



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E L'AMBIENTE

Dipartimento Ambiente

**VARIAZIONI DEL LIVELLO DEL MARE
NEL TARDO OLOCENE (ultimi 2500 anni)
LUNGO LA COSTA DEL LAZIO
IN BASE AD INDICATORI GEO-ARCHEOLOGICI.
INTERAZIONI FRA NEOTETTONICA,
EUSTATISMO E CLIMA**

G. LEONI, G. DAI PRA

ENEA - Dipartimento Ambiente
Centro Ricerche Casaccia, Roma

MASTER

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED

RT/AMB/97/8

Testo pervenuto nel marzo 1997

DISCLAIMER

**Portions of this document may be illegible
electronic image products. Images are
produced from the best available original
document.**

RIASSUNTO

Le evidenze degli antichi livelli del mare sono ampiamente rappresentate lungo la costa del Lazio da indicatori geologici, relativi a fasi di alto stazionamento durante gli ultimi periodi interglaciali, e da indicatori archeologici quali i resti di costruzioni marittime di epoche diverse. Le linee di costa pleistoceniche risultano dislocate a varie quote in modo differenziale secondo discontinuità tettoniche localizzate lungo i bassi corsi dei fiumi Fiora, Mignone ed Astura. I maggiori sollevamenti tettonici (fino a 0.2 mm/a) si sono verificati in corrispondenza dei principali centri vulcanici. Le spinte tettoniche sembrano esaurirsi verso la fine dell'ultimo periodo interglaciale (~80 ka BP), quando in tutta l'area costiera si raggiunge la sostanziale stabilità geologica, ad eccezione delle piane Pontina e di Fondi tuttora subsidenti. La misura, l'interpretazione e la correzione per l'effetto della neotettonica di circa 160 indicatori archeologici evidenzia una risalita eustatica di 3.9 mm/a fra il IV ed il I sec. a.C. e di 1.2 mm/a fra il I ed il II sec d.C., con un livello del mare corrispondente all'anno zero di 34 cm più basso dell'attuale. La variazione eustatica riconosciuta riflette con notevole precisione quella climatica corrispondente alla *fase calda romana* e consente di quantificarne l'entità. Il confronto dei dati storici con quelli strumentali (mareografo di Genova, periodo 1884-1971) indica come le variazioni eustatiche riflettano per l'ultimo secolo la prevalenza del carattere *naturale* dell'attuale tendenza climatica, rispetto ai più preoccupanti segnali di riscaldamento terrestre registrati da altri indicatori climatici (incremento di CO₂ e CH₄, scioglimento dei ghiacciai, ecc.) evidentemente affetti da maggiori disturbi locali.

ABSTRACT

Evidence of ancient sea level is widely represented along the coast of Latium (central Italy) by geological indicators related to last interglacial highstands and by archaeological indicators such as remains of maritime buildings from different epochs. Pleistocene coastlines were displaced at different elevations by structural discontinuities whose features are situated along the lower sections of the rivers Fiora, Mignone and Astura. The greater uplifts (up to 0.2 mm/yr) are localised near the main volcanic centres. Tectonic activity seems to end towards the end of last interglacial (~80 kyr BP) when the whole area reaches its geological stability, except for the Pontine and Fondi plains which are still subsiding. The measurement, interpretation and correction for the neotectonic effect of nearly 160 archaeological indicators suggests a rate of eustatic rise of 3.9 mm/yr between IV and I century BC and of 1.2 mm/yr between I and II century AD; sea level in the year zero was 34 cm lower than at present. The observed eustatic change reflects with high precision the climatic change corresponding to the *roman warm epoch*, and allows to quantify its magnitude. Comparison of historical and instrumental data (Genoa's tide-gauge, 1884-1971) points out that the eustatic change of the last century seems to be dominated by a natural climatic trend when compared to the worrying signals of global heating pointed out by other climatic indicators (increase of CO₂ and CH₄, glaciers' melting, etc.) which are affected by greater local disturbs.

PRESENTAZIONE

Con grande piacere la Sezione Dinamiche Geologiche e Territorio del Dip. Ambiente dell'ENEA pubblica una ricerca successiva alla tesi di laurea che il dr. Gabriele Leoni ha svolto presso l'ENEA. Si tratta di un lavoro di grande attualità ed interesse, i cui risultati originali costituiscono dati essenziali per la conoscenza dei meccanismi climatici e delle variazioni recenti del livello del mare.

Il tutor di questa tesi, svolta presso il Dipartimento di Scienze della Terra di Roma con il prof. Girotti, è stato Giuseppe Dai Pra.

Dai Pra, ora in pensione, è stato per tanti anni l'esperto ENEA, studioso e conoscitore delle variazioni del livello del mare durante l'ultima ingressione marina (il cosiddetto periodo Tirreniano), ricerca da lui personalmente verificata su gran parte delle coste italiane. Lo studio delle registrazioni di livelli del mare diversi dall'attuale (sotto forma di solchi di battente e spiagge fossilifere) ed in particolare lo studio della quota alla quale attualmente sono distribuiti tali sedimenti sulla coste nazionali, ha contribuito con grande evidenza a chiarire l'assetto tettonico di gran parte dell'Italia.

Lo studio nel dettaglio di alcuni indicatori di livello del mare, come gli impianti di allevamento e lavorazione del pesce di epoca romana, assai frequenti sulla costa tirrenica, contribuisce alla conoscenza dei meccanismi di risalita del livello del mare di 2000 anni fa. Questi dati sono indispensabili per capire non solo i tassi di risalita del Mediterraneo, ma anche per tentare di separare la risalita naturale del livello marino da quella eventualmente indotta da effetti antropici.

Claudio Margottini

Responsabile della Sezione Dinamiche Geologiche e Territorio

SOMMARIO

1. Introduzione e scopo dello studio.....	3
1.1 Note bibliografiche.....	6
1.1.1 Geologia.....	6
1.1.2 Archeologia.....	7
1.1.3 Climatologia.....	8
2. Inquadramento cronologico.....	8
3. Le oscillazioni del livello del mare.....	13
3.1 Oscillazioni a breve periodo.....	13
3.2 Oscillazioni a lungo periodo.....	14
3.3 Il livello medio del mare.....	15
3.4 Le altezze di marea.....	16
4. Raccolta ed elaborazione dei dati	18
4.1 Sistema di misura.....	18
4.2 Correzione di marea.....	19
4.3 Correzione barometrica.....	22
4.4 Correzione totale.....	23
4.5 Effetto atmosferico.....	23
5. Inquadramento geologico.....	25
5.1 Cenni di geomorfologia.....	27
6. Evidenze geologiche dei livelli del mare pleistocenici ed olocenici e relativa evoluzione strutturale	28
6.1 Indicatori geologici dei livelli di alto stazionamento del mare nel pleistocene medio-superiore.....	28
6.2 Indicatori dei livelli del mare posteriori all'ultimo interglaciale.....	34
6.3 Evoluzione strutturale recente.....	37
7. Evoluzione storico-archeologica.....	38
7.1 Considerazioni generali.....	38
7.1.1 Le peschiere.....	40
7.1.2 La navigazione e i porti.....	44
7.1.3 Le torri costiere.....	46
7.2 Descrizione dei siti archeologici.....	47
8. Indicatori archeologici dell'antico livello del mare	86
8.1 Criteri di interpretazione.....	86
8.2 Descrizione degli indicatori dell'antico livello del mare.....	88
8.3 Confronto con le quote rilevate in studi precedenti.....	100
9. Conclusioni	103
9.1 Interpretazione dei dati geologici ed archeologici nel quadro dell'evoluzione tettonica recente.....	104
9.2 Interpretazione dei dati archeologici e mareografici nel quadro dell'evoluzione climatica recente.....	108
Bibliografia	115
Tavole	

1. INTRODUZIONE E SCOPO DELLO STUDIO

Scopo di questo studio è la ricostruzione delle oscillazioni eustatiche del livello del mare, verificatesi nel tardo Olocene, attraverso indagini a carattere archeologico (resti di costruzioni litoranee ed insediamenti costieri) e mareografico (altezze di marea e livelli medi annui), supportate dall'esame delle evidenze geologiche di stazionamenti del livello del mare relativi al Pleistocene medio e superiore (terrazzi marini, forme d'erosione costiera e depositi quaternari). L'area di studio è costituita dalla costa toско-laziale del Mare Tirreno, fra il Promontorio di Talamone (GR) e la foce del Fiume Garigliano (LT) (Fig. 1.1).

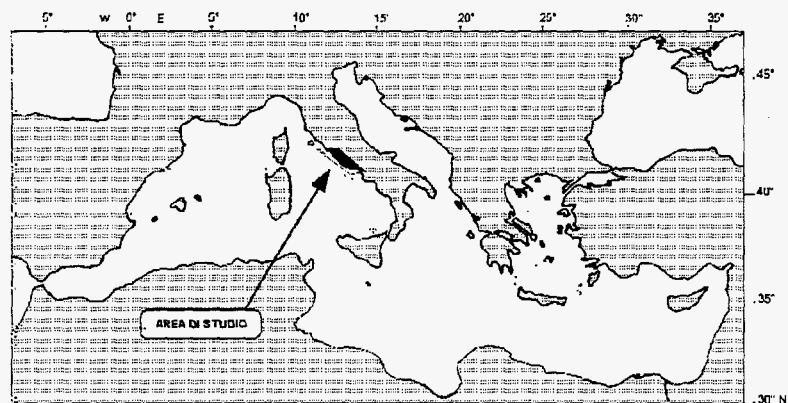
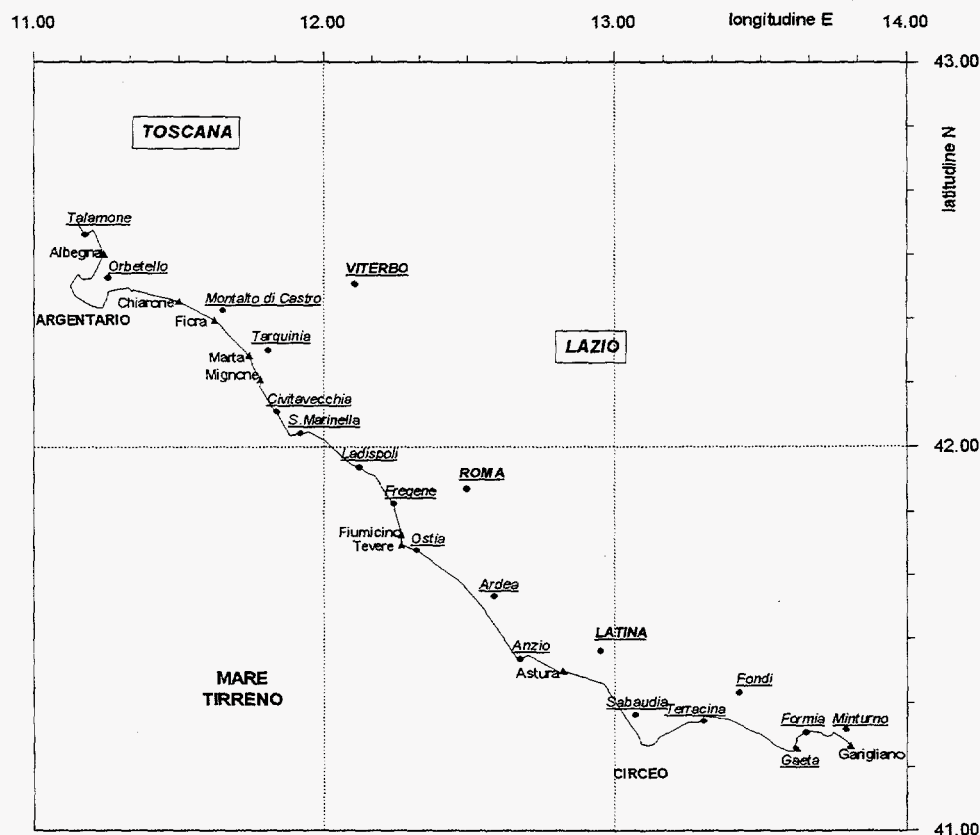


Fig. 1.1 (Long. da Greenwich)
A sinistra:
Area di studio in rapporto al bacino
del Mare Mediterraneo.

Sotto:
Dettaglio del litorale toско-laziale
con indicati i principali centri
abitati (cerchi) e gli sbocchi dei
principali corsi d'acqua (triangoli).



Le oscillazioni eustatiche sono quelle variazioni a lungo termine del livello del mare indotte dalle modificazioni del clima (scioglimento dei ghiacci, variazioni steriche, cause meteorologiche) o dai fenomeni geologici che interessano i bacini marini (apertura o chiusura dei bacini, colmamento sedimentario). La mancanza di un livello di riferimento rappresenta la difficoltà maggiore nel ricavare misure attendibili di questi cambiamenti: infatti ad essi si sovrappongono lungo le coste -con pari ordine di grandezza- gli effetti dei movimenti verticali del suolo (tettonica e subsidenza) per cui solo valutando questi ultimi per altre vie è possibile ricavare indicazioni corrette sugli andamenti delle oscillazioni eustatiche; viceversa una volta ottenuta una curva che esprima in modo attendibile le variazioni nel tempo del livello del mare per una data regione, questa curva si può assumere come riferimento sia nel tempo che nello spazio per risalire all'entità ed età degli eventuali movimenti tettonici differenziali fra un settore e l'altro della stessa regione.

Due aspetti di questo tipo di ricerca vanno evidenziati particolarmente:

- l'analisi delle variazioni del livello medio del mare si è dimostrata estremamente interessante, rispetto ad altri metodi di misura indiretta del clima (glaciologia, analisi polliniche, misure isotopiche, etc.), per la più completa corrispondenza globale alle sollecitazioni dei cambiamenti climatici e quindi molto utile per la definizione di questi ultimi;
- in secondo luogo valutazioni attendibili sul livello del mare passato e presente, rapportate ad altri indicatori di modificazione climatica, permettono di ottenere proiezioni corrette sull'andamento futuro e di interpretare opportunamente le modificazioni prodotte in maniera sempre più rilevante dall'uomo.

Il presente studio è stato intrapreso nell'ambito della linea di ricerca ENEA condotta all'interno del DIPARTIMENTO AMBIENTE (Sezione Dinamiche Geologiche e Territorio) del C.R.E. CASACCIA e tendente a correlare dati di origine diversa (geomorfologici, paleontologici, subacquei, archeologici, cartografici e mareografici) per ricostruire un quadro dell'evoluzione climatica posteriore all'ultimo stadio interglaciale. La ricerca ha preso spunto dalla ricchezza di resti archeologici del litorale laziale, molti dei quali permettono di ricavare informazioni utili riguardo a singoli stadi od a fasi differenti dell'evoluzione del rapporto uomo-ambiente determinato dal livello marino. A questo scopo è stata effettuata un'ampia e dettagliata ricerca bibliografica mirata al censimento dei siti archeologici direttamente interessati dai cambiamenti del livello del mare: sono stati raccolti i dati topografici, cronologici e tipologici relativi ad antiche peschiere marittime per l'allevamento ittico, porti, torri costiere, insediamenti costieri e ville marittime (Cap. 7). Successivamente si è proceduto al rilievo diretto di ogni sito al fine di verificarne l'esistenza, lo stato di conservazione e l'eventuale tipo di indicazione altimetrica relativa al livello marino e/o di indicazione topografica relativa alla linea di costa. Dove la tipologia degli impianti evidenziava la presenza di indicatori utili sono state compiute misure di quota, riferite al livello del mare del momento, sui resti murari semisommersi. In seguito le quote speditive sono state corrette dagli effetti delle variazioni temporanee della superficie marina al momento di misura (effetto di marea, effetto barometrico, disturbi atmosferici) in modo da ricondurre tutte le quote al livello medio del mare attuale (anno 1995); per operare queste correzioni si è reso necessario elaborare un programma di calcolo originale che restituisse l'altezza reale del livello del mare, rispetto al livello medio attuale, per qualsiasi punto del litorale e per ogni istante di misura in funzione delle previsione di altezza di marea (IIM) e dei parametri cronologici e meteorologici del tempo di misura (Cap. 4). Sui dati così ottenuti è stata impostata l'elaborazione delle quote del livello del mare (rispetto all'attuale) in età storica attraverso l'interpretazione ed il confronto di alcuni indicatori caratteristici (Cap. 8). Riguardo ai precedenti livelli di alto e basso

stazionamento del mare (Pleistocene ed Olocene) si è considerata la ricca bibliografia relativa all'area di studio: l'inquadramento geologico relativo all'evoluzione neogenico-quadernaria regionale (Cap. 5) e l'esame comparato delle quote di stazionamento del livello del mare ricavate da diversi autori (Cap. 6) hanno condotto a definire il quadro dell'evoluzione neotettonica dell'area costiera, quest'ultimo è infatti indispensabile per la corretta valutazione delle variazioni eustatiche. In conclusione sono state interpretate le informazioni ricavate nel corso dello studio sotto due diversi punti di vista:

→ il confronto nello spazio dei dati geologici e di quelli di origine archeologica (Fig. 9.2) ha evidenziato purtroppo delle discordanze dovute sostanzialmente alle molte approssimazioni introdotte nel corso dell'acquisizione e dell'interpretazione delle misure su resti archeologici; non mancano comunque interessanti indizi di convergenza fra i due metodi specialmente per le aree geologicamente più stabili;

→ il confronto nel tempo dei dati di origine archeologica e mareografica (curva eustatica, Fig. 9.8) con l'evoluzione climatica olocenica (Fig. 9.7) ha evidenziato una notevole corrispondenza sia nei tempi che nell'entità fra la risalita eustatica ricostruita e il riscaldamento climatico riconosciuto a scala globale per l'epoca romana.

Il piano del lavoro rispecchia l'ordine cronologico degli argomenti e non quello effettivamente seguito dalla ricerca: la prima parte introduttiva (Capp. 2-4) descrive l'ambito cronologico relativo al periodo direttamente indagato, i tempi ed i modi delle variazioni del livello del mare e le note riguardanti le tecniche adottate per la misura e l'elaborazione dei dati altimetrici; la seconda parte (Capp. 5-6) tratta l'evoluzione geologica recente ed esamina i dati bibliografici riguardanti le evidenze di linee di costa e livelli del mare del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene; la terza parte (Capp. 7-8) affronta il problema dell'evoluzione storica della costa attraverso le informazioni di natura storica ed archeologica e quello dell'interpretazione degli indicatori archeologici del livello del mare antico; infine (Cap. 9) si suggeriscono alcune considerazioni sull'evoluzione tettonica e su quella climatica recente derivanti dal confronto tra i dati bibliografici e quelli originali trattati nei capitoli precedenti.

Per chiarezza di esposizione riportiamo subito alcuni suggerimenti utili riguardo a notazioni, abbreviazioni e scale di misura utilizzate:

- X le età **AD** esprimono il tempo in anni o secoli (sec.) prima (a.C.) o dopo Cristo (d.C.);
- X le età **BP** per convenzione misurano il tempo a ritroso a partire dall'anno 1950 (d.C.);
- X i tempi geologici vengono normalmente espressi per brevità in *migliaia di anni (ka)* e *milioni di anni (Ma)*;
- X per convenzione il *livello medio del mare (l.m.m.)* è rappresentato dalla media delle alte e basse maree;
- X in questo studio abbiamo assunto come *livello medio del mare attuale* quello ricavato dall'analisi statistica delle registrazioni del mareografo di Genova ed estrapolato all'anno 1995 (vedi Cap. 4);
- X le misure altimetriche originali sono state riferite tutte al *l.m.m. attuale*; le quote relative ai resti archeologici sono normalmente espresse in **cm s.l.m.m.** (positive quelle sopra al l.m. e negative quelle sotto al l.m.);
- X le quote relative a dati di origine geologica sono normalmente riferite alla base topografica dell'IGM ed espresse in **m s.l.m.**;
- X i siti archeologici sono indicati dal nome e dal numero progressivo attribuito loro nel Cap. 8;
- X le piante dei siti rilevati e le schede dei relativi dati sono raccolte nelle Tavole fuori testo.

1.1 NOTE BIBLIOGRAFICHE

In queste brevi note ci limitiamo a ricordare gli studi più importanti per le diverse discipline riguardanti l'argomento di questa ricerca precisando che la trattazione critica di molti di questi studi costituisce parte integrante dei vari capitoli, cui dunque si rimanda per l'esposizione più completa delle tesi degli Autori.

1.1.1 GEOLOGIA

Riguardo alla geologia del Lazio costiero si segnala per chiarezza e completezza della trattazione lo studio di FUNICIELLO & PAROTTO (1978) (Fig. 1.2) da cui si ricava il quadro paleogeografico e strutturale riportato nel Cap. 5 e sintetizzato nella successiva Carta Tettonica d'Italia (FUNICIELLO *et alii*, 1981). L'esame stratigrafico delle formazioni plio-quadernarie è stato effettuato con particolare attenzione da CONATO *et alii* (1980) per il bacino romano e da AMBROSETTI *et alii* (1981) per l'area del Lazio settentrionale mettendo in luce la successione di varie fasi trasgressive e regressive, a forte controllo eustatico, i cui depositi marini e continentali costituiscono la serie quadernaria. Un utile lavoro di sintesi dell'evoluzione tettonico-sedimentaria plio-pleistocenica relativa all'area costiera del Lazio centromeridionale è stato condotto da MALATESTA & ZARLENGA (1986) che evidenziano le principali linee di dislocazione tettonica sepolte e le rispettive fasi di attività. Per la comprensione del vulcanismo delle province laziali risulta essenziale il lavoro di FORNASERI (1985) che fornisce le caratteristiche e le età di messa in posto dei principali corpi vulcanici quadernari. La sintesi aggiornata di molti studi interdisciplinari è riportata da CARRARA (1995).

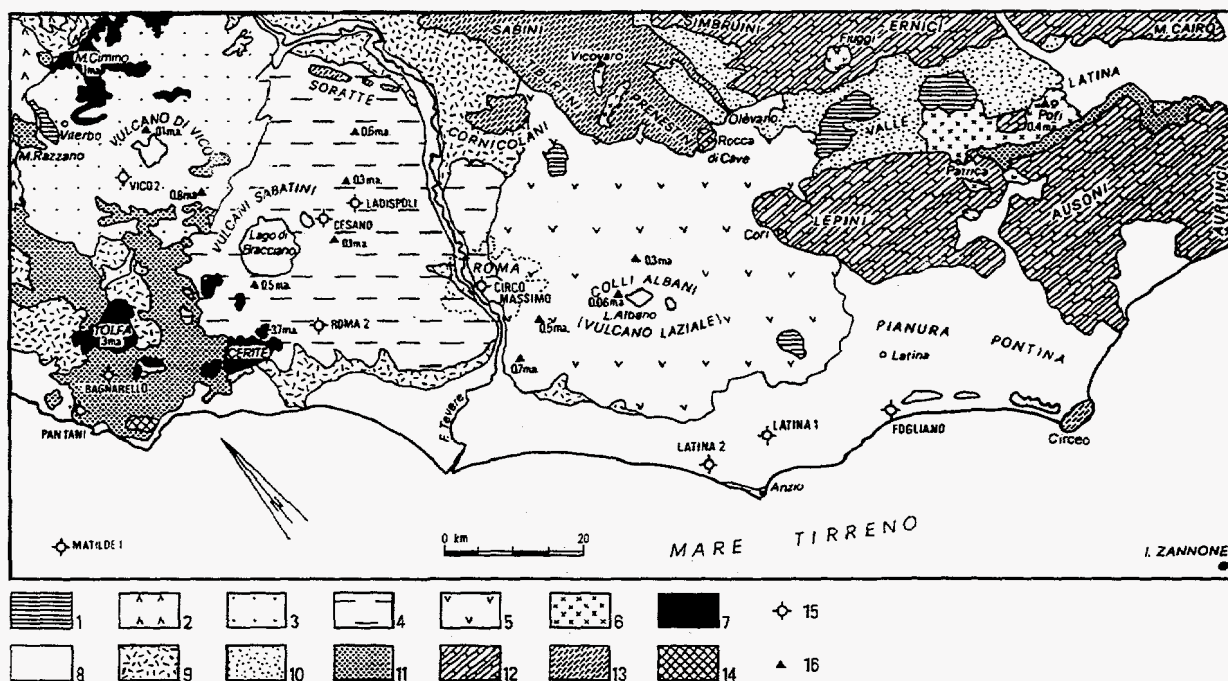


Fig. 1.2 - Schema geologico della fascia litorale tirrenica laziale (da FUNICIELLO & PAROTTO, 1978). LEGENDA. Sequenze vulcaniche (Plio-Pleistocene): 1) maggiori depositi di travertino; 2) sistema vulcanico dei Monti Vulsini; 3) vulcano di Vico; 4) sistema vulcanico dei Monti Sabatini; 5) sistema vulcanico dei Colli Albani; 6) vulcanismo intrapenninico; 7) vulcaniti acide anatectiche. Sequenze sedimentarie: 8) sedimenti continentali e costieri attuali e subattuali (Pleistocene recente-Olocene); 9) successioni pelitiche e siltitiche postorogene (Miocene sup.-Pleistocene); 10) sedimenti terrigeno-torbiditici (facies pelitico-arenacea) (Tortoniano); 11) complessi alloctoni delle unità interne ("Sicilidi" e "Liguridi" A.A.); 12) successione meso-cenozoica della piattaforma laziale-abruzzese; 13) successione meso-cenozoica in facies di scarpata (facies umbro-sabina); 14) unità della falda toscana; 15) ubicazione dei principali sondaggi; 16) ubicazione dei punti di campionatura per datazioni assolute

Una serie di studi di evidenze morfologiche e stratigrafiche condotte in superficie ed in sondaggio e corredate da datazioni radiometriche ed analisi aminostratigrafiche hanno fornito informazioni fondamentali circa le antiche linee di costa e l'attuale assetto tettonico (DAI PRA, 1978; CONATO & DAI PRA, 1980; SEVINK *et alii*, 1982; DAI PRA & ARNOLDUS-HUYZENDVELD, 1984; HEARTY & DAI PRA, 1986; OZER *et alii*, 1987; PALIERI & SPOSATO, 1988; ANTONIOLI *et alii*, 1988; ANTONIOLI & FREZZOTTI, 1989; ANTONIOLI *et alii*, 1989; ANTONIOLI, 1991; BRUNAMONTE & SERVA, 1990).

Oggetto di diversi lavori è la ricostruzione dell'evoluzione del delta del Tevere attraverso l'analisi di facies in superficie e su dati del sottosuolo, ed analisi radiometriche, stratigrafiche e micropaleontologiche condotte da vari ricercatori (BELLOTTI & TORTORA, 1985; BELLUOMINI *et alii*, 1986; BELLOTTI *et alii*, 1989). Interessanti informazioni sulle morfologie e sui depositi sommersi della piattaforma costiera sono stati ricavati da sondaggi sottomarini, profili sismici ed indagini batimetriche (MARANI *et alii*, 1986; CHIOCCI, 1992).

Circa la cronologia del Quaternario la Commissione Italiana di Stratigrafia (CITA & CASTRADORI, 1995) propone un compendio essenziale delle più recenti tendenze di datazione dei principali limiti cronostratigrafici, mentre SHACKLETON *et alii* (1990) forniscono la più recente curva isotopica dell'ossigeno (Fig. 2.2).

1.1.2 ARCHEOLOGIA

Lo studio senza dubbio più interessante è quello curato da SCHMIEDT (1972): per la accuratezza dei rilievi e la sapiente integrazione di discipline diverse esso risulta tuttora un modello difficilmente superabile ed un punto di riferimento sia per geologi che per archeologi (l'esame approfondito dei risultati di queste, ed altre, ricerche è argomento dei Capitoli 7 e 8). Altri studiosi si sono dedicati con risultati apprezzabili al rilievo di resti archeologici costieri allo scopo di ricavare testimonianze circa la quota e la posizione del livello del mare nell'antichità: fra questi alcuni lavori affrontano l'argomento a carattere locale (ORTOLANI *et alii*, 1991; PASKOFF & OUESLATI, 1991; PASKOFF *et alii*, 1991) altri invece considerano indicazioni provenienti da regioni diverse (FLEMMING, 1969; PIRAZZOLI, 1976; MASTERS & FLEMMING, 1983; FLEMMING & WEBB, 1986).

Riguardo l'allevamento ittico nell'antichità estremamente interessante ed aggiornata è la monografia di GIACOPINI *et alii* (1994): in questo studio sono raccolte in modo completo le notizie riguardanti l'itticoltura nell'antichità e le peschiere tirreniche dalla Toscana alla Calabria, inoltre il rilievo originale di molti impianti ha portato nuovi elementi di comprensione della loro funzionalità i quali si sono rivelati di importanza fondamentale per le nostre ricerche. In merito all'attività dei porti antichi si segnalano gli studi a carattere generale di ZERI (1905) e di SCHMIEDT (1964; 1978); per le torri costiere, invece, le informazioni più interessanti circa la posizione, funzionalità e tipologia costruttiva sono riferite da DE ROSSI (1971). Infine importanti informazioni storiche ad ampio raggio di carattere geografico, cartografico, ed aereofotografico sono contenute in SCHMIEDT (1970) ed in FRUTAZ (1972).

Molti altri studi più o meno recenti ed approfonditi restituiscono la grande quantità di informazioni, su singoli siti o su aree costiere limitate, riportate nel Par. 7.2.

1.1.3 CLIMATOLOGIA

Sotto l'etichetta di studi di "climatologia" intendiamo raccogliere tutti quei lavori pluridisciplinari che trattano dell'evoluzione climatica quaternaria dai diversi punti di vista possibili (geologico, paleontologico, chimico-fisico, etc.).

Tra i lavori più interessanti sull'argomento ricordiamo principalmente gli studi di PINNA (1969; 1977; 1985; 1991) che si distinguono per l'approccio più completo possibile alla problematica

dei cambiamenti climatici e dei loro effetti sulla vita umana, e la rassegna delle principali suddivisioni climatiche del Quaternario condotta da PANIZZA (1985). Riguardo agli effetti delle variazioni climatiche gli studi che hanno contribuito maggiormente alla differenziazione e datazione dei diversi stadi post-glaciali sono quelli di glaciologia (fra questi ricordiamo ad esempio: LAMB, 1965; DENTON & KARLÉN, 1973; LORJUS *et alii*, 1985; PORTER, 1986; GRIP, 1993), mentre molti autori si sono dedicati proficuamente alla interpretazione in chiave climatica delle variazioni eustatiche del livello del mare (fra i contributi principali ricordiamo: FAIRBRIDGE, 1961; CLARK *et alii*, 1978; CHAPPEL & SHACKLETON, 1986; FAIRBANKS, 1989).

2. INQUADRAMENTO CRONOLOGICO

L'Era Quaternaria è caratterizzata rispetto a quelle precedenti dall'accentuarsi dell'ampiezza delle oscillazioni climatiche che causano la successione dei cicli glaciali: tale fenomeno è testimoniato, fra l'altro, da forme morfologiche e deposizionali, sia continentali che marine, particolarmente evidenti anche a causa del miglior stato di conservazione rispetto a quelle delle ere precedenti. Cause di natura diversa, con periodicità particolari, concorrono a determinare l'instaurarsi di condizioni glaciali: fra le principali ricordiamo le variazioni della quantità di calore prodotta dal sole (periodicità delle macchie solari) e di quella che raggiunge la superficie terrestre in funzione dei parametri orbitali terrestri¹, le variazioni nella distribuzione delle terre emerse e nella loro elevazione causate dalla *deriva dei continenti*, l'effetto di *autoinduzione* causato dall'estensione delle coltri glaciali per la maggiore riflessione di energia solare che queste producono, le variazioni di composizione atmosferica (*effetto serra*, strato di ozono, quantità di ceneri vulcaniche in sospensione, etc.).

Ai primi del secolo PENCK & BRÜCKNER, partendo dallo studio dei terrazzi glaciali alpini, definirono la successione di diversi periodi glaciali alternati ad interglaciali; successivamente negli anni '30 MILANKOVITCH elaborò una serie di curve (Fig. 2.1, sopra), basate sulle variazioni dei parametri orbitali terrestri, che confermavano il succedersi di periodi in cui le condizioni di insolazione si mantenevano al di sotto della media abbastanza a lungo da innescare l'inizio di un ciclo glaciale. A partire dagli anni '50 l'analisi isotopica del contenuto di ¹⁸O degli scheletri di organismi marini (EMILIANI, 1955; 1966) ha cominciato a fornire dati più sicuri sulle variazioni di temperatura nel passato (Fig. 2.1, sotto).

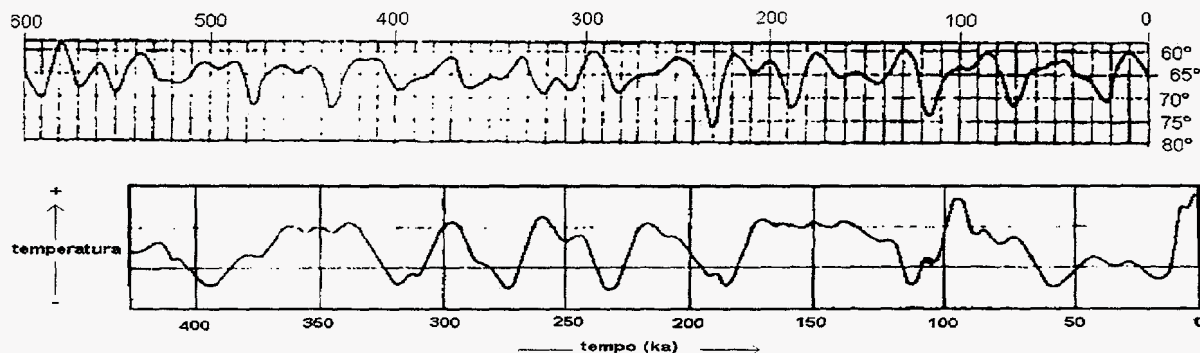


Fig. 2.1 – *Sopra*: curva di Milankovitch relativa alla latitudine di 65°N: l'ascissa zero è l'anno 1800; la curva indica la radiazione del semianno estivo espressa come variazioni dell'*equivalente in latitudine* rispetto a quella attuale di 65°. *Sotto*: curva delle paleotemperature superficiali delle acque del Mare Caribico dedotte da misure isotopiche su foraminiferi da sondaggi sottomarini. (Da EMILIANI, 1966).

¹ Eccentricità dell'orbita (0.0-5.3 %, periodo = 96000 anni), inclinazione dell'eclittica (21°39'÷24°36', periodo = 41000 anni) e moto doppio-conico ("precessione degli equinozi", periodo = 21000 anni).

La curva isotopica dell'ossigeno considera le variazioni di concentrazione relativa $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (esprese come densità relativa dell'isotopo pesante: $\delta^{18}\text{O} \text{‰}$) che a loro volta dipendono direttamente dal rapporto fra la quantità d'acqua negli oceani e quella immagazzinata nelle calotte glaciali, ovvero dalla temperatura terrestre, ammettendo il rapporto diretto tra abbassamento della temperatura ed espansione glaciale. La concentrazione isotopica relativa ad un dato periodo viene fissata nei gusci calcarei degli organismi marini viventi¹ e resta fossilizzata insieme a loro testimoniando la temperatura di quel periodo, per ricavare le età invece si usa calibrare i campioni con i principali eventi paleomagnetici e poi risalire per via indiretta dalla profondità all'età del campione, assumendo costante il tasso di sedimentazione. Gli estremi delle variazioni di temperatura sono stati numerati in ordine crescente con l'età e perciò questi stadi indicano con notevole precisione temporale le fasi glaciali (stadi pari) ed interglaciali (stadi dispari); l'osservazione della curva inoltre suggerisce alcune importanti osservazioni:

- 1) molti stadi comprendono in realtà più di un singolo picco perché sia le fasi fredde che quelle calde sono generalmente rappresentate da più eventi distinti (substadi, indicati da lettere sempre in ordine crescente con l'età);
- 2) i cicli appaiono fortemente asimmetrici e caratterizzati da fasi di raffreddamento lente e discontinue contrapposte a fasi di riscaldamento rapide e continue;
- 3) a partire dallo stadio 22 (~ 850 ka BP) si riscontra un generale abbassamento delle temperature, sia massime che minime, in accordo con le evidenze geologiche della intensa fase regressiva che separa il "Pleistocene preglaciale" dal "Pleistocene glaciale".

Gli stadi isotopici dunque, parallelamente alle maggiori evidenze paleontologiche rappresentate dalle alternanze di faune calde e fredde ed alla magnetostratigrafia, costituiscono la chiave di suddivisione cronostratigrafica del Quaternario.

Oggetto di questo studio sono gli intervalli più recenti del Quaternario che, secondo la recente proposta della Commissione Italiana di Stratigrafia (CITA & CASTRADORI, 1995), risultano così suddivisi:

PIANO IONIANO (Pleistocene medio) – la base si considera coincidente con l'ultimo evento caldo ben riconoscibile (stadio 25) precedente l'inizio del "Pleistocene glaciale" e/o con la base della zona a <i>Pseudoemiliana lacunosa</i> (nannofossile calcareo) nella sezione di Montalbano Ionico, o infine poco al di sopra dell'evento paleomagnetico Jaramillo (coincidente con lo stadio 27); il tetto è rappresentato dalla base del livello a <i>Strombus</i> ;
PIANO TARENTIANO (?) (Pleistocene superiore) – dalla base del livello a <i>Strombus</i> all'inizio dell'Olocene (comprende l'interglaciale Riss-Würm ed il glaciale Würm);
SOTTOPIANO TIRRENIANO – coincide con l'interglaciale dello stadio 5, caratterizzato alla base dalla classica fauna a <i>Strombus bubonius</i> del substadio 5e;
OLOCENE – la base è posta convenzionalmente a 10 ka BP, approssimativamente in corrispondenza della fine del tardiglaciale würmiano (Dryas III).

¹ Si considerano principalmente Foraminiferi e Molluschi; i valori differenti misurati per le forme bentoniche e per quelle planctoniche restituiscono le temperature dei differenti strati d'acqua oceanica, dai superficiali a quelli più profondi che registrano le variazioni termiche di periodo più lungo.

In attesa di una ratifica internazionale di questa nomenclatura riteniamo comunque più pratico servirci della terminologia cronostratigrafica informale (Pleistocene medio, Pleistocene superiore) mentre con il nome Tirreniano preferiamo indicare il solo substadio 5e, corrispondente alla caratteristica presenza di *Strombus bubonius* (che invece manca nei depositi riferibili ai substadi successivi 5a/c).

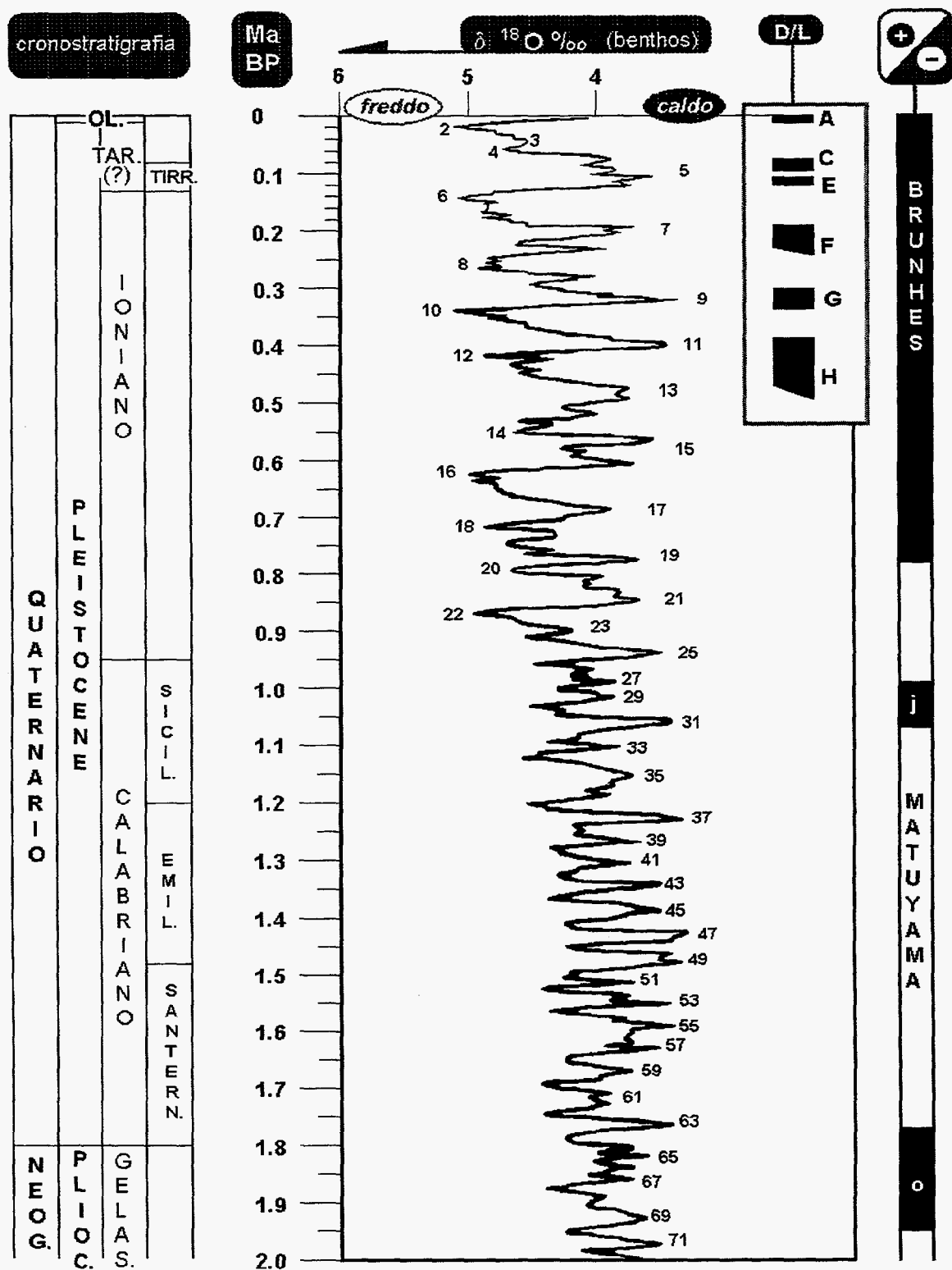
Fra le maggiori conseguenze delle variazioni climatiche vi sono le oscillazioni eustatiche del livello del mare prodotte dalla sottrazione dagli oceani di grandi masse d'acqua immobilizzate nelle calotte polari durante le epoche glaciali e dalla fusione dei ghiacci nei periodi interglaciali: questi spostamenti provocarono fluttuazioni verticali del livello del mare (glacioeustatismo) fino a duecento metri e ciò produsse la serie di cicli trasgressivo-regressivi le cui evidenze geologiche, formatesi principalmente in concomitanza con fasi di alto stazionamento del livello del mare, sono ben rappresentate lungo le coste attuali; è stato riscontrato che le trasgressioni/regressioni possono verificarsi per variazioni relative del livello marino più rapide di ~10 mm/a, mentre nei periodi di variazioni più lente prevalgono i meccanismi deposizionali (PASKOFF, 1985; GOODWIN & ANDERSON, 1985). Dal momento che oggi ci troviamo in un periodo relativamente caldo le testimonianze geologiche dei livelli di basso stazionamento si trovano per la maggiorparte sommerse lungo le piattaforme continentali, mentre i livelli di alto stazionamento sono ben rappresentati da diversi ordini di terrazzi laddove questi ultimi sono stati sollevati dalla tettonica al di sopra della loro quota originaria; lungo le coste in sommersione e/o subsidenti invece i depositi relativi a fasi di alto stazionamento si trovano solo in sondaggio (es.: Pianura Pontina, Piana di Fondi).

