sommaire

Sur la base d'une recherche bibliographique diversifiée et de l'observation directe des vestiges archéologiques disséminés le long des côtes méditerranéennes, le mémoire parcourt l'évolution historique de l'ingénierie portuaire dans l'antiquité, du point de vue tecnico-hydraulique. On analyse les innovations les plus intéressantes, en particulier de l'époque romaine, concernant la conception et la construction, lesquelles ont souvent été réinventées dans les projets modernes et constituent encore des exemples significatifs. On fait le point sur l'opportunité d'une collaboration entre archéologues et ingénieurs maritimes, finalisée également à la conservation et mise en valeur des nombreux vestiges d'antiques ouvrages maritimes abandonnés et à la création éventuelle de parcs-musées côtiers et sous-marins présentant un intérêt technico-historique.

Sommario

Sulla base di una diversificata ricerca bibliografica e della diretta osservazione dei resti archeologici disseminati lungo le coste mediterranee, la memoria ripercorre l'evoluzione storica dell'ingegneria portuale nell'antichità dal punto di vista tecnico-idraulico. Sono analizzate le più interessanti innovazioni progettuali e costruttive, prodotte soprattutto dai Romani, le quali sono state spesso reinventate nei moderni progetti, costituendo ancora esempi significativi. Viene puntualizzata l'opportunità di una collaborazione tra archeologi ed ingegneri marittimi, anche finalizzata alla conservazione e valorizzazione dei numerosi resti abbandonati di antiche opere marittime ed alla possibile creazione di parchi-musei costieri e sottomarini con finalità educative e ricreative.

1. INTRODUZIONE

Le motivazioni di questo studio discendono non solo dalla naturale curiosità verso l'eredità storica della propria disciplina tecnica, ma anche dalla frequente diretta osservazione lungo le coste italiane di affascinanti ma neglette rovine semisommerse di opere marittime. I resti di antiche peschiere,

banchine, dighe frangiflutti e altre strutture portuali, quando non sono inglobati in nuove opere o riutilizzati anche con diverse funzioni, giacciono normalmente abbandonati sotto-costa senza alcuna protezione o recinzione, nè segnalazioni illustrative.

* Professore, ingegnere, Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile, Terza Università, Roma.

Le opere sono progressivamente degradate dall'aggressività dell'ambiente marino, oggi anche inquinato, ma soprattutto dalla crescente pressione del turismo balneare, dei pescatori e dei subacquei "predatori". Eppure sopravvivono in mare molte strutture ancora intatte, che evidenziano una sorprendente durabilità (al contrario di analoghe opere moderne...). Purtroppo non si conoscono studi sistematici sui porti antichi, in particolare sugli aspetti tecnico-idraulici. Scarse sono le notizie scritte sui metodi di progettazione e costruzione dei porti. Il principale riferimento bibliografico resta Vitruvio (27 a.C.) con il suo noto manuale tecnico dell'ingegneria romana. Ulteriori sporadiche informazioni nella letteratura classica si trovano in Erodoto, Josefo, Svetonio, Plinio, Appiano e pochi altri.

Un'ampia rassegna sugli antichi porti d'Italia, di carattere però prevalentemente storico, fu pubblicata dalla Marina Militare (1905). Un censimento pionieristico dei primi porti mediterranei si deve a Lehmann-Hartleben (1923), seppur basato solo sui dati di letteratura. Più recenti sintetiche rassegne si trovano in Blackman (1982) e De la Peña et al. (1994), in base anche alle nuove informazioni scaturite dalle scoperte archeologiche dell'ultimo secolo. Opere marittime minori e "non portuali", quali le peschiere romane, sono state ben catalogate da Giacopini et al., 1994.

Anche per questo studio non si è potuto prescindere dalla consultazione di riviste specializzate in settori diversi dall'ingegneria. Di fatto lo studio dei porti antichi è stato condotto da storici, geografi e soprattutto da archeologi (i quali hanno in genere una certa avversione ad affrontare proble-

mi di natura tecnica), spesso senza la collaborazione di ingegneri marittimi e senza successive azioni per la protezione ed esposizione dei resti scoperti. L'approccio della ricerca è stato improntato soprattutto alla datazione storica, alla localizzazione geografica ed alla ricostruzione topografica relativa alla posizione prevista della linea di costa. Infatti l'analisi dei resti dei porti antichi è utile per la ricostruzione delle variazioni storiche del livello marino. Risulta che il livello del Mar Mediterraneo sia salito di oltre 1,5 m negli ultimi 2500 anni e difatti le opere marittime dell'antichità sono oggi in gran parte sommerse. Peraltro i fenomeni di tettonica costiera e gli effetti di erosione o deposizione sedimentaria hanno modificato localmente la posizione della linea di riva, cosicché si possono anche ritrovare siti portuali totalmente all'asciutto (Ostia) o sprofondati in alto mare (Miseno).

I primi scavi sistematici di opere portuali sommerse furono condotti da G. Jondet ad Alessandria d'Egitto nel 1912. Più tardi si è sviluppata la potente tecnica di rilevamento della aerofotografia, anche all'infrarosso. Oggi, con mare calmo e pulito (sempre più raramente...), si possono eseguire rilievi aerei semplici ed economici con l'uso del parapendio o dell'ultraleggero (v. foto 1). Per scoprire strutture interrante si possono anche impiegare megaohmometri con analisi di resistività. Peraltro, nonostante l'attuale sviluppo di tecniche sempre più sofisticate di telerilevamento e di ispezione subacquea (anche con controllo remoto), sono state intraprese relativamente poche ricerche specifiche. L'esame della frammentaria bibliografia mostra che il settore dell'"ar-



Foto 1 - Osservazione da ultraleggero delle rovine del porto di Cosa e del canale etrusco "Tagliata" (foto dell'autore)



cheologia portuale" deve ancora essere sviluppato ed organizzato. Oggi è solo un aspetto marginale della "Archeologia Subacquea", che appare indirizzata soprattutto alla ricerca ed allo studio dei relitti di navi: attualmente ne risultano identificati sui fondali mediterranei alcune centinaia su un totale stimato di circa 30.000 (con una media quasi costante di 10 affondamenti all'anno in 3000 anni). Peraltro molti di questi sono presumibilmente nascosti sotto i fondali dei porti antichi.

E' anche auspicabile che l'attività degli archeologi in questo settore si avvalga della consulenza di ingegneri marittimi, non solo per il supporto tecnico nelle operazioni di rilievo, scavo e difesa dei resti in mare, ma anche per la fondamentale opera di interpretazione delle scoperte, finalizzata ad esempio alla ricostruzione dell'impianto portuale e delle tecniche esecutive, anche sulla base delle nuove più precise conoscenze sui regimi delle onde e delle correnti lungo i nostri litorali. L'archeologo a sua volta potrebbe utilmente assistere l'ingegnere nella pianificazione ed esecuzione delle indagini preliminari necessarie per verificare la possibilità di incontrare dei resti archeologici prima della costruzione di nuove opere a mare.

Nel seguito viene sinteticamente ripercorsa l'evoluzione storica dell'ingegneria portuale nell'antichità, la cui conoscenza ha non solo un'importanza tecnica, ma anche risvolti culturali e socio-economici. Si sottolinea infine l'opportunità di proteggere tali resti e renderli più accessibili al pubblico con diversi sistemi, finanche in moderni parchi archeologici costieri e sottomarini.

Questa memoria rappresenta dunque un invito alla riscoperta di un prezioso patrimonio di conoscenze storico-tecniche, un opportuno punto d'incontro tra le due sempre più distanti anime culturali, l'umanistica e la tecnologica. Lo studio di questi "monumenti", concentrati nell'area mediterranea, può infatti dare agli ingegneri marittimi un utile bagaglio storico-umanistico, sempre più carente nelle nuove generazioni indirizzate ai settori scientifico-tecnologici, ma può anche fornire nuove originali occasioni professionali e persino interessanti spunti per la progettazione.

2. EVOLUZIONE STORICA DELL'INGEGNERIA PORTUALE ANTICA

La nascita dell'ingegneria marittima e portuale avvenne nell'epoca classica insieme allo sviluppo della navigazione con le prime civiltà mediterranee. Essa fu anche imposta dalle tipiche condizioni geografiche per la necessità di trovare riparo in coste esposte, senza apprezzabili escursioni di marea ed ampi fiumi navigabili. Le scelte tecniche descritte nel seguito sono quindi legate alle diverse culture e dominazioni che si succedettero nel Mar Mediterraneo: gli Egizi, i Minoici, i Fenici, i Cartaginesi, i Greci, i Romani. Di fatto l'avanzatissima tecnologia romana fu copiata per oltre un millennio fino all'era napoleonica: il lungo blocco evolutivo fu interrotto solo nel Rinascimento da alcuni progressi tecnici (es. draghe meccaniche) e dalla nuova sensibilità architettonica ed idraulica, evidenziata anche dai dise-

gni Leonardeschi dei porti di Cesenatico, Civitavecchia e Piombino (Franco, 1996).

Per quanto riguarda i porti pre-romani ("proto-porti"), essi erano usati soprattutto come rifugio e per l'approvvigionamento di acqua dolce da parte delle fragili navi di legno che percorrevano il Mediterraneo solo nel semestre meteorologicamente favorevole. Le classiche navi onerarie misuravano circa 20x6 m con pescaggio di 1,5 m, mentre le snelle triremi da guerra stazzavano 40 t con 30-35 m di lunghezza, 4 m di larghezza e solo 0,5 m d'immersione.

I primi porti erano "naturali", tipicamente ubicati in condizioni geografiche favorevoli, come in baie ridossate vicino a capi o penisole, lungo fiumi o in lagune o fiordi profondi, spesso in prossimità di alti rilievi ben visibili a distanza dal mare. I porti erano costruiti ad intervalli di 40-50 km per consentire un sicuro cabotaggio giornaliero delle navi che viaggiavano alla velocità di 3-5 nodi (400-700 stadi/giorno). Erano frequenti anche semplici ancoraggi per soste brevi o per l'ormeggio delle imbarcazioni più piccole. Si possono dunque ancora scoprire nel Mediterraneo numerosi resti di antiche opere marittime.

In *fig.1* è riportata l'ubicazione geografica dei più noti porti mediterranei di cui si hanno testimonianze, concentrati soprattutto lungo le coste italiane, turche ed israeliane. Non è nota l'esistenza di un opportuno "atlante" specifico basato su un aggiornato e più dettagliato censimento.

Gli **Egizi** (3000-30 a.C.) svilupparono principalmente porti fluviali sul Nilo, come Menfi e Tebe. Le strutture d'accosto erano costituite da semplici scivoli o da banchine su pali di legno o su pile di massi sovrapposti. Le uniche vestigia di un porto marittimo egizio (1900 a.C.) sono state trovate sulla costa del Mar Rosso alla foce del Wadi Gasus. Peraltro una delle più imponenti opere di ingegneria idraulica egizia fu il canale di navigazione che collegava il delta del Nilo con il Mar Rosso: la sezione trapezia aveva un'altezza di 5 m, una larghezza massima di 45 m ed un rivestimento di roccia a gradoni lungo le sponde.

I **Minoici** furono la prima vera potenza marittima fino al rapido declino dopo l'eruzione di Santorini (circa 1500 a.C.). Oggi i resti meglio conservati di porti minoici sono il porto "preistorico" di Alessandria, il porto sud di Tiro e Nirou-Khani (Creta). Il primo porto fu costruito ad ovest dell'isola di Faro verso il 1800 a.C.: il bacino principale era lungo 2340 m, largo 300 m e profondo tra 6 e 10 m e poteva accogliere ben 400 navi da 35 m. I lunghi frangiflutti a scogliera e le banchine (larghe 14 m) erano realizzati con blocchi di pietra lunghi fino a 5 m (*fig.2*). Nel porto di Nirou-Khani (1500 a.C.) si osservano ancora due darsene rettangolari (43x6 m) scavate nella roccia e divise da un muretto verticale (Inman, 1974).

Progetti simili ed anche più sofisticati per gli aspetti idraulici si ritrovano nei porti **Fenici** (VII-IV secolo a.C.), ubicati soprattutto lungo le attuali coste libanesi ed israeliane. I resti più completi sono quelli dei due porti dell'isola di Tiro collegati da un canale interno navigabile e caratterizzati da dighe frangiflutti con testate ad L risvoltate all'interno, i cui massi da 15 t dovettero essere trasportati via mare! (*fig.3*, Poidebard, 1939).



Figura 1 - Localizzazione dei principali porti antichi nel Mediterraneo, indicati con i nomi originali

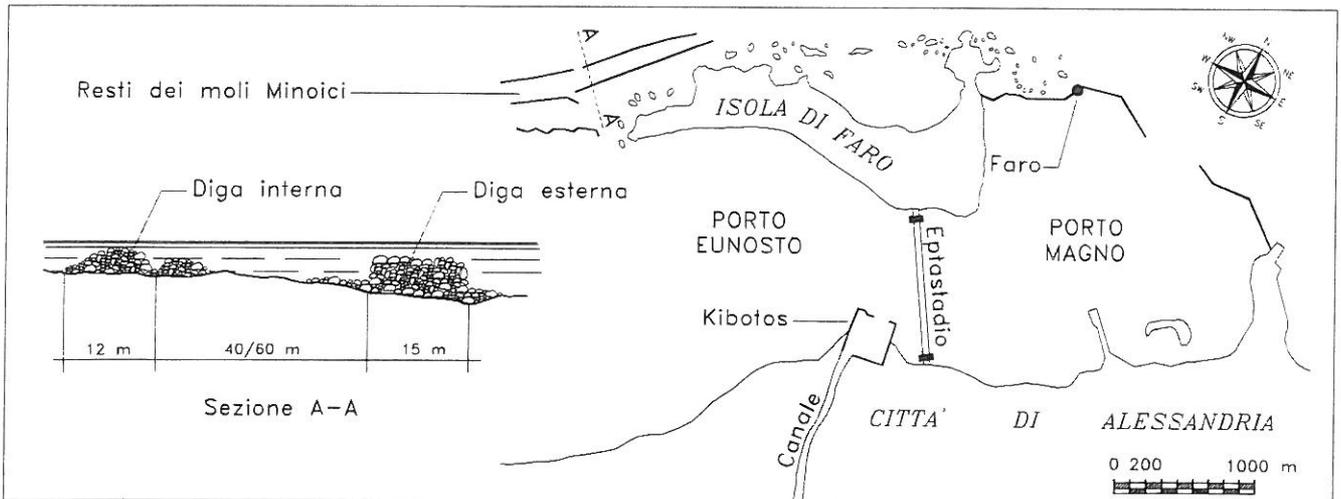


Figura 2 - I porti antichi di Alessandria con sezione dei frangiflutti del primo porto minoico (da De la Peña et al.)