Nell'ambito degli studi riguardanti il Pleistocene medio-superiore, oltre ai classici metodi di datazione radiometrica diretta (^{14}C , $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) ultimamente si è sviluppato un metodo indiretto basato sulla misura del grado di epimerizzazione degli aminoacidi su conchiglie di vari generi (quelli utilizzati con maggior frequenza sono: *Glycymeris*, *Arca* e *Cerastoderma*): al fine di ricavare età relative fra campioni diversi si considera il rapporto enantiomerico D-alloisoleucina/L-isoleucina che cresce nel tempo (fino a raggiungere l'unità) a partire dalla morte dell'organismo. L'analisi comparata in zone diverse ha condotto all'identificazione di varie *aminozone* (HEARTY *et alii*, 1986), successivamente la calibrazione delle età relative attraverso datazioni $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ su coralli nelle serie tipo di Taranto ha permesso l'istituzione di significative correlazioni cronostratigrafiche in diverse parti del mondo (Tab. 2.1) (DAI PRA & STEARNS, 1977; HEARTY & DAI PRA, 1992; HEARTY, 1992).

Tab. 2.1 – Aminozone, rapporti D/L e riferimenti cronologici relativi al genere *Glycymeris*. (HEARTY & DAI PRA, 1992).

AMINOZONA	D/L	STADIO ISOTOPICO	ETÀ (ka BP)
A	0.02±0.18	1	Olocene
C	0.28±0.30	5a/c	80÷105
E	0.37±0.43	5e	125
F	0.46±0.52	7	> 190
G	0.57±0.65	9-11	300÷400
H	0.73	(?)	400÷500

Fig. 2.2 - Scala cronologica del Quaternario. Da sinistra a destra: cronostratigrafia del Quaternario (OL. = OLOCENE, TAR. = Tarentiano, TIRR. = Tirreniano; da CITA & CASTRADORI, 1995); curva delle variazioni isotopiche dell'ossigeno (da SHACKLETON *et alii*, 1990); D/L: aminozone (da HEARTY & DAI PRA, 1992); +/-: epoche e principali eventi paleomagnetici (j: Jaramillo, o: Olduvai; da SHACKLETON *et alii*, 1990).



3. LE OSCILLAZIONI DEL LIVELLO DEL MARE

Nel capitolo precedente abbiamo accennato alle oscillazioni eustatiche del livello del mare, ma per meglio comprendere questo argomento e gli sviluppi delle misurazioni dirette effettuate nel corso dell'indagine riteniamo utile passare brevemente in rassegna i diversi tipi di variazioni cui è soggetto il livello medio del mare. Fra gli autori che hanno contribuito significativamente a chiarire questi concetti ricordiamo FAIRBRIDGE (1966) e PASKOFF (1985). Per semplicità di trattazione separiamo le variazioni a corto e lungo periodo, sebbene questa distinzione non sempre sia reale in quanto i vari effetti concorrono continuamente alla modificazione della superficie marina.

3.1 OSCILLAZIONI A BREVE PERIODO

Rientrano in questo tipo le modificazioni con periodo inferiore all'anno:

	PERIODO	OCCORRENZA	AMPIEZZA	NOTE CARATTERISTICHE
moto ondoso	secondi	continua	fino a 20 m	è prodotto continuamente su tutti i tipi di coste dallo spirare dei venti
tsunami	minuti, ore	occasionale	fino a 10 m	onde legate a terremoti, esplosioni vulcaniche o franamenti sottomarini; si propagano ad alta velocità per migliaia di km e producono onde catastrofiche
onde di tempesta	giorni	occasionale	alcuni m	risultano dalla connessione di bassa pressione atmosferica e di venti violenti che spirano verso terra accumulando l'acqua lungo la costa; il fenomeno si amplifica nelle regioni fronteggiate da un largo tratto di fondali bassi
maree	~12 ^h 30 ^m	semidiurna	fino a 20 m	hanno occorrenza generalmente semidiurna, ma risultano dalla composizione di oscillazioni anche diurne e quartodiarie; gli effetti rispecchiano il periodo della componente predominante
fluttuazioni stagionali	stagione, anno	annuale	meno di 1 m	sono causate dalle variazioni di: a) apporti delle correnti oceaniche, b) pressione atmosferica e venti dominanti (monsoni, etc.), c) densità dell'acqua marina in funzione dello stato termico e del contenuto salino (termo-, haloeustatismo stagionale), d) maree astronomiche annuali e semiannuali

3.2 OSCILLAZIONI A LUNGO PERIODO

Questo tipo di variazioni dipende essenzialmente dall'interazione di fenomeni di ordine astronomico, climatico e geodinamico che possono interessare i mari e gli oceani (eustatismo) o i continenti (isostasia, tettonica, subsidenza).

⇒ **GLACIOEUSTATISMO** – è dovuto alla ritenzione di ingenti masse d'acqua sotto forma solida sui continenti durante i periodo glaciali ed alla loro liberazione nei mari durante i periodi caldi.

⇒ **EUSTATISMO GEOIDALE** – è dovuto alla distribuzione eterogenea delle masse terrestri e quindi alla diversa attrazione che esercitano sul geoide deprimendo o innalzando il livello marino con differenze fino a 180 m (ad esempio fra le coste europee e quelle africane si è misurata una differenza di una decina di metri; PIRAZZOLI, 1987); la distribuzione delle masse terrestri a sua volta varia nel tempo in profondità con la “deriva dei continenti” e in superficie col trasferimento di masse di ghiaccio (glacioeustatismo) o di sedimenti (ciclo esogeno).

⇒ **TETTONOEUSTATISMO** – (eustatismo diastrofico) è dovuto alle variazioni dei bacini marini causati a loro volta dall'espansione e scomparsa dei fondi oceanici.

⇒ **EUSTATISMO SEDIMENTARIO** – è dovuto alla riduzione di capacità dei bacini a causa degli apporti detritici in mare; gli effetti di questo fenomeno diventano significativi per periodi dell'ordine del milione di anni, quindi non per il Quaternario.

⇒ **HALO-, TERMO-EUSTATISMO** – è causato dalle variazioni di volume delle molecole d'acqua (variazioni steriche) indotte principalmente dalle differenze di salinità (halo-eustatismo) e di temperatura (termo-eustatismo); per quest'ultimo fenomeno si ritiene che l'innalzamento di 1°C della temperatura a livello globale causerebbe una risalita del livello marino di circa 2 m.

⇒ **ISOSTASIA GLACIALE** – movimenti piuttosto lenti caratterizzati dall'abbassamento delle regioni ricoperte da potenti coltri glaciali e dal sollevamento delle regioni periferiche per il trasferimento di materiale viscoso subcrostale, tale movimento viene invertito durante le deglaciazioni; la velocità può raggiungere comunque i 10 mm/a.

⇒ **IDROISOSTASIA** – è dovuta all'incremento di carico che un sollevamento di alcune decine di metri del livello marino produce sui fondali profondi prossimi alla costa dove manca una estesa piattaforma continentale, questo fenomeno provoca un abbassamento del fondo marino e un contemporaneo sollevamento della costa secondo una flessura parallela alla linea di costa.

⇒ **ISOSTASIA D'EROSIONE** – l'equilibrio isostatico viene modificato dal trasferimento di materiale detritico per l'erosione delle terre emerse e la sedimentazione in aree marine; gli effetti sono notevolmente inferiori a quelli dei fenomeni precedenti (fino a 4 mm/a).

⇒ **TETTONICA** – in aree orogeniche recenti e/o attuali i movimenti verticali di innalzamento o abbassamento terrestre possono raggiungere velocità di alcuni mm/a.

⇒ **SUBSIDENZA** – la compattazione dei sedimenti molli accumulati nei delta dei grandi fiumi e lungo le piane costiere può raggiungere anch'essa velocità di alcuni mm/a, questi effetti però spesso superano quelli della tettonica.

3.3 IL LIVELLO MEDIO DEL MARE

Nei paragrafi precedenti si è visto a quali variazioni sia soggetto il livello del mare, tuttavia esso è pur sempre un piano di riferimento fondamentale a livello planetario tanto che si considera come rappresentativo del geoide. I mareografi posizionati nei principali porti del mondo sono gli strumenti di misura che hanno permesso, da quando sono entrati in funzione intorno al XVIII secolo¹, un monitoraggio del livello del mare utile per scopi scientifici; in virtù della loro funzione essi costituiscono inoltre i capisaldi di riferimento per le misure geodetiche nazionali: in Italia la rete altimetrica fondamentale dell'IGM è riferita al mareografo di Genova. Tali apparati sono costruiti in modo da eliminare dalle registrazioni continue l'effetto perturbante delle onde ma non quello delle maree, quindi per convenzione si indica genericamente come livello medio del mare (l.m.m.) la media fra le alte e le basse maree.

Il confronto statistico delle misure mareografiche si è reso possibile solo da quando, alla fine del secolo scorso, la rete mareografica si è estesa a tutto il mondo, tuttavia l'esame complessivo dei dati mareografici evidenzia una variabilità tale, in funzione delle località considerate e dei metodi di elaborazione statistica, che in conclusione non è possibile ricostruire un'unica curva eustatica valida a livello globale (Tab. 3.1; PIRAZZOLI, 1986); qualche indicazione più precisa si potrà ottenere invece dalle altezze della superficie degli oceani misurate da satellite (SANDWELL, 1991).

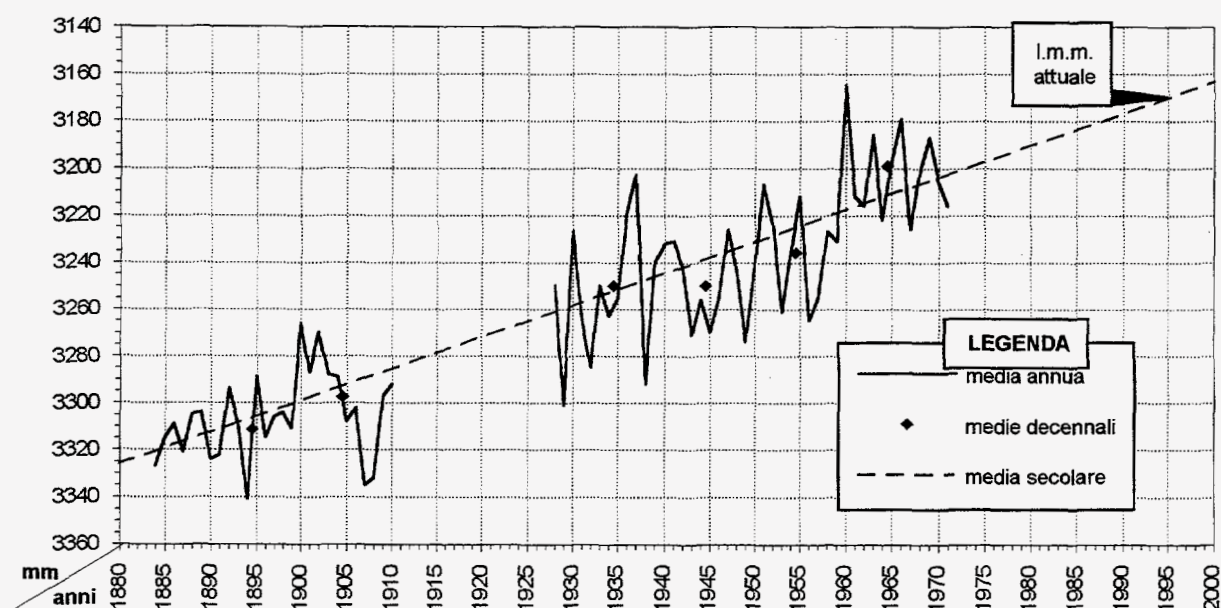
Tab. 3.1 – Variazioni del livello del mare indicate dalle 229 stazioni mareografiche con registrazioni più lunghe. (Da PIRAZZOLI, 1986).

	VELOCITÀ DEL MOVIMENTO (mm/a)	% STAZIONI
RISALITA	> 1.5	38.0
	1.0 ÷ 1.5	13.0
	< 1.0	20.5
STABILITÀ	0	1.0
ABBASSAMENTO	< 0	27.5

Nonostante le incertezze riscontrate riguardo le misure mareografiche, comunque è ormai comune considerare per l'ultimo secolo una risalita del livello medio del mare compresa fra 1.2 e 1.5 mm/anno. Per comprendere quale sia stato in Italia l'andamento della risalita del livello medio del mare relativa all'ultimo secolo (*Linear secular trend of eustatic sea rise*; CAPUTO *et al.*, 1972) hanno condotto un esame statistico dei dati mareografici dell'Istituto Idrografico della Marina (IIM) relativi alle stazioni di Genova, Porto Corsini (RA), Venezia e Trieste evidenziando in particolare per Genova una risalita eustatica lineare del livello del mare di 1.36 mm/a; questo risultato, insieme ai dati del livello medio annuo e decennale, è riportato nella Fig. 3.1: nel seguito della nostra ricerca, e in particolare per l'elaborazione dei dati originali, è stato considerato come livello medio attuale del Mare Tirreno quello ricavato dal prolungamento fino all'anno 1995 della retta di regressione rappresentativa di tale risalita eustatica.

¹ I primi in assoluto furono quelli di Amsterdam (1682), Venezia (1732) e Stoccolma (1774).

Fig. 3.1 – Medie annue, decennali e secolare dei livelli del mare al mareografo di Genova per il periodo 1884-1910 / 1928-1971. In ordinate le distanze del l.m.m. dalla piastrina del mareografo del 1923.



3.4 LE ALTEZZE DI MAREA

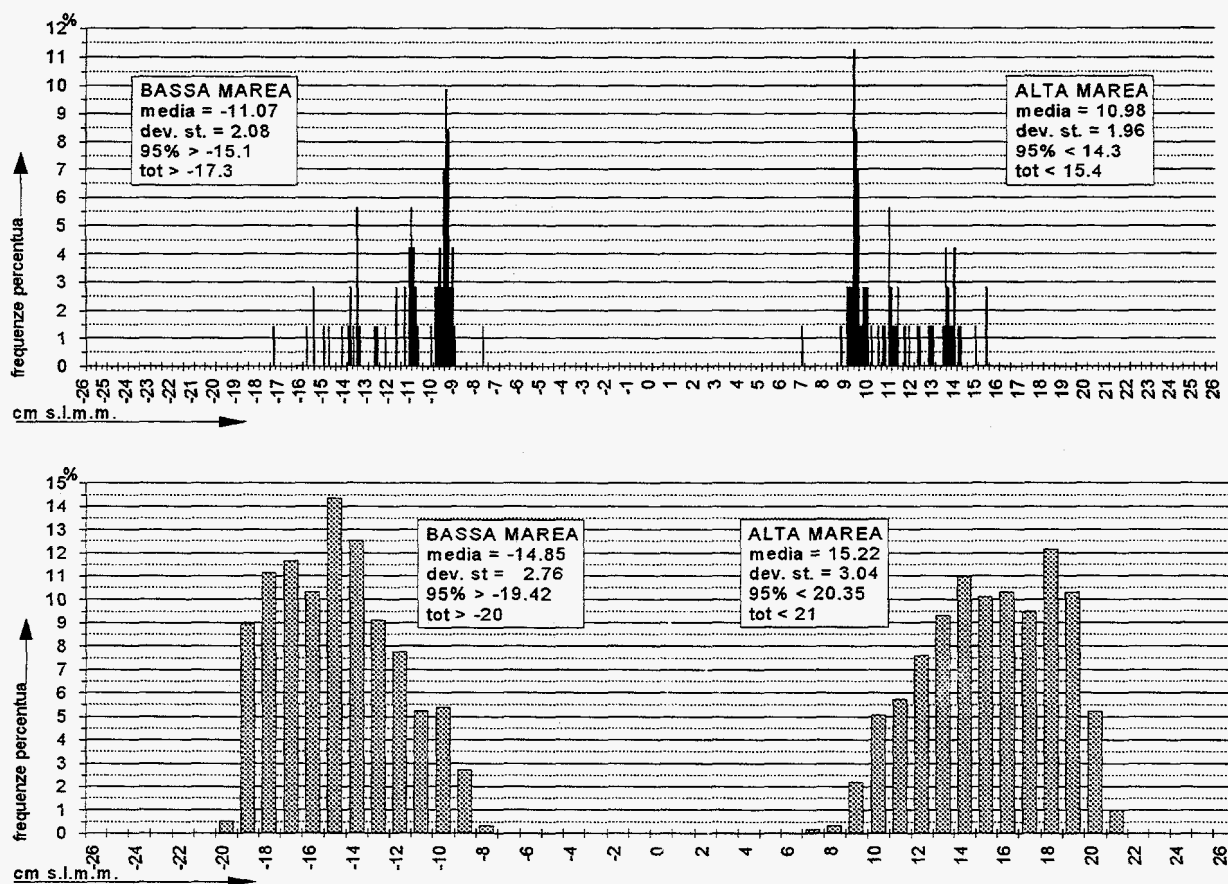
Si definisce altezza di marea la quota raggiunta dal livello del mare in ogni istante misurata a partire dal Livello di Riferimento degli Scandagli (LRS) che a sua volta è definito per ogni porto come il piano immaginario corrispondente alla media delle basse maree sizigiali¹; l'ampiezza di marea è invece la differenza fra il livello dell'alta marea (AM) e quello della bassa marea (BM). Ulteriori elaborazioni dei dati mareografici di Genova e di Civitavecchia si sono mostrate indispensabili al fine di ricavare stime corrette delle altezze di marea nel bacino tirrenico, infatti questo argomento è essenziale per l'interpretazione della funzionalità dei resti archeologici rispetto al livello medio del mare.

I dati mareografici di Genova a nostra disposizione (LUSSETTI, 1977), coprendo un periodo di quasi un secolo, rappresentano un campione abbastanza significativo per l'esame della distribuzione delle altezze medie annue di bassa ed alta marea; da questi dati però, proprio perché mediati su un anno di misure, non è possibile ottenere informazioni sulle grandi maree², perciò è stato condotto un esame statistico su di un campione (periodo 1993-1995) di altezze di marea nei periodi di sizigie considerando le misure relative ai quattro giorni successivi alle sizigie secondo i dati di previsione di marea dell'IIM per il porto di Civitavecchia (IIM, 1993/95). La Fig. 3.2 mostra gli istogrammi delle distribuzioni di frequenza delle grandi maree per Civitavecchia e delle maree medie per Genova mentre la Tab. 3.2 sintetizza i risultati ottenuti.

¹ Questo livello è posto convenzionalmente in modo che solo raramente il livello del mare scenda al di sotto; al LRS sono riferite le altezze di marea calcolate dall'IIM e le profondità nelle carte nautiche.

² Le grandi maree sono quelle che si verificano qualche giorno dopo le sizigie (luna piena o nuova) e le piccole maree dopo le quadrature (primo ed ultimo quarto).

Fig. 3.2 – Distribuzioni di frequenza delle maree medie annue a Genova, sopra (periodi 1884-1910 e 1928-1971) e delle grandi maree a Civitavecchia, sotto (periodo campione 1993-1995).



Tab. 3.2 – Altezze in cm s.l.m.m.; μ è il valore medio e σ la deviazione standard delle distribuzioni di frequenza.

	BM		AM		ampiezza		min	max
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	BM	AM
CIVITAVECCHIA (1993-1995)								
maree medie annue	-11.28		11.64		22.92	6.71		
grandi maree	-14.85	2.76	15.22	3.04	30.06		-20	21
GENOVA (1884-1910/1928-1971)								
maree medie annue	-11.07	2.08	10.98	1.96	22.05	3.82	-17.3	15.4
grandi maree							-19.5	20.0
maree estreme	-38.51	5.11	45.90	3.82	max = 118.5			

I dati delle grandi maree per Genova sono stati ricavati per confronto fra le distribuzioni poiché attualmente in Italia non sono disponibili dati mareografici continui, ma solo medie giornaliere, mensili o annue per periodi limitati; per questo motivo si è ricorso alle Tavole di Marea che, pur con i limiti intrinseci dovuti alla natura di previsioni, forniscono le altezze di marea per tutti i giorni dell'anno con un margine di errore rispetto al dato reale stimato in qualche centimetro per le altezze e qualche minuto per i tempi.

I risultati ottenuti e rappresentativi di un lungo intervallo di tempo ci permettono di interpretare l'escursione di marea per il Tirreno con precisione maggiore rispetto ai dati riportati da SCHMIEDT (riferiti al solo anno 1970) o rispetto a quelli genericamente considerati utili per scopi marittimi (LRS); dai nostri calcoli emerge che rispetto al l.m.m.:

- l'ampiezza media di marea è di 22 cm (da -11 a +11 cm s.l.m.m.);
- l'ampiezza media delle grandi maree è di 30 cm (da -15 a +15 cm s.l.m.m.)¹;
- l'ampiezza massima delle grandi maree è di 40 cm (da -20 a +20 cm s.l.m.m.);
- la media delle basse maree sizigiali² è di -15 cm.

Per i nostri scopi dunque appare utile considerare l'ampiezza massima delle grandi maree (± 20 cm s.l.m.m.) nell'ipotesi realisticamente più accettabile che le strutture marittime (porti e peschiere) funzionassero anche nelle peggiori condizioni di marea; difficilmente invece le opere potevano considerarsi al sicuro dalle maree estreme, la cui occorrenza è comunque talmente rara da non doversi considerare più pericolosa delle comuni mareggiate.

4. RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI

L'indagine diretta dei resti archeologici ha comportato il rilevamento sul livello del mare del momento delle quote di alcuni oggetti caratteristici riferibili al livello del mare antico; successivamente, grazie ad un programma di calcolo originale, questi dati sono stati corretti in funzione delle variazioni temporanee del livello del mare causate dall'oscillazione di marea e dalle condizioni barometriche al tempo di misura, così da ricondurre tutte le misure al livello medio del mare attuale; infine si è fornita un'interpretazione indicativa della bontà della misura in funzione dell'eventuale disturbo causato da condizioni atmosferiche sfavorevoli (venti ed onde).

4.1 SISTEMA DI MISURA

La misura delle quote è stata effettuata posizionando lo zero di un metro rigido, mantenuto in posizione verticale, in corrispondenza dell'elemento indagato e leggendo direttamente la quota del livello del mare del momento (Q); al fine di operare successivamente tutte le correzioni necessarie ogni misura è accompagnata dai dati relativi a:

- | | | |
|-----|--|---------------------|
| - 1 | data ed ora | [g/m/a, h.m], |
| - 2 | pressione atmosferica | [mb], |
| - 3 | ampiezza dell'oscillazione del moto ondoso | [cm], |
| - 4 | intensità e direzione verso cui spira il vento | [dato qualitativo]. |

Ogni punto quotato è stato contraddistinto da una lettera maiuscola preceduta dal numero d'ordine del sito (ad es.: "2A" = S. Liberata, punto A) ed accompagnato da una breve indicazione del tipo di oggetto (ad es.: "crepidine interna vasca W"; cfr. Tav XIV).

¹ SCHMIEDT (1972) sostiene che « la media dei massimi scostamenti fra AM e BM è compresa fra 33 e 41 cm ».

² Cioè per definizione il LRS.

4.2 CORREZIONE DI MAREA

Non potendo disporre a posteriori delle altezze di marea si è ricorso al calcolo dell'altezza di marea relativa ad ogni punto quotato ed al tempo di misura, a partire dai dati di BM ed AM forniti dalle "Tavole di Marea ed Escursione di Marea" editi annualmente dall'Istituto Idrografico della Marina. Questi dati vengono calcolati per alcuni porti italiani (Porti Principali) come somma di nove oscillazioni armoniche la cui ampiezza ed il cui periodo sono desunti dall'osservazione diretta condotta su periodi maggiori di un anno, e si approssimano alla realtà a meno di errori di qualche centimetro per le altezze e qualche minuto per i tempi; le altezze sono riferite al LRS¹ ed i tempi all'ora solare del fuso italiano². Nel caso del Tirreno centrale abbiamo considerato i Porti Principali di Livorno, Civitavecchia e Napoli ed il Porto Secondario di Gaeta. L'elaborazione di formule originali ha permesso di affidare tutta la fase di calcolo ad un semplice programma per computer³ assicurando così oltre all'esattezza anche l'omogeneità dei valori di correzione; delle formule utilizzate si riportano le espressioni ed il relativo significato.

ALTEZZA DI MAREA S.L.M.M. IN PORTO

In mancanza di dati continui relativi alle altezze nei periodi intermedi⁴ è stata elaborata appositamente una formula di interpolazione sinusoidale che rappresenta la curva di marea compresa fra i punti estremi (Fig. 4.1); considerando per un dato porto un istante t per il quale si desideri conoscere l'altezza di marea h_p si stabiliscono come estremi iniziali e finali rispettivamente i dati noti di BM/AM immediatamente precedenti il tempo t e quelli di AM/BM immediatamente seguenti, quindi essendo:

$h_{LRS} = ?$	= altezza incognita (sul LRS)	[cm]
t	= istante indagato (ora solare)	[hh.mm]
h_0	= altezza di marea al tempo iniziale (sul LRS)	[cm]
t_0	= tempo iniziale (BM/AM)	[hh.mm]
h_1	= altezza di marea al tempo finale (sul LRS)	[cm]
t_1	= tempo finale (AM/BM)	[hh.mm]
$\delta t = (t - t_0)$	= intervallo di tempo parziale	[hh.mm]
$\Delta t = (t_1 - t_0)$	= intervallo di tempo totale	[hh.mm]

si ha:
$$h_{LRS} = \left(\frac{h_0 + h_1}{2} \right) + \left(\frac{h_0 - h_1}{2} \right) \cos \left(\frac{\pi \cdot \delta t}{\Delta t} \right)$$

con:

$(h_0 + h_1)/2$	= semi-altezza di marea (sul LRS)	[cm]
$(h_0 - h_1)/2$	= semi-ampiezza di marea (sul LRS)	[cm]
$\pi/\Delta t = \omega$	= velocità angolare dell'onda di marea	[rad/min]
$\omega \cdot \delta t$	= fase dell'onda di marea	[rad]

¹ Diverso per ogni porto.

² UTM + 1.

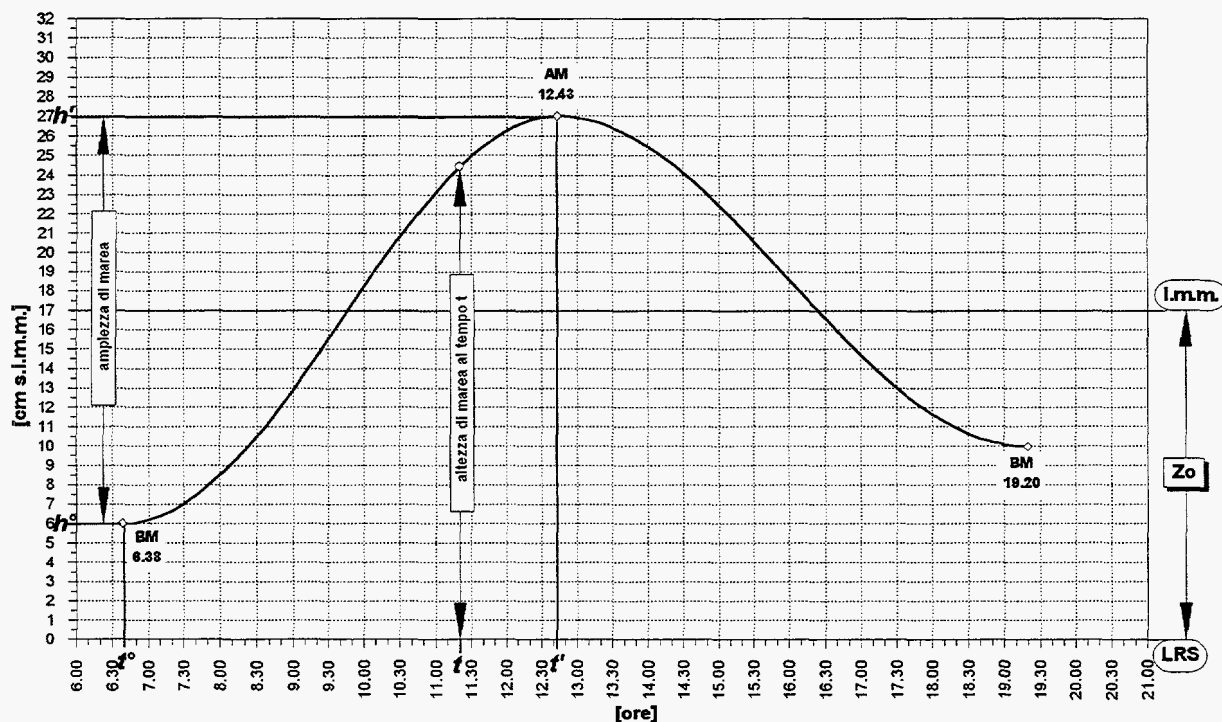
³ Si è utilizzato il programma Excel 4.0 per Windows, che consente una precisione di calcolo fino alla undicesima cifra decimale.

⁴ Il "metodo dei dodicesimi" raccomandato dall'IIM non si è ritenuto sufficientemente accurato per i nostri scopi.

Per ricondurre l'altezza h_{LRS} al livello medio del mare è sufficiente sottrarre il valore di Z_0 caratteristico del porto (definito come la differenza di quota fra il l.m.m. ed il LRS):

$$h_p = h_{LRS} - Z_0$$

Fig. 4.1 – Esempio di curva di marea ricavata con il metodo di interpolazione sinusoidale per il porto di Livorno ($Z_0 = 17$ cm) per il giorno 11/09/94, ore 6.40-19.20.



PORTI SECONDARI

Per i Porti Secondari, per cui non sono tabulati i tempi e le altezze di BM/AM, i valori h_0 , t_0 , h_1 e t_1 (riferiti sempre al LRS) sono stati ricavati da quelli del relativo Porto Campione (Gibilterra per il Mediterraneo occidentale) con il Metodo delle Differenze di Ora per i tempi e con il Metodo del Rapporto per le altezze¹, curando di interpolare linearmente il valore del rapporto delle ampiezze di marea fra il Porto Campione e quello Secondario (R) per i giorni intermedi (R_i) fra quello relativo alle sizigie (R_s) e quello relativo alle quadrature (R_q); indicando con lettere maiuscole i dati relativi al Porto Campione e con lettere minuscole quelli relativi al Porto Secondario, abbiamo:

METODO DELLE DIFFERENZE DI ORA

$$\begin{aligned} T_{AM}, t_{AM} &= \text{ora dell'alta marea} && [\text{hh.mm}] \\ T_{BM}, t_{BM} &= \text{ora della bassa marea} && [\text{hh.mm}] \end{aligned}$$

$$t_{AM} = T_{AM} + 6^h 40^m \quad ; \quad t_{BM} = T_{BM} + 6^h 15^m$$

¹ Questi sono i metodi consigliati dall'IIM.

INTERPOLAZIONE LINEARE DEL RAPPORTO DELLE AMPIEZZE

R_i	= rapporto delle ampiezze per la data richiesta	[val. ass.]
R_s	= rapporto delle ampiezze in sizigie	[val. ass.]
R_q	= rapporto delle ampiezze in quadrature	[val. ass.]
si	= differenza di data fra le sizigie e quella richiesta	[n° giorni]
sq	= differenza di data fra siz. e quadr. prossime a quella richiesta	[n° giorni]

$$R_i = R_s + \left[(R_q - R_s) \cdot \frac{si}{sq} \right]$$

METODO DEL RAPPORTO

H_{LRS}	= altezza di AM/BM Porto Campione (sul LRS)	[cm]
h_{LRS}	= altezza di AM/BM Porto Secondario (sul LRS)	[cm]
Z_0	= Porto Campione	[cm]
z_0	= Porto Secondario	[cm]

$$h_{LRS} = z_0 + \left[(H_{LRS} - Z_0) \cdot R_i \right]$$

ALTEZZA DI MAREA PER SITI INTERMEDI

Le relazioni precedenti sono valide per i porti cui si riferiscono, tuttavia per siti distanti permane l'incertezza circa il reale andamento della curva di marea; questo problema è stato risolto interpolando linearmente fra i valori di altezza di marea (s.l.m.m.) per lo stesso istante dei due porti più vicini al sito in questione in funzione delle distanze relative. Questo sistema è stato applicato prima in via sperimentale fra i porti di Civitavecchia e Napoli per ricavare l'altezza di marea nel porto di Gaeta; il successivo confronto con il valore di altezza di marea per la stessa località -calcolato con il metodo del rapporto- ha evidenziato una differenza fra le due misure dell'ordine di 1 cm: considerando quindi questo margine di errore accettabile si è proceduto ad applicare tale correzione a tutti i siti oggetto di misura¹. Le distanze relative fra i porti ed i vari siti sono state misurate in carta dopo aver proiettato la posizione di questi ultimi sulla retta congiungente i due porti vicini; detto A il primo porto, B il secondo e i il sito intermedio, si ottiene:

h_i	= altezza di marea in un sito intermedio fra i porti A e B	[cm]
h_A	= altezza di marea per il porto A	[cm]
h_B	= altezza di marea per il porto B	[cm]
D	= distanza fra A e B	[km]
d	= distanza fra A ed i	[km]

$$h_i = h_A - \left[(h_A - h_B) \cdot \frac{d}{D} \right]$$

¹ In ogni caso non esiste un sistema alternativo di correzione e comunque, dal momento che l'errore cresce con la distanza dai punti di riferimento, e che la distanza su cui è stata condotta la prova era ben maggiore rispetto a quella cui poi il metodo è stato applicato, il margine di incertezza non può che essere minore di 1 cm, più che trascurabile rispetto ad altri tipi di errori.

Dunque in base alle considerazioni precedenti ed eseguiti tutti i calcoli previsti dalle formule si ricava l'altezza di marea per un dato istante in un dato sito e riferita al l.m.m., ovvero il valore della correzione di marea da apportare ai dati sperimentali (Q).

4.3 CORREZIONE BAROMETRICA

Nonostante la precisione con cui si possa calcolare l'altezza di marea per un punto qualsiasi della costa, tuttavia il livello del mare è influenzato ancora significativamente da un'altra causa di disturbo rappresentata dalla pressione atmosferica. Evidentemente ad un aumento della pressione atmosferica corrisponde una depressione del livello del mare -e viceversa- la cui entità risponde approssimativamente alla relazione lineare ¹:

$$\Delta h_p = (1013 - P) \cdot 1.023557761$$

con:

Δh_p	= variazione del livello del mare	[cm]
1013	= pressione atmosferica standard	[mb]
P	= pressione atmosferica al tempo di misura	[mb]

Non è possibile valutare esattamente quale sia il margine di errore relativo a questo sistema di correzione ², d'altra parte in mancanza di un metodo migliore troviamo comunque utile servircene in quanto disponibile anche perché trascurare questo effetto causerebbe un errore ancora maggiore.

4.4 CORREZIONE TOTALE

A conclusione delle precedenti operazioni di correzione si ricava che la correzione totale da apportare alle quote misurate nel corso dei rilievi (Q) è la seguente:

$$q = Q + h_i + \Delta h_p$$

con

q	=	quota corretta s.l.m.m.	[cm]
Q	=	quota speditiva	[cm]
h_i	=	correzione di marea	[cm]
Δh_p	=	correzione barometrica	[cm]

4.5 EFFETTO ATMOSFERICO

Come disturbi "atmosferici" consideriamo gli effetti prodotti dal vento che a seconda dell'intensità e della direzione genera onde e correnti.

MOTO ONDOSO

La misura istantanea della quota Q in realtà ha la durata di almeno un minuto nel corso del quale vengono osservate e mediate empiricamente le oscillazioni del livello del mare causate dal moto ondoso e la cui entità è risultata variabile tra 0 e 50 cm (Fig. 4.2); per

¹ Tale relazione è ricavata dalle osservazioni di STOCCHINO & SCOTTO (1970) condotte al porto di Genova in assenza di vento e conferma le indicazioni già fornite da FAIRBRIDGE (1966).

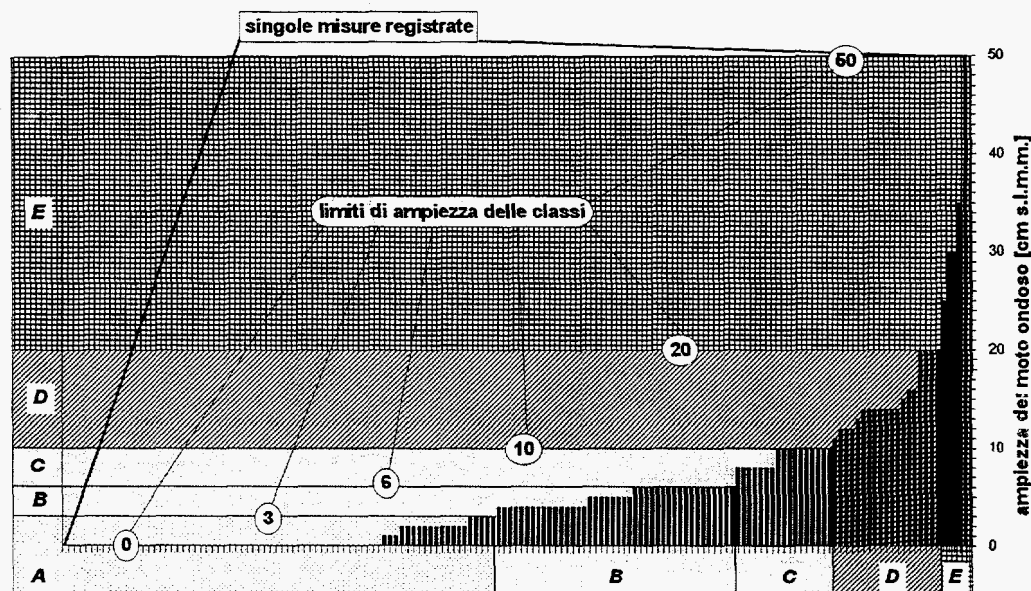
² Sicuramente minore però di quello consigliato dall'IIM e tabulato in appendice alle Tavole di Marea.

variazioni maggiori di 50 cm si è evitato di prendere misure a causa dell'eccessiva approssimazione che ne sarebbe conseguita. Successivamente si è suddiviso l'intervallo in cinque classi di ampiezza (A-E, Tab. 4.1) dell'oscillazione che rappresentano una stima qualitativa dell'attendibilità della misura in funzione dello stato del mare:

Tab. 4.1 – La scala Douglas è una scala descrittiva della forza del mare in funzione dell'altezza media delle onde maggiori, mentre la più nota scala Beaufort si riferisce alla velocità del vento.

scala Douglas	forza del mare	intervallo di ampiezza [cm]	classe	attendibilità della misura
calmo	0	0 - 3	A	ottima
quasi calmo	1	4 - 6	B	buona
		7 - 10	C	sufficiente
poco mosso	2	11 - 20	D	mediocre
		20 - 50	E	scarsa

Fig. 4.2 – Ampiezze del moto ondoso al momento di misura; si può notare come la maggiorparte delle misure effettuate appartiene alle classi di attendibilità A (ottima) e B (buona).



VENTI

Per quanto riguarda lo spostamento di masse d'acqua causato dallo spirare continuo dei venti non è possibile valutarne opportunamente gli effetti a volte anche catastrofici come in occasione delle mareggiate; salvo considerare intuitivamente che un vento che spiri per un certo periodo verso terra provoca un accumulo d'acqua in prossimità della costa che si traduce in un innalzamento anomalo del livello del mare¹, e viceversa un vento di verso opposto; allo scopo di interpretare comunque quest'ultimo effetto di disturbo si è cercato di evitare di raccogliere misure in giorni particolarmente ventosi e con mare mosso. L'aver registrato indicativamente le condizioni del vento al tempo di misura ci ha permesso di apportare ulteriori correzioni alla stima di attendibilità riportata per l'ampiezza delle onde: in caso di vento medio o forte il dato relativo è stato attribuito alla classe inferiore a quella definita in base all'ampiezza delle onde, mentre nessuna variazione è stata apportata per venti assenti o deboli.

¹ Polli (1970) valuta questo effetto superiore ai 5 cm di variazione del livello marino per venti di velocità maggiore di 20 km/h.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il margine tirrenico tosco-laziale è emerso dalla Tetide durante l'orogenesi appenninica, poi le successive fasi tettoniche e vulcaniche, combinate agli effetti delle variazioni glacioeustatiche, hanno determinato la creazione ed il riempimento dei diversi bacini sedimentari neogenico-quadernari.

Fra l'Oligocene ed il Miocene inferiore-medio si originano le coltri alloctone della falda toscana ed i complessi sicilidi e liguridi affioranti nella parte settentrionale dell'area sopra al basamento cristallino ("autoctono toscano") che è ampiamente rappresentato dal "Calcare cavernoso" triassico dell'Argentario e di Ansedonia; nello stesso periodo i complessi sicilidi ("Flysch tolfetano", "serie della Pietraforte") ricoprono la successione umbro-marchigiana che rappresenta il substrato autoctono del Lazio settentrionale.

Nel corso del Miocene, a fronte di una generale emersione dell'area conseguente al corrugamento della catena, si delinea la lunga depressione subsidente della Valle Latina che si colma di torbiditi argilloso-arenacei di provenienza settentrionale; alla fine di questo periodo una forte spinta tettonica causa l'accavallamento su questo "solco" delle facies di transizione della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese corrispondenti alla struttura dei Volsci (Lepini, Ausoni ed Aurunci) (FUNICIELLO & PAROTTO, 1978).