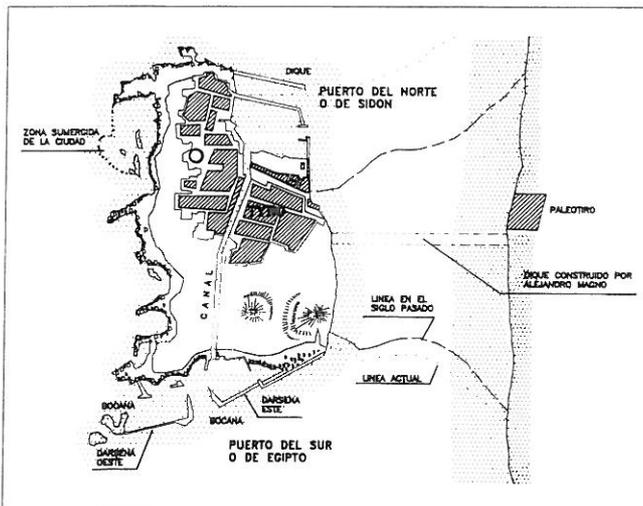


Figura 3 - I porti fenici di Tiro (da De la Peña et al. sulla base delle scoperte di Poidebard)

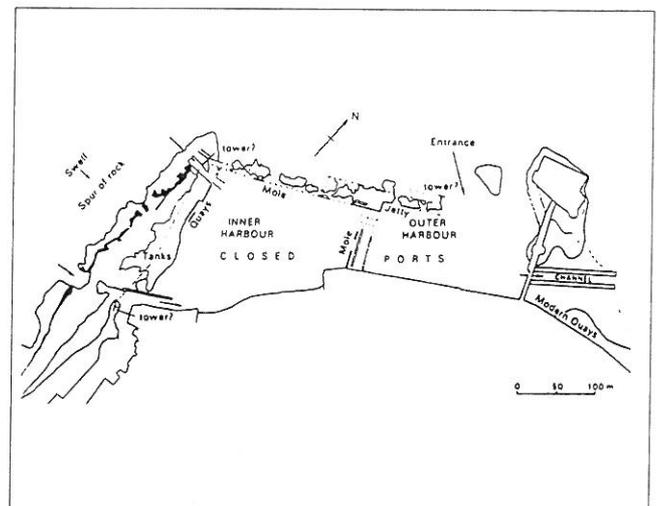


Figura 4 - Il porto fenicio di Sidone con serbatoi per il circolo idraulico sul molo ovest (da Blackman)

Il disegno dei porti più antichi era dettato soprattutto da vincoli nautici, quali la sicurezza dell'ingresso anche con tempo cattivo attraverso imboccature generalmente piuttosto strette (per facilitarne il controllo e persino la chiusura con catene o portoni). I porti avevano spesso due o più imboccature per agevolare la navigazione con ogni vento, per separare le diverse rotte e traffici (commerciale, militare, peschereccio) e per favorire la circolazione idraulica nel bacino, così da mantenere i sedimenti in sospensione ed evitare l'interrimento. Questo era infatti il problema principale dei porti antichi nel Mediterraneo, ove le correnti di marea sono molto deboli, non esistendo ancora le draghe meccaniche. Il sistema delle aperture multiple fu impiegato frequentemente anche in seguito, come ad esempio a Siracusa, Alicarnasso (Bodrum) e Mitilene. Talvolta furono persino creati dei canali scolmatori e vasche di calma per sfruttare allo scopo anche la corrente fluviale (Marsiglia). I canali di ricircolo erano spesso regolati da paratoie e si collegavano al mare sopra al livello medio su fondali rocciosi abbastanza bassi da indurre il frangimento senza trascinare sedimenti. Si realizzarono persino rampe di raccordo per convogliare le creste d'onda in un serbatoio a quota superiore per il successivo rilascio nel porto (Sidone - fig.4, Dor, Cesarea). Questo ingegnoso dispositivo, anche chiamato "pompa d'onda", è oggi proposto per migliorare il ricambio e la qualità dell'acqua nei porti turistici, oltre alla creazione di aperture attraverso i moli (Franco et al., 1995). Analoghi sistemi idraulici anti-insabbiamento furono poi applicati dai Romani e sembra consentissero anche di ripulire il bacino dai rifiuti portuali.

Una caratteristica delle prime opere marittime era la loro origine "naturale" a seguito dello scavo nella roccia di isolotti costieri (Arwad, Biblo, Sidone e Tiro), ricavando così una banchina sul lato protetto ed un muro paraonde lato mare (Frost, 1972).

Per ridurre gli effetti della tracimazione ondosa sulle pareti delle coste alte e sulle dighe portuali, i Fenici scavarono fosse e trincee nella roccia, drenando l'acqua raccolta e utilizzando il materiale scavato per la costruzione delle opere. Questa soluzione fu anche adottata dai Romani per il bel molo scolpito nel tufo del porto di Pandataria, oggi Ventotene (fig.5). Si può anche notare sul lato-mare l'efficace profilo assorbente del frangiflutti, parabolico in profondità e rugoso a debole pendenza presso il livello marino. Una versione artificiale moderna del coronamento drenante è stata di recente brevettata in Francia ed impiegata sulla diga di Fontviellie (Monaco).

I Fenici raggiunsero un alto livello tecnologico nelle costruzioni sottomarine, come dimostrato dalla posa regolare di piccole pietre per l'esecuzione di muri sommersi, tuttora "lisci". Con la disposizione di scanni di pietra erano anche in grado di prevenire lo scalzamento dei muri posti su fondali sabbiosi (es. Akko, Atlit).

I moli venivano realizzati con massi sovrapposti a formare pareti verticali perimetrali, poi riempite all'interno con un nucleo di materiale assortito. I blocchi di pietra parallelepipedi erano disposti ben affiancati con il lato lungo ortogonale al filo banchina in modo da ottenere il massimo attrito

e superare il problema del sifonamento dell'acqua a tergo (Raban, 1988). Caratteristici blocchi lunghi 3,5 m con estremità rastremate sono stati scoperti recentemente nei moli del porto ellenistico (300 a.C.) di Amatonte (Cipro) (fig. 6, Empereur et al. 1986). I massi non erano collegati con malta, ma con grappe di piombo o ferro a coda di rondine, sistema usato poi anche dai romani (foto 2).

Le colonie fenicie occidentali assunsero poi il potere navale nel Mediterraneo sotto la guida di Cartagine (750-146 a.C.). La caratteristica peculiare dei porti *Cartaginesi* è il cosiddetto "cothon", un bacino interno generalmente scavato nell'entroterra, destinato alla flotta locale (lasciando l'avamposto alle navi straniere) od alla flotta militare od anche alle attività di carenaggio. Tra gli esempi più belli ed ancora visibili sono il porto di Mozia in Sicilia e quello di Cartagine in Tunisia. Quest'ultimo è stato studiato nell'ambito di

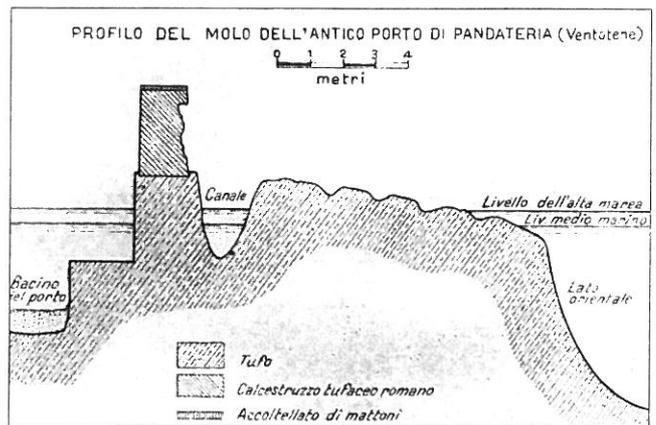


Figura 5 - Sezione del frangiflutti romano di Ventotene scavato nella roccia con profilo assorbente e canale di drenaggio dei sormonti ondosi (da Iacono)

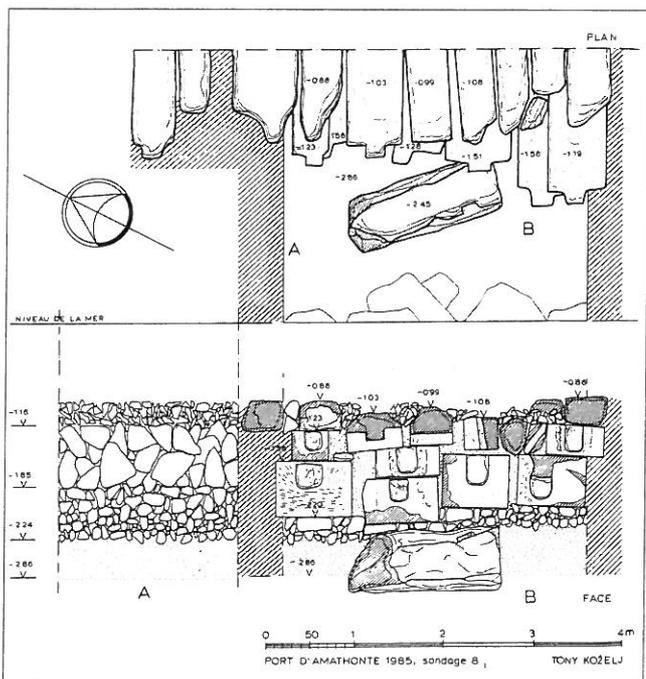


Figura 6 - Resti sommersi di un molo a massi squadrati sovrapposti nel porto greco di Amatonte, Cipro (da Empereur et al.)

un programma di salvaguardia dell'Unesco e mostra chiaramente due bacini interni, uno rettangolare probabilmente dedicato al traffico commerciale ed uno con originale forma anulare per la flotta militare, invisibile dal mare per lo schermo di un alto muro (foto 3). Nel centro della darsena sorgeva l'isola dell'Ammiraglio, anch'essa circolare con diametro di 125 m, che ospitava scivoli d'alaggio per quasi 200 navi da guerra ed una torre di controllo. Sembra vi fossero anche pontiletti di legno radiali per un più agevole accosto laterale, come i "finger" dei moderni porti turistici (fig.7). Si usavano anche colonne a guisa di bitte d'ormeggio. A Mozia il cothon avrebbe potuto essere chiudibile per essere prosciugato ed usato come bacino di carenaggio.

Altre rovine visibili di porti punici si trovano ad Apollonia, Utica, Cartago-Nova (Cartagena) ed in Italia a Nora, Tharros e Lilibeo. In Sardegna, in particolare, si trovano tracce di pontili punici.

Anche i **Greci** (VI-III sec.a.C.) sfruttarono strette penisole e capi rocciosi per costruire porti "multipli" (Faselis ne aveva tre e Cnido quattro). I bacini erano spesso di forma subcircolare protetti da moli convergenti. Le dighe erano normalmente costruite con massi di pietra tagliata disposti alla rinfusa e con sovrastruttura a muro con grandi blocchi. Erodoto racconta di un frangiflutti a scogliera lungo 360 m su un fondale di ben 35 m nell'isola di Samo (530 a.C.). Resti im-

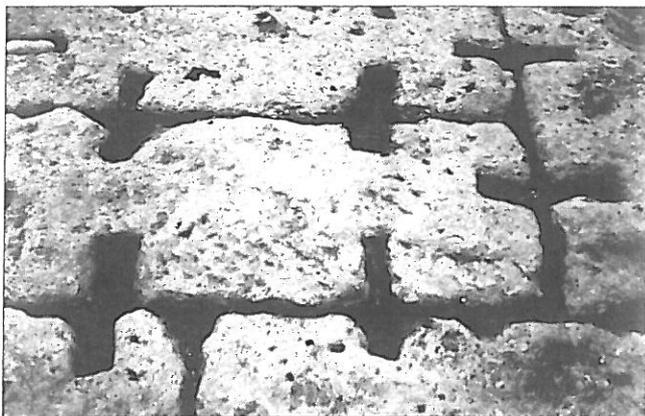


Foto 2 - Impronte dei collegamenti metallici tra blocchi di pietra in una banchina romana a Soli-Pompeiopolis in Turchia (da Kurtulus et al)



Foto 3 - Vista aerea dei porti punici di Cartagine

pressionanti della diga del porto commerciale di Cnido sono ben visibili fino a 30 m di profondità. Il grande porto ateniese del Pireo è famoso per i suoi 372 scali d'alaggio coperti per triremi da guerra: ben conservate sono le colonne divisorie tra gli scivoli di 37x6 m con pendenza 1:10.

Il porto greco più grande e monumentale è quello di Alessandria d'Egitto, sviluppato in epoca Ellenistica (III-I sec.a.C.) dietro all'isola di Faro (opposto all'antico porto minore) e famoso proprio per il "meraviglioso" faro alto 130 m e visibile da 50 km, di cui sono stati recentemente ritrovati alcuni blocchi massicci cementati con piombo fuso. L'isola di Faro fu collegata a terra con una diga lunga 1300 m e larga 30 m ("eptastadio"), avente due aperture che mettevano in comunicazione i due ampi bacini con un'area totale di 368 ettari ed un fronte di banchina di ben 15 km (v. fig. 2).

Va ricordato che nei porti minori al posto del faro si impiegavano semplici torce accese su alte colonne. Una particolarità introdotta nei porti greco-ellenistici fu l'uso di statue di grandi dimensioni poste all'imboccatura. A Mileto si osservano ancora i due grandi leoni di guardia. Ma l'esempio più famoso riportato dagli storici è il Colosso del porto di Rodi, che però non è stato ritrovato. Peraltro sulla diga principale del porto di Rodi sono sopravvissuti tre dei numerosi mulini a vento che venivano forse utilizzati per l'estrazione del sale: è interessante notare che in questi ultimi anni si è iniziato ad installare, sulle dighe portuali più ventose, simili turbine eoliche per la produzione di energia "pulita" (fig.8, Gaudiosi et al, 1993). Dal punto di vista urbanistico si può osservare che i porti greci sono ancora parte integrante della città (persino racchiusi da mura fortificate come a Delos), mentre durante l'impero Romano il porto diviene un'infrastruttura indipendente con i suoi edifici e magazzini (*horrea*). Altri porti greci con resti affascinanti si trovano in Grecia a Delo, Nauplia, Tasso, Corinto; in Turchia a Mileto, Efeso, Mindo, Side, Faselis (Kurtulus et al., 1993); in Italia soprattutto nel sud (Siracusa, Crotone, Taranto) ed a Graviscae (Tarquinia). Qui, nel V°sec. a.C., una federazione di comunità greche realizzò un'avamposto con doppia bocca anti-insabbiamento per l'accesso separato ad un cothon e ad un bacino commerciale. La diga foranea realizzata con massi calcarei alla rinfusa è oggi sommersa in 2,5 m d'acqua su un'area di 115 x 50 m (Frau, 1982). Ma

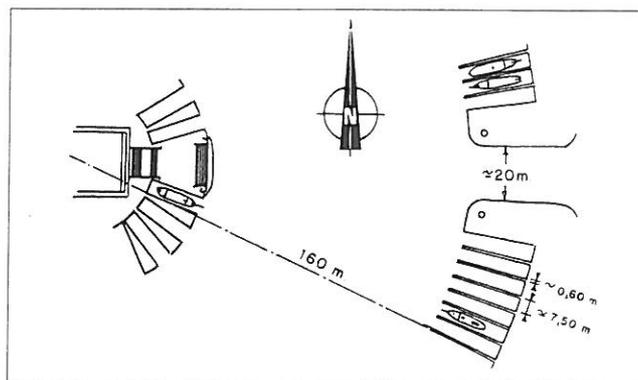


Figura 7 - Ricostruzione parziale della darsena anulare con pontiletti d'ormeggio ("finger") nel porto punico di Cartagine (da De la Peña et al.)

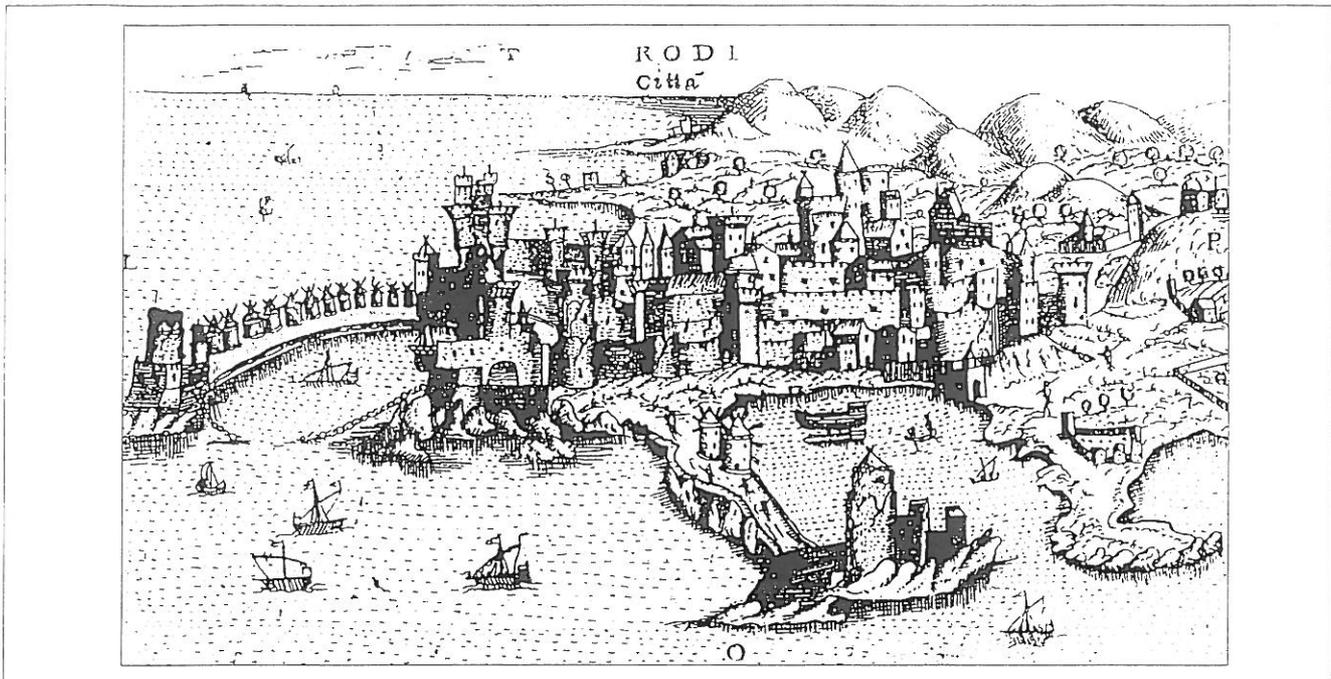


Figura 8 - Il porto greco di Rodi con mulini a vento sulla diga e catena all'imboccatura (stampa 17° secolo)

l'opera più interessante è costituita dalla banchina con testata semicircolare di diametro 17 m, nota come Molo Clementino per i sovrapposti interventi papalini del 1738.

La struttura costiera è ben visibile appena emergente sul mare e meriterebbe interventi di protezione e di restauro. Ha la base su una fondazione di pietrame (come la banchina di Siracusa) a -1,8 m ed è orlata da una serie di grandi massi squadrati di travertino (dim. 2,0x0,7x0,7 m) sagomati "a coda di rondine", la cui solidità è incrementata da 4 diatoni (massi-chiave a T da 1,5 t) con assi e linee di forza convergenti al centro della testata (fig. 9).

Nello stesso periodo questa parte centro-occidentale della penisola italiana era dominata dagli **Etruschi**, che costruirono nuovi porti, spesso all'interno di lagune costiere, utilizzati e ristrutturati più tardi dai Romani. Se ne trovano resti a nord di Roma a Palo (Alsium), S. Severa (Pyrgi), S. Marinella (Punicum), Tarquinia (Martanum), Montalto (Regisville), Orbetello, Talamone, Populonia.

Il porto etrusco di Martanum, vicino a Graviscae, ricostruito in base alle foto aeree della RAF del 1944 (Frau, 1982), sembra evidenziare un'approfondita conoscenza idrodinamica nello schema planimetrico, caratterizzato da un ampio (330x130 m) bacino interno con annesso cothon collegato con lunghi canali sia al fiume Marta che al mare attraverso un avamposto triangolare.

A S. Severa sono state appena costruite varie opere di protezione costiera per difendere dal moto ondoso le rovine della "colonia marittima" di Pyrgi ed il bel castello medievale. Un nuovo frangiflutti ricopre in parte i resti semisommersi di antiche opere portuali (a servizio di Caere) antistanti un raro *castrum* a pianta irregolare. Nuovi studi rivelano l'esistenza di un bacino interno e di banchine etrusche, nonché di una scogliera foranea alla profondità di 5 m (Protani et al., 1989) (fig. 10). Foto aeree e rilievi subacquei mostrano l'esistenza di un interessante canale dragato (oggi a -3 m)

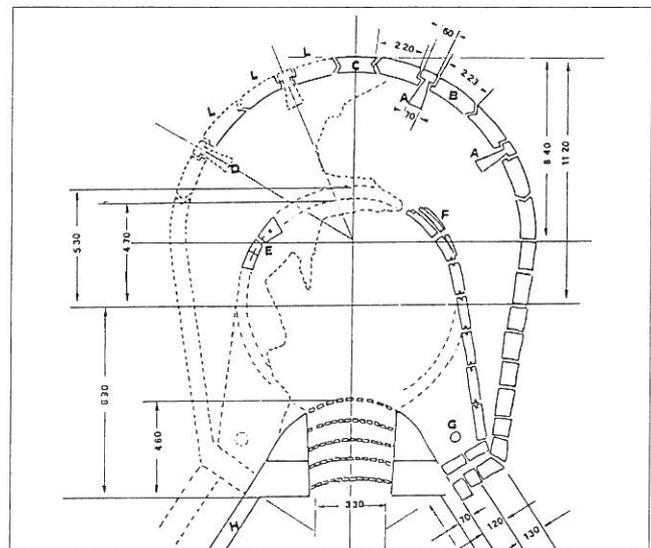


Figura 9 - Pianta del "molo Clementino" a Graviscae, Tarquinia (da Frau)

tra i due ampi frangiflutti curvi convergenti di epoca romana costruiti con massi naturali di gradazione uniforme ed anche un muro di calcestruzzo affiorante a pianta quadrata, forse una peschiera o la fondazione di una torre-faro (Oleson, 1977). Si osserva sott'acqua anche una pavimentazione stradale ed antiche ancore di pietra.

Nell'Etruria meridionale a Cosa (Ansedonia) sorse nel II secolo a.C. uno dei primi porti **Romani**, con la prima nota applicazione della malta idraulica. Anch'esso sovrapposto a preesistenze etrusche è l'esempio della transizione dal vecchio ancoraggio naturale all'elaborata infrastruttura artificiale dei successivi porti imperiali. Il sito costiero conserva ancora molti elementi di interesse tecnico e paesaggistico, nonostante la grave carenza di protezione e di segnalazione

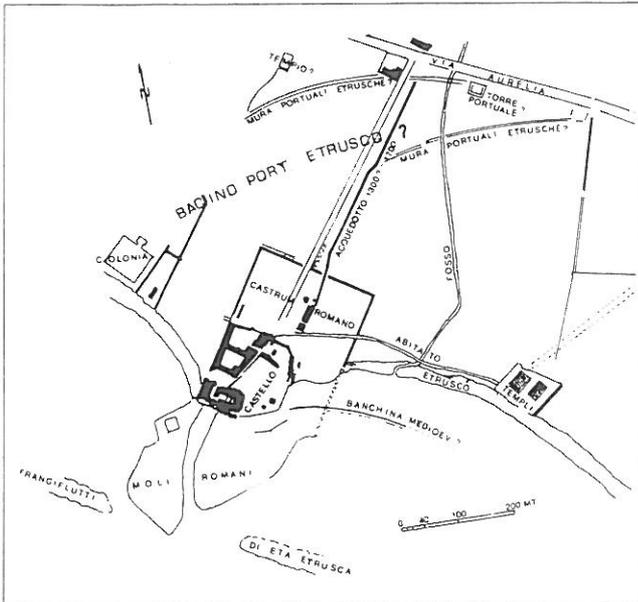


Figura 10 - Ricostruzione del porto etrusco-romano di Pyrgi a S. Severa (da Protani et al.)

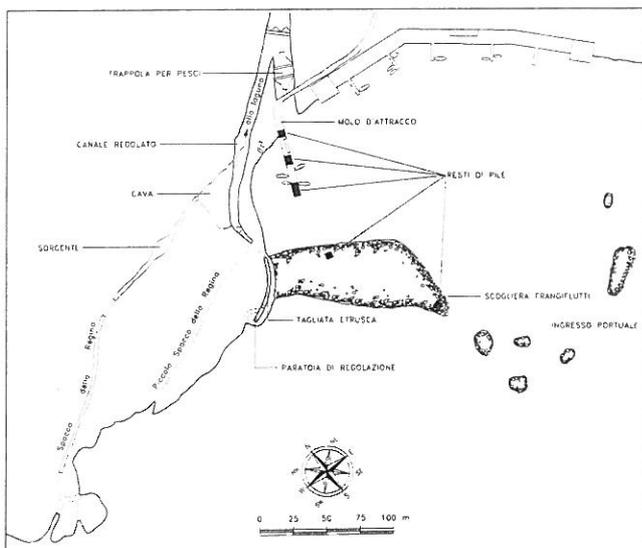


Figura 11 - Ricostruzione del porto romano di Cosa - Ansedonia (da McCann)

illustrativa. Gli scavi sono stati condotti dall'Accademia americana di Roma (Lewis, 1973; McCann, 1979; Brown, 1980). Il porto era protetto dal promontorio roccioso e da frangiflutti, ora sommersi, composti da massi da 2 t cavati dalla vicina parete e più tardi cementati ed abrasati dalla sabbia marina, che ne ha ridotto le dimensioni ed ovalizzato la forma. Alcuni bastioni corrosi di tufo e malta emergono dal mare, mentre si notano sott'acqua a -6 m presso l'imboccatura larga circa 40 m dei tronchi di frangiflutti sfalsati, forse per permettere l'ingresso delle correnti anti-interrimento (fig.11, foto 1-4). Gli elementi più spettacolari sono i due canali tagliati nell'alta costa rocciosa adiacente, che collegano il mare aperto con il porto interno: il crepaccio naturale detto Spacco della Regina (lungo 260 m, profondo 30 m e largo da 1 a 6 m con opportuna sagomatura delle pareti) e quello artificiale detto Tagliata (lungo 70 m e largo 4-5 m,