A partire dal Tortoniano superiore l'onda orogenetica compressiva migra nei settori più orientali della catena mentre nell'attuale fascia costiera si instaura una tettonica distensiva, legata all'apertura del bacino tirrenico, che nel Plio-Pleistocene guida lo smembramento del substrato sedimentario in una serie di *Horst* e *Graben*, ad andamento principalmente appenninico, che ospitano i sedimenti della serie noegenica ("neoautoctono"; FUNICIELLO & PAROTTO, 1978).

Nel Pliocene inferiore l'area dalla Tolfa ad Astura è quasi tutta sommersa e sede di sedimentazione prevalentemente argillosa e marnosa (argille azzurre, "Marne Vaticane", Graben del Tevere) oppure argilloso-sabbiosa da batiale a litorale nelle zone di alto (Pomezia, Anzio-Lavinio); quasi ovunque la base trasgressiva del ciclo pliocenico è marcata da livelli conglomeratici.

Il nuovo regime tettonico origina il vulcanismo peritirrenico che si sviluppa nella provincia "anattetica toscana" a partire dal Pliocene con il ciclo tolfetano-cerite (4.2-2.2 Ma) e prosegue nel Pleistocene con gli apparati cimino (1.4-0.9 Ma, Pleistocene inferiore) e del Monte Amiata (0.43-0.10 Ma, Pleistocene medio); la provincia "alcalino-potassica" laziale inizia l'attività nelle isole pontine (5.38-0.40 Ma, Pliocene inferiore-Pleistocene medio) per seguire poi durante il Pleistocene medio una migrazione nel tempo dei centri effusivi da NW verso SE attraverso i vulcanismi vulsino (1.00-0.06 Ma), vicano (0.8-0.1 Ma), sabatino (0.7-0.1 Ma), albano (0.700-0.037 Ma) ed ernico (0.54-0.40 Ma) (FORNASERI, 1985).

Una fase di sollevamento regionale segna il Pliocene medio durante il quale la sedimentazione è ristretta ad alcune zone di margine dei blocchi in sollevamento ("Macco" di Tarquinia, Palo ed Anzio); più a sud inizia lo sprofondamento della Pianura Pontina isolata a NE dal sistema di faglie a gradinata del bordo dei Lepini e ad W da una dorsale parallela alla costa in corrispondenza del Lago di Fogliano.

Durante il Pliocene superiore l'area a N del Tevere resta emersa mentre a S alcune faglie delineano le dorsali di Pomezia ed Anzio ed il basso di Ardea (MALATESTA & ZARLENGA, 1986).

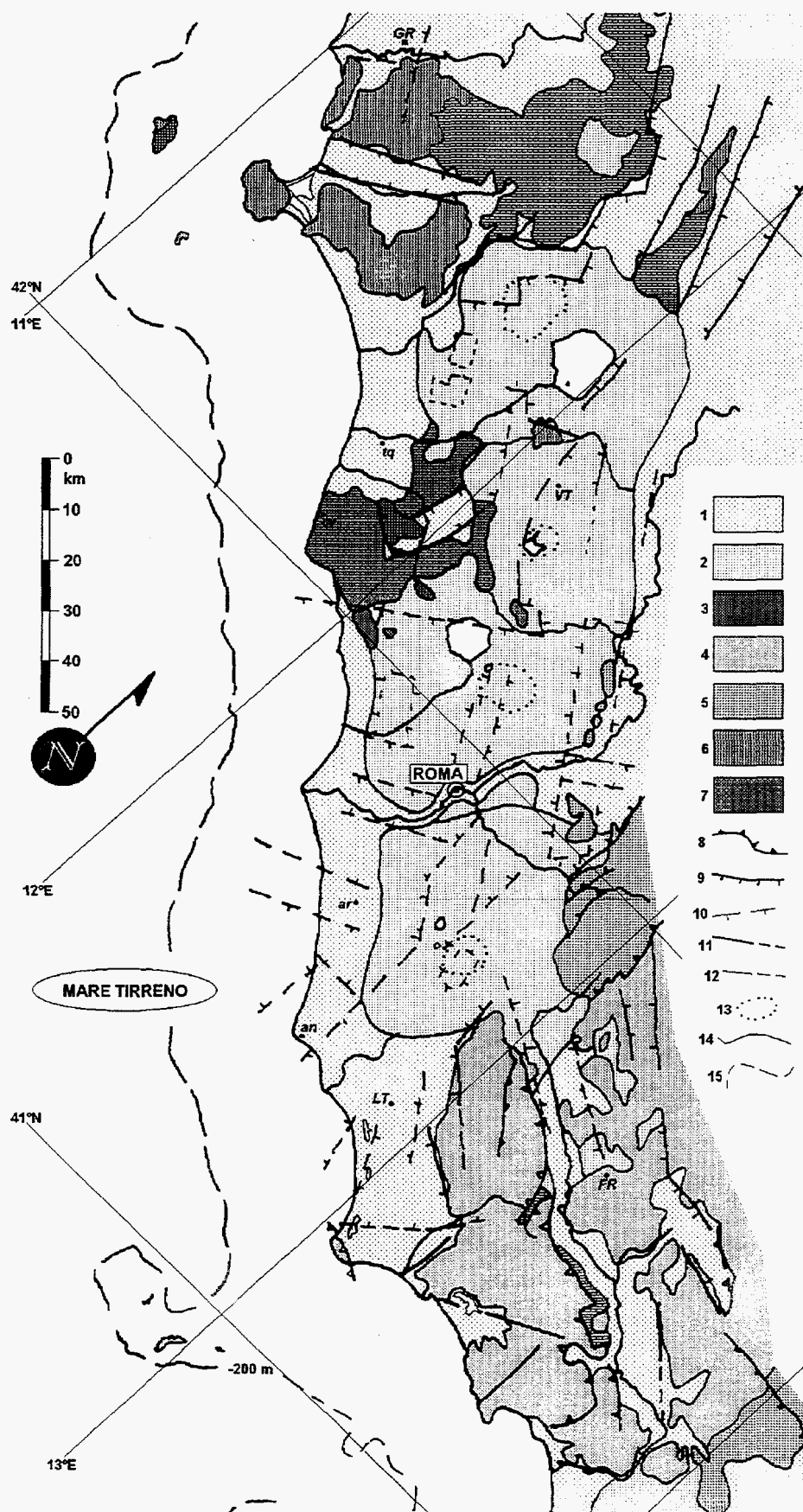


Fig. 5.1 – Schema geologico-strutturale del margine tirrenico dell'Appennino centrale. (Da FUNICIELLO *et alii*, 1981)

LEGENDA:

- 1) Formazioni marine e continentali (mio-, plio-pleistoceniche indisturbate o interessate da neotettonica -fasi distensive-).
- 2) Vulcaniti di margine di bacino (sistema toscolaziale-campano, Is. Ponziane).
- 3) Magmatismo acido mio-pliocenico appenninico (vulcaniti della Tolfa, dei Ceriti e di Manziana).
- 4) Successioni carbonatiche e di piattaforma (piattaforma Laziale-Abruzzese).
- 5) Successioni pelagiche (bacino Umbro-Marchigiano-Sabino).
- 6) Successioni della "Falda Toscana".
- 7) Successioni interne in prevalenza flyschioide a forte alloctonia (Complesso sicilide).
- 8) Sovrascorrimenti, faglie inverse e motivi compressivi.
- 9) Faglie dirette (in affioramento).
- 10) Faglie dirette (riferite a strutture sepolte).
- 11) Faglie (in genere subverticali) e loro ipotetico prolungamento (in affioramento).
- 12) Faglie (in genere subverticali) e loro ipotetico prolungamento (riferite a strutture sepolte).
- 13) Principali centri eruttivi.
- 14) Idrografia.
- 15) Batimetria.

Il Pleistocene inferiore inizia con una nuova ingressione caratterizzata dalla ripresa della sedimentazione con la deposizione nell'area romana della Fm. di M. Mario; alla fine dell'Emiliano un sollevamento interrompe la deposizione della formazione precedente, ma le successive fasi di collasso provocano il basculamento verso W dell'alto di M. Mario e quindi la ripresa della sedimentazione con la Fm. di Ponte Galeria (CONATO *et alii*, 1980).

Dal Pleistocene medio in poi all'effetto della tettonica si sovrappone quello dovuto alle variazioni eustatiche del livello del mare che determina il succedersi dei cicli sedimentari e delle fasi erosive che li separano, inoltre l'intensificarsi del vulcanismo provoca la messa in posto di estese coperture ignimbriche intercalate ai sedimenti marini epicontinentali; fra i marker più significativi per il Lazio settentrionale ricordiamo il "Tufo rosso a scorie nere" sabatino datato 430 ka (EVERDEN & CURTIS, 1965) e per il Lazio centrale il "Tufo di Villa Senni" albano datato 360 ka (FORNASERI, 1985); lungo la fascia costiera si ha la deposizione di sedimenti litorali, lagunari, eolici o lacustri controllata essenzialmente dall'eustatismo.

Un cenno a parte meritano il promontorio del Circeo che è costituito da tre scaglie di successioni mesozoiche riconducibili alla facies umbro-sabina accavallate sui flysch oligo-miocenici e l'isola di Zannone in cui si riconoscono -separati da discontinuità tettoniche- un basamento cristallino a debole metamorfismo, alcune porzioni di una successione meso-cenozoica in facies toscana e del flysch paleogenico (FUNICIELLO & PAROTTO, 1978).

Per l'area romana sembra rivelarsi molto utile lo schema di correlazione cronostratigrafica recentemente proposto da MARRA *et alii* (in stampa) per il Pleistocene medio fra cicli sedimentari, fasi erosive, fasi vulcaniche ed oscillazioni glacialeustatiche.

5.1 CENNI DI GEOMORFOLOGIA

L'area indagata è il tratto di costa tirrenica tosco-laziale compresa fra il promontorio di Talamone (GR) e la foce del Fiume Garigliano (LT); essa è caratterizzata morfologicamente per la maggiorparte della sua estensione da ampie pianure costiere che terminano con spiagge basse e sabbiose limitate alle spalle da cordoni dunari e lagune costiere più o meno evolute (piana dell'Albegna, Lagune di Orbetello, piana di Montalto e di Tarquinia, delta del Tevere, Pianura Pontina, piana di Fondi), mentre in alcuni tratti i rilievi calcarei giungono fino al mare dando luogo a coste alte incise anche profondamente da grotte marine e piccole insenature (Argentario, Ansedonia, Circeo, Terracina, Sperlonga - Gaeta, Scauri). In corrispondenza di Capo Linaro il rilievo di natura terrigena forma una costa rocciosa bassa priva di sedimentazione, mentre a N di Anzio il rilievo sabbioso-calcarenitico ha prodotto una falesia accompagnata al piede da una spiaggia; non mancano in altri settori limitati affioramenti di sedimenti coerenti che danno luogo a piccoli promontori (Graviska, S. Agostino, Pyrgi, Palo, Astura).

L'azione del mare lungo le coste si esplica secondo forme erosive rappresentate dai terrazzi d'abrasione (*wave-cut platform*) che incidono le formazioni preesistenti fino al piede della scarpata (o ripa d'erosione) e da forme deposizionali date dall'accumulo di detriti alle spalle della zona erosa (piattaforma d'accumulo con depositi di spiaggia sommersa e resti fossili); in corrispondenza di falesie calcaree si sviluppano solo forme erosive dovute all'azione diretta dei frangenti (solchi di battente in corrispondenza del livello del mare, grotte marine) e forme carsiche nella fascia bagnata (CASTIGLIONI, 1979), localmente si può avere sedimentazione in piccole cavità o anfratti riparati dalle onde al di sopra o al di sotto del livello del mare; l'azione di organismi marini scavatori viventi nella zona intertidale (litodomi)

produce caratteristiche fasce di fori in prossimità del livello del mare. Le piattaforme marine fossilizzate dal ritiro del mare si presentano oggi come terrazzi morfologici larghi fino a qualche chilometro con pendenze di pochi gradi e interrotti verso terra da scarpate più o meno accentuate (pendenze superiori ai 5°) il cui piede rappresenta il margine interno del terrazzo e indica il massimo livello raggiunto dal mare prima della successiva regressione. I movimenti relativi della terra (tettonici ed isostatici) e del mare (eustatici) determinano l'eventuale conservazione delle morfologie e dei sedimenti: questa infatti può verificarsi solo nel caso di livelli di stazionamento del mare più alti dei successivi, o per ragioni eustatiche oppure perché il sollevamento tettonico della regione sottrae i terrazzi all'erosione delle fasi successive.

6. EVIDENZE GEOLOGICHE DEI LIVELLI DEL MARE PLEISTOCENICI ED OLOCENICI E RELATIVA EVOLUZIONE STRUTTURALE

Il Pleistocene medio-superiore è caratterizzato dall'alternarsi di fasi glaciali ed interglaciali, corrispondenti rispettivamente a periodi di basso ed alto stazionamento del livello del mare, per le quali si verifica una notevole riduzione della sedimentazione e si accentuano l'intensità e la durata dell'espansione dei ghiacciai e delle fasi erosive (*Pleistocene glaciale*). Nei periodi glaciali, durante i quali il livello del mare si abbassava di decine di metri scoprendo in parte la piattaforma continentale, prevalevano condizioni erosive o si sviluppava la pedogenesi oggi testimoniata da orizzonti di paleosuoli spessi fino a qualche metro; durante gli interglaciali invece si depositavano lungo le coste basse sedimenti marini, salmastri, litorali ed eolici in diversi orizzonti spesso terrazzati (AMBROSETTI *et alii*, 1981); sui tratti di costa alta le fasi di stazionamento del livello del mare sono rappresentate da solchi di battente e fasce di fori di litodomi. Lo studio sedimentologico, paleontologico, morfologico e l'analisi di facies hanno permesso di correlare i terrazzi marini e i relativi depositi di spiaggia.

Per quanto riguarda le evidenze delle fasi più antiche di alto stazionamento del livello del mare si notano il tetto delle formazioni di età siciliana (isolate dalla regressione che segna l'inizio del Pleistocene medio) ad una quota di 140-200 m s.l.m. fra il Lazio settentrionale e l'area romana (CONATO & DAI PRA, 1980)¹ ed alcune tracce di terrazzi precedenti lo stadio isotopico 9 a 125 m s.l.m. nella zona di Tarquinia²; le evidenze più significative tuttavia si riferiscono alla fine del Pleistocene medio (stadio isotopico 9 $\approx$ 330 ka BP) ed al Pleistocene superiore (stadio 5e $\approx$ 125 ka BP e stadi 5a/c 80÷105 ka BP).

6.1 INDICATORI GEOLOGICI DEI LIVELLI DI ALTO STAZIONAMENTO DEL MARE NEL PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE

La rassegna degli indicatori delle linee di costa pleistoceniche nell'area in esame attraverso i dati disponibili in letteratura (DAI PRA, 1978; SEVINK *et alii*, 1982; DAI PRA & ARNOLDUS-HUYZENDVELD, 1984; HEARTY & DAI PRA, 1986; OZER *et alii*, 1987; PALIERI & SPOSATO, 1988; ANTONIOLI *et alii*, 1988; ANTONIOLI, 1991) ha portato alla compilazione della Fig. 6.2 che riporta, lungo il profilo rettificato della costa laziale da NW a SE, le quote del livello del mare per tre periodi differenti.

¹ Al margine NW della Piana di Fondi (loc. "Le Rene") il livello sommitale dei sedimenti siciliani affiora a 27 m s.l.m. (ANTONIOLI *et alii*, 1989).

² L'assenza di questo terrazzo a S del Tevere va riferito probabilmente alla sua copertura da parte dei prodotti vulcanici alban (DAI PRA, 1995).

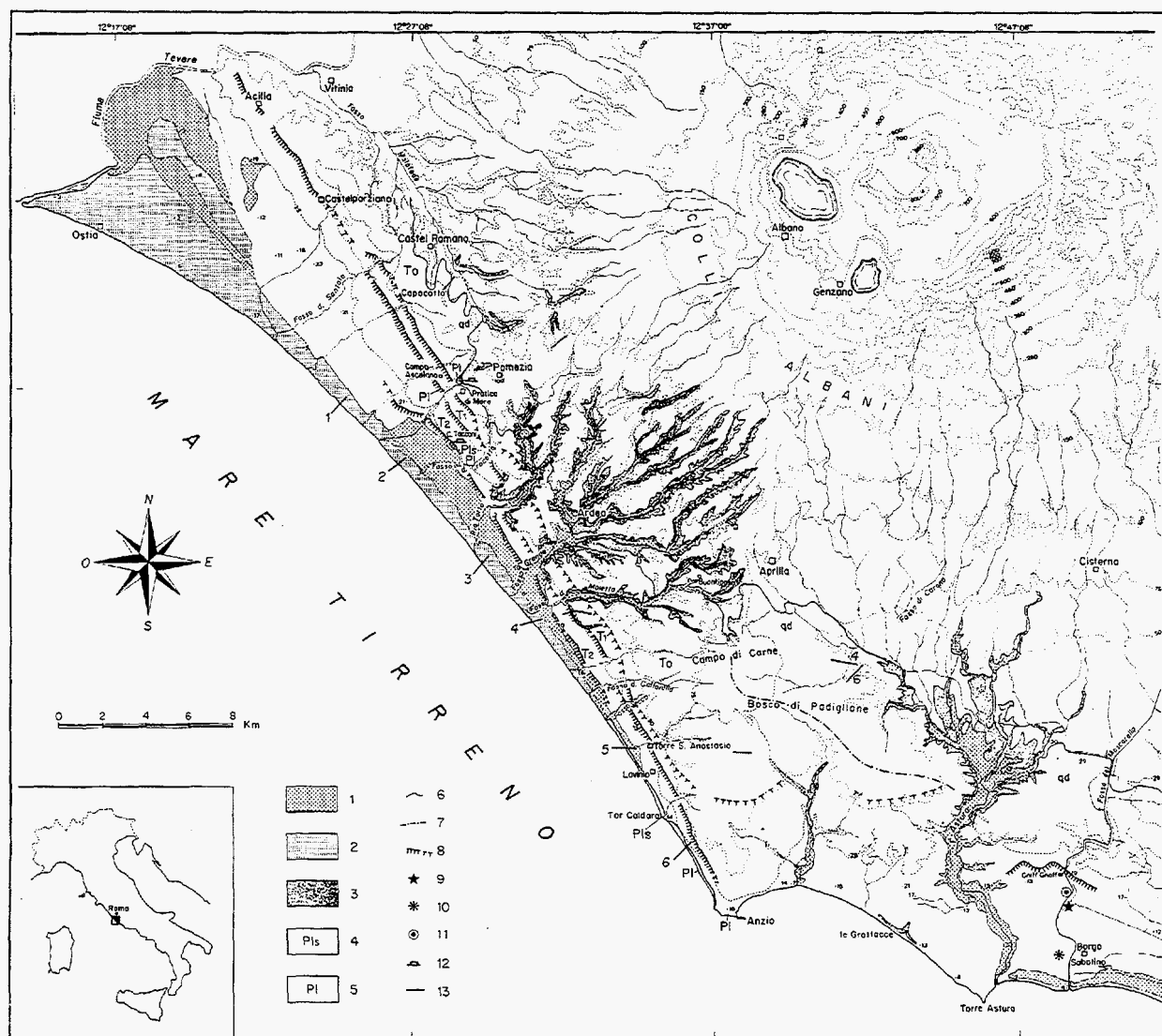


Fig. 6.1 - Carta geomorfologica schematica dal F. Tevere ad Astura. (Da: DAI PRA & ARNOLDUS-HUYZENDVELD, 1984). LEGENDA: 1) terreni palustri e depositi lagunari (Olocene), 2) sabbie di spiaggia e dune recenti ed attuali, 3) vulcaniti coerenti ("Tufo lionato"), 4) argille, marne, argille marnose ad *A. islandica* e *H. Baltica* (Santerniano-Emiliano), 5) argille marnose grigio-azzurre ad *Amphistegina* (Pliocene medio), 6) limite *qd* del F.158 Latina, 7) spartiacque, 8) orli di scarpata di abrasione, 9) spiaggia a *S. Bubonius*, 10) Panchina a *S. Bubonius* di Borgo Sabotino, 11) pozzo trivellato, 12) cave di argilla, 13) tracce delle sezioni pedologiche.

Qui di seguito sono descritti gli elementi considerati indicativi del livello del mare:

⇒ **stadio 9, 330 ka BP**

ANSEDONIA - TEVERE le quote si riferiscono al margine interno del terrazzo per il quale le analisi del grado di epimerizzazione degli aminoacidi, effettuate prevalentemente su gusci di *Glycymeris* provenienti dai relativi depositi di spiaggia, restituiscono un'età maggiore di 300 ka ("aminozona G");

TEVERE - ASTURA il terrazzo più alto incide i depositi piroclastici datati 360 ka BP e quindi risulta più recente di questa età;

LATINA la spianata morfologica sommitale ("Latina complex" *Auct.*) precede la successiva riconosciuta come tirreniana ("Minturno complex" *Auct.*);

⇒ **stadio 5e, 125 ka BP**

TALAMONACCIO - ALBEGNA un solco di battente sul promontorio di Talamonaccio a 5.30 m s.l.m. viene correlato ai vicini depositi di spiaggia (loc. Campo Regio) che raggiungono i 6 m s.l.m.;

ANSEDONIA - LATINA sono presenti depositi di spiaggia di età tirreniana ("aminozona E") caratterizzati da fauna senegalese; la quota massima raggiunta dal livello del mare è data -dove presente- dal margine interno del relativo terrazzo, altrimenti dalla massima elevazione del deposito di spiaggia relativo;

CIRCEO, MINTURNO le quote si riferiscono ai solchi di battente e il riferimento cronologico è dato dai lembi di depositi tirreniani contigui ai solchi stessi ¹;

SPERLONGA - GAETA fra Sperlonga e la spiaggia Arenauta si nota un raddoppio del solco principale ipoteticamente riferibile a due episodi distinti all'interno dello stesso substadio 5e, come suggerito dalla stessa curva isotopica ²; al promontorio della Montagna Spaccata invece il solco è unico e leggermente più basso;

⇒ **stadi 5a/c, 80-105 ka**

S. AGOSTINO - CIVITAVECCHIA la quota si riferisce alla massima elevazione della calcarenite organogena a fauna banale trasgressiva sui calcari arenacei a *Strombus* di Monna Felice;

CIRCEO - GAETA il solco di battente di 2.5 m s.l.m. è associato a depositi a fauna "ridotta" a volte trasgressivi direttamente su quelli tirreniani; alla Montagna Spaccata anche questo solco inferiore risulta ribassato.

¹ Nel corso delle indagini è stata riconosciuta sulla costa alta calcarea del promontorio di Torre Gianola (tra Formia e Scauri) una lunga e stretta spianata morfologica suborizzontale posta fra i 7 ed i 10 m s.l.m. probabilmente riferibile ad un terrazzo marino tirreniano (cfr. Fig. 7.28), tuttavia la totale mancanza di depositi ne impedisce la corretta attribuzione cronologica.

² Evidenze di un certo "prolungamento" nel tempo dello stadio 5e con la possibilità di distinguere al suo interno almeno due episodi vengono dall'analisi dei livelli di alto stazionamento del livello del mare registrate da più di trecento piattaforme coralline (SMART & RICHARDS, 1992).

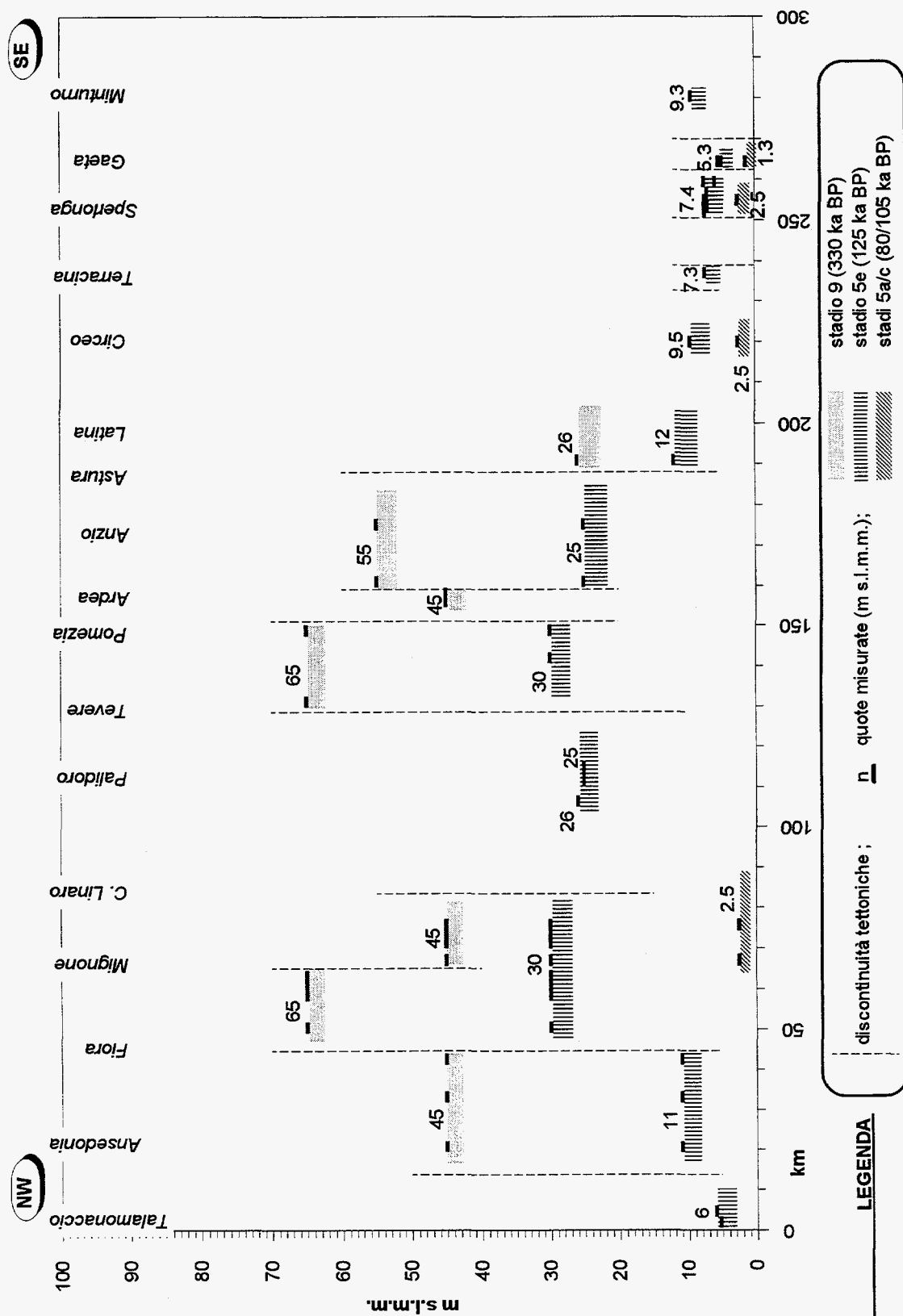


Fig. 6.2 – Quote di alto stazionamento del livello del mare lungo la costa del Lazio nel Pleistocene medio-superiore e superiore.

Alcuni sondaggi nella Piana di Fondi (ANTONIOLI *et alii*, 1988) hanno incontrato il tetto ribassato dei depositi del Pleistocene medio riferiti alle aminozone H (400-500 ka) e G (stadio 9 $\approx$ 330 ka) rispettivamente a -35 e -25 m s.l.m. mentre quello dei sedimenti del Pleistocene superiore (aminozona E, stadio 5e $\approx$ 125 ka) si trovano a -5 m s.l.m. (Fig. 6.3); BRUNAMONTE & SERVA (1990) confermano la continuità di una tale subsidenza anche per la Pianura Pontina.

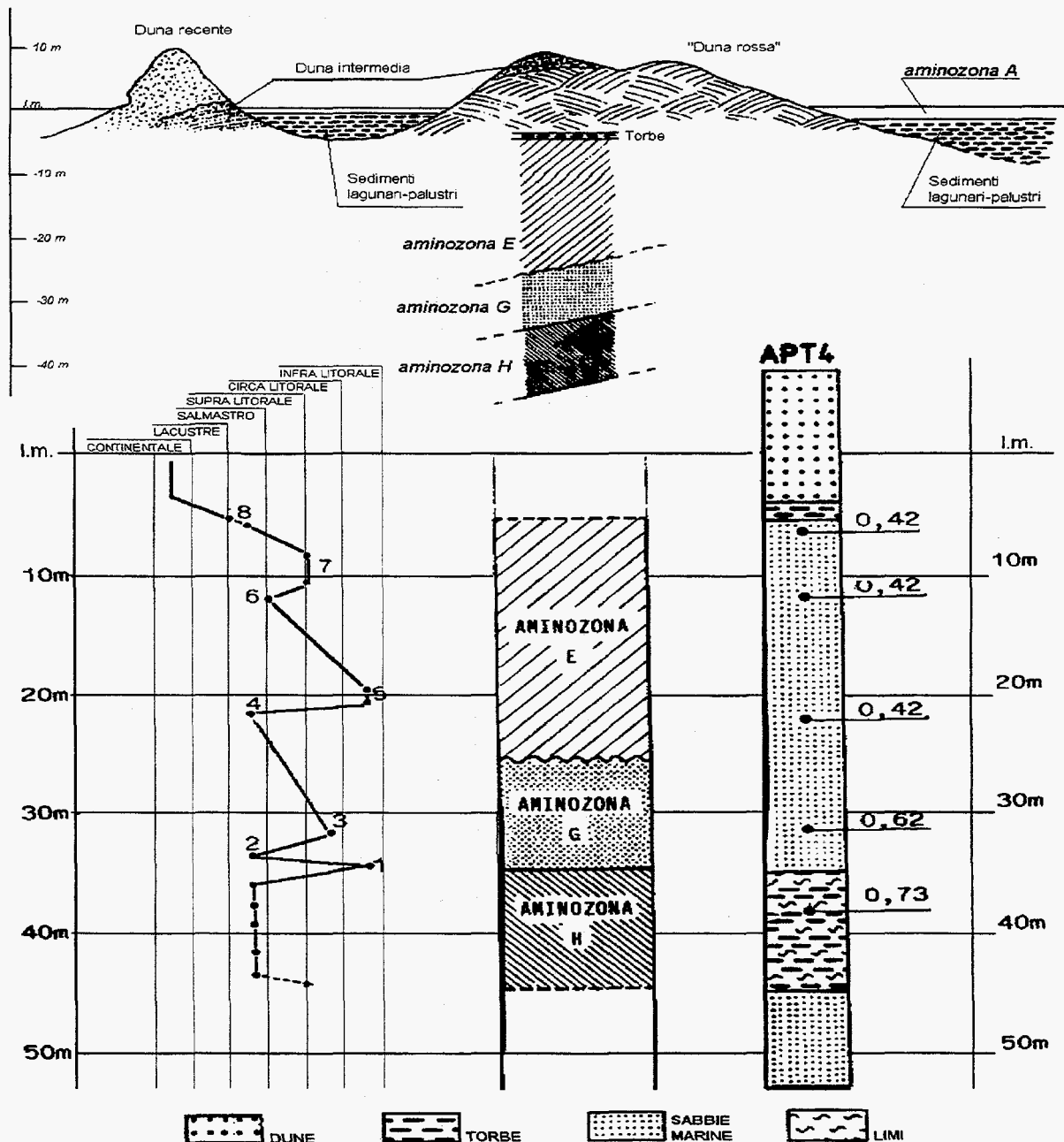


Fig. 6.3 - Sezione geologica schematica della Piana di Fondi perpendicolare alla costa; variazioni degli ambienti di sedimentazione e stratigrafia schematica del sondaggio APT4 con indicazione dei rapporti D-alloisoleucina/L-alloisoleucina. (Da ANTONIOLI *et alii*, 1988)

6.2 INDICATORI DEI LIVELLI DEL MARE POSTERIORI ALL'ULTIMO INTERGLACIALE

Riguardo ad indicatori del livello del mare per periodi più recenti del Tirreniano altri autori si sono occupati di questo argomento da differenti punti di vista, ad ogni modo i loro studi consentono valutazioni importanti per i nostri scopi.

ALESSIO *et alii* (1992), sulla base di datazioni ^{14}C su speleotemi sommersi nella grotta dell'Argentaro (Argentario), segnalano diverse quote di stazionamento del livello del mare: secondo queste misure intorno allo stadio 3 (36÷28 ka BP) il mare oscillò intorno alla profondità di 21.5 m, mentre durante la risalita olocenica toccò i 9.5 m di profondità (~6770 anni BP) ed i 3.5 m (~6500 anni BP); ulteriori ricerche di questo tipo stanno confermando tali dati a sostegno dell'ipotesi di una risalita del livello del mare particolarmente rapida e discontinua fra 10 e 6.5 ka BP (da -48 a -3.5 m di profondità rispetto al l.m.m. attuale) e più regolare da 6.5 ka BP ad oggi, escludendo che il mare antico abbia mai raggiunto prima il livello attuale (ALESSIO *et alii*, in stampa).

MARANI *et alii* (1986) (Fig. 6.4) riscontrano un minimo livello del mare durante l'ultima fase glaciale di 100-120 m di profondità, tale da scoprire quasi completamente la piattaforma costiera laziale.

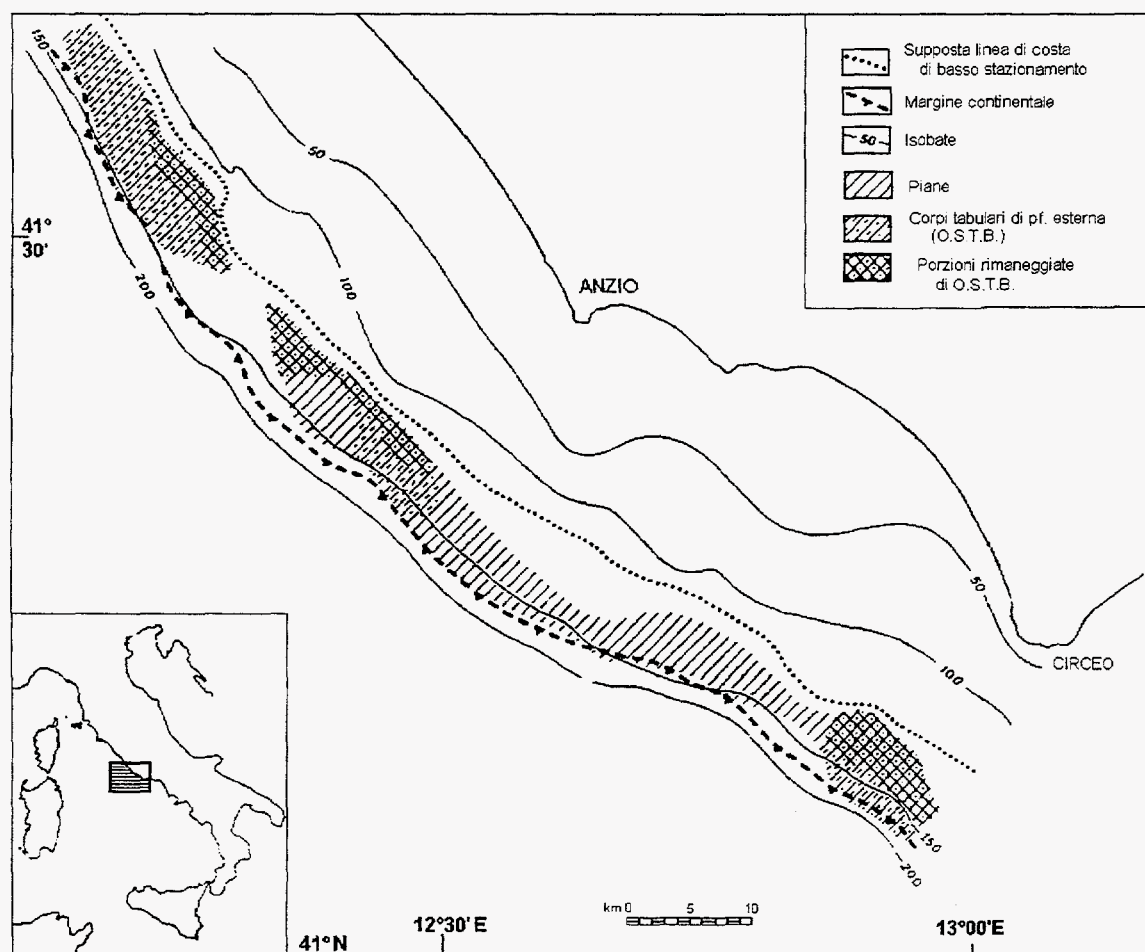


Fig. 6.4 - Carta schematica delle principali forme deposizionali e morfologiche. (Ridisegnata da MARANI *et alii*, 1986).

Tale dato concorda con quelli riportati in PIRAZZOLI (1991) e relativi a più di novecento curve di variazioni del livello del mare provenienti da studi di vari autori da tutto il mondo: dal confronto di queste curve si ricava che il livello del mare corrispondente all'ultimo massimo glaciale (Würm III, 18-20 ka BP) si trovava 120 ± 20 m più basso dell'attuale; successivamente l'innalzamento causato dallo scioglimento dei ghiacci si verificò a tratti ($10 \div 6$ ka BP) anche molto rapidamente con velocità fino a 20 mm/a, per poi raggiungere all'incirca la quota attuale intorno a 6000 anni fa (*Optimum climatico*). In particolare le curve relative al Mediterraneo centrale (Fig. 6.5) evidenziano notevoli sollevamenti del livello marino fino a 7-6000 anni fa, mentre negli ultimi millenni esso ha subito variazioni molto minori (comprese fra ± 2 m s.l.m.): le maggiori differenze fra le curve riportate sono dovute comunque alla varietà geologica delle aree cui si riferiscono.

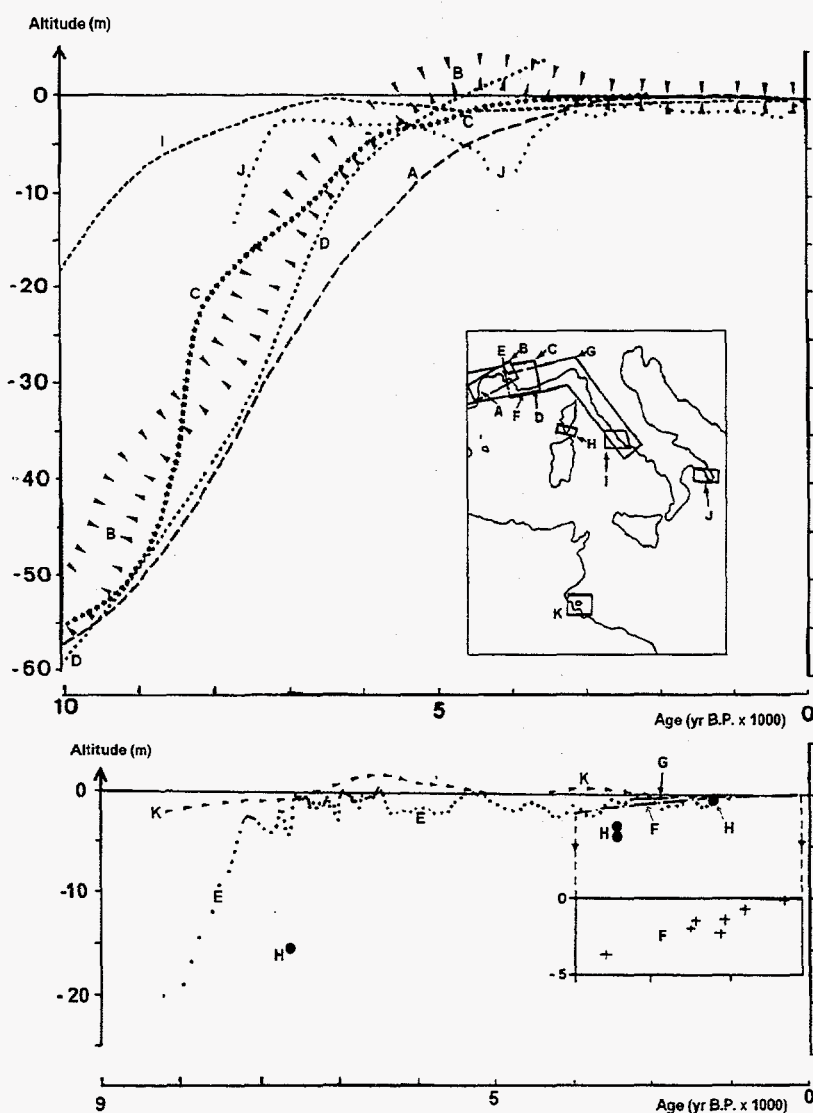


Fig. 6.5 – Curve di variazione dei livelli del mare olocenici per il Mediterraneo centrale. (Da PIRAZZOLI, 1991)

Riferimenti delle curve:

- A: Labeyrie *et alii*, 1976
- B: Aloisi *et alii*, 1978
- C: de Lumley, 1976
- D: Dubar, 1987
- I: Antonioli & Frezzotti, 1990
- J: Dai Pra & Hearty, 1990
- E: L'Homer *et alii*, 1981
- F: Laborel *et alii*, 1983
- G: Pirazzoli, 1976
- H: Nesteroff, 1984
- K: Paskoff & Sanlaville, 1983

BELLOTTI *et alii* (1989) in base all'analisi di facies del complesso deltizio del Tevere riconoscono nove bassi stazionamenti del livello del mare olocenico indicati da altrettanti livelli

di torba intercalati nei sedimenti litorali ¹: la loro datazione ha permesso di ricavare due diversi valori della risalita eustatica post-glaciale pari a ~13 mm/a per il periodo 17-10 ka BP e ~5 mm/a per il periodo 10-5 ka BP (alla fine del quale il mare raggiunse la quota odierna); gli stessi autori segnalano inoltre la presenza al largo del delta di morfologie attribuibili a "cordoni relitto" fra i 115 ed i 130 m di profondità la cui genesi sarebbe da ricondurre all'ultima fase di massimo ritiro del mare.

Nelle Isole Pontine sono frequenti i depositi marini e le superfici d'erosione pleistoceniche ed oloceniche, qui però ci limitiamo a segnalare i rinvenimenti sulla sponda occidentale dell'isola di Palmarola di un deposito di spiaggia olocenico sollevato fino a 14 m s.l.m. (CARRARA & DAI PRA, 1992), e all'Isola di Ponza di un solco di battente, anch'esso riferibile all'Olocene, a 3 m s.l.m. (CARRARA *et alii*, 1995a): entrambi questi elementi indicano che l'Arcipelago Pontino è tuttora soggetto a notevoli movimenti tettonici.