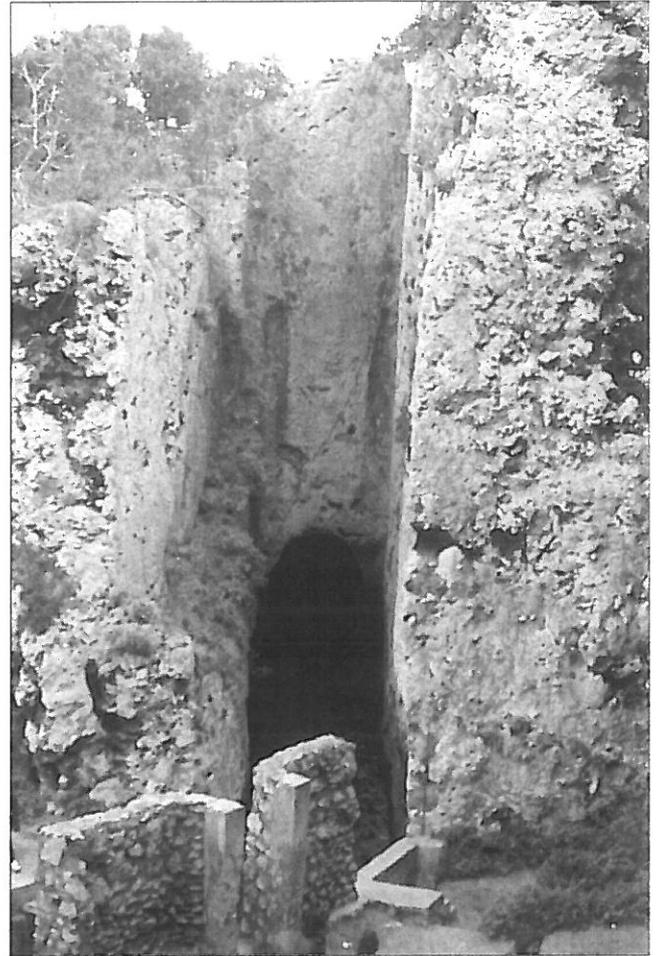


Foto 4 - Il canale etrusco Tagliata contro l'insabbiamento del porto di Cosa e per l'alimentazione della peschiera interna (foto dell'autore)

parte in galleria). Si possono ancora vedere i gargami scolpiti nella parete per lo scorrimento delle paratoie di regolazione dei flussi mareali, utili per forzare le correnti nel porto ed anche per l'allevamento ittico in laguna.

Nel periodo repubblicano gli ingegneri romani realizzarono elaborate opere portuali anche sui fiumi e nei laghi del nord-europa. Recenti scoperte mostrano che essi furono i primi dragatori in Olanda per la manutenzione del porto di Velsen (van Rijn, 1995). I problemi di interrimento furono risolti sostituendo con pontili "a giorno" i moli pieni che erano stati realizzati riempiendo l'interspazio tra palancole con materiali locali quali fascine e stuoie colme d'argilla.

Un bell'esempio di porto interno fluviale è quello di Aquileia (181 a.C.), ormai tutto interrato (Bertacchi, 1990). Si possono osservare muri di banchina di pietra d'Istria su due livelli per assicurare l'operatività con livelli idrici variabili. Si notano bene anche i blocchi d'ormeggio intervallati di 35 m e realizzati collegando tre pietre a formare un foro tondo ad asse verticale di diametro 43 cm (per pali) al livello superiore (foto 5), e mensole d'ormeggio con foro ad asse orizzontale al livello inferiore.

I primi porti dell'epoca imperiale (dalla fine del I sec.a.C.) furono Forum Iulii (Frejus), Pozzuoli (Puteoli) e Miseno. In questo, che era la base della flotta militare, sono visibili

porzioni sommerse del molo esterno, depositi portuali e serbatoi. L'innovazione rivoluzionaria dell'ingegneria marittima introdotta dai Romani fu la capacità di costruire strutture monolitiche subacquee a seguito della scoperta del cemento idraulico di tipo pozzolanico: poterono così realizzare dighe solide di geometria arbitraria, anche curvilinea, a difesa di porti totalmente esterni. Pertanto sostituirono le dighe a scogliera tipiche dei Greci con quelle monolitiche di calcestruzzo di tipo verticale e composto ("opus pilarum"), soluzione tuttora molto diffusa in Italia. Di fatto in acqua profonda usavano stendere una fondazione di massi fino alla -6 o -7 m, sulla quale veniva gettata la struttura verticale. Peraltro i Romani non seguivano uno standard fisso, ma adattarono alle specifiche condizioni geotecniche e meteorologiche e di disponibilità di materiali una grande varietà di

soluzioni progettuali ed esecutive. Svilupparono inoltre avanzate macchine da cantiere (gru, pompe, etc.).

Su fondali duri regolarizzavano la base con uno strato di pietrame, mentre sulla sabbia scavavano (generalmente all'asciutto) una fossa poco più larga della struttura poi riempita con massi. Su fondali fangosi, secondo Vitruvio, i Romani infiggevano numerosi e corti pali di legno (olivo, leccio o pioppo) a sezione quadrata di lato 0,45 m con punta bruciata e riempivano gli interstizi di carbone (fig.12). Furono proprio i Romani a sviluppare la tecnologia della gru e battipalo (Giulio Cesare, 55 a.C.): in acqua la gru veniva montata su zattera o chiatte e la testa d'acciaio del palo era ricoperta di piombo per la protezione dalla corrosione. La fig.12 mostra anche l'interessante sistema esecutivo usato per "impermeabilizzare" il cantiere con doppie palancole di

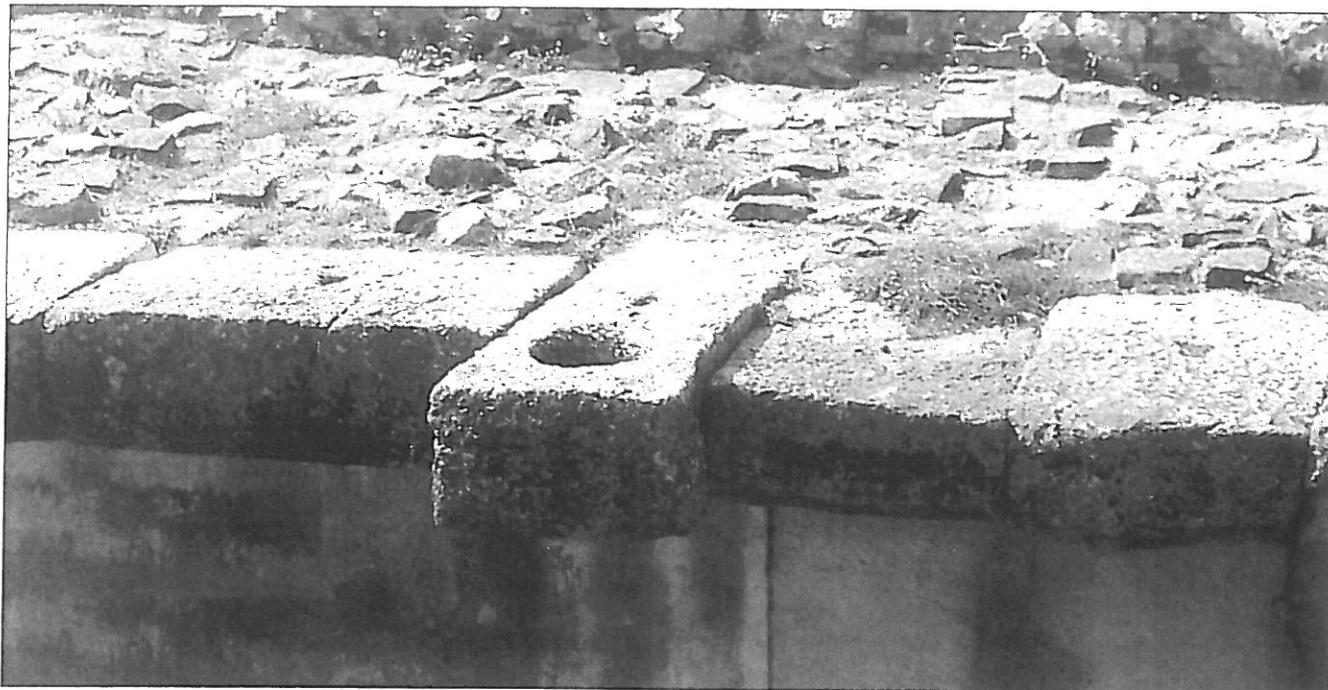


Foto 5 - La banchina su due livelli del porto fluviale romano di Aquileia con blocco forato per il palo d'ormeggio

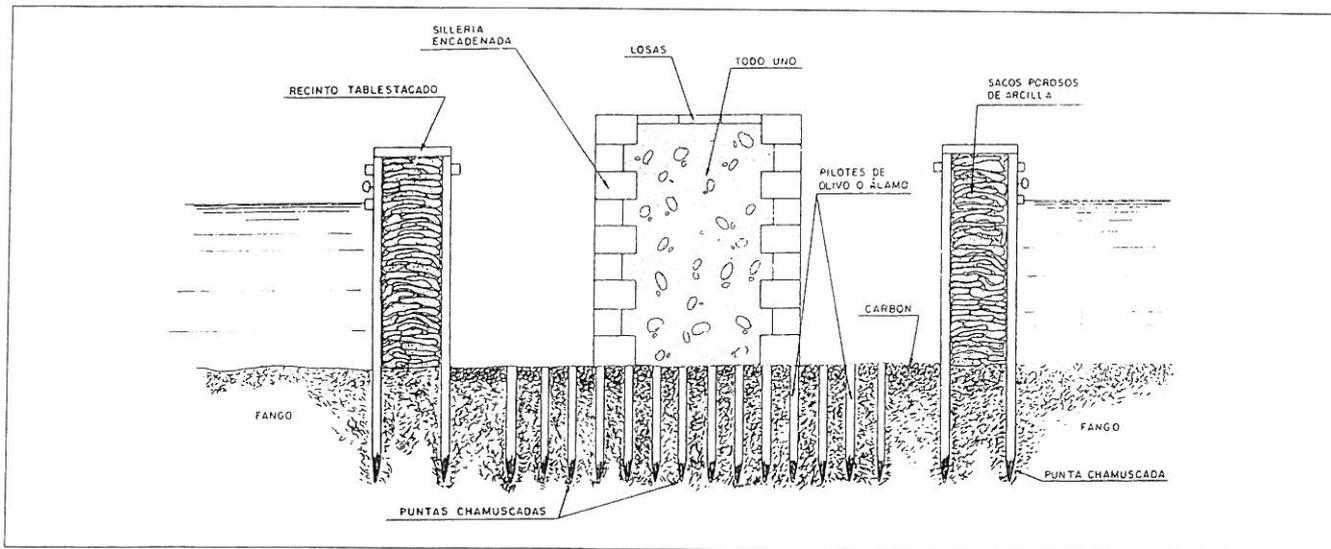


Figura 12 - Modalità esecutive di una diga verticale romana in siti esposti su fondali fangosi secondo Vitruvio (da De la Peña et al.)

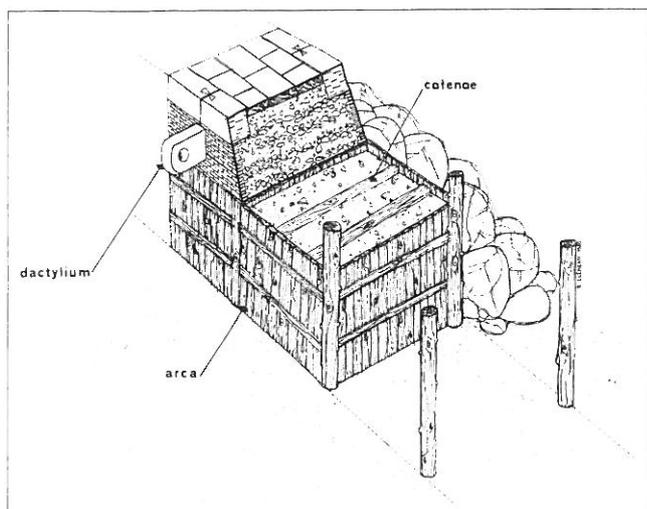


Figura 13 - Ricostruzione del sistema romano di costruzione di dighe frangiflutti gettate in siti poco esposti (da Clementi)



Foto 6 - Resti del molo neroniano di Anzio (foto dell'autore)

pali accostati, intirantate e riempite con sacchi d'argilla per uno spessore di 1,5 m.

Comunque, la tecnica costruttiva più comune in paraggi poco esposti prevedeva la pulizia del fondo marino ed il getto di una miscela di cemento, pozzolana e cocci dentro casseforme di legno (*arcae*) fondate su pali infissi (*destinae*) e legate con tiranti (*catenae*), con successiva posa della sovrastruttura per una larghezza di circa 6 m (*fig. 13*). La figura mostra anche il già citato tipico blocco forato (*dactylium*) utilizzato per l'ormeggio.

Sui solidi resti dei moli del porto neroniano ad Anzio (*foto 6*) si possono ancora osservare le impronte di un più complesso "scheletro" di pilastri e trasversi (a +1,0 m s.m.) che potevano anche sostenere un piano di lavoro. I telai modulari si ripetono ad intervalli di 2,5 m ed i giunti evidenziano che mezzo molo (6 m) veniva gettato contro la parete indurita dell'altra metà in sequenza sfalsata con risparmio di casseforme. Le tavole perimetrali erano forse immorsate in un primo getto fresco di malta per aumentare la stabilità dei casseri (Felici, 1993).

Talvolta, invece, si usava una vecchia nave come cassero a perdere, risparmiando così tempo e materiale. Un noto e-



Foto 7 - I resti della diga frangiflutti del porto di Claudio seminascosti nell'area aeroportuale di Fiumicino (foto dell'autore)

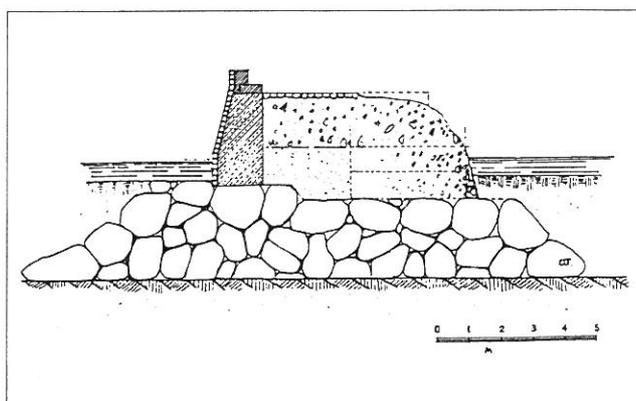


Figura 14 - Sezione della diga composta del porto di Claudio con sovrastruttura gettata in uno scafo-cassero (da Testaguzza)

semplio è la diga di Portus (Ostia) costruita sotto Claudio (50 d.C.). Fu ottenuta affondando col calcestruzzo la grande nave lignea di Caligola (104 m, 7400 t e 6 m di immersione) che aveva trasportato dall'Egitto l'obelisco Vaticano e costituì la solida fondazione del noto faro (*fig. 14*). Il conglomerato conserva ancora la forma carenata (*foto 7*).

In siti più esposti al moto ondoso Vitruvio suggeriva un diverso metodo esecutivo. Avanzando da riva si depositava una scogliera sommersa, la si delimitava con palancole e si riempiva l'interno di sabbia fino al livello del mare per appoggiarvi sopra blocchi di calcestruzzo; l'apertura di idonee finestre nel palancole consentiva poi la naturale rimozione idraulica della sabbia e lo sprofondamento in acqua dei blocchi cementizi.

Persino la moderna tecnica dei cassoni cellulari galleggianti fu sperimentata con successo dagli ingegneri romani per la costruzione di dighe in acqua profonda, come quella imponente (larga 60 m) del porto di Cesarea, costruito con il nome di Sebastos da Erode il Grande nel 18 a.C. La struttura esterna era costituita da due vicine pareti di legno tra le quali veniva gettata una malta idraulica che con il suo peso faceva affondare il cassone sullo scanno di pietrame di fon-

dazione. Il calcestruzzo veniva poi gettato manualmente nelle celle piene d'acqua per mezzo di ceste (Hohlfelder 1987, Raban 1988).

Il recente grande progetto di scavi a Cesarea ha anche rivelato la presenza di un secondo frangiflutti sommerso, circa 20-30 m al largo del principale, destinato alla riduzione delle sollecitazioni ondose (fig. 15). Presumibilmente questa piccola "avandiga" aveva la cresta prossima al livello marino ed era interrotta da varchi per consentire la fuoriuscita delle correnti di ritorno e prevenire la formazione di un eccessivo sovrizzo d'onda nella "vasca di calma".

Una simile barriera ausiliaria è stata scoperta anche a Paphos (Cipro) all'esterno del molo sottoflutto danneggiato da un terremoto nel 15 d.C., ma qui lo scopo primario degli ingegneri romani pare fosse quello di espellere ed incanalare i sedimenti in sospensione nel porto (Hohlfelder, 1992). Anche questa soluzione della "diga-tandem" è stata riproposta in progetti moderni.

Un altro aspetto tecnico interessante dedotto dalla interpretazione dei resti di Sebastos riguarda le "naturali" modalità esecutive del corpo diga: i muri a blocchi sovrapposti ed i cassoni posati sul pietrame formavano degli scompartimenti dove venne intrappolata la sabbia trasportata dalle onde: il riempimento naturale si completò nell'arco di 2-3 anni e successivamente fu messa in opera la pavimentazione superficiale (Raban, 1988).

Un'originale diga a parete fu costruita dai Romani anche

sui bassi fondali di Tapso in Tunisia, i cui impressionanti resti (260 m di lunghezza e 12 m di larghezza) erano ancora emergenti nel 1869 (fig. 16). La particolarità dell'opera era la presenza di sfiati attraverso il muro per la riduzione delle pressioni esercitate dalle onde. Questa idea è stata ripresa solo 35 anni fa da Jarlan con l'introduzione dei cassoni forati, impiegati poi con successo in molti porti italiani.

Un'altro tipo particolare di molo romano a parete verticale era la "diga ad archi", i cui resti si trovano a Nisida, Miseno e Pozzuoli (incorporati in gran parte nei moli moderni). Come dipinto nel famoso affresco di Stabia, il monumentale molo di Pozzuoli era adornato di colonne e costituiva una prestigiosa passeggiata sul mare. Era lungo 372 m e si appoggiava su 15 pile larghe 16 m fino ad una massima profondità di 16 m come indicato dai rilievi del De Fazio nel 1814 (fig. 17). A Miseno pare vi fossero addirittura due file di archi paralleli e sfalsati per assicurare maggior protezione dalle onde. Si possono trovare diverse ragioni per questa inusuale soluzione progettuale: il controllo della circolazione idrica e dell'erosione al piede; la riduzione della riflessione ondosa che disturba la navigazione; il risparmio di materiale in acqua profonda; la scelta della architettura e delle modalità esecutive già sperimentate con successo nei ponti e negli acquedotti. Le arcate potrebbero essere state attrezzate con porte a scorrimento per una chiusura parziale durante le tempeste ("barriere semi-mobili"). La creazione di aperture attraverso la diga era comunque abbastanza fre-

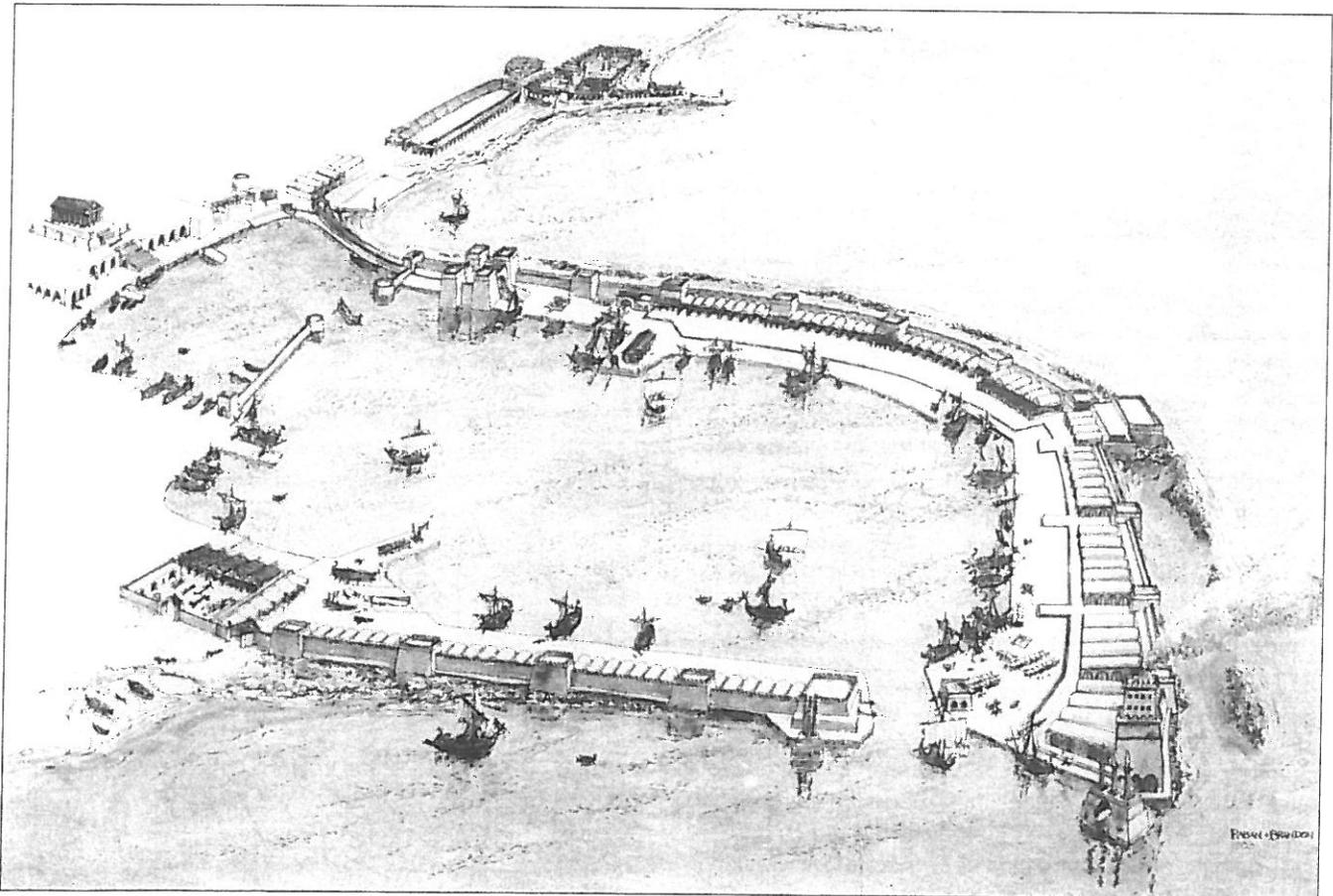


Figura 15 - Ricostruzione del porto romano di Sebastos a Cesarea con aurundiga (per gentile concessione del Centro di Studi Marittimi di Haifa)

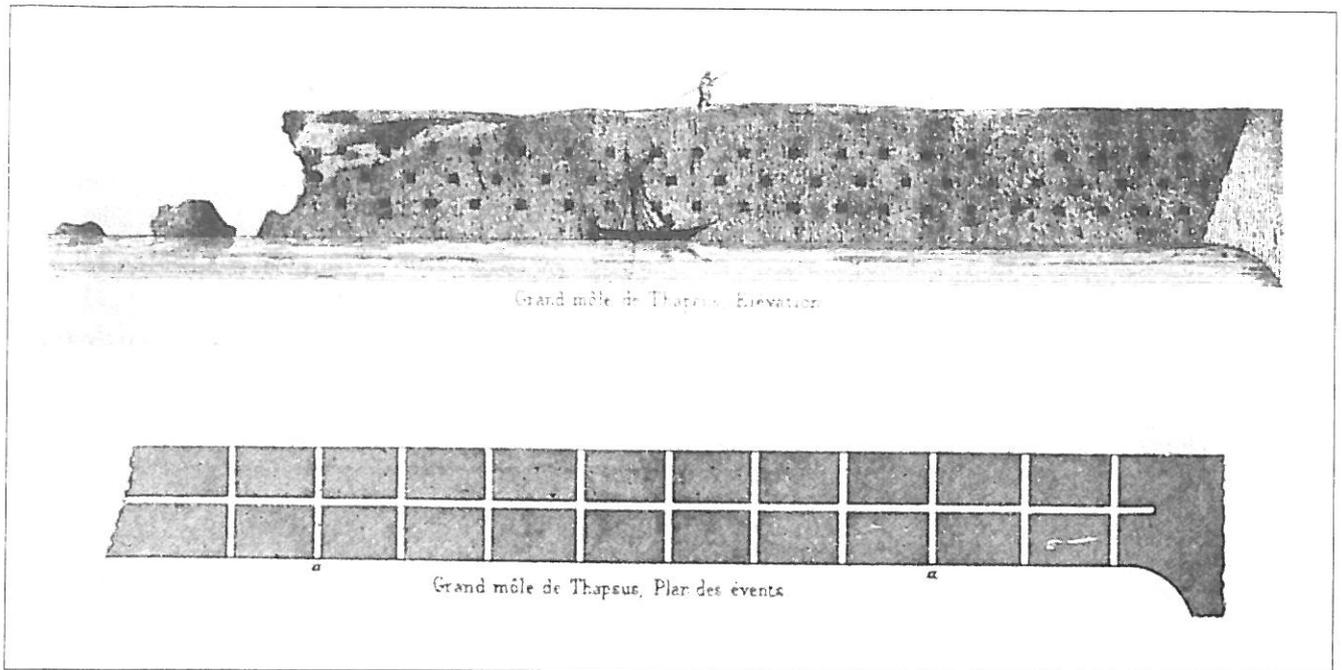


Figura 16 - La diga a parete forata di Tapso in un disegno del XIX secolo (da D'Arrigo)

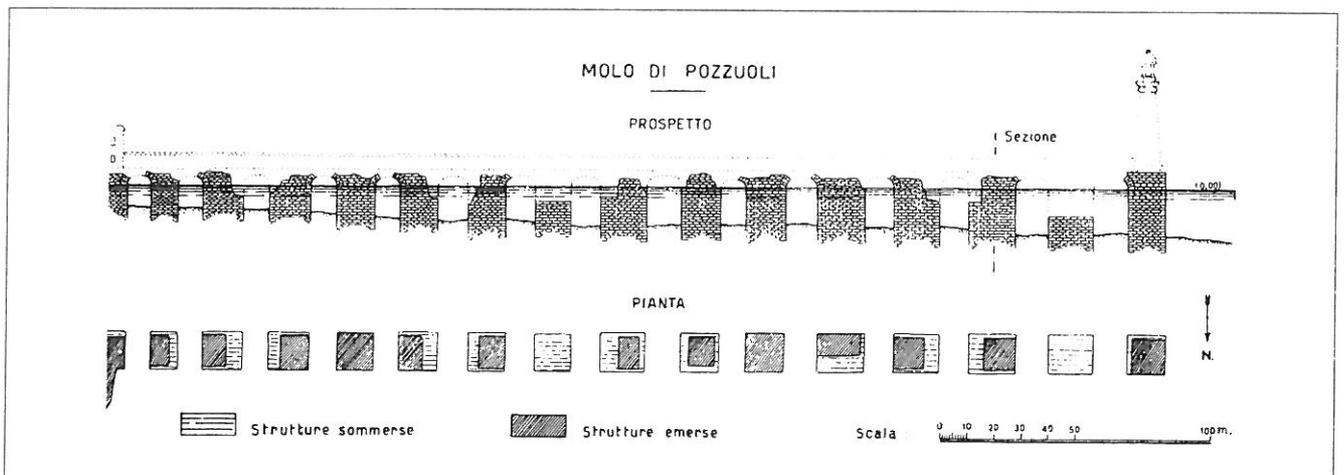


Figura 17 - La diga ad archi del porto di Pozzuoli (dal rilievo del De Fazio del 1814)

quente nei porti romani, seppur di dubbia efficacia: ad Astura esse appaiono richiuse successivamente. Questa soluzione risulta oggi inaccettabile per l'eccessiva penetrazione ondata nel porto ed il facile insabbiamento.