CHIOCCI (1992) nota che l'ispessimento progressivo verso NW delle coltri sedimentarie deposte sulla piattaforma costiera del Lazio è causato da una maggiore subsidenza dell'area a N del Tevere rispetto a quella meridionale: tale fenomeno di "basculamento" (Fig. 6.6), attivo da almeno 250 ka BP ad oggi, va ricondotto alla differente evoluzione geodinamica del bacino tirrenico meridionale e settentrionale (LOCARDI & NICOLICH, 1992).

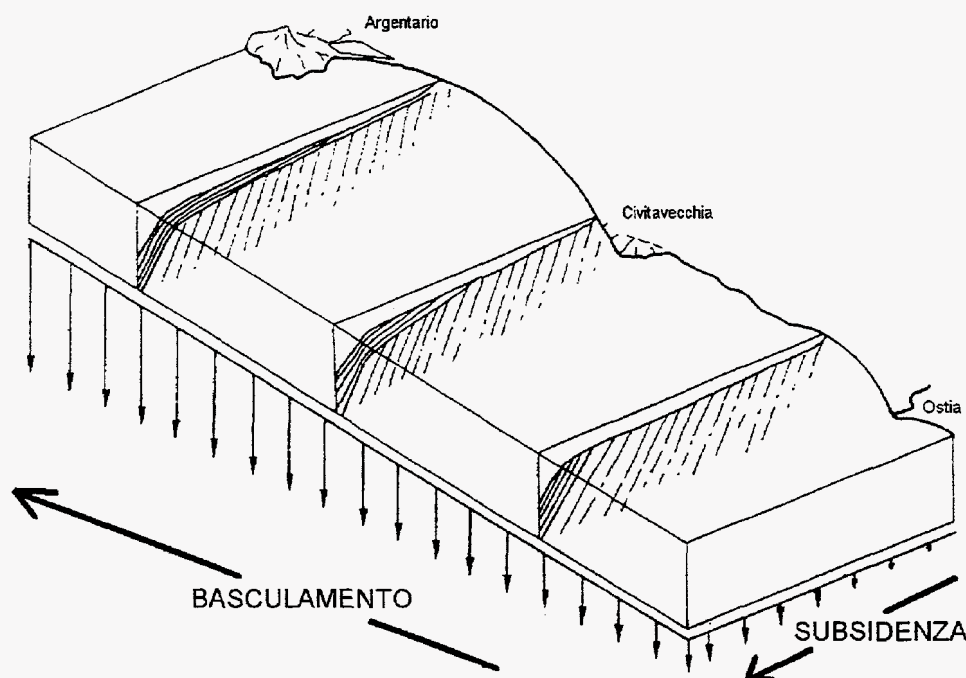


Fig. 6.6 - Rappresentazione schematica delle evidenze del basculamento del margine continentale del Lazio centro-settentrionale. (Da CHIOCCI, 1992)

Gli ultimi risultati delle ricerche sismologiche e geofisiche condotte dall'ENEA (CARRARA & MAGRI, 1995) indicano per il settore tirrenico del Lazio meridionale una certa stabilità tettonica -rispetto all'area appenninica- a partire almeno dal Pleistocene superiore testimoniata fra l'altro da una sismicità pressoché assente o rilevabile solo strumentalmente.

¹ Tali livelli sono caratterizzati dal formarsi praticamente al livello del mare durante fasi di relativo stazionamento e dal venire fossilizzati in seguito a risalite del livello marino "geologicamente istantanee", cioè maggiori di 10 mm/a.

6.3 EVOLUZIONE STRUTTURALE RECENTE

KU *et alii* (1990), in seguito a rilievi nell'area geologicamente stabile delle Barbados, valutano che durante la fase più calda dell'ultimo interglaciale il livello del mare superò di circa 6 m quello attuale ¹; in base a questi dati è possibile calcolare i tassi di sollevamento di natura tettonica per l'area in esame che risultano così distribuiti nello spazio ²:

Tab. 6.1	QUOTA EUTIRRENIANA [m s.l.m.]	TASSO DI SOLLEVAMENTO TETTONICO [mm/a]
TALAMONACCIO	6	0.00
ANSEDONIA - FIORA	11	0.04
FIORA - CIVITAVECCHIA	30	0.19
PALIDORO	25	0.15
POMEZIA	30	0.19
ANZIO - ASTURA	25	0.15
LATINA	12	0.05
CIRCEO	9.50	0.03
TERRACINA	7.30	0.01
PIANA DI FONDI ³	-5	-0.09
SPERLONGA - GAETA	7.40	0.01
MONTAGNA SPACCATA ³	5.30	-0.002
MINTURNO	9.30	0.03

In base a questi ultimi dati è possibile trarre alcune considerazioni sull'evoluzione tettonica recente del Lazio costiero:

1) Il vulcanismo del Pleistocene medio ha prodotto un sollevamento regionale ("a duomo") in corrispondenza degli apparati vulsino, sabatino (leggermente meno accentuato) ed albano di entità crescente in prossimità dei centri eruttivi, come riscontrato nelle zone di Tarquinia e di Pomezia.

2) Le maggiori discontinuità tettoniche sono localizzate in corrispondenza delle foci dei fiumi Fiora, Mignone ed Astura; all'interno dei settori definiti da queste discontinuità le linee di riva conservano la planarità, ciò rispecchia un assetto strutturale a blocchi rigidi prodotto dalla stessa tettonica distensiva all'origine del vulcanismo, con movimenti localizzati lungo linee precise e piuttosto costanti nel tempo, riprese in seguito dai principali corsi d'acqua come vie preferenziali di deflusso. Altre linee di dislocazione si notano lateralmente al basso strutturale di Ardea, compreso fra le dorsali di Pomezia ed Anzio: dal tardo Pleistocene medio in poi il movimento relativo fra questi ultimi tre settori ha prodotto una differenza di quota di 10-20 m.

3) Il settore compreso fra Talamone ed Orbetello è rimasto stabile almeno fin dal Pleistocene superiore. Verso la fine del Pleistocene superiore tutta l'area ha raggiunto una sostanziale uniformità di comportamento, ovvero presumibilmente la stabilità; a differenza della sostanziale

¹ Questo dato è l'ultimo di molti studi effettuati in diverse aree del mondo, fra questi ricordiamo CHAPPEL & SHACKLETON (1986).

² L'effettiva distribuzione nel tempo di questi sollevamenti non è ricostruibile con questo tipo di calcolo che si limita a stimare la velocità media di un movimento ideale protrattosi dal Pleistocene superiore ad oggi.

³ Il valore è negativo perché si riferisce all'abbassamento.

uniforme stabilità dei massicci carbonatici vicini la Pianura Pontina e la Piana di Fondi sono tuttora subsidenti.

4) Nel settore settentrionale i sollevamenti maggiori si sono verificati: a) fra il promontorio di Ansedonia ed il f. Mignone (~35 m) nell'intervallo fra la fine del Pleistocene medio ed il Pleistocene superiore, b) fra il f. Fiora e Civitavecchia (~25 m) posteriormente al Pleistocene superiore. Questa osservazione sembra suggerire che la discontinuità tettonica corrispondente al f. Mignone abbia cessato l'attività prima del Pleistocene superiore mentre quella corrispondente al f. Fiora si sia attivata essenzialmente dopo il Pleistocene superiore.

5) Nel settore meridionale, in corrispondenza dei rilievi carbonatici del Circeo, degli Ausoni e degli Aurunci, si notano solo piccole discordanze di quota fra punti anche vicini: ciò testimonierebbe una tettonica più diffusa rispetto al settore settentrionale ma di intensità estremamente ridotta.

7. EVOLUZIONE STORICO-ARCHEOLOGICA

7.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

L'uomo iniziò a modificare il paesaggio fin dall'epoca preistorica quando con la rivoluzione neolitica passò dal nomadismo allo sfruttamento sistematico del territorio: la nascita dell'agricoltura e della pastorizia estensiva lo spinse alla prima deforestazione e l'effetto che provocò sulla penisola italiana, certamente sovrapposto alla tendenza naturale, fu una fase alluvionale caratterizzata dalla formazione verso la fine del II millennio a.C. di cordoni litoranei e tomboli; questi, delimitando grandi laghi costieri, consentirono agli antichi navigatori di disporre di scali comodi e sicuri al loro interno, fra cui ebbero maggior fortuna quelli più vicini alle città come -per citarne solo alcuni- Populonia, Tarquinia, Ostia, Paestum, Taranto, Metaponto, Cartagine (CARDARELLI, 1963).

Il popolamento delle coste cominciò ad opera delle antiche civiltà marinare fenicio-puniche e greche (SCHMIEDT, 1964) di cui restano testimonianze nella tradizione antica, in qualche sporadico ritrovamento ed in alcuni toponimi. In seguito le civiltà arcaiche d'origine coloniale furono sostituite lungo le coste tirreniche centrali dagli Etruschi e dagli antichi popoli Latini i quali ereditarono le installazioni marine e le tecniche navali dei predecessori; fra i porti di sicura epoca pre-romana ricordiamo quelli di *Cosa* (etrusca, all'interno della Laguna di Orbetello), *Regisvilla*, Foce del Marta, *Gravisca*, Foce del Mignone, *Pyrghi*, Palo, Anzio e Terracina. Secondo DE LA BLANCHÈRE (1881) gli antichi popoli pontini dotarono le loro basse terre di un fitto reticolo di *cunicoli*, ovvero gallerie di m 1×1.5 lunghe a volte diversi chilometri e scavate a profondità di qualche metro (fino a 15 m); questo sistema di drenaggio doveva essere comune in età arcaica a tutto il Lazio come dimostrerebbero esempi su entrambi i versanti del Tevere ed in territorio etrusco.

Fra il V ed il III sec a.C. le fertili campagne laziali furono teatro della guerra di espansione di Roma, ma alla conquista romana seguiva regolarmente lo sterminio o la deportazione dei vinti e la loro sostituzione con nuovi coloni, quindi fu inevitabile l'abbandono della terra e con essa dei canali di drenaggio (evidentemente i Romani ignoravano questa tecnica) col conseguente impaludamento di vaste aree costiere; infine ai centri marittimi tanto ricchi di attività commerciali e industriali i conquistatori sostituirono colonie militari dallo sviluppo limitato.

A partire dalla tarda età repubblicana (I sec. a.C.), con l'affermazione del latifondo, la campagna romana e la costa si popolano di *villae*; quelle costruite sui tratti più belli del litorale appartenevano ai personaggi più importanti e facoltosi che gareggiavano per lo sfarzo dei propri possedimenti; in questo contesto nasce la moda delle peschiere annesse alle ville marittime. Le necessità dell'Impero, e della sua sempre più affollata capitale, spinsero i primi imperatori a rimediare in fretta alla carenza di porti adeguati; in ciò si distinse particolarmente Traiano (in carica dal 98 al 117 d.C.) che restaurò il porto di Terracina e ne fece costruire uno a Civitavecchia ed uno a Fiumicino (per rimediare al deperimento di quello precedente di Claudio).

Le invasioni barbariche e la dissoluzione dell'Impero Romano determinarono un nuovo e più grave stato di abbandono delle campagne protrattosi per tutti i secoli bui del Medioevo; molti centri furono abbandonati e fu trascurata qualsiasi opera di bonifica servita fino ad allora a regolare i corsi d'acqua e ad incanalare opportunamente i ristagni nei pressi delle foci così gran parte degli insediamenti costieri, e specialmente quelli vicini alle foci di fiumi e torrenti, andarono soggetto all'impaludamento con la conseguente formazione di estese zone malariche. Dal X sec. in poi inizia a delinearsi la rete di torri costiere destinate alla protezione del territorio dai Saraceni e dai pirati. Per quanto ne sappiamo nell'alto Medioevo (fino al XI sec.; SCHMIEDT, 1978) gli unici porti rimasti attivi furono quelli di Civitavecchia e di Formia (bacino di Caposele), mentre nei secoli seguenti altri ne furono restaurati ad opera delle autorità pontificie.

Le notizie più interessanti sullo stato del territorio dalla tarda età imperiale in poi sono fornite dai documenti cartografici (fonti itinerarie e mappe vere e proprie) fra cui i più significativi sono:

Itinerarium Antonini	II-III sec. (?)	itinerario
Rutilio Namaziano	416	appunti di viaggio (<i>De Redito suo</i>)
Tabula Peutingeriana	VI-VIII sec.	copia medievale di carta del I-III sec. corretta e aggiornata
Itinerarium Maritimum	(?)	itinerario
Luca Holstenio	XVII sec.	carta basata sulla Tabula Peutingeriana
Giacomo Oddi	XVII sec.	carta basata sullo Holstenio
Innocenzo Mattei	XVII sec.	carta basata sullo Holstenio

Alcune carte antiche (FRUTAZ, 1972) riportano per il periodo compreso fra il 1696 ed il 1820 l'esistenza di alcuni cosiddetti "scogli" emersi a poche centinaia di metri dalla riva: si tratta degli "scogli delle Murelle" di fronte al Porto delle Murelle (*Regisvilla*) e de "li Scogli di Val d'Aliga" nei pressi di Torre Valdaliga (potrebbero corrispondere all'attuale "Scoglio La Frasca" -sommerso- tre km circa più a N). Va segnalata inoltre la presenza nelle stesse carte delle "secche di Capo Linaro" sul lato occidentale del capo omonimo. L'attuale mancanza di questi elementi della topografia subacquea potrebbe giustificarsi ammettendo un abbassamento del livello del mare durante la "Piccola Età Glaciale", riferibile proprio al periodo indicato per la comparsa degli "scogli".

L'impatto antropico, dopo la parentesi altomedievale, ha ripreso il suo corso nei secoli seguenti fino a diventare predominante rispetto alle modificazioni naturali del paesaggio; in particolare nel nostro secolo l'erosione costiera è stata accelerata da numerosi fattori di natura diversa come la riduzione dell'apporto solido a mare (fra le cause la regimazione delle acque, la costruzione di dighe, il prelievo di materiali inerti in alveo, gli incendi boschivi, e numerose

altre), il maggiore sfruttamento dei suoli agricoli e l'urbanizzazione dei litorali (l'alterazione delle dune litoranee in particolare produce effetti molto dannosi anche sulle zone più interne).

Prima di procedere all'esame dei singoli siti riteniamo opportuno svolgere alcune considerazioni sulla natura dei resti archeologici più comuni: peschiere, porti e torri costiere.

7.1.1 LE PESCHIERE

Benché l'allevamento del pesce in vivai ricavati nelle lagune fosse un'attività praticata già nei secoli precedenti, solo nel I sec. a.C. essa assume un carattere industriale tanto da modificare le stesse abitudini alimentari: in quel tempo si accrebbe enormemente la richiesta di piatti, e specialmente di salse (*garum*), a base di pesce così coloro che potevano permetterselo dotavano le proprie ville di impianti di itticultura che, abbellendo la villa per la preziosità delle architetture e per i giochi d'acqua, appagavano tanto il corpo che lo spirito, la vendita del pesce inoltre contribuiva a ripagare gli altissimi costi di gestione. Per quanto riguarda le fonti antiche l'autore più interessante è Columella che nel trattato *De Re Rustica* espone con estrema chiarezza le principali soluzioni costruttive che differivano a seconda della natura della costa¹:

tipo A - piscine scavate nella roccia, profondità consigliata 9 piedi (-2.66 m s.l.m.): se necessario erano completate da parti in muratura e dotate di canali o cunicoli (condotti fin oltre la piattaforma d'abrasione) il cui sbocco in vasca doveva trovarsi a -2 piedi (-0.60 m s.l.m.; COLUMELLA, XVII, 4); a questo tipo appartengono sicuramente le peschiere di Valdaliga, La Mattonara e Punta della Vipera (Fig. 7.1), mentre quelle di S. Liberata, *Punicum* e Le Grottaacce, sebbene fondate sulla roccia, non vi risultano propriamente intagliate;

tipo B - piscine costruite in cocciopesto sul litorale, profondità consigliata 7 piedi (-2.07 m s.l.m.): erano impostate preferibilmente su asperità sommerse dei litorali sabbiosi per assicurarne la stabilità; i canali per l'alimentazione dovevano poggiare sul fondo in modo da pescare l'acqua più fresca degli strati profondi (COLUMELLA, XVII, 3); esempi di questo tipo sono le peschiere di Pian di Spille, F.so Guardiole, Palo, La Saracca, La Banca, Astura, la Piscina di Lucullo, la Grotta di Tiberio e Sarinola;

tipo C - piscine simili in tutto alle precedenti ma profonde solo 2 piedi (-0.60 m s.l.m.): erano destinate all'allevamento di pesci piatti (sogliole e rombi) o di molluschi e in questo caso richiedevano maggiori disponibilità d'acqua dolce perciò si trovavano di preferenza allo sbocco di corsi d'acqua; oggi difficilmente si possono distinguere dalle precedenti a causa dell'insabbiamento, ma possiamo immaginare che a questo tipo appartenesse l'opera absidata alla foce di F.so Guardiole, e quelle dalla pianta più semplice come *Martanum*, Stallonara e Gianola.

È probabile che comunemente quest'ultimo tipo di impianto non fosse isolato, ma che piuttosto svolgessero la stessa funzione alcune vasche interne dei tipi precedenti; per l'allevamento dei molluschi infatti si utilizzano recinti murari in acque salmastre (per questo si trovano preferibilmente nelle lagune costiere) al cui interno i molluschi crescono impiantando colonie su reti di corda assicurate ai muri esterni ed a pali di legno piantati verticalmente nel fondo².

¹ «Id autem stagnum vel exciditur in petra [A], cuius rarissima est occasio, vel in litore construitur opere signino [B].» (COLUMELLA, XVII, 1). «...in duos pedes piscina deprimitur ea parte litoris quae profundi recessu numquam destituitur [C].» (COLUMELLA, XVII, 9).

² Sicuramente di questo tipo erano parte delle strutture in funzione a *Portus Cosanus*.

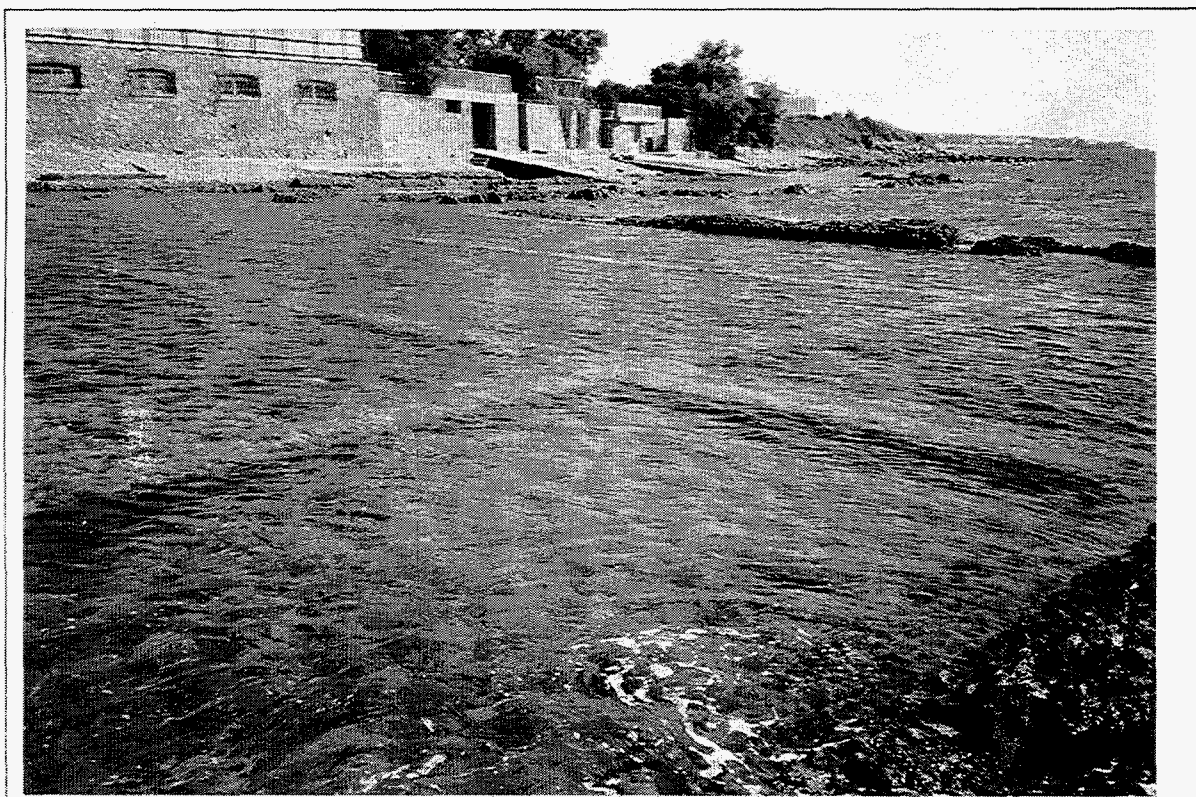


Fig. 7.1 – Peschiera di Punta della Vipera (S. Marinella, n. 16), fine del II sec. d.C.; vista dal molo esterno verso E. Si riconoscono le tracce semisommerse delle crepidini fra le vasche interne; sullo sfondo il molo orientale, in gran parte emerso, con resti del paramento interno in *opus reticulatum*. La peschiera di tipo A era intagliata nelle arenarie “Pietraforte” (di cui si possono notare sullo sfondo le testate di strato parallele alla riva) e completata in opera cementizia.

MARCHESINI (in GIACOPINI *et alii*, 1994) riassume così la tipologia essenziale: «gli impianti risultavano strutturati secondo tre distinte unità funzionali: elementi di protezione e delimitazione dell'impianto (*moles*); canali di captazione ed adduzione dell'acqua (*aestuarium*, *rivi*, *fossae*); sistemi di vasche per la stabulazione dei pesci». I vivai erano composti di molte vasche collegate fra loro attraverso aperture arcuate sommerse ricavate nello spessore dei setti divisorii¹ oppure per mezzo di cunette di comunicazione intagliate sulla sommità delle pareti²; la molteplicità delle vasche rispondeva all'esigenza di allevare contemporaneamente diverse specie nelle condizioni ottimali per ognuna di esse. Con la marea montante l'acqua marina pulita risaliva attraverso i canali esterni mentre la marea calante trascinava via l'acqua sporca; una opportuna manovra delle saracinesche (*cataractae*) lungo i canali e fra le vasche permetteva il ricambio d'acqua in tutto l'impianto inoltre alcune chiuse appaiate consentivano la cattura dei pesci: una delle due infatti era spesso fornita di fori calibrati per lasciar entrare i pesci piccoli senza far uscire quelli adulti. Le saracinesche scorrevano su piedritti monolitici di pietra incassati nelle pareti: grazie alla loro maggiore resistenza sono spesso ancora visibili in posto (Fig. 7.2). Generalmente sia il fondo dei canali che la sommità dei cunicoli erano in leggera salita verso l'interno (pendenza inferiore a 2°) e nella stessa direzione diminuiva la larghezza: questo artificio facilitava l'entrata dell'acqua accelerandone la risalita con l'alta

¹ Vedi S. Liberata, P. Della Vipera, La Banca, Piscina di Lucullo.

² Vedi La Mattonara, F.so Guardiole, Palo, Piscina di Lucullo.

marea lungo il percorso in modo da generare un flusso sufficiente a raggiungere anche le vasche più interne; il fondo dei canali, nelle peschiere di tipo A, veniva scavato a profondità maggiore della piattaforma circostante in modo da costituire una via preferenziale alla corrente di marea. Diversi autori antichi ricordano la necessità di miscelare l'acqua marina con acqua dolce (*aquatio*; CICERONE: *De Off.*; III, 14) allo scopo di attirare i pesci nei vivai, perciò si poneva particolare attenzione nel costruirli in prossimità dei corsi d'acqua o di sorgenti, e laddove ciò non era possibile si provvedeva alla fabbricazione di cisterne ed acquedotti; alcuni canaletti -non necessariamente emersi- intagliati nello spessore dei moli distribuivano opportunamente l'acqua dolce alle piscine¹. Nella maggioranza dei casi intorno alle vasche correvano dei marciapiedi (*crepidini*) emersi per il passaggio del personale addetto alla manutenzione e talvolta anche altri più bassi². Il fondo dei vivai era comunemente lasciato allo stato naturale, mentre più raramente pavimentato con lastre di cotto o di arenaria³.

Fig. 7.2 – Astura (Anzio, n. 30): piedritto scanalato in travertino per lo scorrimento della saracinesca incassato nella parete di una vasca interna



¹ Vedi S. Liberata, *Le Grottae, La Saracca*.

² È possibile che questi ultimi servissero per la pulizia del fondo in occasione degli svuotamenti parziali o totali; se ne riconoscono a P. Della Vipera, Astura, Piscina di Lucullo, Sarinola.

³ Vedi *Punicum*, La Banca.

7.1.2 LA NAVIGAZIONE E I PORTI

Se il bacino del Mediterraneo è stato la culla di grandi civiltà lo si deve anche alla navigazione che permise la diffusione dei popoli marinari e insieme della loro cultura.

La marina da guerra etrusca del VI-V sec a.C. usava le *penteconter* (vogate da 50, con 25 rematori per parte): navi di circa 30 m di lunghezza per 4 m di larghezza e con pescaggio di circa 2 m; le navi mercantili invece, le *holkades* (V-IV sec a.C.), erano lunghe circa 25 m e larghe circa 6 m, la stazza lorda di circa 85 t richiedeva un pescaggio non superiore a 1.5 m; a differenza di quelle greche le navi etrusche della metà del V sec a.C. inalberavano una vela di trinchetto. Sotto l'Impero romano i trasporti marittimi furono un importante strumento di unificazione e sviluppo, inoltre la maggiore rapidità e capacità di carico li favoriva rispetto a quelli di terra. I classici mercantili provenienti dalle più lontane regioni dell'impero erano le *naves onerariae*: esse avevano una sezione piuttosto larga e carena tondeggiante con stazza lorda normalmente superiore alle 75 t, la larghezza era pari circa ad un terzo della lunghezza e al doppio della altezza; la propulsione era garantita da una grande vela quadra sull'albero maestro ed una minore a prua (trinchetto), talvolta era presente un terzo albero a poppa. Le navi da guerra avevano una forma più allungata ed erano più maneggevoli inoltre in battaglia erano guidate da diverse file di remi. Per la navigazione fluviale ci si avvaleva delle *naves caudicariae*, più piccole delle *onerariae* e con chiglia piatta, che risalivano i fiumi trainate da pariglie di buoi lungo gli argini.

Le fondamenta delle strutture sommerse erano generalmente formate da accumuli caotici di pietrame di vario taglio gettati sul fondale in corrispondenza di rilievi sottomarini (secche, banchi arenacei, etc.).

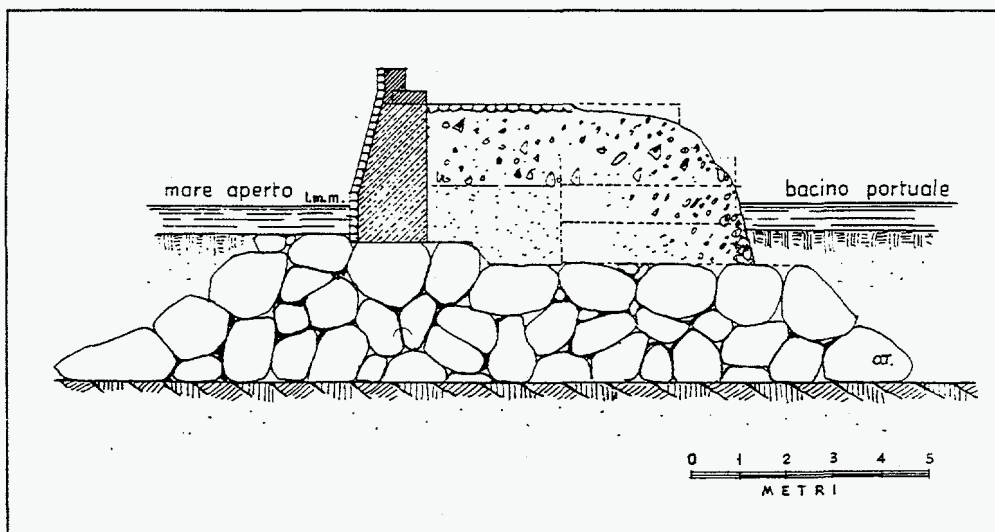


Fig. 7.3 – Molo sinistro del "Porto di Claudio" (Fiaticino, n. 25): sezione del tratto a gettate nei pressi del faro (si noti il piano superiore lastricato). (Da TESTAGUZZA, 1970).

Circa la tecnica di costruzione in acqua sappiamo che già dal II sec a.C. i Romani ne conoscevano i fondamenti, Vitruvio infatti spiega che le opere sommerse in calcestruzzo cementizio si ottenevano mescolando due parti di sabbia ad una parte di calce (la "terra di Pozzuoli", ovvero la pozzolana) frammista a ciottoli ed erigendo i muri per mezzo di paratie lignee inchiodate (casceforme) piantate nel fondale tramite i pali verticali (VITRUVIO: *De Architectura*, V, 12); dei pali e delle paratie lignee usate per le casceforme spesso si trovano ancora le tracce e in certi casi addirittura qualche resto (vedi Anzio). Fra i ciottoli delle *caementa* erano preferiti, specie per i muri sommersi, quelli tufacei che per la affinità con la

pozzolana rendevano la costruzione più resistente all'acqua; per le parti emerse invece si usavano per lo più materiali locali calcarei, arenacei o vulcanici a seconda della disponibilità sul luogo. Vitruvio ricorda ancora che i Greci, al contrario dei Romani e molti secoli prima di loro, collocavano su più piani i massi poligonali alternandoli per lungo e per largo e in ultimo disponevano certe pietre dette *diatoni* che consolidavano il muro in un unico spessore legandolo nel modo migliore e affermandone la solidità (VITRUVIO: *De Architectura*, VIII), il tutto veniva costruito "a secco" cioè senza l'impiego di malte cementizie ma solo di grappe metalliche di giunzione fra i massi ¹.



Fig. 7.4 – *Gravisca* (Marina di Tarquinia, n. 9): particolare del perimetro circolare del molo "greco" costituito da grandi massi poligonali incastrati l'uno con l'altro (*diatoni*). Indubbiamente questo sistema costruttivo risulta uno dei più solidi visto che tale banchina fu edificata circa 25 secoli fa.

Una delle regole comuni prevedeva che i piani di banchina, in particolare quelli ribassati, pendessero leggermente verso mare per evitare di restare allagati in seguito alle mareggiate.

Diversi porti romani minori erano difesi da moli su piloni (*pilae*) o con larghe aperture ad arco ricavate nel corpo della muratura per permettere alle correnti di mantenere pulito il fondale prevenendo l'insabbiamento ². Normalmente invece i bacini maggiori erano racchiusi da robusti moli continui che si protendevano in mare per centinaia di metri. Le imboccature erano quasi sempre protette da antemurali e rivolte verso NW: la protezione maggiore infatti era rivolta ai settori di traversia regnante (Libeccio, Ponente e, in misura minore, Scirocco) mentre i venti di Maestrale sono prevalenti solo nel periodo estivo; in ogni caso era buona

¹ L'esempio migliore è rappresentato dal molo antico di *Gravisca*, ma anche l'imperatore Claudio usò questa tecnica per il lungo molo sinistro del porto alla foce del Tevere.

² A questo tipo dovevano corrispondere i porti di Cosa (*Portus Cosanus*), Civitavecchia, Astura e Formia.

norma lasciare delle aperture sul lato opposto all'entrata in modo da smaltire le piene ed assicurare una circolazione interna atta a evitare il ristagno delle acque e quindi l'insabbiamento.

7.1.3 LE TORRI COSTIERE

Le torri disseminate lungo la costa, costruite non in funzione della quota ma della distanza dal mare oltre che per motivi strategici, possono fornire alcune indicazioni utili sul regime dinamico dei litorali a seconda dell'epoca a cui risalgono nonché delle notizie storiche circa la loro distanza dalla linea di riva. DE ROSSI (1971) sostiene infatti che fra il XII ed il XVI sec. si costruirono torri circolari di avvistamento ad una certa distanza dalla costa, possibilmente su ruderi antichi per sfruttarne le fondamenta e il materiale da costruzione (Fig. 7.5) mentre dal XVI sec. in poi l'uso della polvere da sparo determinò la trasformazione di queste postazioni da difensive ad offensive: la pianta divenne quadrata (o poligonale,) con spigolo rivolto a mare e la posizione avanzò fino alla linea di riva per avere il maggior raggio di offesa, inoltre si dotarono di fondamenta proprie costituite da palificate che sorreggevano un basamento di calcestruzzo.

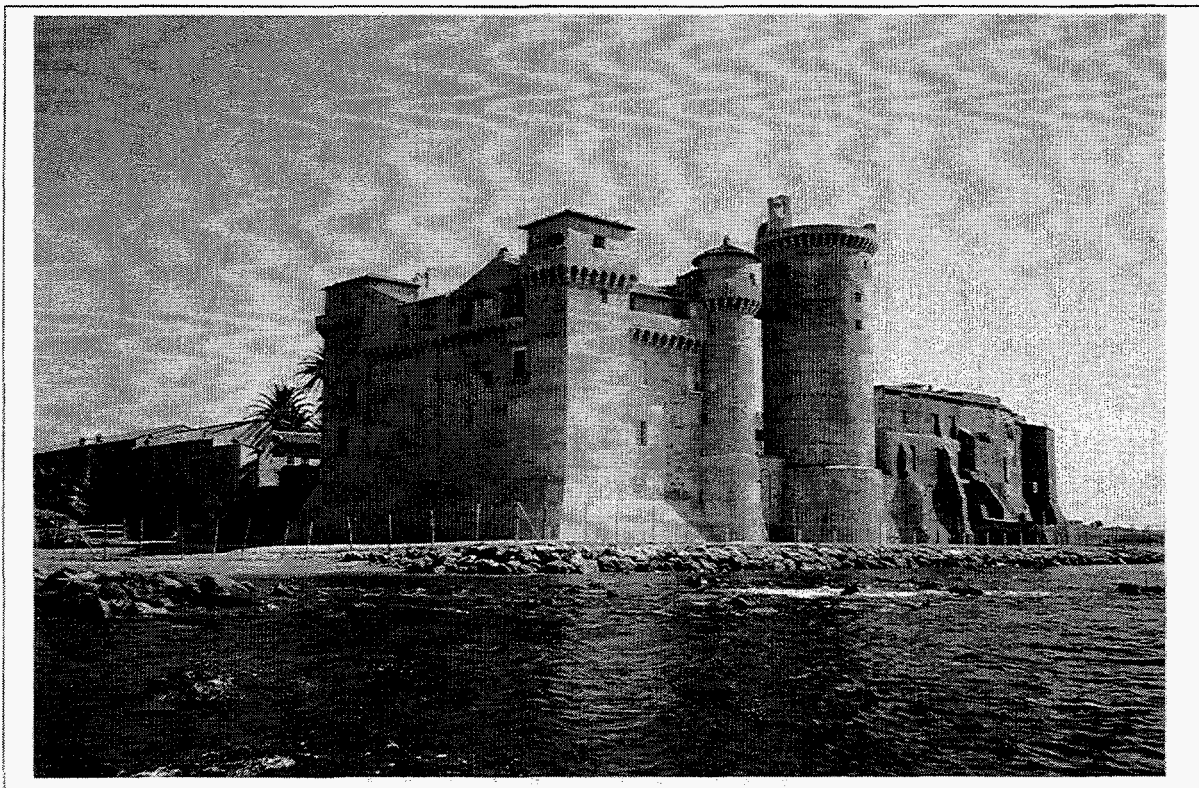


Fig. 7.5 – Il castello di S. Severa (n. 21) ha inglobato la “torre saracena” (X-XI sec.) a pianta circolare, la quale a sua volta sorse sulle rovine del *castrum* romano. Ai piedi del castello alcuni massi semiaffioranti testimoniano la presenza dei moli del porto romano e della vasca quadrata adibita forse a peschiera.

I siti più adatti alla costruzione delle torri si trovavano in corrispondenza dei centri abitati, delle coste basse di facile approdo, delle foci dei fiumi e delle sorgenti presso la costa, infatti il rifornimento d'acqua dolce era una necessità primaria per i pirati che trascorrevano lunghi periodi in mare. La posizione era tale da garantirne la visibilità almeno da una all'altra in modo da formare una rete continua di protezione del territorio.

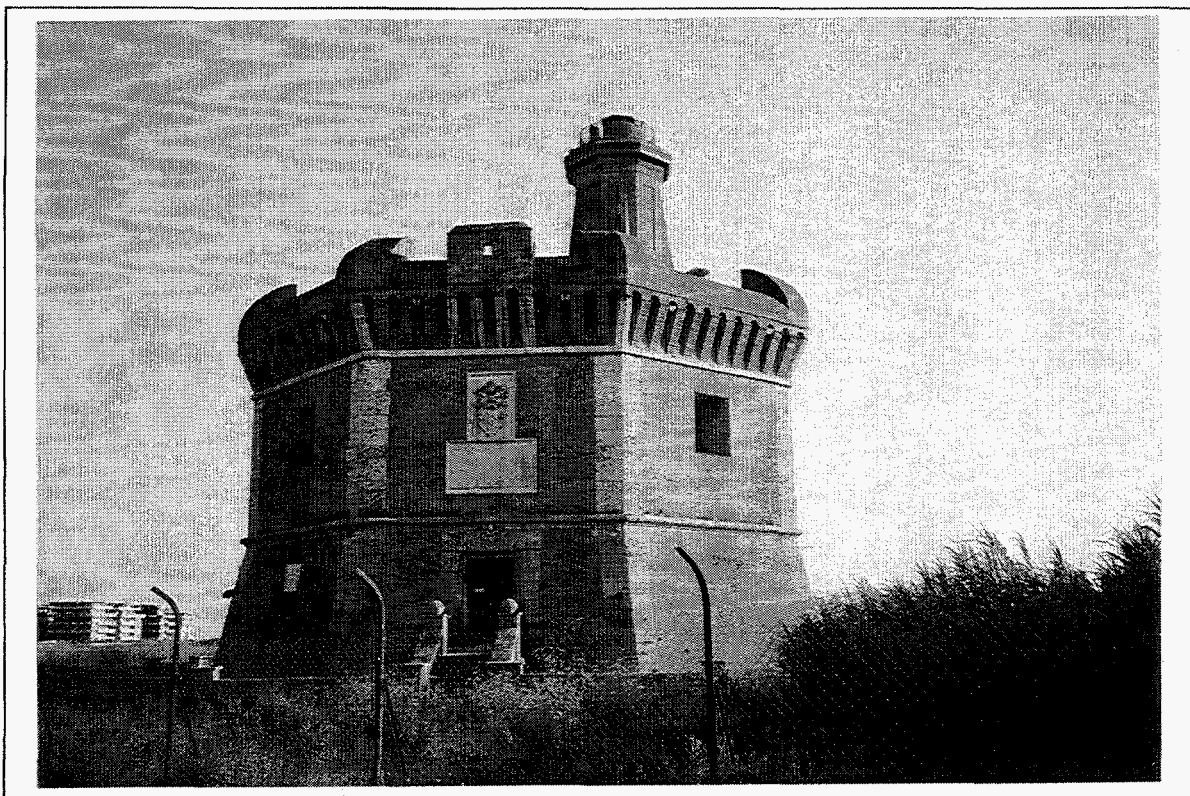


Fig. 7.6 – Torre S. Michele (Ostia, n. 24) costruita nel XVI sec. alla foce del Tevere, oggi ne dista circa 1.5 km.

7.2 DESCRIZIONE DEI SITI ARCHEOLOGICI

Segue la descrizione generale delle località costiere di interesse storico-archeologico per le quali si riportano l'ubicazione, i riferimenti bibliografici, la descrizione generale delle strutture e della loro evoluzione in relazione alle diverse fasi storiche per cui se ne abbia qualche notizia. I siti sono elencati procedendo da nord a sud e il numero d'ordine relativo ne rappresenta in seguito il riferimento. Per la descrizione accurata dei resti direttamente indagati ed oggetto di misura si rimanda al Cap. 8.

1. TALAMONE

Alcuni autori antichi testimoniano la presenza ed attività di uno scalo commerciale e militare nell'area compresa fra il promontorio di Talamone e il rilievo di Talamonaccio; l'ubicazione del porto tuttavia è incerta anche perché in età antica il mare si spingeva più all'interno nell'attuale area di bonifica, come risulta anche da una mappa del secolo scorso (SCHMIEDT, 1970). Secondo Schmiedt "l'attuale Talamone si sviluppò in età medievale, il centro antico doveva essere invece dall'altra parte del golfo, non lontano dalla città etrusca di *Tlamu*, sul Capo Marta"¹.

¹ Oggi Poggio Talamonaccio, poi abbandonata e sostituita dalla romana *Telamone*, presso il castello medievale di Talamone e l'omonimo porto (CARDARELLI, 1963).

2. S. LIBERATA

La grande villa con peschiera dell'età dei Flavi (81-96 d.C.) detta *Bagni di Domiziano* sorge sul promontorio di S. Liberata, poco distante dall'estremità meridionale del Tombolo della Giannella. Ai primi del 1900 DEL ROSSO (1905) compì un accurato rilievo dell'area: egli evidenziò la complessità degli impianti costituiti da una cisterna principale da un milione di litri ed altre minori situate all'interno del promontorio, in posizione rilevata nel raggio di un centinaio di metri dalla riva e collegate per mezzo di cunicoli. Questo articolato impianto idraulico serviva d'acqua dolce attraverso i canali ricavati nello spesso molo perimetrale la peschiera rettangolare suddivisa in tre settori, di cui quello centrale a losanga. Sul lato occidentale del promontorio, in corrispondenza dell'approdo, si trovavano delle costruzioni affacciate sul mare assimilabili a magazzini.

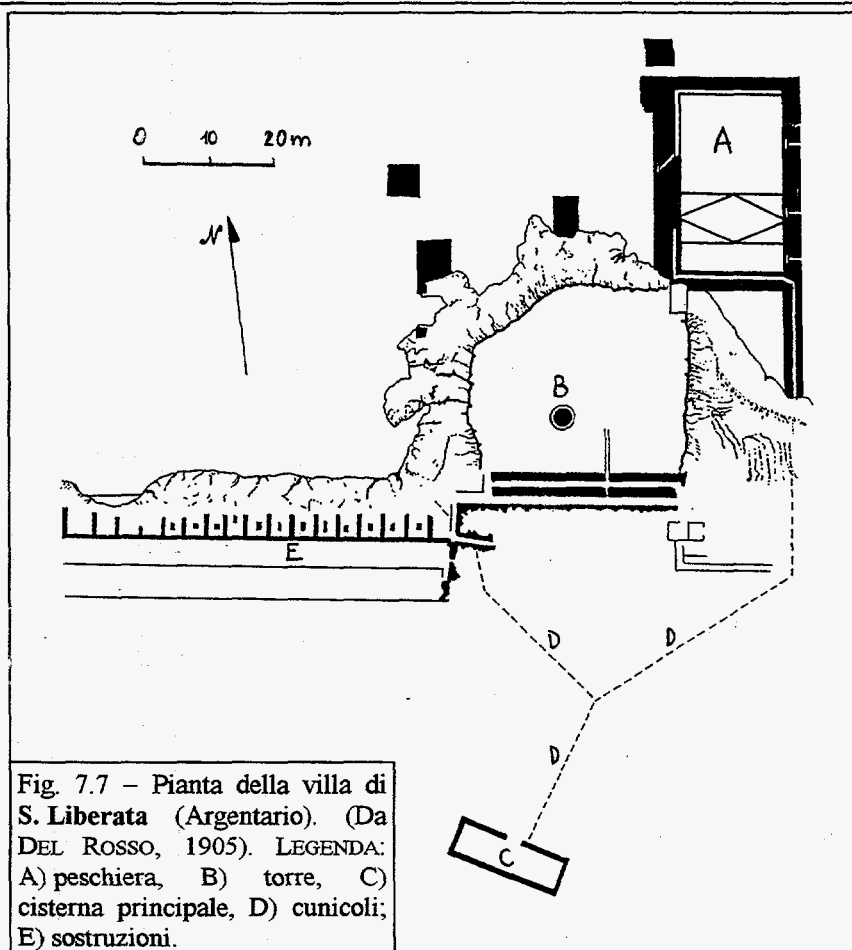


Fig. 7.7 - Pianta della villa di S. Liberata (Argentario). (Da DEL ROSSO, 1905). LEGENDA: A) peschiera, B) torre, C) cisterna principale, D) cunicoli; E) sostruzioni.

3. ORBETELLO

L'antico centro etrusco di *Cosa*, noto come scalo di *Vulci*, si trovava probabilmente in corrispondenza dell'attuale cittadina di Orbetello, data la presenza lungo il tombolo di una vasta necropoli etrusca in cui furono rinvenuti materiali databili al VI-III sec. a.C. MORI (1963) suggerisce che una variazione fisiografica, oltre alla conquista romana di *Vulci*, dovette causare l'abbandono del porto etrusco di *Cosa* all'interno della laguna a favore del romano *Portus Cosanus*, alla base del colle di Ansedonia. Il centro lagunare non dovette essere mai abbandonato così intorno al XVIII sec. d.C. sorse il castello di Orbetello.

4. PORTUS COSANUS

La colonia romana sorse sulla spianata del promontorio calcareo ed era cinta da mura in opera poligonale evoluta erette nel III sec. a.C.; essa fu fondata nel 273 a.C. durante il periodo in cui Roma costituì il proprio sistema difensivo litoraneo, tuttavia la posizione elevata sul mare e la mancanza di un porto militare ne fecero una città di importanza secondaria, tanto che

non sopravvisse all'impero romano: all'inizio del V sec. d.C. infatti era ormai abbandonata, probabilmente vittima, come molti altri centri costieri, delle incursioni barbariche.

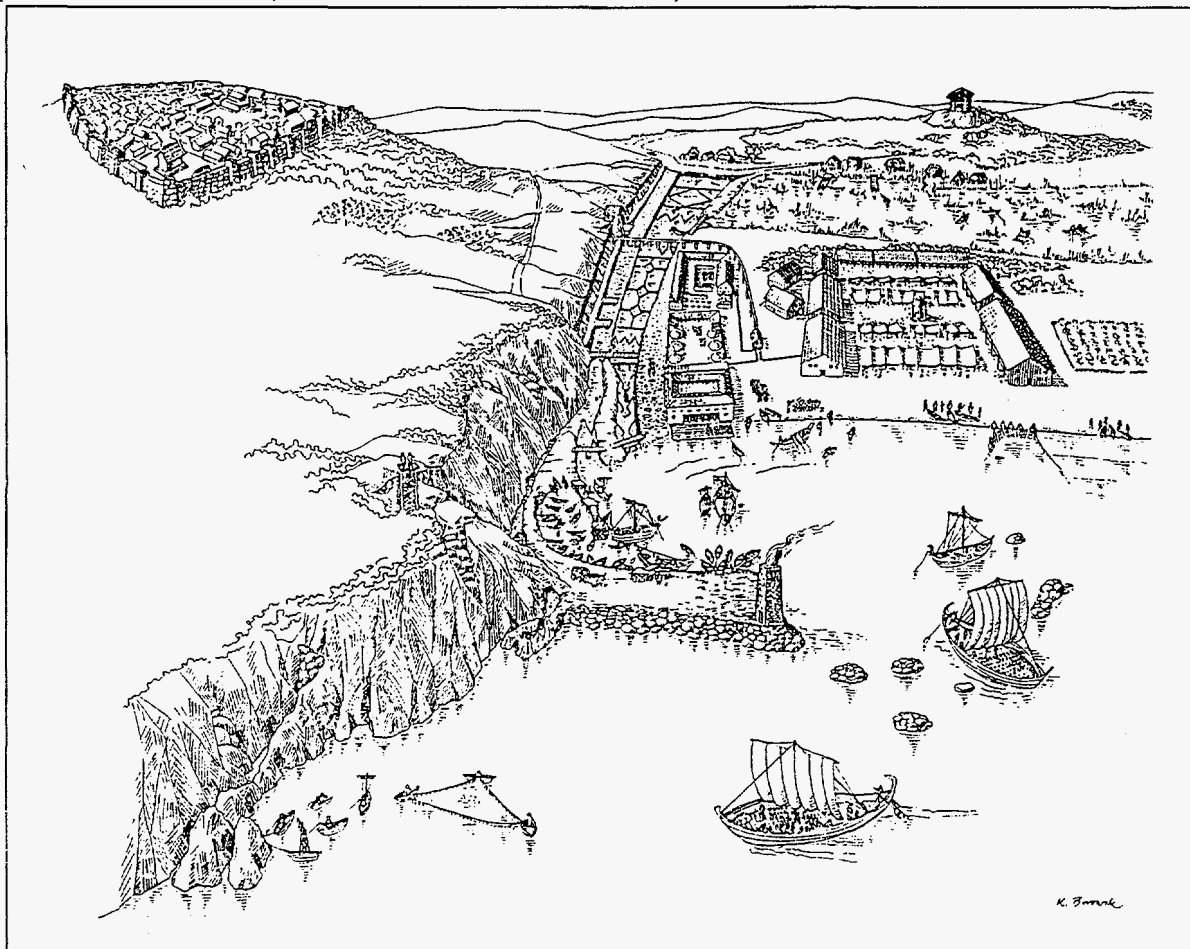


Fig. 7.8 – Ricostruzione dell'antico *Portus Cosanus* (Ansedonia). (Da McCANN, 1987).

Nella baia sottostante, all'estremità SE del promontorio, sorgeva il complesso di costruzioni detto *Portus Cosanus*: il porto non era molto grande dato che i traffici maggiori si svolgevano nel più grande *Portus Hercules*¹ il quale, pur essendo più vicino alle rotte maggiori e quindi favorito nei grandi traffici, era però lontano dall'entroterra. Altro elemento favorevole era l'emergenza di diverse sorgenti alla base del rilievo calcareo presso la costa: la ricchezza d'acqua dolce, oltre alla presenza della pescosa laguna, permise lo sviluppo dell'attività industriale legata al pesce (allevamento nelle peschiere, pesca nella laguna e nei canali, trattamento e salatura, produzione del *garum*, ecc.).

L'area costiera comprendeva (da terra verso mare):

- a) il Lago di Burano che veniva sfruttato per la pesca, essendo a quel tempo ben più ampio di oggi perché non ancora colmato da sedimenti; esso era unito al mare da alcuni canali naturali di cui quello a ridosso del promontorio fu maggiormente interessato dall'intervento dell'uomo. Alcuni resti lungo la riva -qualche km più ad E- potrebbero testimoniare la presenza di strutture per la pesca in corrispondenza dello sbocco di altri canali.

¹ L'odierno Porto Ercole, che è rimasto praticamente invariato dall'antichità ad oggi grazie alla felice posizione rispetto alle correnti ed al vantaggio di essere fondato sulla roccia, cosa che ne ha evitato l'insabbiamento.

- b) "*Spring House*" è detto l'edificio lungo il canale addossato al versante SE del rilievo e databile al secondo quarto del I sec. a.C.: esso ospitava un macchinario composto da una catena con secchi adibito al sollevamento dell'acqua dalla sorgente posta quasi al livello del mare fino ad una cisterna posta sul rilievo alle spalle e provvedeva alla distribuzione idrica all'intera zona industriale per mezzo di un acquedotto. Presso la sorgente è conservata una piattaforma con un gradino ribassato che probabilmente serviva da fontana.
- c) La peschiera era costituita da un bacino lungo più di cento metri, ricavato lungo il canale occidentale fra laguna e mare, al cui interno non vi erano strutture fisse ma solo pali di legno per fissare le nasse: si tratta di un vero e proprio complesso industriale sorto per lo sfruttamento del pesce probabilmente già nella prima fase costruttiva (fine del III / inizi del II sec. a.C.), più simile ai moderni impianti della Laguna di Orbetello che non alle elaborate peschiere costruite lungo la riva presso le ville marittime d'età imperiale. Altre vasche per l'allevamento del pesce furono costruite nella laguna presso la *Spring House* durante la seconda fase, fra la fine del II e gli inizi del I sec. a.C.
- d) Un sistema di canali collega la parte terminale del canale naturale col mare allo scopo di evitare che la bocca si ostruisca di sedimenti colmando la baia, e comprende:
- lo "Spacco della Regina": una frattura naturale del promontorio calcareo, per alcuni tratti in grotta, che forse in un primo tempo fu ampliata e collegata alla laguna per favorire lo smaltimento delle acque alte e prevenire l'interrimento; la sua estremità settentrionale servì anche da cava per i blocchi delle mura della città soprastante;
 - la "Tagliata": un canale artificiale con estremità bifida interamente scavato nella roccia del promontorio alle spalle del porto. Grazie a delle saracinesche esso fungeva da regolatore del flusso fra laguna e mare sfruttando con notevole perizia la corrente dominante di Scirocco, le maree e il deflusso naturale delle acque alte invernali per assicurare funzionalità a tutti gli impianti (porto, *Spring House*, peschiere e laguna).
- e) Il porto vero e proprio era composto da un lungo molo artificiale che partendo dalla costa rocciosa si spingeva verso E all'interno della baia, creando così un bacino riparato al cui interno era posta una banchina su piloni per l'approdo, il carico e lo scarico delle merci.

Stando alle ultime ricerche di MCCANN *et alii* (1987) il centro marittimo attraversò essenzialmente tre fasi costruttive legate alla fortuna della famiglia dei *Sestii*, che iniziò la sua attività con una fabbrica di anfore:

I FASE (*fine III-II sec. a.C.*) – durante questo periodo erano già in funzione: il sistema canale/Spacco/Tagliata, il molo esterno del porto e gli scogli artificiali all'entrata, l'industria delle anfore e le nasse per la pesca lungo il canale; un centro di lavorazione del pesce serviva le esigenze locali.

II FASE (*fine II-I sec. a.C.*) – Lo sfruttamento della sorgente viene migliorato con la costruzione della *Spring House* e del primo acquedotto; viene costruita una banchina per lo scalo di navi di medie dimensioni e per il riparo delle barche; si intensifica la pesca in mare con la costruzione di una torretta per l'avvistamento dei branchi di tonni e nella laguna con la costruzione di grandi vasche per l'allevamento presso le sorgenti: tale incremento permette di estendere l'industria ittica all'esportazione. Inizia la produzione del *garum*. Si ingrandiscono l'emporio ed i magazzini per le anfore e per il pesce. Il commercio delle anfore (principalmente da vino) raggiunge il culmine espandendosi per tutto il Mediterraneo occidentale ed orientale fino ad Atene. La fortuna della famiglia dei *Sestii* è all'apice e ciò permette loro di investire grandi capitali per i miglioramenti costruttivi: per lo sviluppo del

porto vengono impiegate le tecnologie più avanzate ed i materiali migliori ¹, anche la *Spring House* è un gioiello della tecnica del tempo e probabilmente la più antica struttura di questo tipo oggi conosciuta.

III FASE (*fine I sec. a.C./III sec. d.C.*) – In età imperiale inizia il declino dell'industria delle anfore e del pesce: sul luogo dell'emporio viene edificata una grande villa marittima dotata di impianto termale per cui la *Spring House* viene innalzata fino a 13 m e viene costruito un nuovo acquedotto con serbatoio alle spalle dell'edificio, esso infatti doveva servire anche un'altra villa con bagni poco più a S sul versante della collina. La riva di fronte alla villa viene attrezzata con piccoli moli per l'approdo delle barche da diporto. L'abbandono dell'attività produttiva determina infine l'interrimento delle opere idrauliche, dal porto alle peschiere fino alla laguna. La località sarà completamente abbandonata in tarda età imperiale.

Il tipo dei materiali ed il metodo di costruzione permettono di datare porto e peschiera allo stesso periodo storico fra la fine del II e il I sec. a.C., mentre lo "Spacco" e la "Tagliata" ² risalgono con ogni probabilità alla prima od alla seconda fase.

Fig. 7.9 – *Portus Cosanus* (Ansedonia): la "Tagliata etrusca" dal lato nord; vista del tunnel entro cui defluiva il canale di drenaggio della Laguna di Burano.



¹ La pozzolana fatta venire appositamente da Pozzuoli ed il tufo dell'area di Bolsena.

² "Una necessità per la vita dei pesci attirati nelle acque salmastre della laguna per nutrirsi del ricco plankton prima di tornare in mare a deporre le uova" (MCCANN, 1987).

5. TORRE DI MONTALTO

La torre alla foce del Fiora costituiva l'ultima vedetta settentrionale dello Stato Pontificio, poiché fino al fosso Chiarone, che rappresentava il confine con il Granducato di Toscana, il terreno paludoso non permetteva la costruzione di torri. L'epoca della costruzione e la pianta quadrata suggeriscono si tratti di un edificio costruito sulla linea di costa, mentre attualmente ne dista circa 300 m per cui è ipotizzabile un avanzamento di almeno 300 m della foce del Fiora negli ultimi quattro secoli, peraltro confermato per gli ultimi decenni dallo studio di CAPUTO *et alii* (1981).

6. REGISVILLA

Circa 3 km a SE della foce del Fiume Fiora, in località "Porto delle Murelle", è da ubicare l'antica *Regisvilla*; *Regae* sarebbe il nome antico (dal greco $\rho\eta\gamma\alpha\iota$ = scogliera), usato ancora in piena età imperiale. L'origine arcaica dell'insediamento è testimoniata da Strabone secondo il quale fu sede dei Pelasgi comandati dal re Maleos¹, inoltre scavi recenti hanno rivelato intense frequentazioni commerciali fra la seconda metà del VI ed il V sec. a.C. (GIANFROTTA, 1988). Tracce di una necropoli indicano che in seguito la zona fu abitata dagli Etruschi come scalo dell'antica *Vulci* e infine occupata dai Romani, di cui restano tracce del *castrum* di età repubblicana e di una grande villa di età imperiale. Evidentemente si trattava solo di uno scalo per soste temporanee più che di un vero e proprio porto, funzione che invece poteva assolvere la vicina foce del Fiora, il quale offriva anche la possibilità di risalirne il corso fino alla stessa *Vulci* (GIANFROTTA, 1988). Il porto è ignorato da una carta nautica del XII sec. sulla quale viene indicato invece lo scalo di Montalto, alla foce del Fiora, perciò è evidente che già non esisteva più nel Medioevo. Una foto aerea della British School of Rome della fine degli anni '40 mostra resti di murature antiche in mare a circa 200 m da riva, mentre alla fine degli anni '60 i resti si erano ridotti notevolmente per l'azione erosiva delle onde tanto che si trovavano già un metro sott'acqua e a circa 280 m da riva. Per confronto di una serie di carte topografiche ed aereofotografiche che vanno dal 1941 al 1979, CAPUTO *et al.* (1981) riscontrano per tale periodo un arretramento continuo della linea di riva di circa 50 m².

Il nome greco suggerisce la presenza di scogli –oggi assenti per un largo raggio– che devono aver determinato la scelta del luogo come più adatto all'approdo e successivamente dovettero servire da fondamenta del molo frangiflutti³. E' probabile che per il declino del porto furono determinanti le dinamiche costiere -insabbiamento per l'avanzata della costa e azione erosiva delle onde e delle correnti- favorite nella loro azione distruttiva dall'orientamento dell'entrata, rivolta (in modo anomalo) a SE, proprio verso il vento dominante di Scirocco.

¹ DE ROSSI (1968) cita il rinvenimento di ceramica attica.

² Insieme a quello di circa 80 m della spiaggia di S. Giorgio (fra Marina di Tarquinia e la foce del Mignone), rappresentano i valori più elevati dell'area compresa fra Ansedonia e S. Marinella, che per il resto sembra in equilibrio con variazioni positive e negative solo occasionalmente superiori ai 70 cm/anno (CAPUTO *et alii*, 1981).

³ "E' assai probabile che quello che rimane sia da identificarsi nei resti di un antico porto di età romana, e precisamente dell'antemurale che doveva essere fondato su qualche asperità rocciosa" (DE ROSSI, 1968).

7. MARTANUM

La foto aerea mostra un recinto rettangolare di una ventina di ettari, forse i resti del *castrum* romano, in terreno in parte paludoso¹, due km a NW della foce del Marta.

GIACOPINI *et alii* (1994) descrivono i resti di una peschiera in mare, in corrispondenza dell'asse mediano del *castrum*: essa risulta costituita da una grande vasca rettangolare (m 27×15) priva del lato a mare con i muri a doppio filare separati da un'intercapedine di circa 1 m di spessore; all'interno non si notano muri divisorii. Fra questa e la spiaggia si trova un'altra vasca rettangolare più piccola con gli angoli interni leggermente arrotondati; sulla riva una struttura muraria dotata di contrafforti rappresenta probabilmente la fondazione delle costruzioni a terra. L'assenza di partizioni interne, di canali per l'adduzione ed il ricambio d'acqua e del lato esterno del recinto principale oltre alla posizione su un fondale basso e sabbioso sono indicazioni sufficienti per ritenere che si tratti di un impianto per l'allevamento di molluschi²; in questo caso la vasca secondaria poteva servire alla raccolta, stabulazione e/o trattamento dei molluschi. Particolare interessante è il ritrovamento "sulla parete interna del molo meridionale di un elemento parallelepipedo in pietra con foro passante (diametro cm 2 ca.), collegabile all'ancoraggio del cordame" (GIACOPINI *et alii.*, 1994). Purtroppo la cattiva esposizione alle correnti e la costante torbidità dell'acqua hanno impedito il rilievo delle strutture murarie semisommerse.

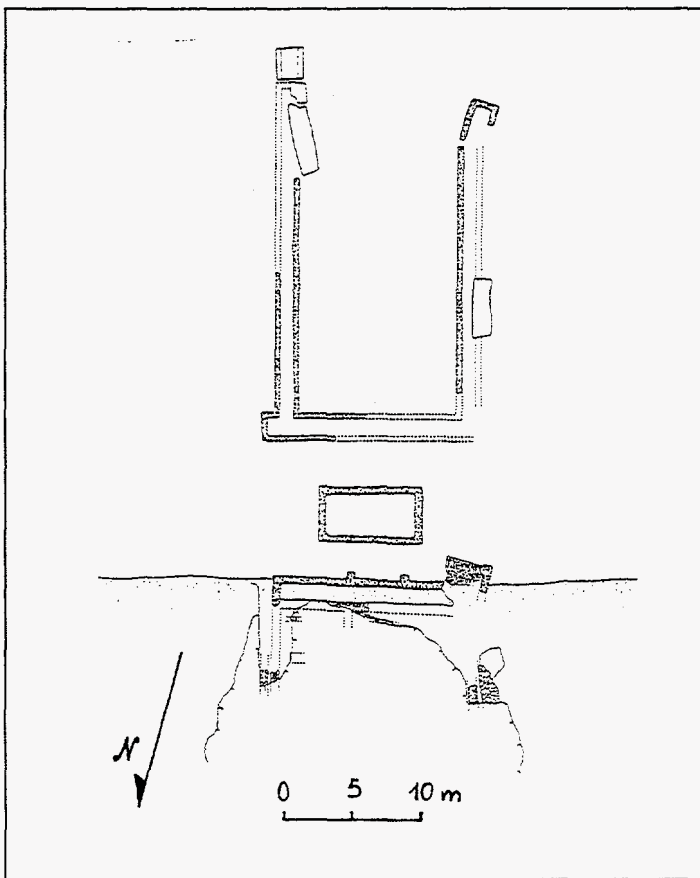


Fig. 7.10 – Pianta della peschiera di *Martanum* (Marina Velca) e dei resti della struttura muraria della villa retrostante. (Da GIACOPINI *et alii*, 1994)

8. FOCE DEL MARTA

Fra il *castrum* di *Martanum* e la foce del Marta, in località Marina Velca, si trova un accumulo di massi di "macco" lungo 65 m, largo 4 m e alto fino a 2 m s.l.m. che FRAU (1982)

¹ "Gran parte degli insediamenti romani sulla costa, e specialmente quelli vicini alle foci di fiumi e torrenti, si trovano ora in zone paludose; ciò perché nella maggioranza dei casi alla fine dell'età imperiale molti centri furono abbandonati e fu così trascurata qualsiasi opera di bonifica che era servita fino ad allora a regolare i corsi d'acqua e ad incanalare opportunamente i ristagni nei pressi delle foci." (DE ROSSI, 1968).

² Tali impianti sono appunto costituiti da recinti murari in acque salmastre (per questo si trovano preferibilmente nelle lagune costiere) al cui interno i molluschi crescono impiantando colonie su reti di corda assicurate ai muri esterni ed a pali di legno piantati verticalmente nel fondo.

indica come i resti di un molo frangiflutti mimetizzati da una duna. L'esame di una particolare foto aerea ha evidenziato l'esistenza di un complesso portuale legato alla foce del Marta antico: il porto vero e proprio era costituito da un bacino rettangolare di m 330×130 di cui il limite netto del lato verso terra sembra essere stato intagliato nel macco della costa; il collegamento col mare era assicurato dal canale meridionale navigabile (largo 6÷8 m e lungo 80÷100 m) attraverso l'avamposto triangolare protetto da un antemurale. Un canale derivante dall'ultimo tratto del Marta, sfociando anch'esso nell'avamposto, creava una corrente indotta dal bacino verso l'esterno allo scopo di prevenire l'insabbiamento¹, mentre un canale sul lato opposto del porto assicurava il ricambio d'acqua dal mare. L'esistenza degli impianti sembra confermata da alcune misure di resistività del suolo (FRAU, 1982). La tipologia costruttiva dell'impianto fa supporre che l'origine sia etrusca rappresentando il porto di Tarquinia nel periodo VII-VI sec. a.C., durante la gestione greca di quello di *Gravisca*.

FRAU (1982) sostiene che il toponimo "Vallegata", circa 3 km a monte della foce del F. Marta, deve la sua origine all'alluvione del 1449 che provocò l'allagamento dell'area e la deviazione del corso del fiume. Forse fu proprio la perdita degli impianti portuali alla foce che suggerì la ricostruzione del molo esterno a *Gravisca* negli anni immediatamente successivi; in ogni caso il litorale fra la nuova foce e Pian di Spille si mantenne facile approdo almeno fino al XVII sec. (DE ROSSI, 1971).

9. GRAVISCA

Il promontorio di "Porto Clementino", occupato probabilmente già in epoca preistorica, ospitò intorno al VI-V sec. a.C. una colonia greca² che trasformò l'insenatura paludosa in un porto di primaria importanza. La punta naturale fu protetta da un molo di forma circolare, con diametro di circa 16.8 metri, costituito da massi di travertino incastrati e tenuti insieme da grappe metalliche³ (cfr. Fig. 7.4).

Circa 80 metri ad W del molo si ergono dal fondo marino a 2÷3 metri di profondità i resti del molo frangiflutti per una lunghezza di 115 m ed una larghezza di 52 m, raggiungendo nei punti più alti gli 80÷90 cm sotto il livello del mare. La scogliera, orientata NNW-SSE, è formata da un accumulo di massi calcarei di cui i pochi squadrati si trovano sul lato SE dove è meglio conservata la scarpata: si tratta evidentemente dell'estremità meridionale della diga presso cui si trovava l'apertura secondaria. Il bacino così delimitato risultava protetto naturalmente dal Libeccio mentre la bocca di SW smaltiva gli effetti prodotti dal Maestrale verso cui era rivolta l'entrata principale⁴. L'assenza di protezione dall'interno, dove la bassa piana costiera si estende per un lungo tratto, ha sempre rappresentato il limite maggiore di questo scalo (DASTI, 1910).

¹ L'accumulo di argilla grigia alle spalle della diga frangiflutti testimonia l'origine fluviale dei sedimenti che hanno colmato i bacini.

² "Il porto in un determinato periodo storico fu gestito da una federazione di comunità greche della parte meridionale dell'Asia minore" (FRAU, 1982).

³ FRAU (1982) lo definisce "alla greca" riferendo quanto dice Vitruvio a proposito dei "diatoni", grosse pietre interposte nelle mura per rinforzarne la struttura (*De Arch.*, libro VIII), in uso presso i greci e mai riscontrati in impianti etruschi o romani.

⁴ L'insabbiamento ed il rigonfiamento delle acque per la risacca rappresentano i pericoli maggiori causati dai venti, tuttavia quelli del IV quadrante risultano prevalenti solo per il periodo estivo e ciò giustificerebbe un tale orientamento.

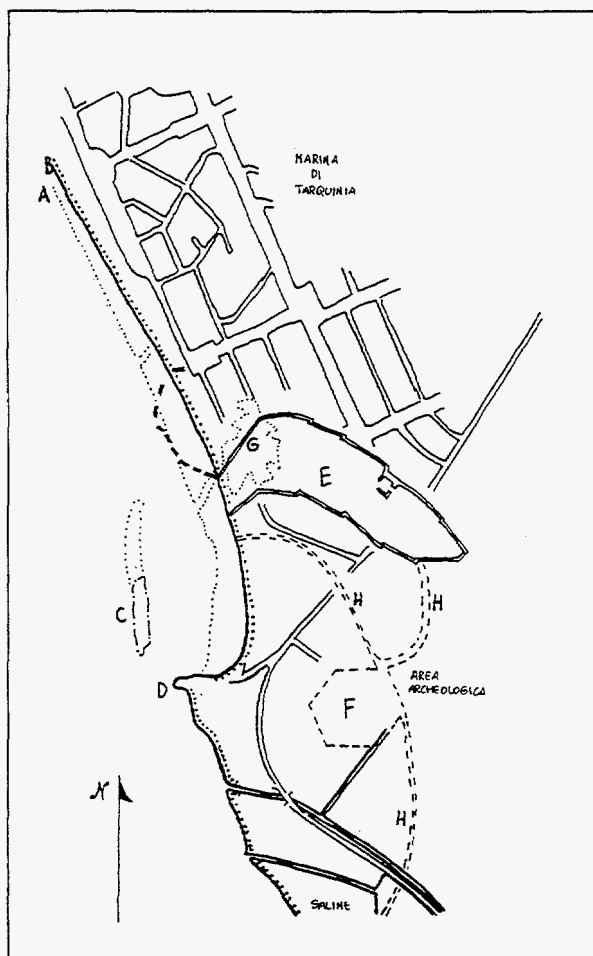


Fig. 7.11 – Ricostruzione dell'antica area portuale di **Gravisca** (Marina di Tarquinia) secondo FRAU (1982). LEGENDA: A) linea di costa del 1870, B) linea di costa attuale, C) resti sommersi del molo frangiflutti, D) molo greco/"Porto Clementino", E) bacino commerciale, F) *cothon*, G) stagno del 1870, H) canali di collegamento fra i bacini interni ed il mare.

Una foto aerea scattata in condizioni particolarmente favorevoli ha permesso l'identificazione nell'immediato retroterra di due bacini portuali oggi insabbiati e dei relativi canali di servizio (FRAU, 1981). Il bacino commerciale aveva l'ingresso nella parte settentrionale della baia-avamposto largo circa 80 m e protetto dal maestrale con un molo semicircolare sul lato N¹. Il porto, allungato verso SE, si sviluppava per 400 m di lunghezza e 150÷170 m di larghezza per un'estensione di almeno 8 ettari, esso era cinto lungo tutto il perimetro da mura a doppia foderia in blocchetti di tufo dello spessore complessivo di 8÷9 m (FRAU, 1982). Il porto militare (*cothon*), potrebbe trovarsi nella depressione con piano campagna ad 80÷90 cm s.l.m. alle spalle degli scavi dell'abitato etrusco-romano. L'invaso, di forma esagonale con superficie di circa 1.5

ettari, sembra collegato con un canale a N verso l'avamposto e con uno a S verso il mare, attraverso il fosso circondario delle saline. Se questa è la reale fisionomia del *cothon* risultano forti analogie con quelli di Cartagine e di Alicarnasso.

Gli impianti portuali erano già abbandonati quando vennero completamente distrutti nel 385-384 a.C. ed all'epoca della fondazione della colonia romana, nel 181 a.C., l'interrimento aveva reso inagibile ormai il *cothon* e parte del bacino commerciale. La città romana si estendeva per circa 27 ettari sotto l'attuale Marina di Tarquinia ed aveva pianta regolare con orientamento parallelo alla costa.

Durante il medioevo lo scalo non fu mai abbandonato del tutto², anche per la vicinanza con l'importante centro di Corneto, ma certamente le opere portuali si ridussero tanto che nel 1367 non ne restava che una "fossa" (termine con cui si indicava un canale navigabile): probabilmente il bacino residuo del porto commerciale. Alla seconda metà del XV sec. risalgono le prime riparazioni (con un conglomerato di calce, pozzolana e tufo) dei danni causati al molo "greco" dal cedimento del fondo marino sul lato meridionale; forse in quest'occasione fu ricostruito il piano superiore del molo antico rappresentato da un piano lastricato in blocchetti squadrati poggianti sui lastroni del piano precedente ma raccordato al

¹ Questo molo si trova oggi sepolto sotto la spiaggia attuale, quindi la bocca d'entrata sulla costa originariamente era arretrata di oltre cento metri.

² Nonostante nel 408 d.C. fu messa a ferro e fuoco dai Visigoti di Alarico.

livello dei diatoni perimetrali. Nel 1698 esisteva ancora la "*fossa di Corneto*" (DE ROSSI, 1971). Il molo "Clementino" fu costruito nel 1738 su quello sottostante reimpiegando materiali antichi¹ e il piano della sua banchina si trova 173 cm al di sopra di quello precedente. Una mappa catastale del 1870 mostra ancora uno stagno con canale a mare in corrispondenza del supposto bacino interno; la stessa carta, come pure la prima edizione della cartografia IGM del 1879, indicano lungo l'insenatura una linea di costa più avanzata di un centinaio di metri rispetto ad oggi.

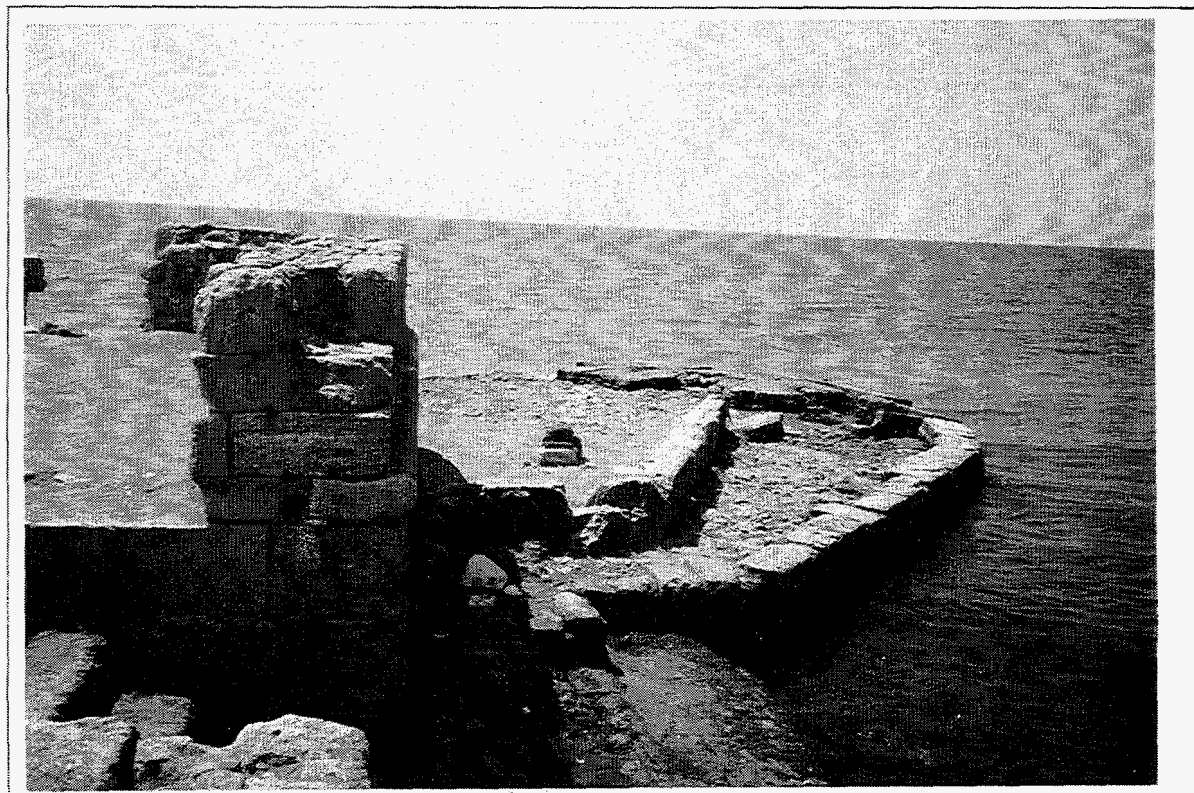


Fig. 7.12 - *Gravisca* (Marina di Tarquinia): il molo antico in basso (al centro della foto), ed il "Porto Clementino" sul piano superiore (sinistra). Presso il bordo esterno del molo antico si conserva parte del rifacimento (XV sec.) del piano di banchina in blocchetti.

Può darsi che il promontorio di *Gravisca*, come altri, si sia formato a partire da una linea di costa più arretrata attraverso la formazione di una laguna all'interno di due tomboli laterali, in questo caso il *cothon* avrebbe sfruttato un bacino chiuso già formatosi naturalmente. Per quanto riguarda il porto commerciale la sua forma irregolare ed allungata parallelamente alla costa ne suggerisce la definizione a partire dalla forma naturale di una laguna costiera.

10. TORRE DI CORNETO

Verso la metà del XV sec., insieme ai primi lavori di consolidamento del porto ed in sua difesa, fu eretta la torre a pianta circolare sulla spiaggia a sinistra della foce di un fosso².

¹ Alcuni massi recano ancora le tracce dei fori quadrangolari per il passaggio delle travi che formavano l'impalcatura di sostegno delle casseforme per le gettate di calcestruzzo; tracce simili sono conservate nella posizione originaria sui moli dei porti di Ostia, di Anzio ed Astura (vedi).

² Quello che diventerà il canale di drenaggio settentrionale delle saline.

Nonostante in origine dovesse trovarsi ad una certa distanza dalla riva nel luglio 1589 era "*un buon pezzo in acqua dentro in mare*"; nel secolo successivo invece si trovava a circa 200 m dalla riva¹, ma le mareggiate arrivarono a danneggiarne seriamente le fondamenta. A giudicare da un disegno e da alcune descrizioni sembra che tra il XVIII ed il XIX sec. la torre dovesse trovarsi sulla battigia, protetta in parte da scogli sul fronte a mare. Riconoscendo valide tutte queste affermazioni bisogna ammettere che la linea di riva abbia attraversato fasi alterne di arretramento ed avanzamento nel corso degli ultimi 4 secoli. Oggi la torre non esiste più.

11. SALINE DI TARQUINIA

In età medievale alla fiorente economia di Corneto² contribuiva la coltivazione di una salina posta tra il Marta ed il Mignone la cui esistenza -ma non l'ubicazione- è documentata per diversi secoli³. BALDACCÌ (1956) osserva che l'esistenza delle saline medievali per tanti secoli testimonia il persistere di condizioni naturali favorevoli determinate dalla presenza di un cordone litoraneo allineato ad una certa distanza dalla fronte alluvionale olocenica in modo da formare stagni lunghi e stretti. La salina attuale fu costruita nella depressione naturale a S del Porto Clementino -"*fra la Torre di Corneto ed il fosso del Mignone*"⁴- nei primi anni del secolo scorso in funzione dell'approvvigionamento di sale per lo Stato Pontificio a SW dell'Appennino ed è tuttora attiva, nonostante l'alto costo unitario del prodotto dovuto alla scarsa qualità ed alle ridotte dimensioni della struttura⁵. L'impianto di forma triangolare è compreso fra la costa e due fossati di drenaggio delle acque dolci ed occupa un'area di circa 155 ettari di cui solo 74 direttamente utilizzati: 66 come superficie evaporante e 8 come superficie salante. Il progetto del Lipari, approvato nel 1802 da Pio VII ma portato a termine solo intorno al 1820, puntava alla protezione dall'interno contro l'alluvionamento di acque dolci e sedimenti⁶ tramite i due canali drenanti perimetrali e dall'esterno contro l'insabbiamento del canale di prelievo delle acque salate tramite un molo che ne riparasse l'entrata⁷. Il bacino di prima evaporazione (lo "Sterro") si trova poco al di sotto del livello del mare, in modo che al tempo opportuno si riempia solo aprendo le saracinesche⁸; il bacino successivo (le "Piscine") è a livello poco inferiore al primo, mentre i settori successivi sono più alti e l'acqua vi arriva spinta da una pompa.

¹ Infatti non ci si poteva "*entrare in essa eccetto che a cavallo o per barca per esser posta dentro in mare di un buon tiro de moschetto*". In: De Rossi (1971), p. 24-25.

² Il nome medievale di Tarquinia, mantenuto fino al secolo scorso.

³ Per l'imposta del sale i cornetani stipularono una convenzione con il Campidoglio nel 1376. Le saline erano ancora attive nel 1677, ma sono indicate come *saline dismesse* nella carta di Innocenzo Mattei del 1674, che le pone a circa un km e mezzo dalla costa (più all'interno della *Aurelia antiqua*). Lo stato di abbandono durò circa un secolo poi nel 1788 iniziarono i lavori sulla spiaggia cornetana per la costruzione del nuovo impianto.

⁴ Contratto d'appalto (19/11/1807) della Camera Apostolica a favore di Nicola Sabbatucci per la conclusione dei lavori e lo sfruttamento del raccolto (BALDACCÌ, 1956).

⁵ A causa dell'alta percentuale di impurità (essenzialmente sabbia eolica) il costo è quasi sei volte superiore a quello delle saline di Margherita di Savoia (FG) o di Cagliari.

⁶ La causa principale dell'abbandono della salina precedente come pure della chiusura definitiva di quella di Ostia verso la fine del XVIII sec; inoltre fu necessario difendere la salina da una sorgente, la "Piscina del Vescovo", situata nel settore delle "Partite Alte" in corrispondenza di un affioramento di "panchina tirrenica travertinosa".

⁷ Occorre notare infatti che in questa parte di litorale prevale l'avanzamento della spiaggia, mentre poco più a N, nella rada di Marina di Tarquinia, la costa va difesa dall'erosione.

⁸ La campagna salifera va da aprile a settembre.

12. S. AGOSTINO

Il Fiume Mignone sembra aver subito fra la tarda età del bronzo e l'età romana notevoli cambiamenti caratterizzati essenzialmente dall'insabbiamento della lunga zona paludosa corrispondente agli ultimi due km del corso. Non si sa quando si colmò la laguna, tuttavia è significativo notare che fino al XVII secolo nessuna carta geografica mostra strade che attraversino il basso corso del Mignone (FRAU, 1985).

La torre quadrata di S. Agostino, demolita durante la seconda guerra mondiale, fu costruita probabilmente nel XVI sec. per proteggere il "tratto di costa dove esisteva fin dall'antichità un piccolo porto capace di ospitare i vascelli che vi approdavano per il rifornimento d'acqua" (DE ROSSI, 1971).

In corrispondenza di Torre S. Agostino recenti ricerche archeologiche (FRAU, 1985) hanno messo in luce un insediamento della tarda età del bronzo presso la costa costituito da quattro aree circolari del diametro di circa 50 metri protette da fossati. Di fronte a queste si notano in mare alcuni resti sommersi di quella che sembra una piscina con due canali per la raccolta delle acque, forse dalla vicina sorgente sulfurea. L'accampamento era isolato da terra per mezzo di un canale artificiale largo da 30 a 50 metri con due sbocchi a mare oggi ostruiti¹. Nell'area è stato segnalato inoltre il rinvenimento di urne cinerarie preistoriche.

La piattaforma d'abrasione, sommersa intorno a -30 cm s.l.m.m., si estende in mare per alcune decine di metri lungo un tratto di costa di circa un chilometro intorno alla Torre e presenta in alcuni punti intagli e tracce rettilinee che lasciano supporre una sua antica antropizzazione.

Circa un chilometro a SE della torre, in località La Frasca, un'altura alle spalle della riva nasconde i resti di un edificio di epoca romana (forse delle terme) fra cui si riconosce in posizione rilevata una vasca foderata in cocciopesto.

Poco più avanti si nota, da riva per circa dieci metri in mare, una "passerella" composta da 5 blocchi poligonali semplicemente accostati² di flysch calcareo marnoso poggianti sulla piattaforma sommersa a -42 cm s.l.m.m.