Il complesso portuale più grande dell'epoca imperiale fu comunque quello di Portus (Ostia), il Porto di Roma alla foce del Tevere (Testaguzza, 1970). I resti si trovano oggi interrati a 4 km dal mare, in gran parte sepolti sotto l'aeroporto di Fiumicino (il porto esterno di Claudio) ed all'interno di una proprietà privata (il bel bacino interno di forma esagonale costruito più tardi da Traiano) (fig. 18). Nonostante l'importanza del porto per l'approvvigionamento della capitale (300000 t/anno di grano dalla Gallia e dall'Egitto), esso soffrì sempre di problemi di insabbiamento dovuti agli apporti fluviali, che poi ne hanno assicurato la conservazione fino ad oggi. Purtroppo le strutture murarie dei frangiflutti sono abbandonate, semi-nascoste tra gli hangar dell'aeroporto (v. foto 7), mentre il bacino di Traiano (33 Ha con

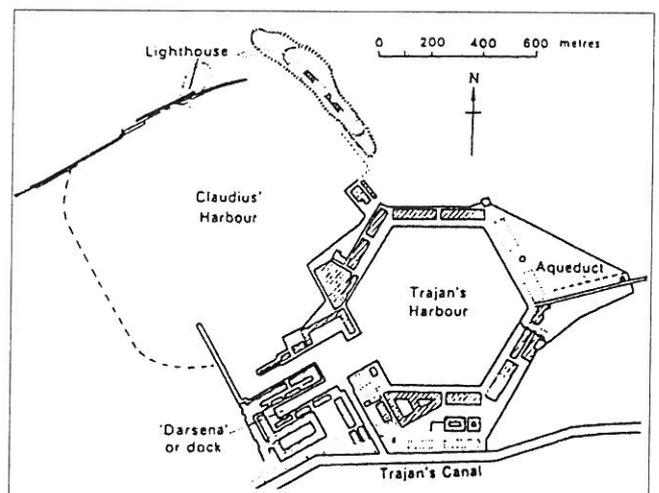


Figura 18 - Nuova ricostruzione del grande complesso portuale di Roma a Portus-Ostia (da Lugli et al)



profondità 5 m) nuovamente riempito d'acqua ed il porto di Claudio hanno accesso pubblico molto limitato e nascondono probabilmente un vasto cimitero sotterraneo di navi romane. Dietro le banchine della darsena traiana sono state trovate colonne numerate che identificavano ciascun posto d'attracco. Grandi magazzini ed altre installazioni a servizio del porto sono oggi ricoperte di vegetazione arborea e quindi non protette nè valorizzate, anche per le nuove esigenze di salvaguardia botanico-ambientale.....

Traiano (100 d.C.) fece poi costruire i porti di Terracina e Centumcellae (Civitavecchia). Il primo fu scavato alla foce di un corso d'acqua e le banchine d'ormeggio sono ancora visibili lungo il bel perimetro circolare (fig. 19).

Il porto di Centumcellae fu inizialmente costruito solo come approdo privato della propria villa imperiale, ma dopo il declino di Portus divenne il porto di Roma e rimase immutato per oltre 1000 anni. La Darsena Romana, ancora in uso, fu dragata nella roccia (200.000 m³), che fu poi impiegata per la costruzione dei moli frangiflutti. L'antemurale a scogliera è stata rifiorita e rimodellata dal mare nei secoli raggiungendo un efficace profilo a pendenza variabile (molto lieve nella fascia critica intorno al livello marino), secondo i più moderni canoni (fig. 20).

Il costume tipicamente romano di creare un porto a servizio di una importante villa a mare è ben osservabile anche a punta Astura, ove soggiornò Cicerone. Le dighe a mare sono ben visibili semisommerse insieme ad alcuni relitti di navi, colonne e peschiere (fig.21). Il porticciolo è ancora

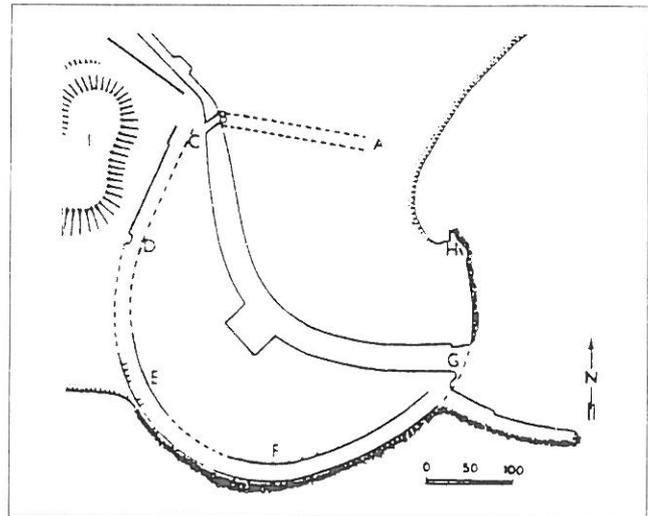


Figura 19 - Pianta del porto di Terracina (da Schmiedt)

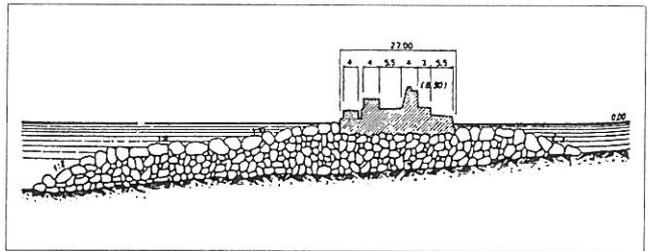
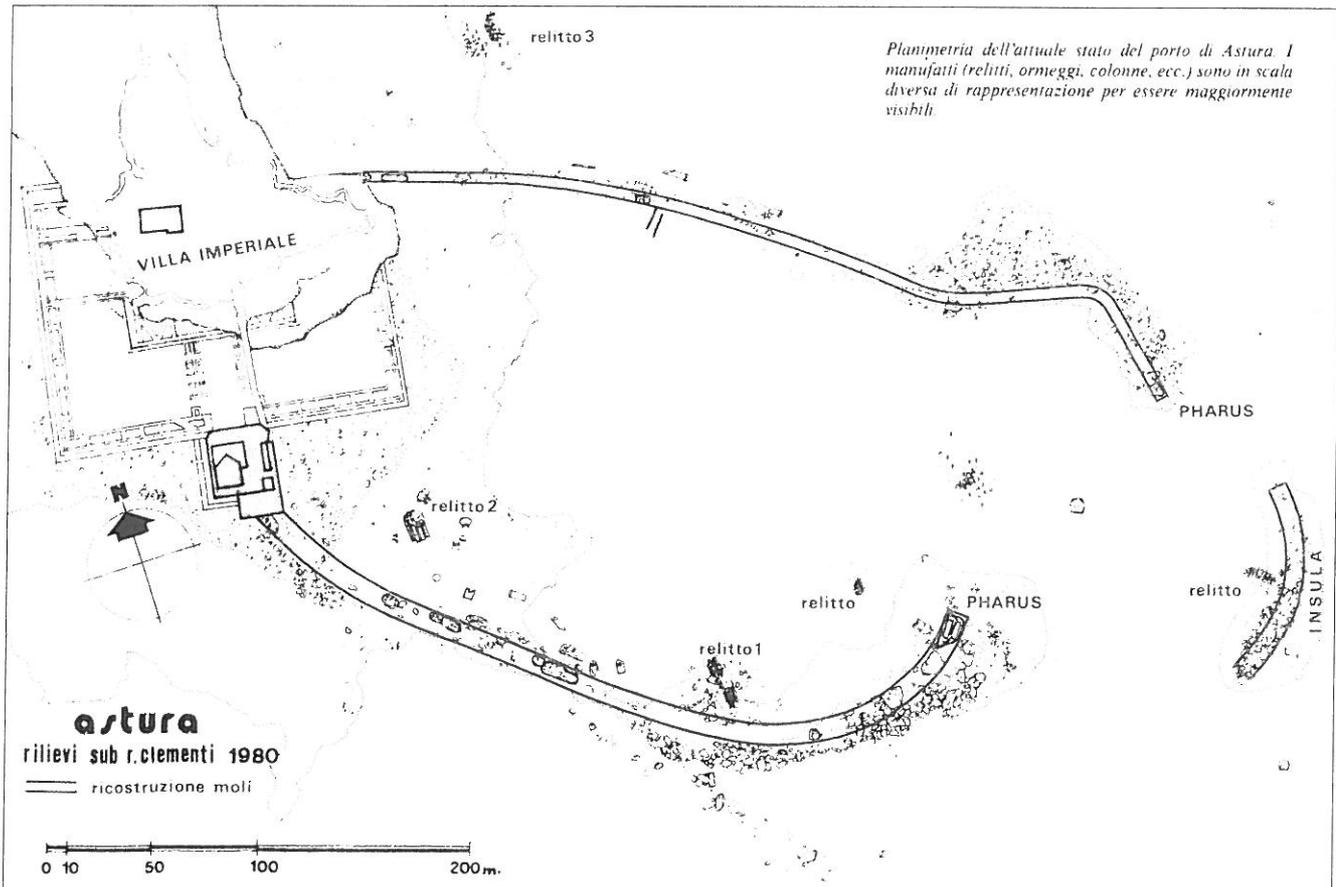


Figura 20 - Sezione dell'antemurale di Civitavecchia



Planimetria dell'attuale stato del porto di Astura. I manufatti (relitti, ormeggi, colonne, ecc.) sono in scala diversa di rappresentazione per essere maggiormente visibili.

Figura 21 - Rilievi e ricostruzione del porticciolo privato di Astura (da Clementi)

ben conservato a causa del difficile accesso per vincoli militari.

Opere portuali molto ben conservate anche in elevazione si incontrano poi a Leptis Magna (Libia), oggi nuovamente accessibili ai turisti. Il porto presenta un bacino di diametro 400 m scavato all'asciutto a tergo dei moli "a tenaglia" durante il tardo impero di Settimio Severo (210 d.C.). Sorgeva alla foce del fiume Lebda, che fu deviato per cercare di evitare l'insabbiamento, ma il trasporto solido litoraneo e/o un'alluvione ne causarono la rapida chiusura, testimoniata dalla chiara mancanza di usura delle intatte strutture (banchine, scalette, mensole d'attracco..).

Ma il porto romano più affascinante, meglio conservato e tuttora efficiente è sicuramente quello fatto costruire da Augusto nella piccola isola di Ventotene. Il porto è ancora utilizzato nella sua forma originale e preferito all'adiacente porto moderno dalla flottiglia turistica e peschereccia (foto 8). Si tratta di fatto di una imponente scultura, completamente scavata nella scura roccia tufacea (circa 60.000 m³ con una profondità media di scavo di 9 m), per ricavare artificialmente un bacino "naturale" di 7000 m², profondo 3 m, oltre alla diga, le banchine, i magazzini ed i porticati deteriorati al punto da somigliare alle proboscidi di elefanti pietrificati (De Rossi, 1993). Si può notare incidentalmente che nella nuova diga del vicino porto moderno il bianco muro paraonde di calcestruzzo produce un forte impatto visivo che potrebbe essere ridotto con un adeguato rivestimento con pietra locale lungo il paramento interno. A Ven-

totene si possono osservare altre opere portuali, quali due acquedotti, numerose grandi bitte scolpite nella roccia ed una cavità in testata che si suppone contenesse la catena per la chiusura notturna dell'imboccatura (fig.22, foto 9). Anche qui è documentata in disegni del 1700 la preesistenza di una apertura secondaria presso la radice della diga, attualmente ostruita nonostante l'opportunità di migliorare il ricambio idrico del bacino nei mesi estivi. La configurazione planimetrica del porto con avamposto e spiaggia assorbente (usata per l'alaggio delle imbarcazioni) e bacino d'ormeggio laterale è di concezione modernissima (quasi speculare allo schema del nuovo porto di Gioia Tauro), assicurando una ridotta risacca interna con ogni tempo.

Peraltro i più tipici schemi portuali romani erano "a moli convergenti con antemurale", per ridurre la penetrazione ondata, creare una doppia imboccatura e talvolta sostenere il faro. Esempi classici sono i già citati porti di Anzio, Astura e Centumcellae. Quest'ultimo è stato poi preso a modello delle città-porto del Rinascimento quando si impose l'ideale estetico-architettonico delle piante circolari e comunque simmetriche. La sua accogliente forma ovale sembra abbia ispirato il progetto berniniano dei colonnati di piazza S.Pietro a Roma, "porto-rifugio" dei pellegrini cristiani... (Leoncini, 1992) (fig.23).

Lo schema con antemurale-isola è oggi abbandonato per le difficoltà di manovra delle navi moderne. Peraltro l'efficacia nautico-idraulica e l'eleganza della pianta portuale con moli convergenti e banchine curvilinee è purtroppo ignorata

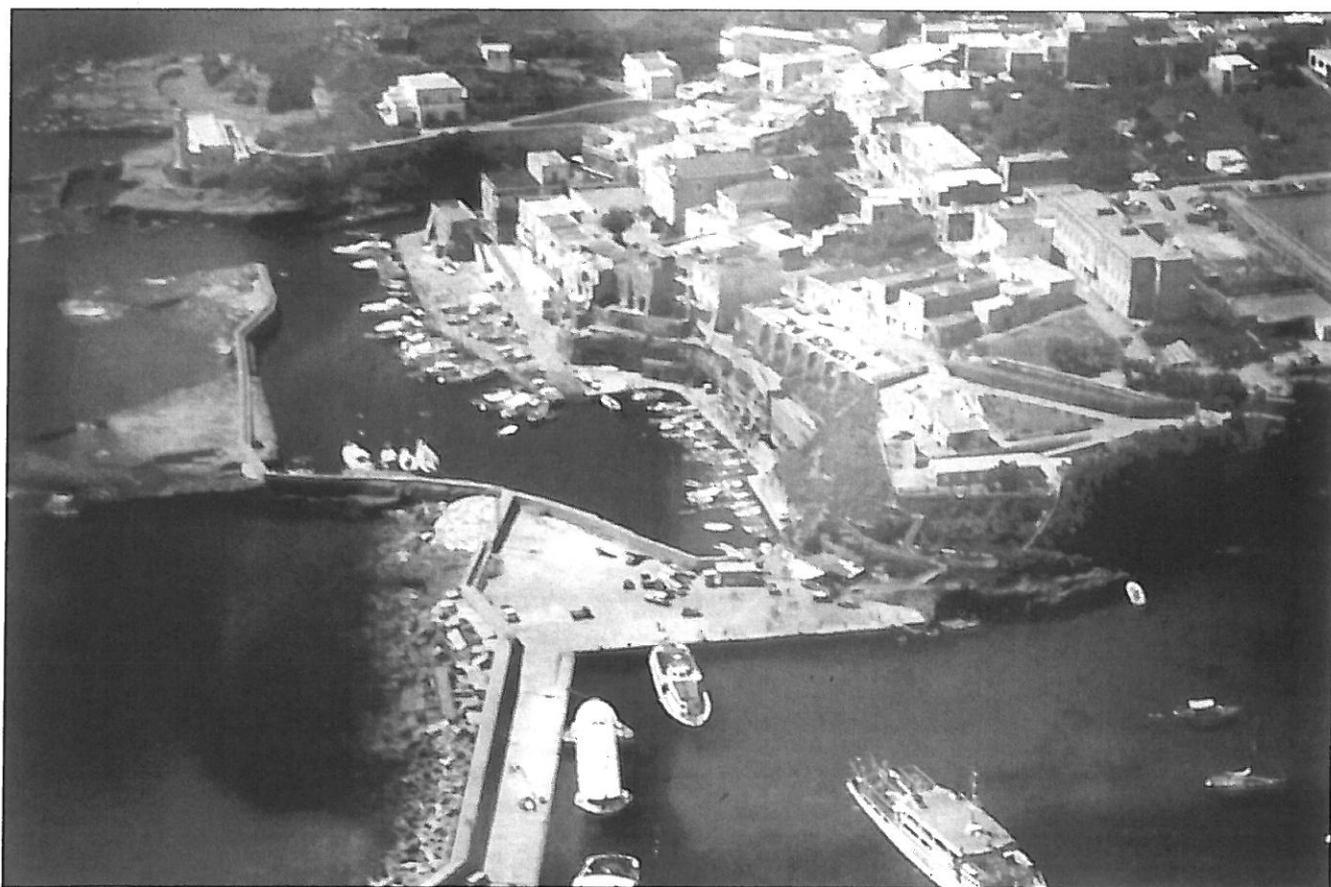


Foto 8 - Veduta dello splendido porto romano di Ventotene e dell'adiacente porto moderno

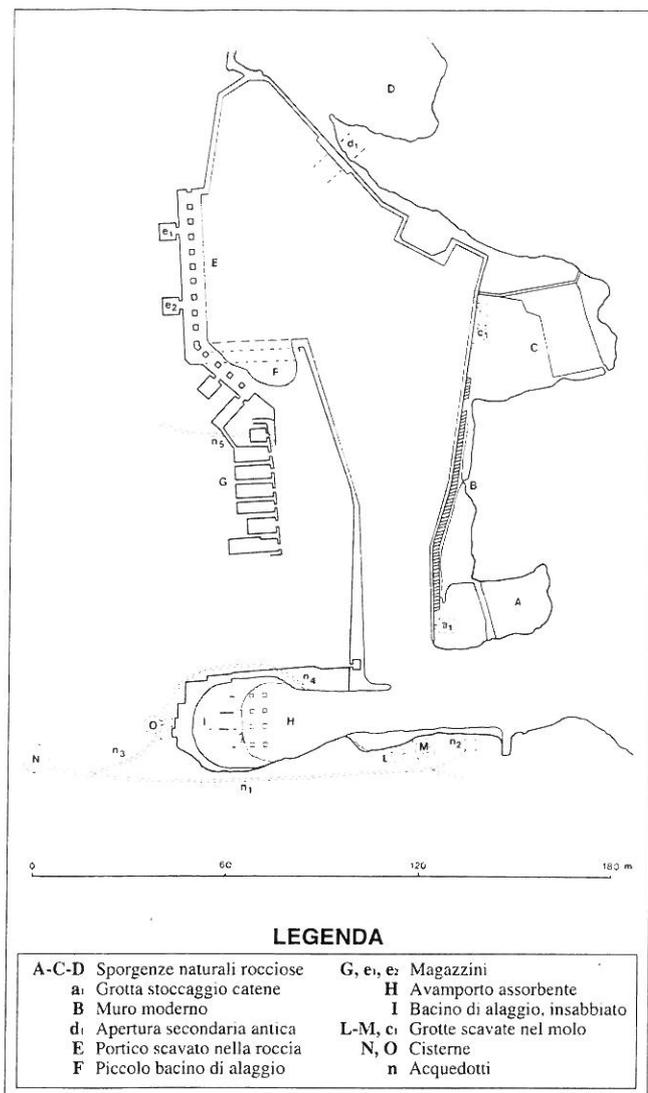


Figura 22 - Pianta del porto romano di Ventotene (da De Rossi)

dai progettisti moderni. Soprattutto nei nuovi porti turistici una maggiore armonia della forma estetica può produrre anche vantaggi funzionali favorendo la circolazione idraulica nei bacini (Franco, 1995).

3. PROPOSTA DI RESTAURO E MUSEALIZZAZIONE

Non si hanno notizie di interventi di conservazione e restauro delle opere marittime dell'antichità, essendo l'attenzione più concentrata al recupero degli scafi e degli oggetti raccolti sul fondo marino. Si dovrebbero quindi sviluppare ed applicare opportune tecniche per il consolidamento e la protezione delle strutture in mare (Leigh, 1973).

In generale si dovrebbero valorizzare queste vestigia spesso trascurate e consentire ai turisti costieri di fare anche un utile "bagno culturale". Come minimo i siti archeologici andrebbero opportunamente segnalati e le emergenze storico-tecniche illustrate in semplici pannelli (es. ricostruzione della pianta portuale con note descrittive).



Foto 9 - Ventotene, bitta d'ormeggio scavata nel tufo all'imboccatura del porto romano

Si potrebbe persino far rivivere i porti antichi, così come si fa per i teatri: esistono peraltro molte interessanti analogie tra porti e teatri (Triola 1996).

In Turchia vi sono oggi programmi per la ricostruzione di porti antichi (es. Efeso) ed il riuso per la nautica da diporto (Kurtulus et al., 1993).

In alcuni casi la concentrazione di resti monumentali e di bellezze naturali può giustificare persino la creazione di "parchi archeologici marittimi". Siti potenzialmente adatti in Italia sono ad esempio Astura, S. Severa, Ansedonia. I parchi archeologici potrebbero includere attrezzature moderne (ma non intrusive) per la visualizzazione dei resti sommersi ed esposizioni didattiche a terra, ubicate ad esempio nella villa ciceroniana ad Astura, nel castello medievale a S. Severa o presso i resti del villaggio di Cosa ad Ansedonia. In quest'ultimo sito si potrebbero anche creare spettacolari percorsi sotterranei od aerei lungo i canali tagliati nella roccia. Un altro affascinante parco di grandi dimensioni potrebbe essere realizzato vicino all'aeroporto di Fiumicino (visitabile anche durante i transiti) consentendo la rinascita dei monumentali porti imperiali.

Tra le varie opzioni per la musealizzazione all'aperto di porti in acque molto basse potrebbe esserci quella di mettere le rovine all'asciutto con un sistema di pompaggio.

Una soluzione più ardua è quella di costruire tunnel sommersi trasparenti in un'area marina confinata, ad esempio intorno ad un relitto o città sommersa, consentendo l'osservazione anche delle stesse operazioni degli archeologi subacquei. In Italia il sito più noto ed attraente è quello di Baia (Napoli) per il quale furono già proposte cupole vetrate ed altri progetti senza seguito. Esistono già nel mondo osservatori fissi sottomarini destinati ad "acquario naturale". La visibilità resta comunque uno dei problemi maggiori, risolvibile in parte muovendo, raffreddando e filtrando l'acqua circostante.

In acque profonde soluzioni più economiche sono i sistemi semisommersibili (Acquascope), mentre le barche con fondo vetrato ed i batiscopi galleggianti fissi possono essere facilmente impiegati in acque basse. Si può anche realizzare un sistema televisivo a circuito chiuso per mostrare a terra le riprese subacquee. Una combinazione di questi diversi sistemi è stata proposta da Mitchell (1988) per la musealizzazione dei resti sommersi di un insediamento preistorico nel lago di Mezzano (fig. 24). Una futuristica struttura galleggiante vetrata con finalità museale è stata proposta di recente anche nel lago di Bolsena (Postiglioni, et al. 1994).

Il "museo marino" potrebbe comprendere antiche opere portuali, attrezzature e relitti di navi con rigorose ricostruzioni e mostre didattiche. I costi di realizzazione e gestione potrebbero in parte essere recuperati con la vendita dei biglietti.

Attualmente esiste già un parco archeologico sottomarino in Mediterraneo a Cesarea (Israele), ma solo per subacquei (Raban, 1992). Questi possono seguire dei cavi-guida fissati

a pali metallici sul fondo marino a -6 m, disposti secondo 4 percorsi lunghi 400 m, anche con l'aiuto di guide illustrate plasticizzate (fig. 25). Si possono così osservare i resti del grande porto di Erodote, tra cui muri di calcstruzzo, tubi di piombo, colonne di marmo, casseri e scafi di legno, ancore di pietra e di ferro. L'ingresso al parco è gratuito e possono essere affittate in sito le attrezzature per l'immersione subacquea.

Un altro attraente parco subacqueo è allo studio nel porto di Alessandria per valorizzare le nuovissime scoperte archeologiche.

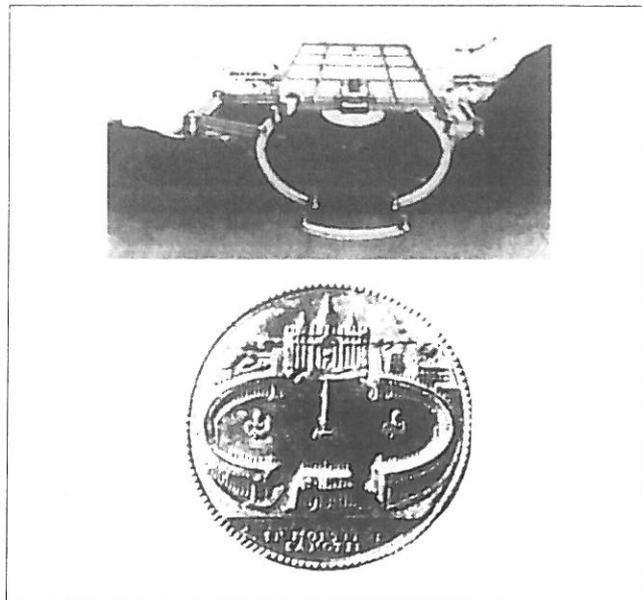


Figura 23 - Schema del porto di Centumcellae, modello per il progetto di Piazza S. Pietro a Roma (da Leoncini)

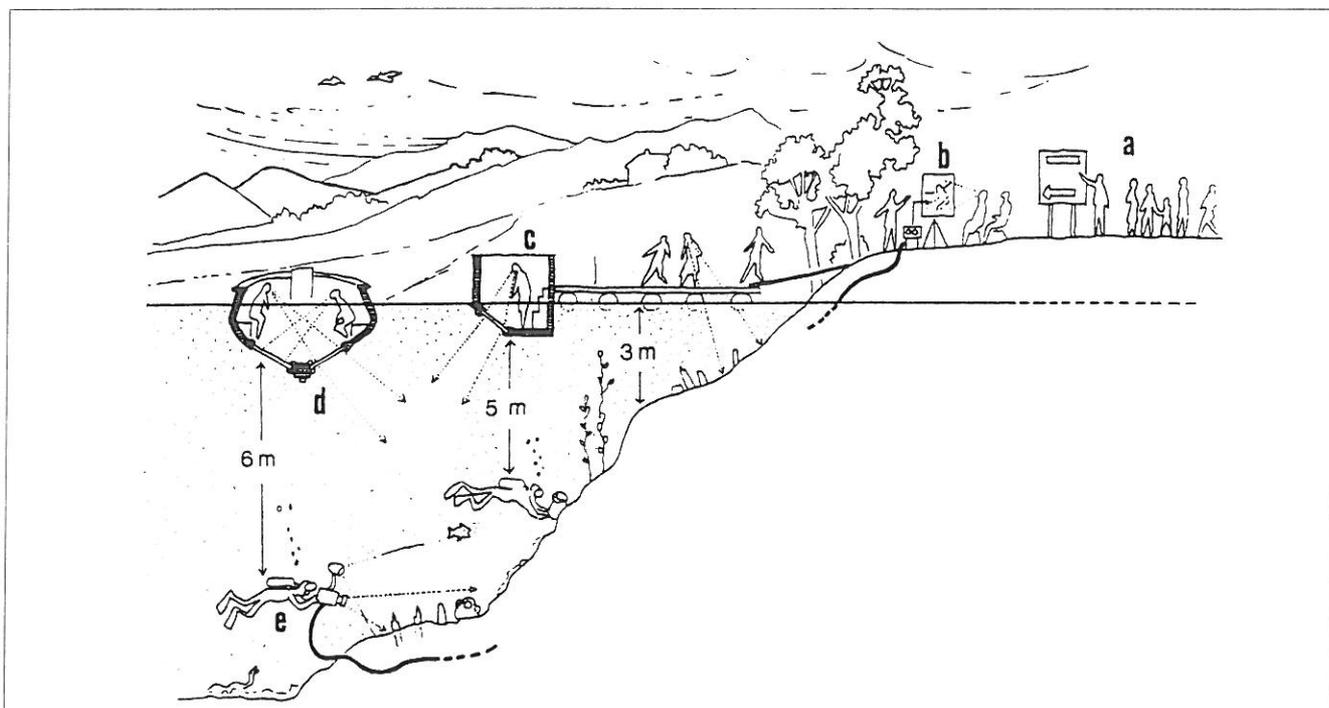


Figura 24 - Proposta di musealizzazione per il lago di Mezzano (da Mitchell)