13. VALDALIGA

Torre Valdaliga, che si trova 4 km circa a N di Civitavecchia, fu costruita nel 1612 per riparare il litorale basso e di facile approdo alle cui spalle si stendeva la macchia (DE ROSSI, 1971). Qui vicino, secondo l'*Itinerarium Maritimum*, doveva trovarsi l'antico abitato di *Algae*.

La villa marittima di tarda età repubblicana (50-27 a.C.) costituisce le fondamenta della torre mentre sul fronte a mare si trova la peschiera. Essa era scavata nella roccia della costa ed alimentata da tre canali scoperti (lunghi 31, 29 e 27 metri) intagliati nella piattaforma d'abrasione i quali mettevano in comunicazione la vasca principale col mare aperto verso SE (Libeccio); essi erano caratterizzati dalla presenza di numerose vaschette che dovevano servire a depurare l'acqua marina in entrata del carico di sabbia ed alghe. Nel settore NW sono tuttora visibili "in situ alcune chiuse in lastre di arenaria" mentre allo sbocco dei canali nella vasca principale "si osservano in situ le saracinesche, costituite da due blocchi in arenaria con gargami in cui scorre, come elemento di filtro, una lastra di arenaria con una serie di fori (diametro medio cm 7)" (GIACOPINI *et alii*, 1994). Una decina di metri ad E della peschiera, sulla piattaforma emersa, si trova una vasca costruita in muratura, foderata in cocciopesto e

¹ Il rinvenimento del canale, probabilmente impostato su di una linea di faglia e sorretto all'esterno da un bastione, è stato facilitato dall'interpretazione delle foto aeree e da sondaggi elettrici.

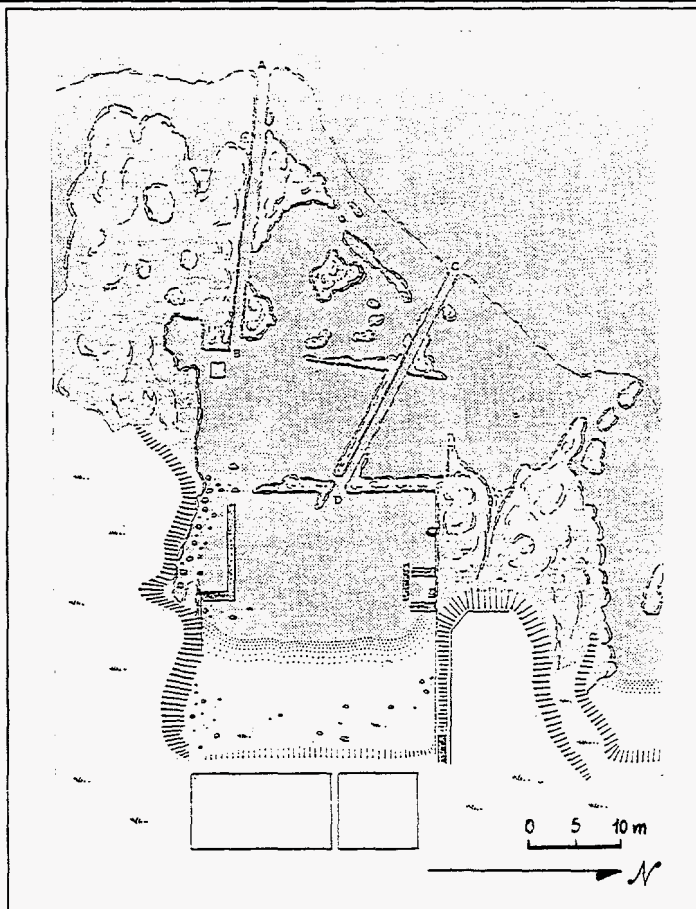
² Dimensioni da cm 110×120×80 a cm 170×90×80.

con gli angoli arrotondati: essa poteva servire per la lavorazione del pescato o come serbatoio d'acqua dolce necessaria alla *aquatio*.

14. LA MATTONARA

Sul lato settentrionale del promontorio de "la Mattonara", poco a S di T. Valdaliga, la piattaforma di abrasione semisommersa ospita un'altra peschiera intagliata nella roccia come la precedente e molto simile nella struttura, sebbene di dimensioni minori; anche questa faceva parte di una villa della stessa epoca oggi del tutto scomparsa. La vasca principale aveva le pareti rivestite in *opus reticulatum* e alcune divisioni interne, tuttavia risulta in gran parte insabbiata. I caratteristici solchi di scorrimento lungo le sponde dei canali testimoniano la presenza di saracinesche accoppiate poste ad una decina di metri dall'imbocco a mare e singole presso lo sbocco nelle vasche.

Fig. 7.13 – Pianta della peschiera de La Mattonara (Civitavecchia).
(Da SCHMIEDT, 1972).



15. CENTUMCELLAE

Plinio il giovane narra che fu l'imperatore Traiano, in vacanza nella sua vicina villa marittima, a voler trasformare l'ampia insenatura in un porto che sostituisse quello di Claudio "ormai interrato ed in stato di quasi assoluta inservibilità" dopo solo quarant'anni dalla sua apertura. Il porto fu progettato da Apollodoro in modo da sfruttare al meglio le favorevoli condizioni della costa e del fondale tanto che all'inizio del '900 il fondo era ricoperto solo da un piccolo strato di fango (ZERI, 1905). L'insenatura naturale fu racchiusa entro due moli laterali e verso mare fu innalzato un antemurale che lasciava aperte due bocche, questa soluzione permetteva alle principali correnti lungocosta (Maestrale e Libeccio) di entrare ed uscire dal porto ripulendone il fondale roccioso. L'interno era costituito da tanti piccoli approdi disposti in modo da formare le cosiddette *cellae* (da cui il nome di *Centumcellae*), inoltre fu scavata una darsena collegata al porto con un canale voltato largo 20 m e profondo 3.5 m ed all'esterno con una bocca ad arco poco più alta del livello del mare. Il Porto di Traiano fu inaugurato nel 106 d.C. e nel V sec. d.C. Rutilio Namaziano, mentre lamenta l'abbandono dei porti a N di Roma, trova questo ancora in perfetto stato.

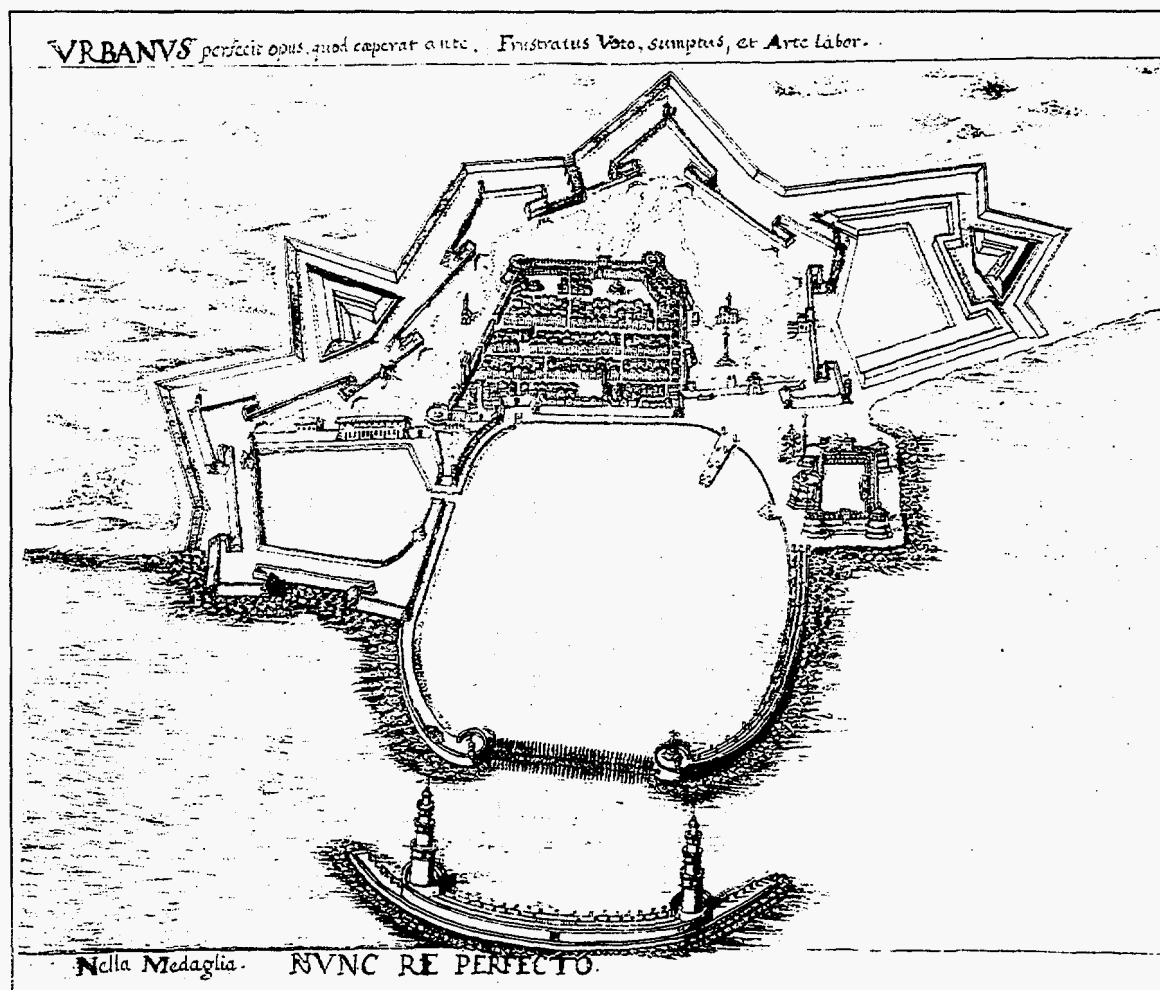


Fig. 7.14 – *Centumcellae* (Civitavecchia): il porto ed il forte Michelangelo in un disegno del XVII sec.

Tale condizione favorevole attirò prima i barbari, poi i Bizantini e infine i Saraceni che furono cacciati solo nel 889 a prezzo di gravi danni alle strutture ed ai monumenti. L'attività portuale tornò a fiorire solo in seguito agli interventi di restauro e fortificazione voluti dalle autorità pontificie nel XII e XV secolo per farne la sede della flotta.

16. P. VIPERA

Sulla costa a N di Capo Linaro, presso il km 66.2 della via Aurelia, si trova uno degli impianti più grandi e meglio conservati facente parte di una villa marittima della fine del II-inizi del III sec. d.C. oggi inglobata in villini recenti¹. La peschiera è costituita da un bacino rettangolare (48×30 m), con la base incisa nella roccia per facilitare l'afflusso d'acqua marina, suddiviso in 12 vasche rettangolari più una circolare centrale di 20.20 m di diametro. Il materiale estratto durante lo scavo fu riutilizzato per il calcestruzzo dello spesso molo perimetrale in *opus caementicium* (rivestito nella parte sommitale in *opus reticulatum*, cfr. Fig. 7.1). Verso mare un molo frangiflutti rettilineo protegge ancora oggi l'impianto dalle

¹ Non c'è motivo di ritenere che la peschiera sia stata costruita prima della villa, inoltre la presenza di paramenti in opera laterizia e il rigoroso rispetto delle indicazioni di *Columella* suggeriscono l'appartenenza ad un periodo successivo a quello di massima diffusione delle peschiere marittime.

mareggiate: probabilmente i massi furono gettati in modo da sfruttare il rilievo naturale del fondo costituito dalle testate degli strati arenacei che, con direzione parallela alla costa, immergono di circa 30° verso est. Il ricambio d'acqua era garantito da tre cunicoli scavati nel fondale: dal molo esterno essi si protendono in mare per circa 20 m e dovevano condurre sul fondo delle vasche l'acqua fredda degli strati inferiori. Sul molo si aprono dei pozzetti con il lato esterno rialzato in modo che le onde vi confluissero passando poi attraverso una feritoia alle vasche interne. Tutte le vie d'acqua erano munite di saracinesche e le vasche interne comunicavano fra loro attraverso archetti in laterizio ¹ (cfr. Fig. 8.2).

17. F. GUARDIOLE

Presso la foce del Fosso delle Guardiole, al km 64.4 dell'Aurelia, sono visibili in mare alcune strutture di un vasto complesso, mentre delle costruzioni a terra non resta che qualche muro in *opus incertum* ed in *opus caementicium*: la grande villa, di cui faceva parte lo stabilimento per l'allevamento del pesce, si trovava alla periferia settentrionale dell'abitato di *Castrum Novum* e risale alla fine del I sec. a.C. (GIANFROTTA, 1972); una seconda fase costruttiva si ebbe intorno alla metà del I sec. d.C. mentre le ultime testimonianze archeologiche sono del II sec. d.C. (GIACOPINI *et alii*, 1994).

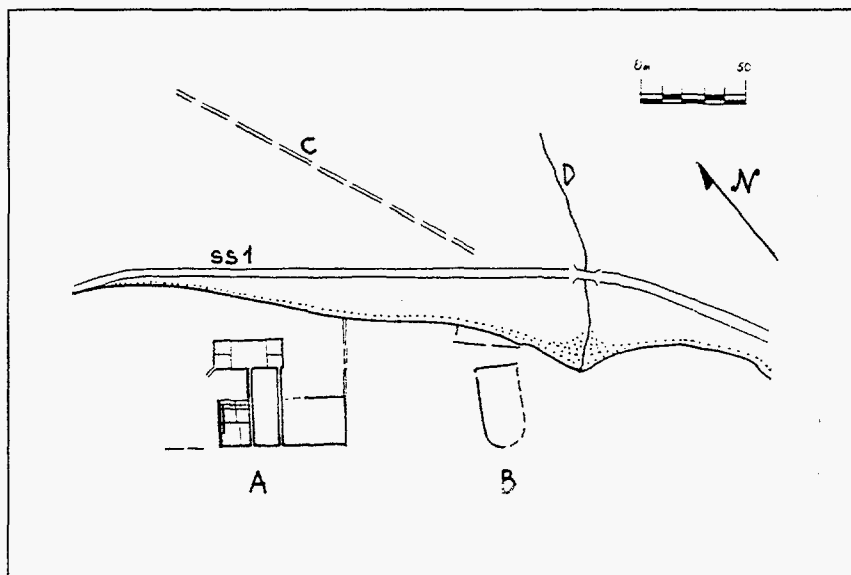


Fig. 7.15 - Disposizione degli impianti di F.so Guardiole (S. Marinella). (Da QUILICI, 1968). LEGENDA:
A) peschiera principale e relativi moli di protezione,
B) "opera absidata" presso la foce del fosso,
C) Via Aurelia antica,
D) F.so Guardiole.

L'impianto marino si articola in un bacino difeso da due moli ortogonali a SE e SW ², oltre ad un molo interno presso il varco in quello orientale, che racchiude una peschiera rettangolare (m 38×18) suddivisa in cinque settori ed alimentata da due canali paralleli (lunghe 37 m) con la bocca ricavata nel molo SW. Le due vasche orientali e quella centrale comunicavano col mare aperto attraverso i canali mentre le due occidentali erano servite da un breve canale aperto sullo spigolo W; all'interno la circolazione idrica era garantita da cunette di scolamento sulla sommità dei setti divisorii. Fra il vivaio ed il molo esterno si trovavano altri

¹ GIANFROTTA (1972) suggerisce che gli archi sarebbero serviti a sostenere il transito degli addetti alla manutenzione.

² Lunghi rispettivamente 60 e 70 metri, ma il primo in origine doveva congiungersi a terra.

settori di incerta utilizzazione perché a circolazione ridotta, serviti solo da una apertura a saracinesca sulla parete W del canale occidentale e da due sfioratoi collocati lungo il molo SW.

Mentre la peschiera "fu costruita in opera cementizia i moli furono realizzati intagliando e regolarizzando la piattaforma d'abrasione, al fine di costituire il piano di posa per un'opera muraria in lastre di arenaria cavate dallo stesso fondale" (GIACOPINI *et alii*, 1994).

Un centinaio di metri a SE della peschiera, presso la foce del Fosso delle Guardiole, affiora sulla riva un muretto rettilineo in *opus reticulatum* ed alcuni resti sommersi di mura in calcestruzzo che racchiudono un ambiente rettangolare con alcune partizioni interne ed il lato verso mare a forma di abside: si tratta probabilmente di un'altra peschiera che sfruttava direttamente l'acqua dolce del ruscello per l'allevamento ittico.

18. *CASTRUM NOVUM*

La località alla periferia occidentale di S. Marinella fu una colonia romana fondata nel 264 a.C. (pochi anni dopo *Cosa*) per il controllo del Tirreno da parte di Roma che in quello stesso anno iniziava le guerre puniche. La colonia marittima ebbe il massimo sviluppo nel I e II sec. d.C. -testimoniato forse da una nuova deduzione come "*colonia Iulia Castrum Novum*"- grazie anche all'industria del pesce, ma cominciò a decadere con l'entrata in funzione del vicino porto di *Centumcellae* e l'importanza che andò assumendo quella città. Esistono testimonianze di una certa attività almeno fino al IV secolo mentre la sua distruzione, come quella di *Gravisca*, è da collegare all'invasione dei Visigoti di Alarico nel 408 d.C.: Rutilio Namaziano nel 416 non trovò che pochi avanzi dell'abitato ormai abbandonato.

19. *PUNICUM*

Presso l'estremità occidentale del promontorio si trovano i resti di una peschiera quadrata di circa 70 m di lato riferibile agli inizi del I sec. d.C. (GIACOPINI *et alii*, 1994). L'impianto presenta uno schema costruttivo piuttosto particolare: un lato coincide con la riva e manca di murature, i due laterali sono costituiti da spessi muri in calcestruzzo e infine del lato a mare non resta che un tratto isolato di muro in posizione centrale; l'interno del bacino è formato dagli scogli arenacei allo stato naturale, in parte emersi e ricchi di anfratti; solo nella parte centrale esterna il fondo sembra pavimentato di lastroni arenacei. Le pareti laterali, discretamente conservate, conservano a tratti il paramento in laterizio e sono sommerse a -12.6 cm s.l.m.m., inoltre quella orientale è attraversata da un'ampia apertura ad arco fino al fondo della vasca (circa 2 m di profondità).

La *statio* di *Punicum* della *Tabula Peutingeriana* deve identificarsi con il promontorio del Castello Odescalchi a S. Marinella, dove sorse durante la prima età imperiale la maestosa Villa di Ulpiano. Il toponimo potrebbe indicare un'antica frequentazione del litorale da parte dei Fenici, in seguito la località ricadde nel territorio di *Castrum Novum* di cui certamente costituiva il porto naturale: esso era ubicato nella baia protetta a NE del capo e in età imperiale fu ridotto a porticciolo di uso privato della villa. Urbano VIII (1623-1644) fece erigere un molo in corrispondenza delle strutture romane, ma lo stesso fu parzialmente demolito nel 1645 per evitare che vi si rifugiassero i pirati durante i periodi di lontananza della flotta pontificia. Attualmente il porto turistico di S. Marinella, protetto da un lungo molo frangiflutti, occupa quasi tutta l'insenatura coprendo i resti antichi.



Fig. 7.16 – *Punicum* (S. Marinella): vista dall'alto della peschiera rettangolare. Sulla sinistra si nota, semiaffiorante, il molo orientale, mentre verso il centro affiora dall'acqua la porzione residua del lato meridionale, infine sulla destra si scorge il molo occidentale parallelo alle testate degli strati arenacei.

20. LE GROTTACCE

Sul promontorio de "le Grottaacce", al km 58.2 dell'Aurelia, sorse intorno alla metà del I sec. d.C. la villa marittima che fu distrutta probabilmente verso il IV sec. d.C. ad opera dei barbari. Del complesso facevano parte, oltre al porto ed alla peschiera, quattro cisterne poste circa 200 m nell'interno che certamente un tempo erano collegate al nucleo principale per il rifornimento d'acqua dolce necessario alla vita nella villa ed all'allevamento ittico; le cisterne a loro volta potevano essere alimentate da una sorgente dell'entroterra attraverso un acquedotto. Sul lato orientale del promontorio si notano i resti sommersi di un molo rettilineo destinato a racchiudere parte dell'insenatura per consentire l'approdo solo di piccole barche, infatti il fondale basso non poteva permettere il ricovero a barche maggiori, né probabilmente lo richiedevano le attività della villa ¹. Del complesso abitativo non restano oggi che le rovine dei piani inferiori sul fronte a mare: un tempo ne facevano parte numerose cisterne rettangolari comunicanti fra loro e coperte da volte di calcestruzzo in cui erano inseriti pozzi circolari in *opus reticulatum* di tufo che permettevano di attingere acqua dai piani superiori.

Di fronte alla punta meridionale, in posizione ben esposta alle correnti, era situata la peschiera semicircolare con diametro di quasi 50 m costruita in *opus signinum* e suddivisa in settori circolari. Al centro si apriva un canale d'alimentazione per il rifornimento d'acqua fresca,

¹ Il fondale in questo punto è poco più alto di un metro e, data la notevole erosione operata dal mare, non c'è motivo di ritenere che in antichità fosse più profondo.

analogamente alla peschiera de "La Saracca" cui risulta molto simile nella pianta. Delle tre pareti divisorie concentriche quella intermedia è spesso più di cinque metri e probabilmente era solcata da canaletti -per la distribuzione dell'acqua dolce- dei quali restano alcune tracce su entrambe le estremità verso terra. È probabile che le vasche più interne e meno profonde fossero destinate ad ostriche e mitili: questo giustificerebbe la grande capacità delle riserve d'acqua dolce per le necessità imposte dall'allevamento di queste specie, tanto che tali impianti venivano costruiti generalmente allo sbocco dei corsi d'acqua.

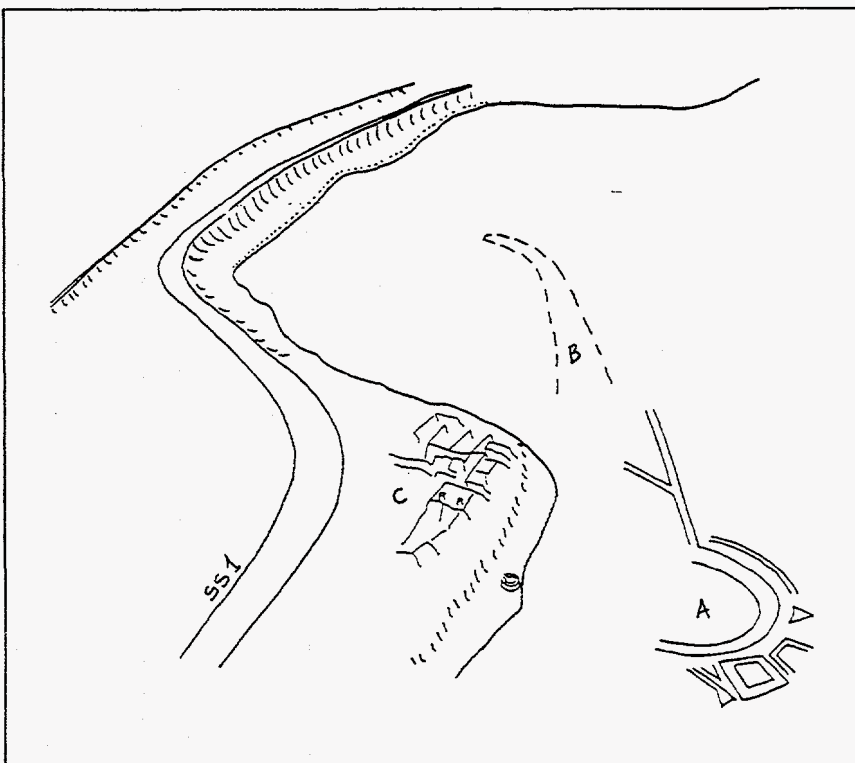


Fig. 7.17 – Panoramica aerea della Villa delle Grottacce (S. Marinella): A) peschiera, B) molo, C) villa.

21. PYRGI

Un'area sacra della prima o media età del bronzo è stata recentemente scoperta sul fondale marino di fronte al castello di S. Severa (PROTANI & FRAU, 1988); del sito fanno parte: a) un ambiente di m 10.2×3.3 con volta a tutto sesto -oggi crollata ma in origine alta fino a 2.5 m- ricavato in una cavità naturale del banco roccioso sul lato destro di un paleoalveo fluviale profondo fino ad 8 m (GIANFROTTA, 1988): questo "santuario" si sviluppa al di sotto del fondale (profondo in quel punto circa 4 m) fino a -7 m e reca tracce di forni di fusione e di nicchie;

b) da una piccola fossa poco distante a 4 m di profondità provengono una trentina di frammenti di rame da fusione, oltre ad altro materiale, per cui questa potrebbe ritenersi "un'officina o laboratorio di fusione del periodo eneolitico" (PROTANI & FRAU, 1988);

c) due basi di capanne a pianta ellittica con tracce di pali si trovano sul lato opposto del canale e presentano una cavità di circa 80 cm rispetto al fondale (profondo circa 4.5 m).

Il rilievo su cui oggi sorge il Castello di S. Severa fu occupato in epoca etrusca, probabilmente fin dal VII sec. a.C., come porto della città di *Caere* cui era collegata da un'importante asse viario (COLONNA in DE ROSSI, 1968). La cittadina di *Pyrgi* si estendeva dal promontorio fino al santuario di *Leukothea* a S e doveva sfruttare la copiosa sorgente alla base del rilievo del podere "la vigna", come sembra testimoniato dall'esistenza di un acquedotto che la collega alla rete idrica del castello: non è da escludere, infatti, che la presenza dell'acqua

determinò la fortuna del luogo rispetto ad altri scali -come per esempio *Alsium* (l'odierna Palo)- più vicini alla città madre di *Caere*. Per quanto riguarda il porto etrusco a circa 250 m a SE di S. Severa dal fondale a 5 m di profondità si elevano fino a 1.5÷2 m sotto il livello del mare due tronconi di moli frangiflutti lunghi 50÷70 m e larghi 6÷10 m costituiti da accumuli di pietrame di piccolo taglio; l'orientamento NW-SE è tale da proteggere le insenature ai lati del promontorio, quella NW in particolare si accorda molto bene con il tipo di riparo degli avamposti d'epoca etrusca (PROTANI & FRAU, 1988).

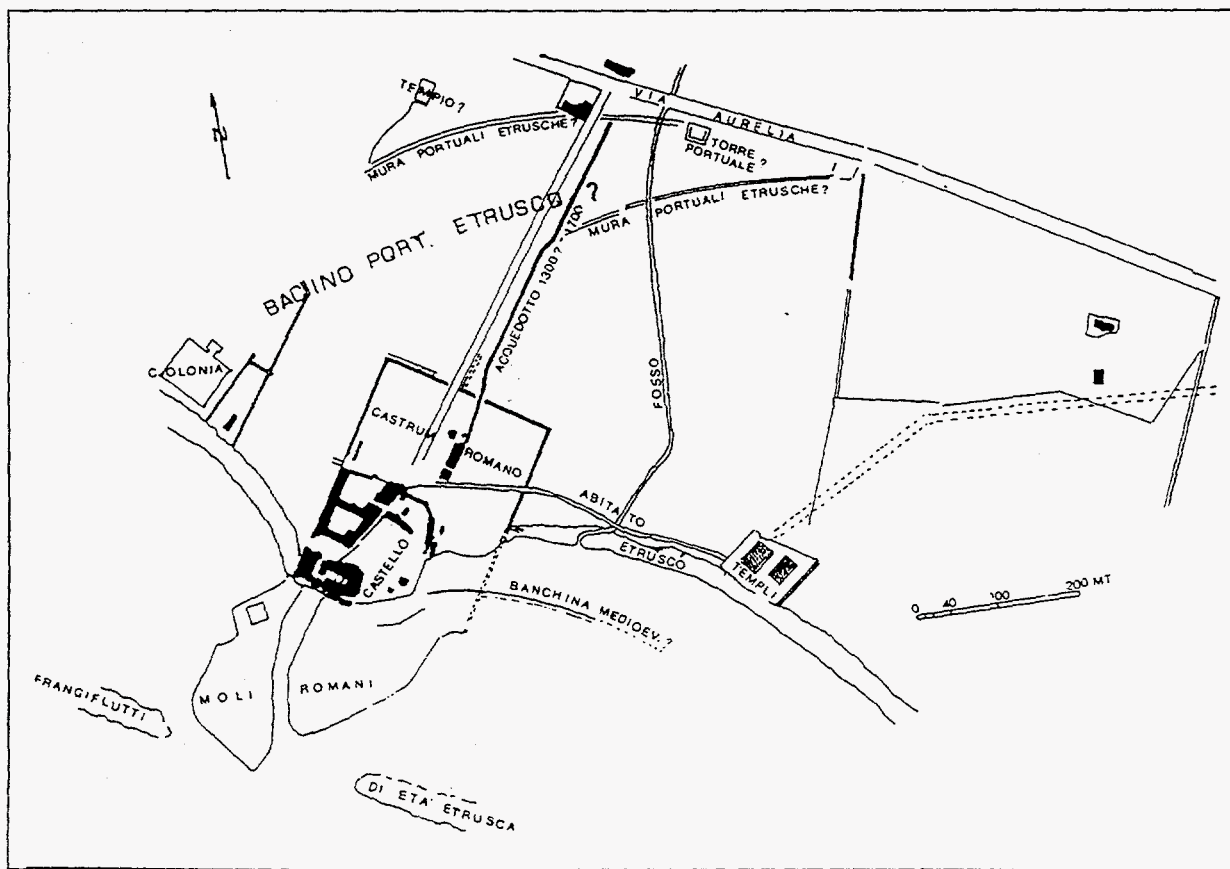


Fig. 7.18 – Ricostruzione dell'area archeologica di *Pyrgi* (S. Severa). (Da PROTANI & FRAU, 1988).

Alle spalle della duna a N del castello una zona depressa, paludosa fino agli anni '60 ed oggi coltivata, doveva ospitare il bacino portuale interno che avrebbe sfruttato la laguna costiera protetta dal rilievo; il ritrovamento di tracce superficiali e resti interrati di mura tufacee a doppia fodera dello spessore di circa 6 m fin nei pressi dell'Aurelia confermerebbe l'esistenza di un bacino interno molto simile per pianta, posizione e dimensioni a quello di *Gravisca*. Di età etrusca dovrebbero essere anche dei resti di pianconi tufacei a 2 m di profondità di fronte all'area dei templi, 300 m a S di S. Severa (PROTANI & FRAU, 1988). L'importanza commerciale del centro costiero andò calando nel V sec. a.C., in connessione col declino degli scambi marittimi, mentre sempre più si affermava come centro di culto in funzione del santuario.

Nel 247 a.C., in seguito alla cessione da parte di *Caere* della metà del proprio territorio, *Pyrgi* divenne colonia marittima romana e, in quanto sede navale militare, i traffici commerciali

subirono un'ulteriore diminuzione; rimase comunque attiva l'importazione dall'Elba dei minerali di ferro che venivano lavorati nei forni dell'interno, alimentati dalle grandi foreste della Tolfa.

L'insediamento romano è rappresentato dal *castrum* con mura in opera poligonale orientato con il lato più corto parallelo alla costa ed edificato solo in parte sui resti etruschi che erano probabilmente già sepolti; allo stesso tempo il livello del suolo fu rialzato di 1÷1.5 m e il muro di cinta servì anche di contenimento alla colmata di terra¹. Forse verso la fine del I sec. a.C., a causa dell'interrimento delle strutture interne, si rese necessario costruire il porto in mare di fronte al *castrum*: esso consisteva di due piattaforme di calcestruzzo² ai lati dell'antico alveo fluviale e di una banchina di fronte alla "porta decumana marina" per un'area utile di circa 0.7 ettari. Le strutture portuali poggiavano su una massicciata formata dall'accumulo di pietre tondeggianti ed impostata su una serie di secche naturali (OLESON, 1974). I resti della banchina larga circa 2.5 m si estendono in mare per un centinaio di metri parallelamente al lato SE del *castrum*, separati da un canale profondo 1.5 m e largo 50 m; il muro si eleva dal fondale di 0.5 m per la maggior parte della sua lunghezza ed è composto di tufo e calcari cementati da una malta grigio-azzurra (OLESON, 1974). Probabilmente allo stesso periodo risale la vasca quadrata, impostata sul lato verso terra del molo settentrionale, che risulta intagliata nel banco roccioso naturale e completata da muri in conglomerato cementizio della stessa composizione della banchina (GIACOPINI *et alii*, 1994); sui lati N ed W si possono ancora notare alcune delle aperture che garantivano il ricambio idrico, mentre l'assenza di strutture di collegamento a terra e di canalizzazione dell'acqua lascia intendere che l'opera servisse alla stabulazione momentanea del pescato sbarcato dai pescherecci piuttosto che all'allevamento ittico.

L'insenatura a S del castello si è formata a causa dell'erosione marina che ha fatto crollare anche l'angolo sudorientale del *castrum*: è possibile che tale processo abbia avuto inizio con la costruzione del molo romano che ostacolò il normale corso delle correnti meridionali, infatti la porta orientale del *castrum* venne ostruita nel I sec. d.C. ed il fronte in erosione restituisce materiale etrusco e romano.

In età imperiale l'originaria funzione strategica decadde a favore dell'agricoltura e soprattutto della pesca, per il rifornimento delle ricche mense della Roma imperiale³. A questo periodo appartiene la villa marittima i cui scarsi resti sono visibili subito fuori della porta NW del *castrum*. Il centro marittimo entrò in decadenza nel III sec. d.C. e nel V sec. era ormai abbandonato⁴.

Documenti antichi testimoniano l'attività del porto durante il Medioevo ed il Rinascimento per l'esportazione di legno e grano e l'importazione dei minerali di ferro dall'Elba. Le prime fortificazioni medievali, con la costruzione della "torre saracena", risalgono probabilmente al X-XI sec., quando i Conti della Tuscia controllavano gran parte della fascia costiera a N di Roma (DE ROSSI, 1971) mentre il castello fu eretto fra il XIV ed il XV sec. All'inizio del XVI sec. Leone X fece ripulire il porto dai sassi e dal fango. Nella prima metà del XVII sec. lo storico tedesco Luca Holstenio (bibliotecario della Biblioteca Vaticana) descrive il porto il cui "molo e fondamenta, strutture ammirevoli, emergono ancora dal fondo ma sotto il livello del mare, mentre tutto il resto che era sopra l'acqua è crollato ed è stato consumato dalla

¹ Lo strato archeologico romano appare in sezione come tre strati di terra grigio-nerastri lungo la scarpata W del castello, inoltre tre fognature romane hanno il loro sbocco a livello della spiaggia ai piedi della scarpata (PROTANI & FRAU, 1988).

² Esse erano sormontate da colonne e portici come descrisse L. Holstenio ancora nel 1666.

³ Una sorte analoga toccò infatti in quel periodo alle colonie marittime di *Castrum Novum*, Anzio e Terracina ed alle loro coste su cui sorsero tanti impianti legati all'industria del pesce.

⁴ Nel 297 d.C. la località prese il nome di S. Severa in onore della santa che vi fu martirizzata.

violenza dei flutti; tuttavia è possibile recuperare il porto ripulendone il fondo dalla sabbia perché è ancora abbastanza profondo". Ai primi del '900 il fondale a 500 m da riva era profondo solo 5 m, forse a causa del crollo delle rovine antiche (ZERI, 1905).

22. TORRE FLAVIA

La torre di origine medievale, ma completamente restaurata intorno al 1567, ha le fondamenta sui resti di un edificio romano¹. Essa fu posta già dall'inizio sulla "marina" (DE ROSSI, 1971) ed effettivamente fino all'inizio di questo secolo si trovava ancora a circa 50 m dalla riva; solo nel 1935 fu raggiunta dal mare, poi la spiaggia è arretrata ancora finché nel 1971 la distanza dalla costa raggiunse gli 80 m. Recentemente si è provveduto a rallentare l'avanzata del mare con una diga di massi che, favorendo la deposizione di sabbia sul lato meridionale, ha ricongiunto il rudere alla terraferma. Occorre notare che la piana costiera alle spalle della torre in epoca romana venne messa a coltura mentre oggi risulta impaludata, evidentemente per la mancata regolazione dei canali (SCHMIEDT, 1972).

23. PALO

Alsium, l'odierna Palo, venne fatta colonia romana nel 247 a.C. dal territorio tolto a *Caere*, di cui rappresentava uno dei porti. Le fonti storiche e gli itinerari permettono di localizzarla in corrispondenza di Palo, inoltre il suo territorio fu noto come luogo di villeggiatura, sede di numerose ville già in età repubblicana ed ancora fin verso la fine di quella imperiale. Il castello è il risultato della trasformazione da torre (XII sec.) a *castrum* (XV sec.) fino a Palazzo signorile (XVI-XVII sec.), analogamente ai castelli di S. Marinella e di S. Severa (DE ROSSI, 1971).

Il porto di *Alsium* (come riporta la pianta del Cingolani della fine del XVII sec) è testimoniato a NW del castello da un molo curvilineo in calcestruzzo, con paramento originario in *opus reticulatum*; esso risulta attualmente inglobato in un pontile moderno. All'interno del bacino portuale si trova una peschiera rettangolare impostata con il lato lungo sulla riva e delimitata sugli altri lati da muri in calcestruzzo; la sommità di questi ultimi è ricoperta da un livello di tegole e scaglie regolari disposte secondo un piano orizzontale mentre il muro meridionale presenta una crepidine continua sul lato interno (GIACOPINI *et alii*, 1994). La vasca era in comunicazione col mare attraverso una serie di tagli obliqui ricavati nel muro occidentale: ciò non garantiva la circolazione idrica necessaria all'allevamento ittico, ma probabilmente era sufficiente per la stabulazione momentanea del pesce, analogamente all'impianto di *Pyrgi*. In seguito alla trasformazione della vasca in bacino portuale ristretto, attraverso l'apertura tagliata sul lato W, una parte del muro meridionale e quello occidentale furono sfruttati come fondazione dell'elevato del molo. Le strutture marittime sono riferibili al periodo compreso fra la fine dell'età repubblicana e l'inizio dell'età imperiale.

24. TORRI DI FIUMICINO E OSTIA

FIUMICINO

La Torre Niccolina fu la prima ad essere posta a guardia del porto fluviale di Fiumicino e risale alla metà del XV sec., tuttavia l'avanzamento della costa determinò il suo declino finché

¹ Sulla spiaggia si trovavano "numerosi resti romani costituiti da muri in laterizio e in opera reticolata ed anche un pavimento in signino periodicamente ricoperto dalla sabbia" (DE ROSSI, 1968).

nel XVII sec., in seguito alla costruzione della successiva, non fu abbandonata del tutto. Attualmente si trova a circa 1.8 km dalla costa.

La **Torre Alessandrina** prese il posto della Niccolina nel 1660, quando Alessandro VII fece riaprire alla navigazione il canale, e restò in attività per almeno un secolo prima di perdere la funzione difensiva e venire inglobata nell'edificio della Dogana di Fiumicino. La distanza attuale dalla foce è di circa 1 km.

La **Torre Clementina** sostituì a sua volta la Alessandrina nel 1773 e fu distrutta durante la seconda guerra mondiale. Oggi, ricostruita, dista dal mare circa 200 m.

OSTIA

La **Torre Boacciana** fu costruita presso la foce del Tevere nel XIII sec., forse sui ruderi del faro di Ostia antica, dato che quel luogo costituiva un buon posto di vedetta; comunque, stando all'epoca dell'edificio, doveva trovarsi già piuttosto arretrata rispetto alla linea di riva. La postazione perse definitivamente la sua utilità in seguito allo straripamento del Tevere del settembre 1557 che causò un avanzamento della riva di circa 1 km. L'attuale distanza dal mare è di circa 3.9 km.

La **Torre di S. Michele** (cfr. Fig. 7.6) fu costruita sulla costa nel XVI sec.¹ su progetto di Michelangelo ed inaugurata nel 1568²; per la robustezza costruttiva e la posizione strategica era ancora in uso nel secolo scorso, tuttavia oggi dista dalla costa circa 1.5 km.

25. PORTUS

L'idea di dare a Roma un porto degno della sua grandezza e in grado di assicurare i rifornimenti ad una città di quasi tre milioni di abitanti fu concepita già da Giulio Cesare, ma soltanto nel 42 d.C. l'imperatore Claudio diede inizio ai lavori che furono completati nel 66 da Nerone. La scelta del sito presso la foce del Tevere fu condizionata essenzialmente dalla vicinanza alla città e dalle dimensioni del bacino: l'ipotesi di allargare gli impianti già esistenti di una delle colonie marittime vicine fu scartata infatti o per l'eccessiva distanza come nel caso di Terracina, o per l'impossibilità di ampliamenti come per Anzio ed *Alsium*; la posizione intermedia fra mare e fiume offriva inoltre la possibilità di trasferire il carico dalle *naves onerariae* provenienti dalle più lontane regioni dell'impero alle *naves caudicariae* -le chiatte fluviali di stazza lorda inferiore alle 75 tonnellate- che arrivavano fin dentro la capitale. Come zona più adatta fu scelta la laguna, protetta a W da un lungo cordone litorale, che si apriva alla destra della foce del Tevere; allo scopo di proteggerla dall'insabbiamento Claudio dovette aprire diverse "fosse", una delle quali collegò il porto al Tevere, mentre solo in un secondo tempo quest'ultima fu ampliata e corretta da Traiano (dove il nome di "Fossa Traiana"). Per riparare dal maestrale il bacino naturale fra il cordone e la duna retrostante (l'attuale M. Giulio) Claudio fece erigere l'imponente molo settentrionale lungo 758 m di cui il primo tratto in blocchi di travertino tenuti insieme da grappe metalliche con sigillatura in piombo e il secondo tratto in conglomerato cementizio (scapoli di tufo e malta di calce e pozzolana) con paramento in blocchetti di tufo (SCHMIEDT, 1972).

¹ Insieme a questa Pio V ordinò con bolla papale del 1567 la costruzione o il restauro di altre torri: Tor Paterno, Tor Vaianica, di S. Lorenzo, di Capo d'Anzio, di Astura, di Foceverde, di Fogliano, Olevola, Badino.

² Come ricorda l'iscrizione che vi fu posta, ancor oggi visibile, si trovava *in litore maris*.

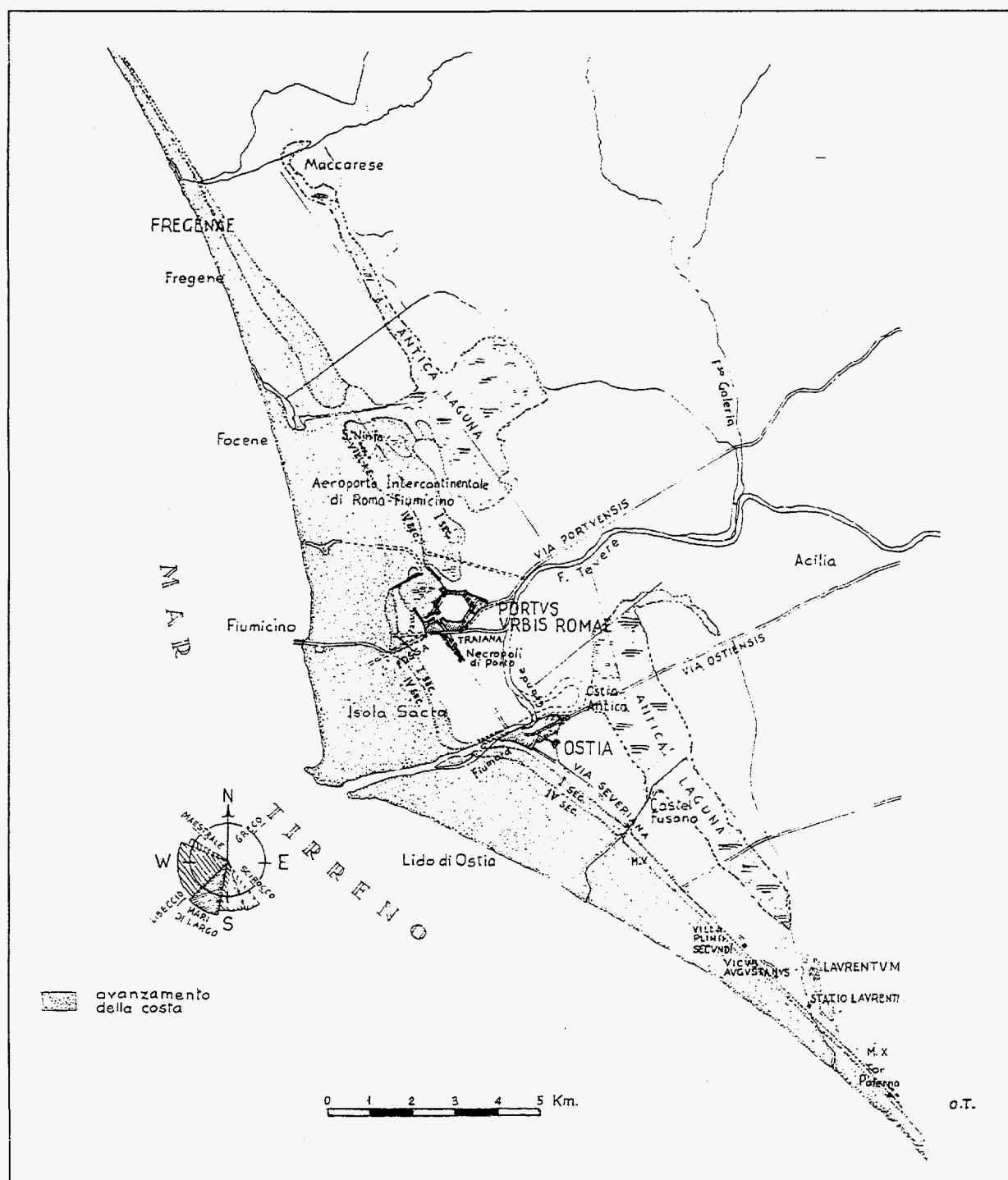


Fig. 7.19 – Ricostruzione dell'area di *Portus* ed *Ostia* in epoca romana. (Da TESTAGUZZA, 1970).

La presenza di tracce di erosione su entrambi i lati dell'estremità orientale del primo tratto testimoniano che il secondo fu eretto in un secondo tempo insieme all'isolotto del faro costituito da gettate in conglomerato¹ su un fondo di sabbia e limo consolidate da una

¹ A sostegno delle gettate fu affondata sul posto l'enorme nave con cui Caligola fece portare a Roma l'obelisco per ornare il proprio circo ai piedi del colle Vaticano, ed oggi in Piazza S. Pietro.

scogliera di sottofondazione in grossi massi di selce grigia (SCRINARI, 1960). Il bacino così ottenuto misurava circa 80 ettari ed era profondo 10 m per quasi tutta l'estensione; l'apertura verso N faceva in modo che il libeccio contribuisse a tenere pulito il fondo, tuttavia proprio a causa delle dimensioni eccezionali le mareggiate -specialmente quelle di Maestrale- agitavano l'interno con conseguenze rovinose per le navi che vi si trovavano tanto che nel 62 d.C. una di queste burrasche affondò ben duecento barche alla fonda nel porto.

Nonostante gli sforzi il bacino si insabbiò velocemente a causa dell'apporto di detriti da mare e da terra così all'inizio del II sec. d.C. Traiano cercò di recuperare l'opera facendo scavare alle spalle del porto stesso una darsena enorme: il "Porto di Traiano" aveva forma esagonale con i lati di 350 m ed era profondo circa 5 m per un'estensione complessiva di quasi 33 ettari; il canale d'ingresso e di passaggio alla Fossa Traiana fu protetto da un molo trasversale. Il porto fu collegato alla città con una strada (la via "Portuense") ed un acquedotto. Tutti i servizi di dogana e di polizia, i magazzini e gli edifici residenziali costituirono la cittadina di *Portus* che divenne così attiva da entrare presto in competizione con la colonia di Ostia da cui dipendeva amministrativamente, finché all'inizio del IV secolo non ottenne da Costantino il diritto di municipio.

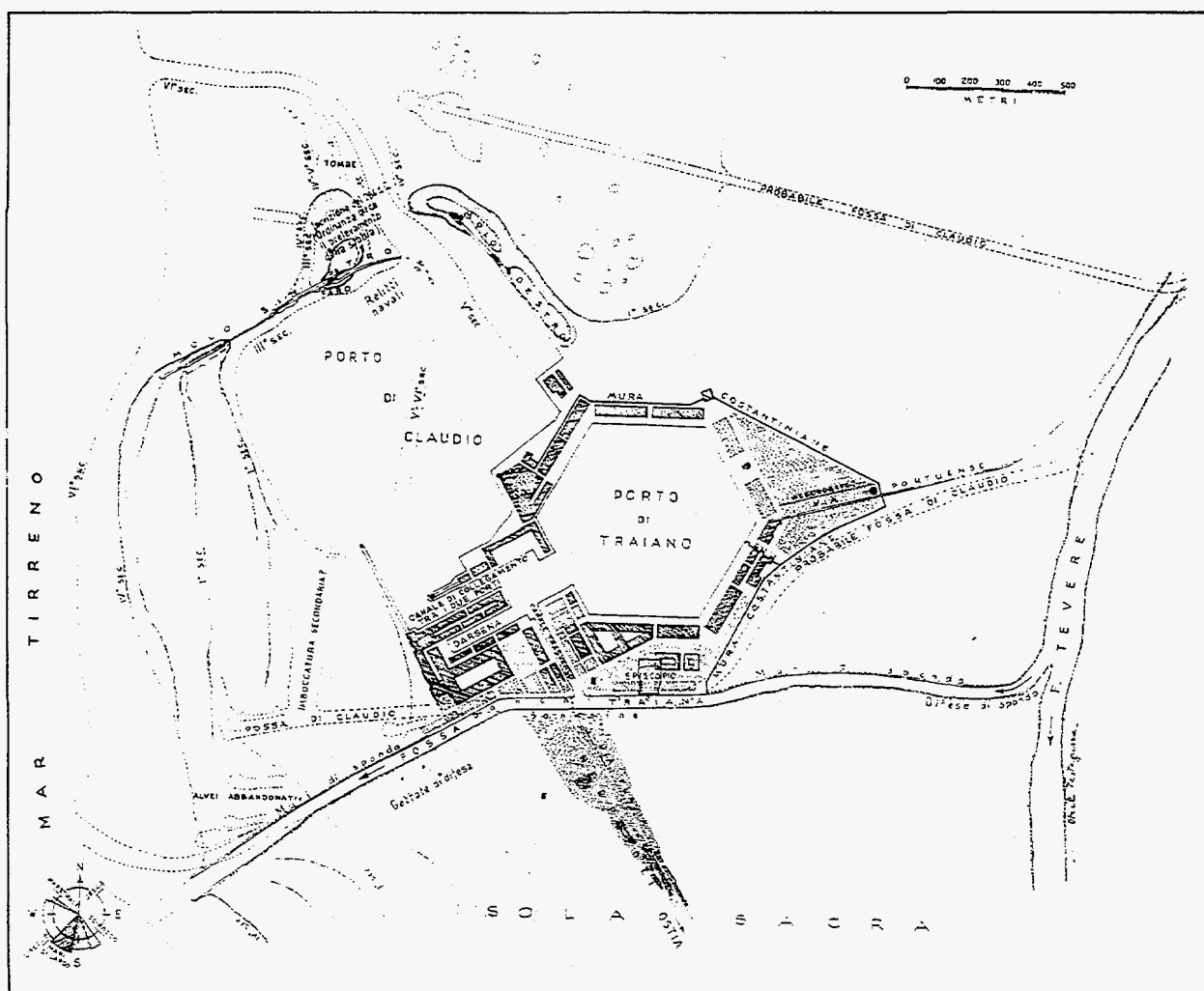


Fig. 7.20 – Ricostruzione planimetrica di *Portus* nel IV sec. (Da TESTAGUZZA, 1970).

Neanche il nuovo complesso, inaugurato nel 110 o 112 d.C. e ribattezzato *Portus Augusti* per onorare entrambi gli imperatori, ebbe molta fortuna e dovette essere ristrutturato più volte nei secoli seguenti: nel V-VI sec. d.C. a causa dell'insabbiamento del porto di Claudio fu approfondito un canale che ne attraversava il bacino dall'entrata al canale d'accesso al porto di Traiano, poi fu abbandonato anche questo a favore della Fossa Traiana. Procopio ricorda che nel 537 d.C. Capo Due Rami era a 15 stadi (2675 m) dal mare ed il porto di Traiano era ancora agibile, mentre l'ultimo evento di cui si ha notizia fu il blocco del porto operato dai Goti nel 553 d.C., poi le strutture furono abbandonate e deperirono. Nel 922 i porti erano ormai laghi privi di comunicazione col mare (SCHMIEDT, 1978). Le carte antiche testimoniano che ancora alla fine del XVI sec. il Porto di Claudio era invaso dall'acqua; nel 1636 un corso d'acqua univa il Porto di Traiano direttamente al mare sfociando poco a N del Canale di Fiumicino, mentre nel 1678 la riva aveva raggiunto ormai il molo più avanzato del Porto di Claudio e Cornelio Meyer vide entrambi i bacini "*tutti riempiti d'arene*" (FRUTAZ, 1972). L'attuale Canale Navigabile, riaperto da Paolo V nel 1613, è più stretto e profondo del tratto terminale del Tevere lungo il quale maggiore è la sedimentazione e frequente è la formazione di secche che impediscono la navigazione.

26. OSTIA

La colonia romana fu fondata nel 335 a.C. sulla foce del Tevere in seguito alla conquista di Anzio per affermare il nuovo dominio marittimo di Roma e per assicurarle la disponibilità di sale, l'insediamento infatti si trovava fra la riva sinistra del fiume ed una laguna utilizzata come salina già da Anco Marzio nel VII sec. a.C. *Ostia* accompagnò l'espansione prima militare e poi commerciale della capitale come base navale finché nel I sec. d.C. non venne sostituita dal Porto di Claudio; la città continuò comunque a svilupparsi fino al III sec., poi la concessione dell'autonomia a *Portus* segnò l'inizio del suo declino conclusosi intorno al VI secolo.

Il porto repubblicano si trovava probabilmente lungo un'ansa del fiume oggi scomparsa presso l'abitato attuale, tuttavia la sua posizione è ancora incerta. In età imperiale l'originario *castrum* repubblicano subì profonde trasformazioni urbanistiche e monumentali con l'allargamento delle vie e l'innalzamento del livello stradale di alcuni quartieri, spesso allagati dalle piene del Tevere.

27. ANZIO

La necropoli arcaica attesta l'esistenza di un insediamento già dal VIII-VII sec. a.C., poi la città fu conquistata dai Volsci nel V sec. a.C. e, quando questi nel 338 a.C. furono sconfitti da Roma insieme alla Lega Latina, fu sottomessa divenendo colonia romana. Durante tutto questo periodo e fino al I sec. d.C. la ricchezza del luogo era costituita dal porto detto *Caenon* e dall'attività commerciale favorita dalla relativa vicinanza alla capitale. Nel I sec. d.C. Nerone, nativo di *Antium*, ne rinnovò completamente il porto: la funzione strategica era infatti passata al Porto di Claudio, mentre il Porto Neroniano inaugurato nel 60 d.C. acquistò maggiore importanza per la pesca ed il turismo. Dopo essere decaduta nell'alto medioevo (V-VI sec. d.C.) la città risorse grazie ad Innocenzo XII che fra il 1698 e il 1700 fece costruire il Porto Innocenziano: motivi di ordine tecnico e politico determinarono l'abbandono del bacino precedente a favore di un porto più piccolo addossato all'antico molo orientale; il nuovo impianto però dimostrò ben presto i limiti di progetto in quanto la bocca (esposta all'Ostro ed

al Libeccio) non lo proteggeva dall'insabbiamento quindi si dovette intervenire prolungando il molo esterno di altri 60 metri ed estraendo la sabbia dal fondo ¹.

I resti del Porto Neroniano ² sono oggi quasi completamente ridotti in macerie e sommersi; solo presso la riva emergono alcuni blocchi dei due moli in *opus caementicium* composti di malte pozzolaniche e scapoli tufacei e rivestiti nelle parti emerse da un paramento laterizio. Caratteristica peculiare degli elementi *in situ* è il grande numero di cavità lasciate nel calcestruzzo dai legnami usati nella costruzione (per la tenuta delle casseforme per le gettate di calcestruzzo) e rimasti annegati in opera, in molti casi è anche possibile osservarne i resti. Il molo destro (per la cui costruzione sembra sia stata utilizzata una roccia granulosa che acquista in acqua una particolare consistenza, proveniente da una cava fra Anzio ed Astura) si allungava per 850 metri in mare dalla punta SW del promontorio verso SE, delimitando un ampio bacino chiuso ad E da un molo secondario. Questo molo fu costruito usando come fondazione una platea continua in gettata di calcestruzzo che costituiva nelle parti a mare il banchinamento e, verso terra il piano di spiccato degli edifici. Nel tratto prossimo al mare questo livello si presenta come un piano inclinato compreso fra l'alta e la bassa marea, ma in origine doveva trovarsi completamente all'asciutto: la presenza di tale piano generale, possibile piano di lavoro del molo, restituisce una quota delle banchine di circa 2 metri sul s.l.m. antico, un'altezza considerata tecnicamente sufficiente anche alle necessità moderne. Sul blocco del molo occidentale più vicino a terra si riconosce un marcapiano in malta pozzolanica fine che suggerisce la presenza di un piano di calpestio, poiché esso è steso su un livello che si trova alla stessa quota del piano pavimentale delle *grotte*. Sul marcapiano poggia il nucleo in calcestruzzo dell'elevato. La bocca fra i due moli era rivolta ad E quindi il molo occidentale era opposto alla traversia principale (Libeccio e Ponente), mentre quello orientale alla traversia secondaria (Scirocco).

28. LA SARACCA

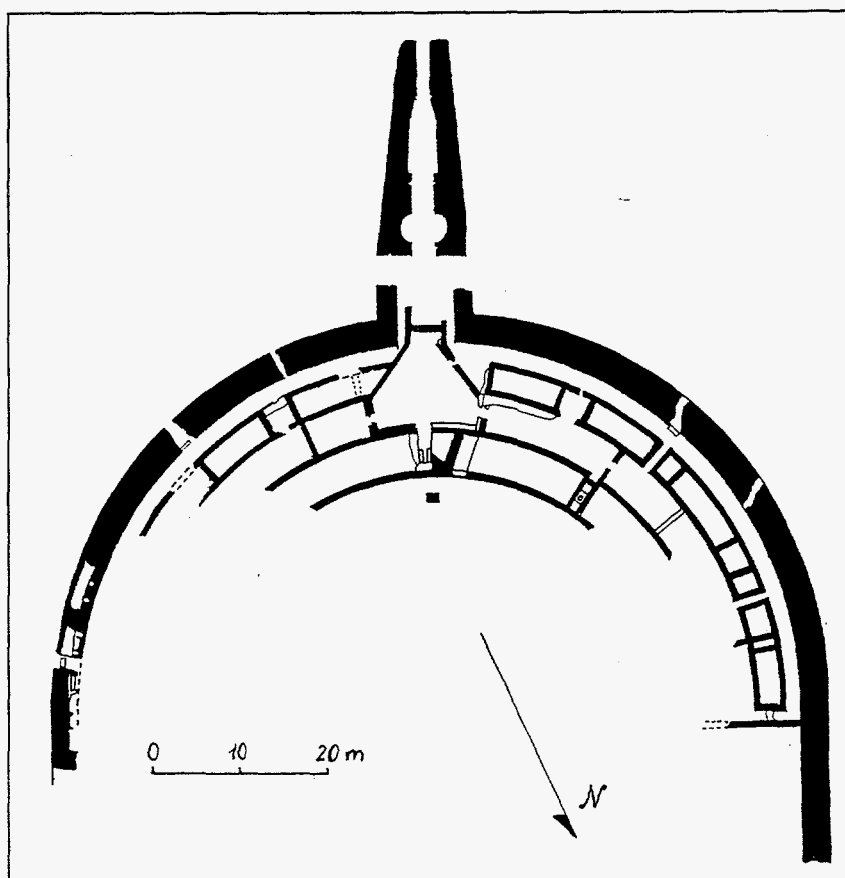
Lungo il litorale basso e sabbioso, 2 km a NW di Astura in località "La Saracca", un affioramento del substrato roccioso ospita una peschiera semicircolare con diametro di 90 m e molo esterno in muratura spesso 4.5 m. All'interno di quest'ultimo è ricavato un canale rivestito in laterizio largo circa 60 cm e profondo 30 cm che serviva per la ripartizione dell'acqua dolce nella peschiera. Un canale centrale lungo circa 40 m si protende in mare allo scopo di captare l'acqua al largo più fresca e pulita e condurla ad una vasca triangolare al centro del vivaio ³. Le vasche sono suddivise in tre ordini concentrici e separate da setti trasversali; alcuni sistemi di aperture nelle pareti provvedevano a distribuire l'acqua fresca in tutte le vasche ed a smistare il pesce attratto dall'*aquatio* durante l'alta marea. I muri divisorii sono in pessimo stato di conservazione e variamente attaccati dall'erosione inoltre la sabbia ha invaso ormai quasi tutto l'impianto, tuttavia si notano ancora in posto, incassati nelle pareti, molti dei tipici piedritti in travertino per lo scorrimento delle saracinesche.

¹ I progetti presentati per l'opera furono di due tipi: il primo tipo prevedeva di riattivare il Porto Neroniano per le dimensioni a disposizione e per la posizione favorevole, testimoniata dalla relativa resistenza nel tempo; il secondo genere, molto più economico, suggeriva di sfruttare il piccolo molo sinistro per ottenere un porto più piccolo ad E di quello antico, evitando così i problemi che avrebbe causato il recupero dell'altro molo più esposto alle correnti.

² Le osservazioni seguenti sono tratte da FELICI (1993).

³ Anche i "lavorieri" nei canali dei moderni impianti delle lagune venete, sarde e di Orbetello sono trappole a "V" destinate alla cattura dei pesci durante il loro esodo autunnale verso il mare.

Fig. 7.21 – Pianta della
peschiera de La Saracca
(Anzio). (Da PICCARRETA,
1977).



29. LA BANCA

Cinquecento metri a SE dalla precedente si trova, anch'essa su un affioramento roccioso lungo la riva, un'altra peschiera rettangolare suddivisa in due vasche da una parete centrale con apertura voltata alla base, simile a quelle di Punta della Vipera. GIACOPINI (*et alii*, 1994) riferisce di un pavimento in lastre di cotto al centro della vasca meridionale e all'interno della parete NE si conserva un caratteristico gradino lastricato in laterizi triangolari. Non si notano tracce di canali di alimentazione, ma questa funzione doveva essere assicurata da qualche apertura lungo il lato a mare oggi parzialmente distrutto. L'impianto è riferibile al periodo compreso tra la fine del I sec. a.C. e l'inizio del I sec. d.C.

30. ASTURA

La splendida villa fu costruita su un isolotto di fronte alla pineta di Astura e collegata alla terraferma per mezzo di un ponte con 16 arcate lungo 130 metri, oggi insabbiato a causa dell'avanzamento della linea di riva: l'isola infatti si è unita alla terraferma nella prima metà del secolo scorso ed attualmente è un promontorio sulla cui fronte a mare si conservano ancora il castello, la peschiera e qualche traccia del porto. La villa, rifornita da un acquedotto ricavato nel ponte, occupava l'intera isola ma oggi non ne resta che qualche volta di sostegno delle terrazze affacciate sul mare.

Tutto intorno al corpo dell'edificio si trovavano le vasche rettangolari e romboidali della peschiera risalente agli ultimi anni della repubblica o ai primi dell'impero (PICCARRETA, 1977). Il molo esterno rettangolare (con dimensioni di circa 150×120 m) è tagliato in vari punti e presenta delle vasche strette ed allungate al proprio interno. All'esterno del molo meridionale

una vasca quadrata con vari scomparti costituiva l'avancorpo dell'impianto. L'alimentazione era assicurata da due canali che si aprivano lungo il lato SW dell'avancorpo meridionale, oltre ad alcune aperture controllate da chiuse multiple ed altre che, ricavate ad una certa altezza rispetto al livello marino, consentivano l'ingresso dell'acqua a caduta in casi di mare mosso (GIACOPINI *et alii*, 1994). Due file doppie di vasche rettangolari isolavano i due corridoi di collegamento fra la peschiera addossata alla villa ed il mare aperto.

Dall'avancorpo si staccava il molo meridionale del porto che, stando a ZERI (1905), ricorda quello di Civitavecchia: infatti il molo principale, lungo ed arcuato, era continuo mentre quello più piccolo sul lato settentrionale presentava tre aperture ad arco e la bocca d'entrata-rivolta a Scirocco- era protetta da un antemurale che affiora ancora oggi a circa 300 metri da riva.

La fortezza fondata sull'avancorpo della peschiera ha attraversato diverse fasi costruttive dall'originaria torre medievale ¹ fino a diventare, con le modifiche della seconda metà del XVI sec., un vero e proprio castello. L'ingresso sul lato N, secondo lo schema medievale, doveva essere sopraelevato e raggiungibile con una scala amovibile in corrispondenza di un ponte-passerella di legno verosimilmente poggiato sugli orli delle vasche centrali della antica peschiera, tale accesso fu chiuso nel XVI sec. quando fu aperto quello sulla parete est e costruito il relativo ponte sopraelevato (DE ROSSI, 1971).

31. PISCINA DI LUCULLO

La Piscina di Lucullo è situata a poche decine di metri dalla riva sinistra dell'emissario meridionale del Lago di Sabaudia, presso Torre Paola; essa fu costruita fra la fine dell'età repubblicana e l'inizio dell'età imperiale, ma presenta alcune modifiche dell'epoca di Domiziano (ultimo decennio del I sec. d.C.).

Si tratta di una peschiera circolare con diametro di 32.5 metri protetta da un muro esterno rinforzato da pilastri perché depressa rispetto al piano campagna. Dall'emissario del lago proviene un canale d'alimentazione in parte coperto, in lieve pendenza verso la piscina e munito di saracinesche. Il vivaio è suddiviso in quattro vasche disuguali a settore circolare ed una centrale circolare più piccola del diametro di 5.15 metri; le vasche hanno una profondità media di 2.60 m (max 2.90 m, min 2.45 m) dalla sommità delle pareti divisorie ². Tutte le pareti, che emergono oggi da 15 a 20 cm s.l.m., presentano delle aperture di cui la più superficiale si trova a -44 cm s.l.m. e sono caratterizzate da un gradino situato al di sotto delle aperture (da 1.10 a 1.25 m al di sotto dei muri). Un terrazzo sovrasta la vasca maggiore formando tre gallerie a volta interamente sommerse, di cui la più lunga misura quasi 10 metri, adibite al riparo dei pesci nelle ore più calde ³. Due piccole vasche laterali (profonde l'una 1.80 m e l'altra 2.75 m) sono poste a cavallo fra le tre minori al di fuori del perimetro. Caratteristiche sono le anfore che, murate nelle pareti con il collo rivolto all'esterno, servivano ad imitare gli anfratti naturali del fondo roccioso perché i pesci vi facessero la tana. Sul fondo della vasca occidentale sgorga ancora oggi una sorgente naturale tiepida che poteva contribuire a creare condizioni favorevoli all'allevamento ittico oltre che al mantenimento del livello dell'acqua.

¹ Essa fu posta di vedetta per la difesa di un nucleo abitato la cui presenza è testimoniata da alcuni documenti del XI-XII sec. (DE ROSSI, 1971).

² GINETTA CHIAPPELLA (1965) ha realizzato uno studio accurato della peschiera con lo svuotamento del bacino per il rilievo.

³ "... quae protegant refugientis ardorem solis ..." (COLUMELLA, XVII, 6).

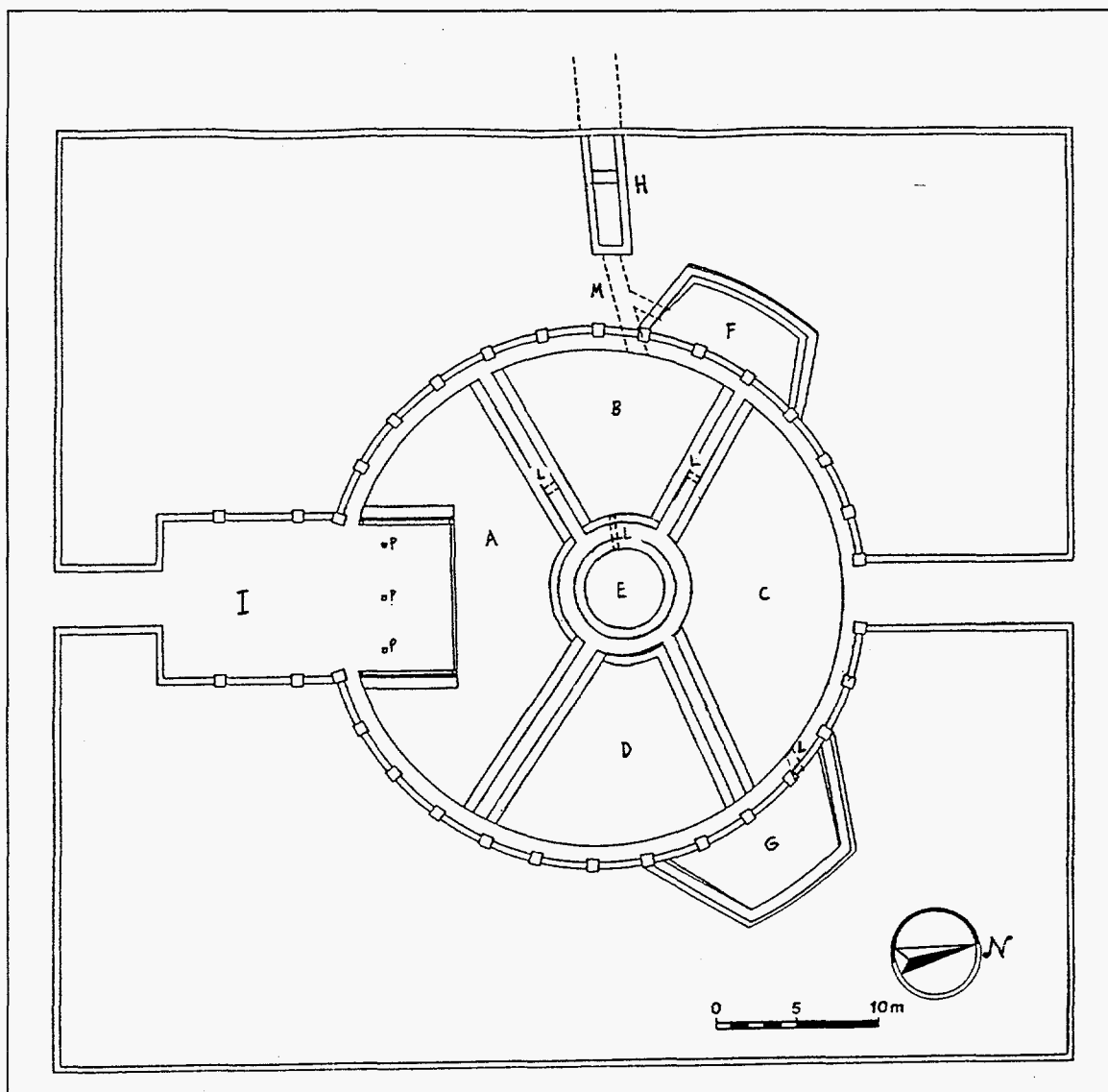


Fig. 7.22 – Pianta della **Piscina di Lucullo** (Sabaudia). (Da SCHMIEDT, 1972). LEGENDA: A-G) vasche, H) canale d'alimentazione (tratto scoperto), I) "terrazza", L) cunicoli di comunicazione fra le vasche, M) canale d'alimentazione (tratto interrato), P) pozzetti.

32. TORRE PAOLA

Reperti ossidianici delle vicine stazioni neolitiche di Selva Piana e La Casarina testimoniano un'antica frequentazione da questi lidi verso l'isola di Palmarola dove si trova l'unico giacimento di ossidiana di questa regione

Alla fine del I sec. a.C. il Lago di Sabaudia fu collegato al mare da un canale tagliato nelle dune lungo 700 m e largo 16 m la cui entrata era protetta da due moli rettilinei, il canale servì sia da porto che da regolatore del livello del lago. Del molo romano settentrionale FELICI (1993) riconosce che la testata fu realizzata reimpiegando grossi crolli di calcestruzzo coricati sul fondale marino come fondazione. Il porto canale di *Circeii* fu toccato probabilmente dalla via Severiana costruita nel II sec. d.C. e dovette restare attivo fin verso la fine dell'impero romano. Nel 1721 i moli furono restaurati ed innalzati da Innocenzo XIII.

33. FOSSA AUGUSTA

Durante i primi anni dell'impero romano la navigazione si affermò come il mezzo di trasporto più rapido e sicuro ed è per questo motivo che a quell'epoca risale la costruzione dei maggiori porti dell'antichità. L'attenzione dei governanti in quel periodo si rivolse anche alla soluzione dei problemi connessi alla navigazione in mare (tempeste e correnti) cosicché Nerone concepì il progetto della Fossa Augusta: un canale navigabile che (come narra SVETONIO) collegando tutti i laghi costieri dall'Averno ad Ostia facilitasse i trasferimenti via mare da Napoli a Roma al riparo dalle tempeste e dalle correnti costiere.

Di questo progetto grandioso resta una traccia sul versante interno del M. Circeo: il canale, largo 18 metri e profondo 4, era protetto da due banchine su cui correivano le strade per il traino delle imbarcazioni (SCHMIEDT, 1970). Il percorso doveva collegare il porto di Torre Paola ad W con l'attuale Rio Torto ad E per una lunghezza superiore a 5 km. La parte orientale della fossa potrebbe corrispondere proprio all'ultimo tratto del Rio Torto, mentre verso Torre Paola sembra che si dividesse in due rami: uno più esterno per il porto-canale ed uno che puntava al "Braccio della Bagnara".

34. TERRACINA

La posizione favorevole del rilievo calcareo rispetto alla pianura circostante ed al mare determinò la fortuna del sito già alla fine del paleolitico superiore, quando durante il "Dryas II" il livello del mare più basso di alcuni metri rendeva la piana costiera più larga di oggi: in quel periodo un nucleo di cacciatori-raccoglitori occupò le grotte del "Riparo Salvini", datato con il radiocarbonio 12400 ± 170 anni B.P. (MANTERO, in AVELLINO *et alii*, 1987).

Furono forse gli Spartani a fondare sulla rocca la colonia di *Anxur* ed a costruire il maestoso tempio che dominava il mare. In seguito al ritiro dei Greci la città passò ai Volsci ed in questo periodo la fertilità della terra fu assicurata dal lavoro dell'uomo: PLINIO (*Historia Naturalis*, III, 59) narra infatti che le Paludi Pontine non erano sempre esistite, ma occupavano il posto di ben ventiquattro città; in epoca volsca (VI-IV sec. a.C.) la Pianura Pontina appare popolata, fertile e ricca e non viene mai appellata come Palude Pontina (DE LA BLANCHÈRE, 1884). L'agricoltura fiorente favorì lo sviluppo del commercio e ciò rese necessaria la costruzione di uno fra i primi porti regolari dell'Italia centrale: ciò accrebbe l'attività agricola che si estese ai versanti delle colline coltivati ad ulivi e viti¹.

Il porto fu fondato sulla spiaggia presso l'abitato: i due moli poggiavano su una scogliera di fondazione di enormi massi calcarei gettati in mare e racchiudevano un bacino ellittico con perimetro di 1160 m per un'area utile di circa 11.7 ettari; la bocca d'entrata era rivolta a NE, protetta dall'altura ed a debita distanza dalla foce dell'Ufente (DE LA BLANCHÈRE, 1884).

Nel 406 a.C. la città volsca fu conquistata dai Romani che ne fecero una delle prime colonie marittime col nome di *Tarracina*. Alla conquista romana seguì lo spopolamento della pianura: l'equilibrio mantenuto per diversi secoli fu interrotto e la terra fino ad allora abitabile perché regimata e coltivata divenne una palude malsana. Allora il porto da commerciale diventò militare e la costruzione della Via Appia nel 312-308 a.C. accrebbe l'importanza strategica della colonia dal momento che fra Roma e Capua la via toccava il mare solo in questo punto. Nei secoli seguenti comunque il centro marittimo subì un inesorabile declino: nel I sec. d.C. il porto era inagibile -tanto che le navi si tiravano sulla spiaggia- e le paludi avevano ormai conquistato tutto il territorio. L'unica opera portata a termine fu lo scavo di un canale a

¹ Queste viti producevano un vino pregiato chiamato *Cecubo*.

fianco della via Appia allo scopo di abbassare il livello dell'acqua che ne comprometteva la stabilità. Occorre giungere alla fine del I sec. d.C. perché, sotto l'imperatore Traiano, si procedesse al restauro della via e del quartiere della *Marina*, allora la città si espanse nelle *Arene*, tuttavia solo nella seconda metà del II sec. d.C. gli imperatori Antonini curarono la sistemazione definitiva con un nuovo foro, magazzini portuali, terme ed un anfiteatro.

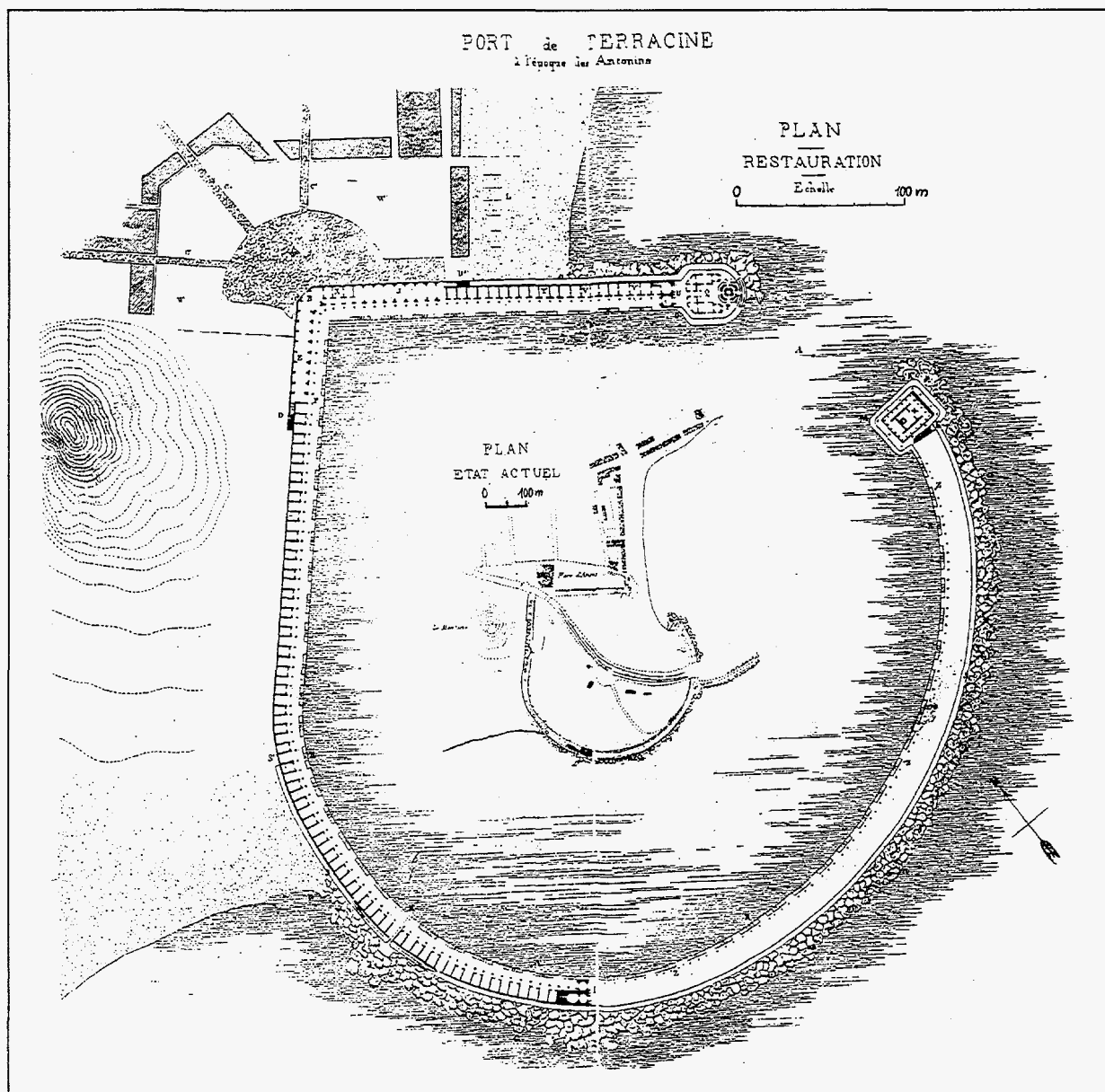


Fig. 7.23 – Ricostruzione del porto di Terracina all'epoca degli Antonini (II sec. d.C.). (Da DE LA BLANCHÈRE, 1881). LEGENDA: A) bocca d'entrata del porto, B) porta del porto, C) vie antiche, D) scale per l'accesso al piano rialzato della banchina, E) portico d'entrata, F-I) magazzini, G) scogliera, H) sfioratoio (?), K) bitte d'ancoraggio, L) spiaggia, M) tempio, P) faro, Q) capitaneria, S) scogliera emersa, U) entrata ai magazzini, W) piazza, X) guarnigione militare, Y) alloggi degli ufficiali, Z) colonnette d'ormeggio.

Per il recupero del porto furono spianate le solide fondamenta e al di sopra si elevarono dei possenti moli con una sessantina di banchine ribassate¹ per l'approdo ed il trasferimento delle merci, il piano superiore invece ospitava per quasi tutto il perimetro magazzini, uffici e -sul lato NE- gli alloggi della guarnigione militare. L'estremità curva del molo S, quella che si spingeva in mare, era priva di costruzioni ma il lato interno della banchina era munito di colonnette d'ormeggio. Il lato a mare del molo S fu rinforzato con una scogliera inclinata rivestita in opera incerta di blocchetti calcarei che terminava con una piccola parete verticale, non più alta di 20 cm, rivestita in opera reticolata. Il bacino fu riscavato e la sabbia accumulata formò "il Montone".

Vennero ricostruite entrambe le testate dei moli e vi si elevarono rispettivamente un tempio a Venere ed un faro con annessa capitaneria. All'estremità opposta all'entrata si ricavò un intaglio (largo 1.10 m) nello spessore del molo allo scopo di smaltire le acque in eccesso. L'opera era complessivamente piacevole e funzionale ma l'impiego di materiali di costruzione vari e di scarsa qualità ne determinò la rovina precoce.

In epoca non ben precisata, forse nel IV sec. d.C., si fece arrivare nel porto un corso d'acqua derivato dall'Ufente (il "Fiumicello di Terracina") il quale però, a causa dell'ostruzione della bocca d'entrata, non fece che accelerare l'insabbiamento del bacino; alla fine del XIV sec. si tentò di far defluire le acque stagnanti aprendo due brecce nel molo e il canale, riattivato poi da Pio VI alla fine del 1700 in occasione della parziale bonifica, prese il corso attuale.

35. VILLA DI TIBERIO

Presso la Villa di Tiberio, circa 2 km a S di Sperlonga, si trova lo splendido ninfeo dell'imperatore ricavato all'interno di una grotta costiera e in diretto collegamento con la villa di cui doveva costituire il triclinio all'aperto. L'analisi delle strutture e dei colossali gruppi scultorei² di cui era ornata la grotta ha permesso di riferire la nascita della residenza marittima agli ultimi anni dell'età repubblicana.

Il grande bacino rettangolare presenta al centro un settore emerso affiancato dal vivaio vero e proprio: quest'ultimo è composto da quattro vasche rettangolari (m 4.75×3.50) comunicanti con l'esterno attraverso sei aperture dotate di chiuse. Nelle pareti delle vasche e lungo il lato N della piscina sono murate delle anfore fin quasi al livello di calpestio³. L'alimentazione di acqua salata delle vasche avveniva attraverso la piscina esterna: sul lato E due canali affiancati, uno di adduzione leggermente sopraelevato⁴ ed uno di uscita leggermente in discesa garantivano il collegamento col mare aperto mentre sul lato W uno sfioratoio ed un canaletto di scolamento ricavato nel molo della piscina servivano all'eliminazione dell'acqua in eccesso verso il tratto allagato fra la villa ed il molo frangiflutti antico (ora coperto da quello moderno). Gran parte dell'approvvigionamento idrico comunque doveva essere assicurato dalle sorgenti interne della grotta poste nella nicchia maggiore e sul fondo della piscina stessa.