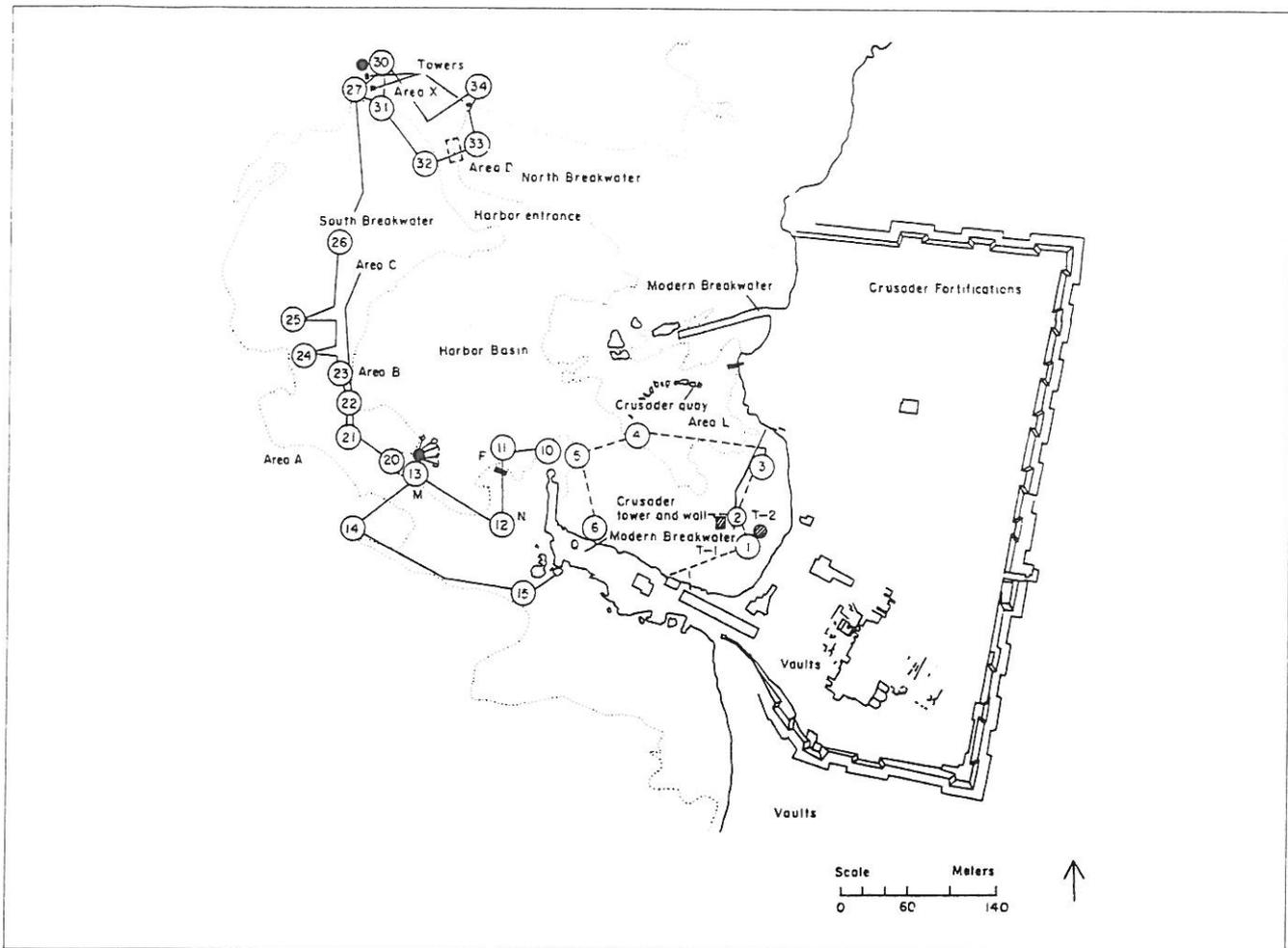


Figura 25 - Mappa del parco archeologico sottomarino del porto di Sebastos a Cesarea (da Raban)

4. CONCLUSIONI

Questa pur concisa rassegna dell'ingegneria marittima pre-romana e romana ha evidenziato la grande varietà di soluzioni progettuali, sia per gli aspetti idraulico-costruttivi degli schemi portuali e delle dighe frangiflutti, che negli arredi di banchina, di cui sopravvivono mirabili vestigia.

La carenza di documentazione sulle progredite tecniche degli antichi ne ha a volte richiesto la reinvenzione in tempi recenti.

I porti antichi rappresentano un'eredità storica-tecnica unica del Mediterraneo e sempre più vulnerabile, che merita di essere approfondita, protetta e valorizzata. Lo sviluppo delle moderne tecniche di telerilevamento e di scavo subacqueo dovrebbe promuovere la ricerca in questo settore un po' trascurato dell'archeologia. E' anche opportuna una più attiva collaborazione interdisciplinare, particolarmente tra archeologi ed ingegneri marittimi ed architetti restauratori. Sarebbe persino auspicabile in un paese quale l'Italia, così "marittimo" e ricco di storia e di beni archeologici, l'attivazione di un curriculum di studi misto in Oceanologia Umanistica come nell'Università di Haifa (Israele).

La creazione di "parchi archeologici marittimi" e musei costieri o sottomarini potrebbe qualificare l'offerta turistica di

molte aree italiane e mediterranee, creando sviluppo culturale ed economico, e finanziare ulteriori rilievi e scavi.

Lo studio delle sofisticate e durevoli soluzioni tecniche adottate nei porti antichi costituisce un prezioso bagaglio culturale per gli ingegneri e può suscitare un maggior rispetto dei resti archeologici in mare ed anche fornire utili indicazioni per i progetti moderni. L'antico approccio naturalistico può esser d'esempio per una progettazione integrata più efficace sotto l'aspetto idraulico ed estetico e più in armonia con l'ambiente.

5. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio gli ingg. A. Lentini e A. Triola e la dott.ssa Montani per l'aiuto nella laboriosa ricerca bibliografica e l'arch. E. Mitchell per gli utili suggerimenti. Ringrazio per l'incoraggiamento anche l'ing. O. Testaguzza, che contribuì alla scoperta ed interpretazione dei resti di Portus durante i lavori di costruzione dell'aeroporto di Fiumicino. Riconosco poi l'attiva iniziativa dell'ing. B. Bandiera che ha stimolato la convergenza delle diverse culture legate al mare anche nell'ambito della manifestazione NAV'94 a Roma, ove presentai una versione preliminare di questa memoria.



BIBLIOGRAFIA

- Bertacchi L., "Il sistema portuale della metropoli aquileiese", *Antichità Altoadriatiche* 36, 1990.
- Blackman D.J., "Ancient harbours in the Mediterranean", *Int. Journal of Nautical Archaeology and Underwater exploration*, Part 1 in 11.2 79-104; Part 2 in 11.3 185-211, 1982.
- Brown F.E., *Cosa, the making of a Roman town*, Michigan University Press, 1980.
- Clementi R., "Il porto romano di Astura", *L'Universo* n.6, I.G.M., Firenze, 1981.
- D'Arrigo A., "Storiografia delle opere marittime della romanità" in *La partecipazione italiana al 21° Congresso Internazionale di Navigazione - Stoccolma 1965, Sez.Ital.AIPCN*", Roma, 1966, 143-228.
- De Fazio G., *Intorno al miglior sistema di costruzione dei porti*, Napoli, 1832.
- De La Peña Olivas J.M., Prada Espada J.M., Redondo Morejón C., "Mediterranean Ports in Ancient Times", *PIANC Bulletin* n.83/84, 1994, 227-236.
- De Rossi G.M., *Ventotene e S.Stefano*, G.Guidotti Editore, 1993.
- Empereur J-Y., Verlinden C., "Rapport sur les travaux de la mission de l'Ecole française à Amathonte en 1985. Le Port", *BCH* 110, 1986.
- Felici E., "Osservazioni sul porto neroniano di Anzio e sulla tecnologia Romana del calcestruzzo nelle opere portuali" in *Archeologia Subacquea*, IPZS, Roma, 1993.
- Franco L., "Il progettista di un porto dev'essere anche un esteta" *Il Giornale dell'Ingegnere* 21, Milano, 1995
- Franco L., "History of Coastal Engineering in Italy" in *History and Heritage of Coastal Engineering*, ed. N.Kraus, ASCE N.Y., 1996, 275-335.
- Franco L., Marconi R., *Porti turistici: guida alla progettazione e costruzione*, Maggioli Editore, Rimini, 1995.
- Frau B., *Gli antichi porti di Tarquinia*, GAR monografia n.1115, Roma, 1982.
- Frost H., "Ancient harbours and anchorages in the Eastern Mediterranean" in *Atti Congresso UNESCO "Underwater archaeology: a nascent discipline"*, Paris, 1972, 95-114.
- Gaudiosi G., Cesari F.G., "Wind energy potential on the Mediterranean harbour breakwaters", *Wind Engineering*, 17.4, 1993.
- Giacopini L., Marchesini B., Rustico L., *L'Itticultura nell'Antichità*, ed. Enel, Iger, Roma, 1994.
- Giulio Cesare, *De Bello Gallico*, IV, 17, Roma, 55 a.C.
- Hohlfelder R.L., "Caesarea Maritima", *National Geographic*, vol.171, n.2, 1987.
- Hohlfelder R.L., "The Paphos ancient harbour explorations" in *Report Dept.Antiq.Cyprus*, 1992, 255-256.
- Inman D., "Ancient and modern harbors: a repeating phylogeny" in *Atti 15° ICCE*, 1974, NY, 2049-2067.
- Jacono L., "Un porto duomillenario" *Istituto di Studi Romani*, 1938.
- Kurtulus Z., Arisoy Y., "Ancient harbours in Anatolia" in *Atti MEDCOAST'93*, Ed.E.Ozhan, Antalya, vol.1, 1993, 291-305.
- Lehmann-Hartleben K., *Die Antiken Hafenanlagen des Mittelmeers*, Klio XIV, Lipsia, 1923.
- Leigh D., "Reasons for preservation and methods of conservation", *Marine Archaeology*, Colston Papers 23, London, 1973, 203-218.
- Leoncini E., "Il porto di Civitavecchia", *OC* 40, Civitavecchia, 1992.
- Lewis J.D., "Cosa: an early Roman harbour", *Marine Archaeology*, Colston 23, London, 1973, 233-261.
- Lugli G., Filibeck G., *Il Porto di Roma Imperiale e L'agro Portuense*, Roma 1935.
- McCann A.M., "The harbour and Fishery Remains at Cosa, Italy", *Journal of Field Archeology*, vol.6, n.4, 1979, 391-411.
- Marina Militare, *Monografia storica sugli antichi porti d'Italia*, vol.1-2, Edizione speciale per il congresso AIPCN 1905
- Mitchell E., "Il lago di Mezzano: un esperimento di collaborazione tra Enti di tutela ed Enti locali per la salvaguardia e la valorizzazione di un sito archeologico sommerso", in *Atti Primo seminario di studi su "I siti archeologici: un problema di musealizzazione all'aperto"*, Roma, 1988, 112-117.
- Oleson J.P., "Underwater Survey and Excavation in the Port of Pyrgi (S. Severa), 1974", *J. of Field Archaeology*, vol.4, 1977, 297-308.
- Poidebard A., *Un grand port disparu, Tyr*, Paris, 1939.
- Postiglioni R., Scocca A., *Il parco archeologico subacqueo nel lago di Bolsena*, Ed.Kappa, Roma, 1994.
- Prada E.J.M., De La Peña O. J.M., "Maritime Engineering during the Roman Republic and early empire" in *Atti Conferenza MEDCOAST'95*, ed.E.Ozhan, Tarragona, 1995, 305-319.
- Protani V., Frau B., *Pyrgi e il castello di S.Severa*, GAR, Comune S.Marinella, 1989.
- Raban A., "Coastal Processes and Ancient Harbour Engineering" in *Atti 1° Int. Symp. "Cities on the Sea - Past and Present"*. BAR international series 404, 1988, 185-207.
- Raban A., "Archaeological park for divers at Sebastos and other submerged remnants in Caesarea Maritima, Israel", *Int. Journal of Nautical Archaeology* 21.1, 1992, 27-35.
- Scrinarì V., "Il porto di Claudio ed osservazioni sulla tecnica del conglomerato cementizio presso i Romani", *L'Industria Italiana del Cemento* n.7, 1965.
- Schmiedt G., *Atlante aerofotografico delle sedi umane in Italia. Le sedi antiche scomparse*, Istituto Geografico Militare, Firenze, 1970.
- Schmiedt G., "Antichi porti d'Italia", *L'Universo* 45/2,46/2,47/1. Istituto Geografico Militare, Firenze, 1975.
- Testaguzza O., *Portus-I porti di Claudio e Traiano e le città di Porto e Fiumicino*, Roma, Ed.Julia, 1970.
- Triola A., *Porto: teatro dell'utopia*, Tesi di laurea in Ingegneria DSPT, Politecnico Milano, 1996.
- Van Rijn P., "The Roman Harbour of Velsen" *Terra et Aqua* n.61, 1995, 25-28.
- Vitruvio M.L., *De Architectura*, vol II,6; vol V, 13, Roma, 27 a.C.