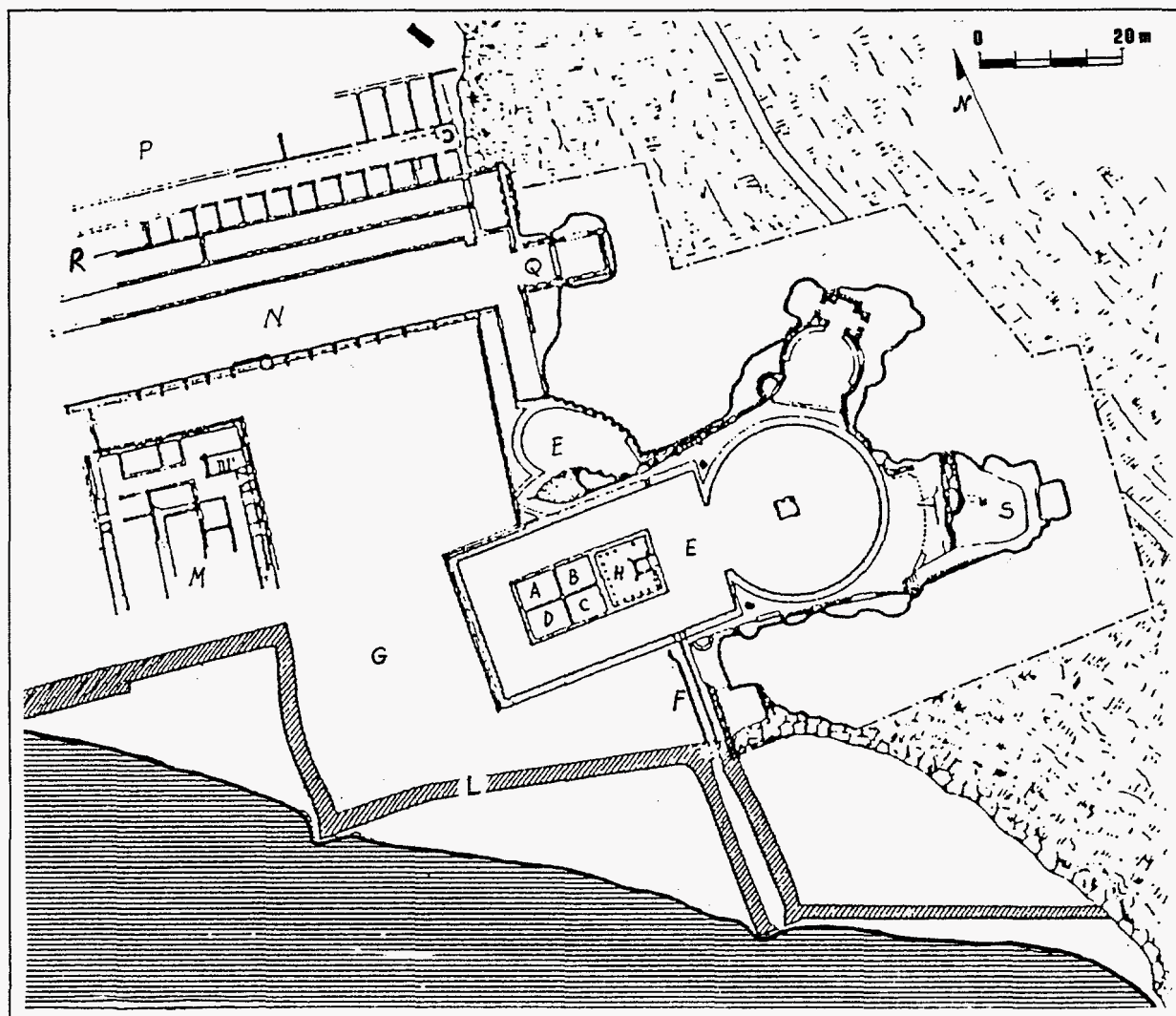
¹ Dotate di anelli d'ormeggio molto simili a quelli del Porto di Traiano, a Fiumicino.

² Autori delle opere furono gli scultori di Rodi Atenodoro, Agesandro e Polidoro, gli stessi del Gruppo del Laocoonte conservato ai Musei Vaticani.

³ Come nella Piscina di Lucullo (vedi).

⁴ CICCONE (in stampa) ne suggerisce la provenienza da un serbatoio d'acqua marina posto sul fianco della collina ed alimentato da un sistema di sollevamento dell'acqua dal mare.

Fig. 7.24 – Pianta della Villa di Tiberio (Sperlonga). (Da JACOPI, 1963). LEGENDA: A-D) vasche della peschiera, E) piscina, F) canali d'alimentazione (?), G) bacino chiuso, H) triclinio, L) resti del molo di protezione inglobati nel muro di cinta dell'area archeologica, M) padiglione imperiale, N) viale, P) cortile, Q) ninfeo, R) edifici ad uso abitativo, S) sorgente in grotta.



Recentemente CICCONE (in stampa) ha proposto un'interpretazione del complesso residenziale basata sulla presenza di un'antica laguna costiera fronteggiata da più ordini di cordoni sommersi: data questa morfologia sottomarina la costa, una volta protetta dalle onde, poteva ospitare la banchina portuale a gradoni col fronte direttamente in mare di cui resta qualche traccia dei muri di contenimento sulla spiaggia circa 200 m ad W della grotta.

Il tratto allagato fra la grotta e la banchina sarebbe stato racchiuso da un lungo molo formato da blocchi cementizi a malta idraulica sul quale poggia il muro moderno dell'area archeologica: questo impianto doveva fungere da via di deflusso per le acque in eccesso della peschiera e dei giochi d'acqua ad essa connessi sfruttando la corrente uscente indotta dalle correnti lungocosta (Fig. 7.25).

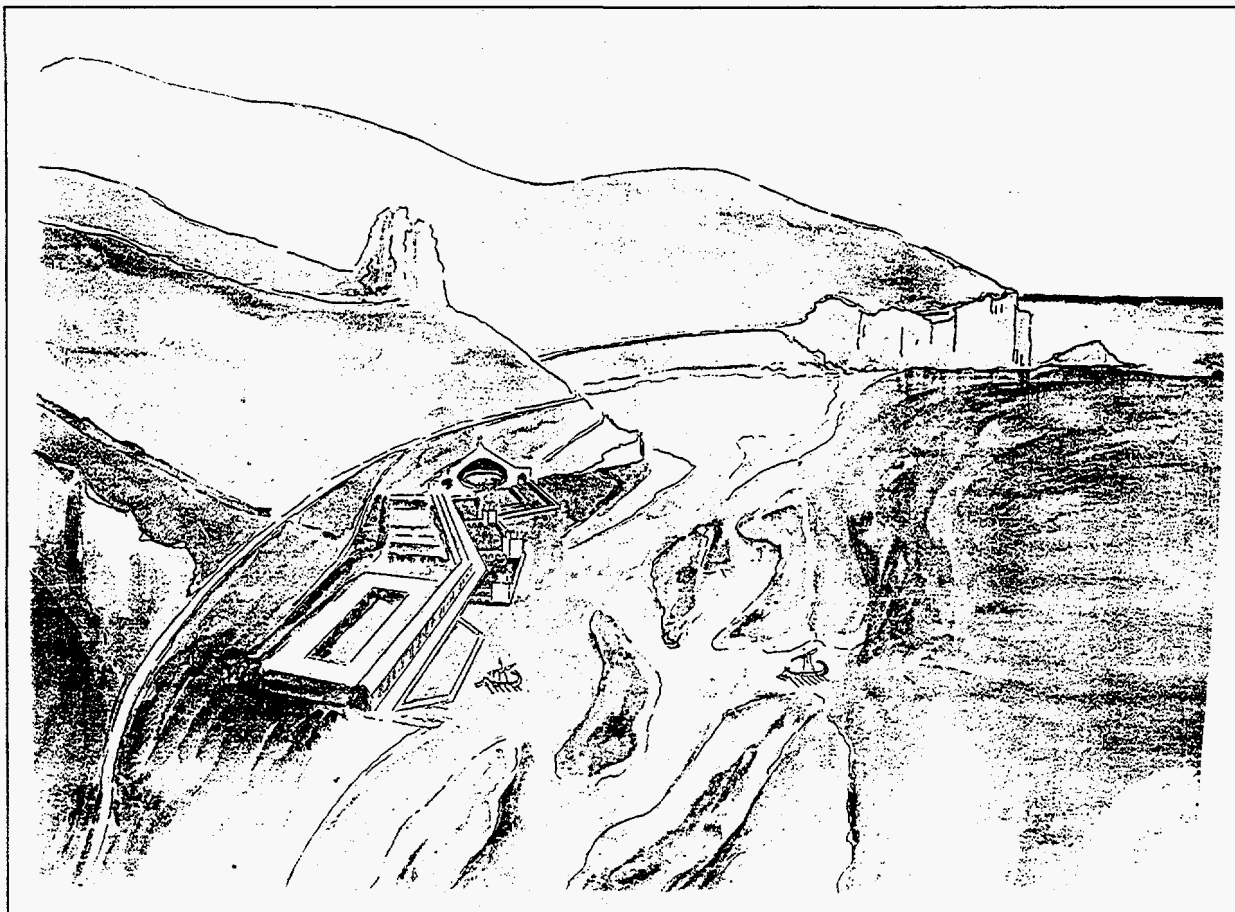


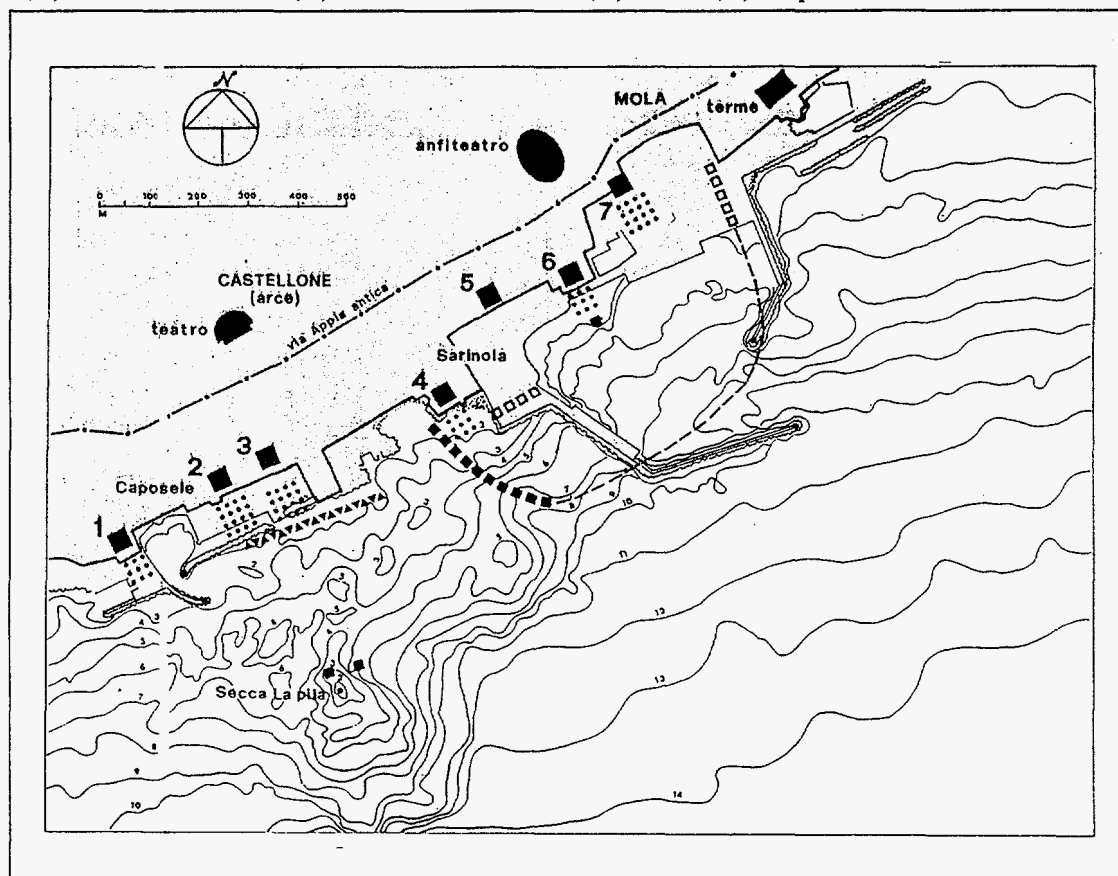
Fig. 7.25 – Panoramica aerea della Villa di Tiberio (Sperlonga) verso SE nella ricostruzione di CICCONE (in stampa).

36. SARINOLA

Lungo il litorale di Formia si trovano i resti di numerose ville marittime spesso fornite di peschiere, ma solo quella di “Sarinola”, all’interno del porto attuale, si è conservata abbastanza da permetterne ancora oggi il rilievo. La peschiera della fine del I sec. a.C./inizio I sec. d.C. si trova ai piedi della recente via litoranea che ne ha coperto la parte più interna e la separa dal Giardino Comunale, a sua volta costruito sulle sostruzioni della retrostante villa marittima repubblicana. Lo spesso molo rettangolare (60×30 m) racchiude tre bacini di cui i due laterali -romboidali- presentavano le aperture verso mare caratterizzate da *cataractae* accoppiate che scorrevano in due paia di scanalature intagliate nel canaletto attraverso il molo stesso: delle *cataractae* quella esterna doveva essere cieca per regolare il flusso d’acqua mentre quella interna con fori calibrati lasciava entrare il novellame senza far uscire i pesci allevati.

Stando a diverse testimonianze antiche Formia disponeva anche di un porto, attivo almeno fin dal II sec. a.C., i cui resti potrebbero riconoscersi in un allineamento sottomarino di otto blocchi cementizi, forse le *pilae* di un molo ad arcate, a partire dal cosiddetto “Muro di Nerva” e per un tratto curvo di circa 300 m verso SE; a questo supposto molo di sopraflutto doveva far riscontro un molo minore sul lato opposto della “Spiaggia di Mola” ma l’area -ormai terraferma- è occupata dal piazzale del porto odierno (CICCONE, 1991).

Fig. 7.26 –Planimetria dell'area urbana dell'antica Formia. (Da CICCONE, 1992). LEGENDA: tratto marcato: antica linea di costa; tratteggio: area portuale; quadrati: ville; puntini: peschiere; quadratini neri: *pilae* sommerse; quadratini bianchi: *pilae* sepolte; triangolini: scogliera sommersa. 1) "Scuola di Cicerone, 2) Villa Caposele, 3) c/o P.zza della Marina, 4) "Grotte di S. Erasmo", 5) sotto P.zza della Vittoria, 6) Sarinola, 7) "Caposelice".



37. GIANOLA

L'intero promontorio di Torre Gianola è occupato dai resti di una villa romana della fine del I sec. a.C. estesa su di un'area di circa 12 ettari, probabile proprietà del ricchissimo Mamurra cui doveva appartenere anche il vasto retroterra agricolo fino alla via Appia. La pianta della villa, ordinata secondo tre livelli di terrazzi e portici, si sviluppava in due ali simili a partire da un ninfeo ottagonale posto presso la sommità della collina (ad una quota di 37.5 m s.l.m.; CICCONE, 1991): il livello inferiore occupa un terrazzo d'abrasione fra i 7 ed i 10 m s.l.m. che termina con la scogliera; alcune murature di incerta utilizzazione si trovano ancora più in basso fino al di sotto del livello del mare: potrebbero rappresentare i resti di un approdo protetto o darsena oppure le sostruzioni della terrazza soprastante o infine resti di edifici ormai cancellati dal mare¹. Nell'insenatura occidentale si trova una peschiera i cui pochi resti sono stati inglobati nel porticciolo moderno (costruito nel 1930). Sul lato orientale del bacino sono ancora visibili due moli paralleli in calcestruzzo con un gradino ribassato e rivestiti in *opus reticulatum* mentre sul lato opposto sgorga una piccola polla d'acqua dolce; una vaschetta

¹ Quest'ultima ipotesi si scontra però con l'apparente assenza di blocchi crollati e sommersi, anzi la scogliera subverticale prosegue in acqua per due metri circa e si raccorda bruscamente ad un fondale sabbioso in lieve pendenza.

quadrata con muri in conglomerato si trova presso il margine interno del lato W. È probabile che in origine il bacino occupasse un'area ben maggiore verso terra e che ospitasse al proprio interno strutture di distribuzione dell'acqua dolce della sorgente e di un eventuale fiumicello proveniente dall'interno.

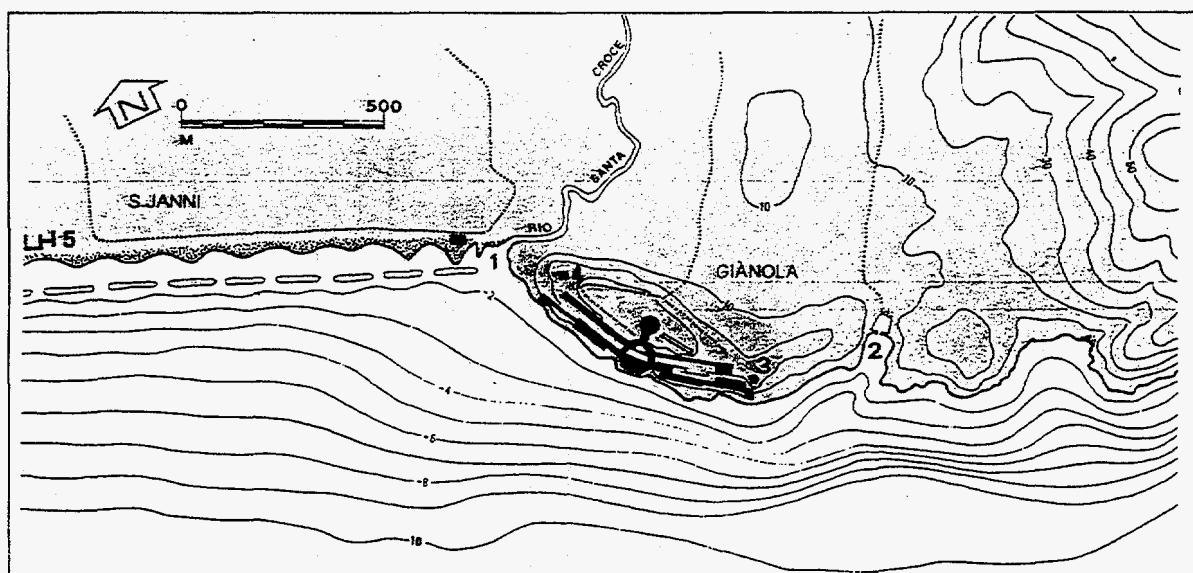


Fig. 7.27 – Ricostruzione dei resti archeologici sul promontorio di **Gianola** (Formia). (Da CICCONE, 1994).
 LEGENDA: 1) ansa di Piscinola, 2) "Porto di Gianola" (peschiera), 3) Torre Gianola (distrutta), 4) Torre Foce, 5) villa in S. Janni (sagoma simbolica); in nero la sagoma stilizzata della villa di Gianola.

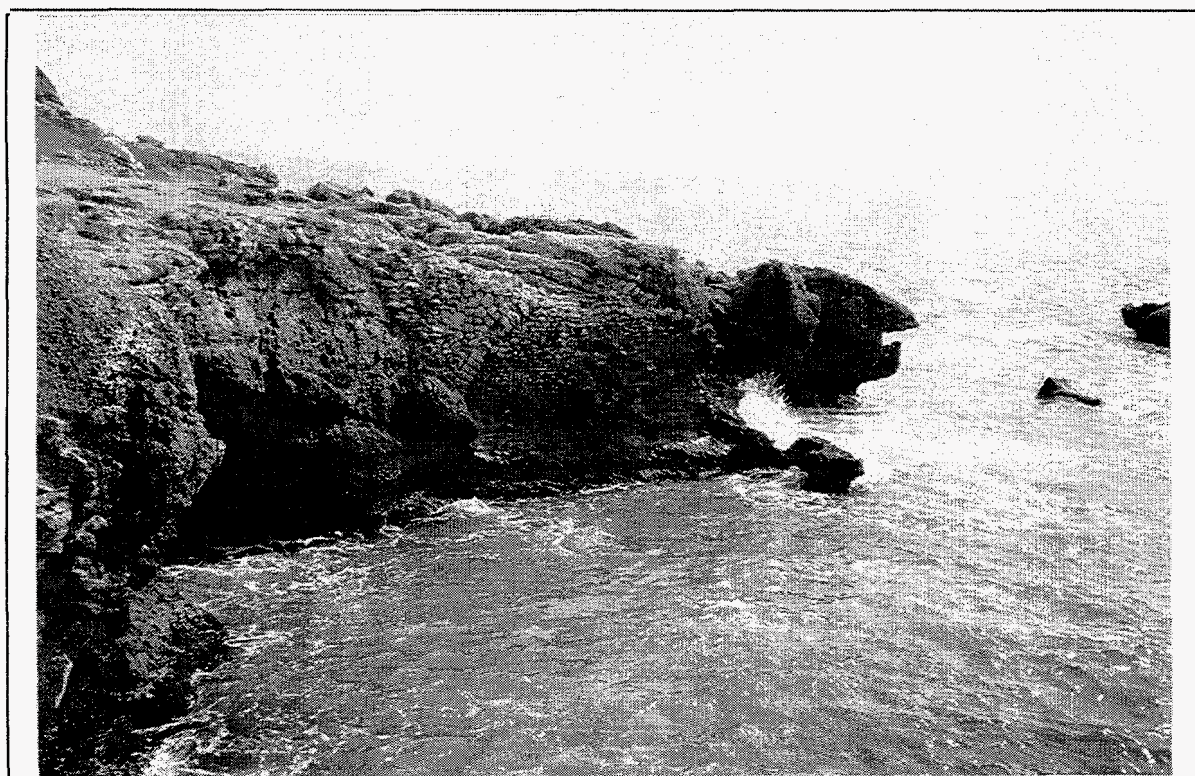


Fig. 7.28 – **Gianola**: resti di una delle volte di sostegno alla terrazza inferiore.

8. INDICATORI ARCHEOLOGICI DELL'ANTICO LIVELLO DEL MARE

In questo capitolo si esaminano le strutture che nel corso dell'indagine si sono rivelate in qualche modo significative ai fini della ricostruzione dell'antico livello del mare; vengono discussi inoltre i dati presenti in bibliografia e la loro attendibilità.

8.1 CRITERI DI INTERPRETAZIONE

L'esame critico dei manufatti ci ha portato a considerare la maggiorparte dei dati come indicativi non di una quota esatta ma di un limite -inferiore o superiore a seconda dei casi- oltre il quale l'oggetto avrebbe perso la propria funzionalità. Considerando un margine di sicurezza rispetto alle massime alte maree di 20 cm in più o in meno rispetto al livello medio del mare (vedi Par. 3.4), gli oggetti più rappresentativi sono risultati così suddivisi:

	oggetti quotati	presunta Quota Antica [cm s.l.m.m.]
PESCHIERE	crepidini superiori	> +20
	crepidini inferiori	< -20
	marcapiani lastricati	> +20
	cunicoli d'alimentazione	< -20
	cunette di scolmamento	≥ 0
	sfioratoi	~ +20
PORTI	piani di banchina	~ +200
	marcapiani base-elevato	~ +200
	massicciate dei moli	~ 0
	traverse delle casseforme	> 0
ABITATI	piani di calpestio	> +20

- le CREPIDINI SUPERIORI dovevano essere sempre almeno emerse, sia che servissero di separazione fra le vasche sia al passaggio del personale di servizio; i dati relativi a questa classe di oggetti si riferiscono sempre ai punti più alti e dallo stato di conservazione migliore;
- le CREPIDINI INFERIORI solo in due casi (Astura e Sarinola) sono risultate coincidenti con il piano di battuta delle saracinesche e quindi necessariamente sempre sommerse, negli altri casi invece non sono state considerate adatte a fornire indicazioni significative;
- i MARCAPIANI LASTRICATI sono piani caratteristici talvolta lastricati in laterizi triangolari, la cui destinazione d'uso doveva essere simile alle crepidini superiori;
- i CUNICOLI D'ALIMENTAZIONE garantivano l'immissione d'acqua dall'esterno e la distribuzione all'interno e poiché la manovra delle saracinesche ne regolava l'attività in nessun caso occorre che fossero emersi, quindi la loro sommità era sempre sommersa;
- le CUNETTE DI SCOLMAMENTO intagliate sulla sommità delle crepidini divisorie, necessarie evidentemente alla comunicazione fra le vasche interne, potevano trovarsi sul livello medio del mare o pochi centimetri al di sopra in modo da attivarsi soltanto durante l'alta marea;
- gli SFIORATOI intagliati nei moli esterni assicuravano lo smaltimento delle piene, cioè dell'acqua in eccesso rispetto all'alta marea, perciò dovevano trovarsi proprio in corrispondenza del livello di alta marea;

- i PIANI DI BANCHINA, stando alle dimensioni delle navi antiche (sia etrusche che romane), dovevano trovarsi circa due metri al di sopra del livello medio del mare (comunque non meno di 1.80 m) mentre il pescaggio delle navi maggiori richiedeva profondità dei bacini portuali maggiori di 4 o 5 m;
- fra BASE ed ELEVATO del molo si nota spesso un livello di separazione in cocciopesto che all'incirca doveva uguagliare o superare il piano della banchina: al di sotto di tale marcapiano la muratura era composta da scapoli di tufo e malta idraulica per resistere all'erosione marina -che con le onde più alte poteva raggiungere i circa 2 m della banchina- mentre al di sopra si riscontrano normalmente altre tecniche murarie a malta aerea;
- le MASSICCIATE DEI MOLI ("*euthynteria*") erano piani di livellamento che ricoprivano con uno strato orizzontale di pietre tutte le irregolarità delle fondamenta emergendo di poco dal livello del mare;
- le TRAVERSE DELLE CASSEFORME per le gettate cementizie venivano montate quasi sicuramente all'asciutto, cioè al di sopra del livello del mare;
- i PIANI DI CALPESTIO (pavimenti di abitazioni, livelli stradali, etc.) degli abitati antichi sorti in riva al mare erano ovviamente sempre emersi.

8.2 DESCRIZIONE DEGLI INDICATORI DELL'ANTICO LIVELLO DEL MARE

Accanto al numero di riferimento e nome del sito si riporta sinteticamente l'intervallo delle quote (minima e massima presunta, secondo quanto detto sopra) dell'antico livello marino rispetto al livello medio attuale (espresso in cm) e la stima più attendibile dell'età corrispondente (espressa in anni). Per il confronto complessivo dei dati raccolti si rimanda alla Tab. 8.1 ed alla Fig. 8.5, mentre alla fine del volume sono raccolte le Tavole con le piante dettagliate dei siti rilevati e le schede relative ai dati raccolti.

2. S. LIBERATA:	-39.6 $\leftrightarrow$ -30.7; 90 d.C.	TAV. I
------------------------	--	---------------

SCHMIEDT (1972) stima in 61 cm la risalita del livello del mare dall'epoca della costruzione in base alla quota di -21 cm s.l.m. del molo occidentale della peschiera (quello meglio conservato) considerando un'emersione originaria di almeno 40 cm, 20 per evitare l'alta marea ed altri 20 per potervi camminare sopra. In base a questa sommersione, risultata peraltro eccessiva rispetto alle nostre misure che danno lo stesso punto a -10.7 cm s.l.m.m. contro i -21 cm s.l.m.m. di Schmiedt, è più corretto considerare il livello del mare antico non più alto della quota data diminuita di 20 cm per l'effetto di marea, invece che esattamente 40 cm al di sotto della quota stessa. Due cunicoli sommersi, larghi circa un metro, attraversano obliquamente il molo esterno sui lati W e N ed entrambi sfociano direttamente nel canale interno al molo: il primo attraverso un'apertura triangolare con l'apice rivolto verso l'entrata¹, mentre il secondo comunica anche con la vasca interna attraverso un'apertura nel setto interno. La quota utile è quella relativa alla sommità del cunicolo trasversale al molo W al suo sbocco in vasca (-59.6 cm s.l.m.m.) che, diminuita anch'essa di 20 cm per l'effetto di marea, fornisce un livello del mare antico non più basso di -39.7 cm s.l.m.m. attuale.

¹ Vedi La Saracca.



Fig. 8.1 – **S. Liberata**: cunicolo trasversale al molo occidentale, si noti (in basso) la vaschetta triangolare allo sbocco nel canale interno.

3. ORBETELLO

SCHMIEDT (1972) sostiene che all'epoca della costruzione, nel III sec. a.C., le fondamenta delle antiche mura poligonali non dovevano essere sommerse mentre ora si trovano 100 cm sotto al livello della laguna. Per poter riconoscere validità a questo dato sarebbero necessarie ulteriori indagini geognostiche ed archeologiche che oltrepassano i limiti di questo lavoro.

4. **PORTUS COSANUS:**

–89.2 ⇔ –70; 110 a.C.

TAV. II

FLEMMING (1969) basandosi sugli studi di BROWN (1951) conclude che il livello del mare non dev'essere cambiato dall'epoca romana. SCHMIEDT (1972), in accordo con MCCANN & LEWIS (1970), ammette un sollevamento di circa 1 m, a conferma di ciò riporta la quota del gradino della fontana della *Spring House*: –66 cm s.l.m., mentre, qualsiasi fosse la sua funzione, all'epoca della costruzione doveva emergere di almeno 30 cm, il sollevamento risulta quindi di almeno 96 cm. LEWIS (1973) in uno studio più dettagliato fornisce ulteriori evidenze per una

risalita di 50÷100 cm: i solchi per le saracinesche all'estremità nord della Tagliata si trovano oggi al livello del mare e proseguono in profondità circa 1 m al di sotto del riempimento di sabbia, mentre quando erano in funzione dovevano emergere rispetto alla massima alta marea, quindi il livello del mare doveva essere più basso. BOURGEOIS (in MCCANN, 1987) riassume così le ultime evidenze geoarcheologiche del sollevamento del livello del mare:

- uno scavo di sondaggio trasversale al canale che portava verso N alla laguna raggiunse la base rocciosa (*bedrock*) a -136 cm s.l.m.: l'antico livello del mare doveva essere almeno più alto di questa quota;
- il gradino della fontana della *Spring House* si trova a -44 cm e la tegola di terracotta posta sotto lo scolo dell'acqua per proteggere il cemento dall'erosione, lascia intendere che al tempo della costruzione fosse emersa, quindi una risalita di circa 1 m è coerente con tali misure; l'acqua sorgiva veniva raccolta in un bacino scavato nella roccia fino ad una profondità di -175 ÷ -205 cm s.l.m.;
- le fondamenta del muro P a sud della *Spring House* si trovano a -42 cm s.l.m., presumibilmente, ma non necessariamente, esse furono costruite sopra il livello del mare;
- la sommità dei muri delle vasche della peschiera nella laguna si trovano a varie altezze da +57 a -50 cm s.l.m., per contenere pesci anche il più basso doveva essere emerso: un'emersione di 50 cm sarebbe stata sufficiente, è quindi ipotizzabile una risalita di circa 1 m;
- alcuni solchi di battigia sul lato a mare della Tagliata si trovano circa 1 m al di sotto del livello del mare¹;

l'insieme di questi dati indica una risalita del livello del mare dall'epoca romana compresa tra 50 e 100 cm.

È stato quotato direttamente il marcapiano di separazione fra la base e l'elevato del molo sulla *pila* di fronte alla banchina attuale che ha fornito un'altezza di 110.8 cm s.l.m.m. attuale: ammettendo che tale piano corrispondesse a quello della banchina antica, la cui emersione -come visto- era maggiore o uguale a 200 cm s.l.m., il livello del mare romano doveva essere compreso fra la differenza di tali quote (-89.2 cm s.l.m.m.) e il dato bibliografico più accettabile rappresentato dalla sommità del muro della peschiera più bassa della laguna (-50 cm) meno i 20 cm necessari per la sua emersione cioè -70 cm s.l.m.

6. REGISVILLA

Del molo frangiflutti resta un rilievo semisommerso lungo circa duecento metri parallelo alla costa formato da massi di varie dimensioni accatastati irregolarmente; attualmente la profondità media della parte rilevata è di circa un metro al di sotto del livello medio del mare, ma in un punto alcuni massi emergono fino a +10 cm s.l.m.m. Verso mare il fondale si fa rapidamente roccioso ed irregolare secondo un tipo di morfologia caratteristica del modellamento subaereo, mentre verso terra -oltre la scarpata interna del molo- è sabbioso e profondo meno di 4 m. Considerando trascurabile la subsidenza naturale per le aree sabbiose (almeno per l'intervallo di pochi secoli) e comunque nulla quella del substrato roccioso che costituiva gli "scogli"², questi ultimi al tempo della costruzione del porto (circa VI sec a.C.) dovevano essere ben più esposti di quanto non lo siano attualmente, testimoniando quindi un innalzamento del livello del mare di tipo essenzialmente eustatico e di entità, non determinabile con precisione, presumibilmente coerente con quella indicata per il vicino *Portus Cosanus*.

¹ Questi elementi non sono stati riscontrati dall'indagine subacquea diretta.

² Così importanti da dare il nome alla località.

9. GRAVISCA:	< -167; 500 a.C.; < -147; 350 a.C.; < -7; 181 a.C.	TAV. IV
---------------------	--	----------------

Gli scavi sul rilievo alle spalle del "Porto Clementino", formatosi anche per il sovrapporsi di costruzioni in epoche successive, individuarono (TORELLI, 1971):

- il piano di calpestio in sabbia dell'abitato arcaico (VI-V sec. a.C.) a quota -147 cm s.l.m.;
- il piano dell'abitato etrusco (V-III sec. a.C.) a quota -127 cm s.l.m.;
- un riempimento connesso con il rialzamento del suolo praticato in occasione della deduzione coloniale romana (II sec. a.C.) da -127 a +13 cm s.l.m.;
- uno strato di incendio con tegole di crollo e ceramiche sigillate italiche (I sec. d.C.) da +13 a +53 cm s.l.m.¹

Sottraendo a tutte queste quote i 20 cm di rispetto per l'alta marea si ottengono le quote di massimo livello del mare ammissibile per le epoche cui si riferiscono le singole misure.

FRAU (1981) nota che sul lato settentrionale, al di sotto del fondale sabbioso, la massicciata laterale in pietrame leggermente inclinata presenta una base aggettante più ampia 130 cm al di sotto del piano superiore (su cui poggia il molo Clementino) che a sua volta si trova a 20÷40 cm s.l.m.: l'Autore sostiene che si tratti delle fondamenta del molo (le "euthynteria", simili a quelle del banchinamento del porto di Siracusa del VI sec a.C.) che, dovendo emergere di circa 30 cm s.l.m. al tempo della costruzione, indicherebbero un livello del mare nel VI sec a.C. circa 140 cm più basso dell'attuale, in accordo con SCHMIEDT (1972) per una velocità di risalita eustatica del livello marino di 0.17 cm/a costante fra il VI ed il I sec. a.C. Tale massicciata è sepolta sotto il fondale sabbioso presso il molo e quindi non è stata rilevata, tuttavia la approssimazione da cui sono affette le altre misure ci spinge a considerare l'insieme dei dati poco attendibile.

Il confronto fra la quota massima ipotizzata per il VI sec. a.C. e la quota attuale del piano di banchina del relativo molo (+41.3 cm s.l.m.m.) ci permette di riconoscere che all'epoca della costruzione tale banchina doveva essere più alta di 188.3 cm s.l.m.; molto interessante è risultato il rilievo del piano inclinato (attualmente compreso fra +10.4 e -13.8 cm s.l.m.m.) sul lato N del porto perché rappresenta un piano, non necessariamente al riparo dalle onde, utile al trasferimento delle merci da e per le imbarcazioni minori, una struttura simile fu realizzata lungo la banchina interna del porto di Terracina in occasione del restauro del II sec. d.C.

13. VALDALIGA:	< -18.2; 38 a.C.	TAV. V
-----------------------	----------------------------	---------------

Secondo SCHMIEDT (1972) in epoca antica la linea di riva doveva coincidere con il limite esterno della piattaforma d'abrasione, oggi sommerso fino a -63 cm s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco dei canali. Una risalita del livello del mare di circa 65 cm sarebbe confermata dalla sommersione di circa 25 cm delle divisioni interne, delle crepidini del bacino W e delle *cataractae*. Se il rilievo condotto da Schmiedt è sufficientemente accurato purtroppo le conclusioni non sono altrettanto scrupolose perciò il dato da lui fornito non sembra attendibile.

Il rilievo di tutte le crepidini ha evidenziato che la più alta e meglio conservata si trova nell'angolo S ad una quota di 1.8 cm s.l.m.m. attuale, il che restituisce un livello del mare antico non più alto di -18.2 cm s.l.m.m. attuale.

¹ Di notevole interesse è il rinvenimento del piano di calpestio d'età romana fra cui sono chiaramente riconoscibili lastre calcaree e peperinoidi di pavimentazione, piani di cocchiopesto e pavimenti in opera spicata (QUILICI, 1968): una quota così bassa infatti difficilmente può rappresentare quella originaria, dal momento che si tratta del punto più rilevato della zona, ma occorre ammettere che in quel periodo il livello del mare fosse più basso.

14. LA MATTONARA:**-24.8 $\leftrightarrow$ -17.3; 38 a.C.****TAV. VI**

L'impianto era servito da due canali incisi nella piattaforma di abrasione fino a quella che SCHMIEDT (1972) considera "la ripa marina d'età romana, dove la bocca dei canali risulta sommersa a -63 cm s.l.m."

Il maggior interesse di questa peschiera rispetto alla precedente, benché molto simile, risiede nella presenza di un cunicolo di cui si può ancora riconoscere lo sbocco in vasca e che fornisce l'indicazione del minimo livello del mare antico corrispondente a -24.8 cm s.l.m.m. attuale; il dato di massimo livello, complementare al primo, è rappresentato ancora dalla crepidine superiore emersa oggi di 2.7 cm s.l.m.m. Molto interessante risulta il ritrovamento di una cunetta di scolmamento intagliato sulla sommità di una parete fra due vaschette interne del lato N con il fondo a -25.2 cm s.l.m.m. la cui quota risultava probabilmente poco inferiore a quella del livello del mare antico.

16. P. VIPERA:**-43.9 $\leftrightarrow$ -31.9; 200 d.C.****TAV. VII**

SCHMIEDT (1972) suggerisce per questo vivaio un livello del mare antico più basso di 65 cm in base alla sommersione della sommità dei cunicoli esterni (-25 cm s.l.m.) e dei muri divisorii interni (-30 cm s.l.m.), considerando sufficiente un'emersione di 35÷40 cm per consentire il transito del personale addetto alla manutenzione. Anche queste misure sembrano affette da un'interpretazione sommaria, specialmente per l'eccessiva approssimazione del franco d'emersione, e quindi da ritenersi inattendibili.

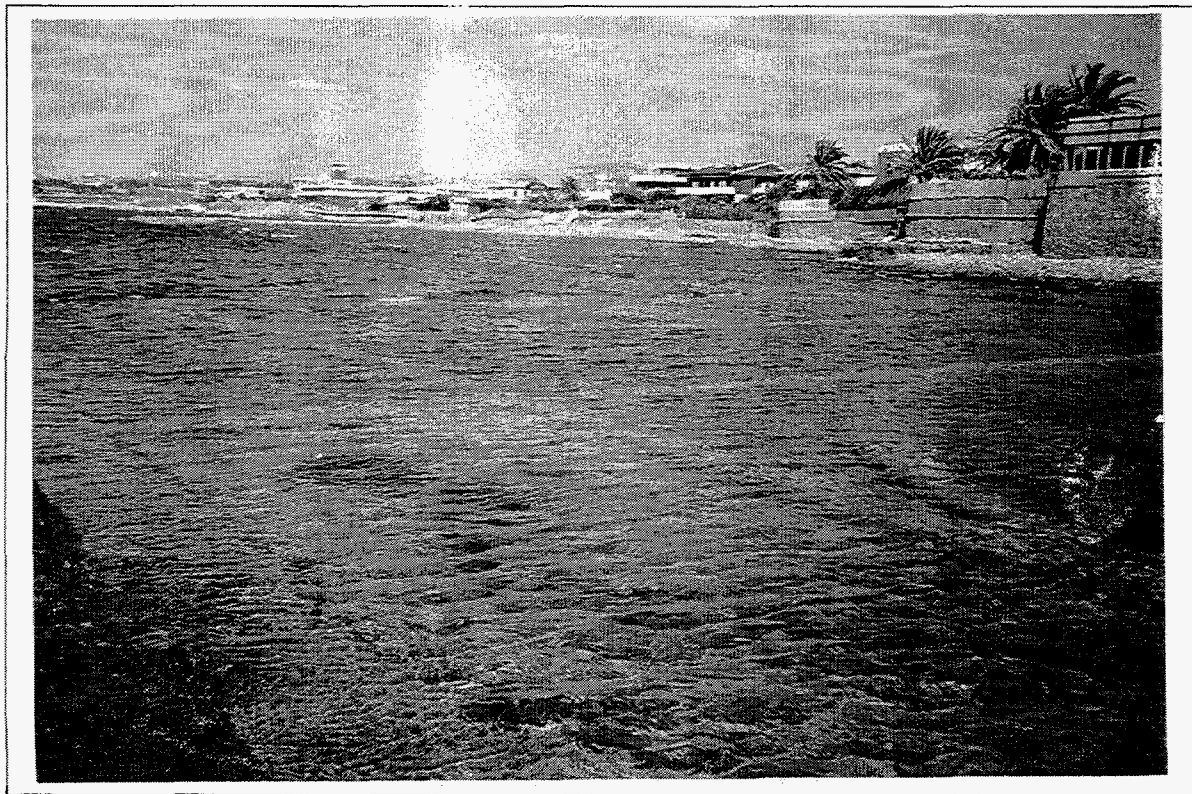


Fig. 8.2 – P. della Vipera: le vasche occidentali a ridosso del molo esterno. Nella parete divisoria fra le vasche sulla sinistra si può riconoscere dall'ombra la volta in laterizio di uno dei cunicoli interni.

Le quote considerate da noi valide si riferiscono, come per S. Liberata e per La Mattonara, alla sommità del più alto dei cunicoli di comunicazioni fra le vasche (precisamente quello fra le vasche sudorientali, sulla parete opposta allo sbocco del cunicolo esterno orientale) ed al punto più alto delle crepidini divisorie sul bordo della vasca centrale.

17. F. GUARDIOLE:

-64.6; 80 a.C.

TAV. VIII

SCHMIEDT (1972) stabilisce in 72 cm la risalita del livello marino in base alla quota di -37 cm s.l.m. delle crepidini della peschiera maggiore più un franco di emersione di 35 cm come stabilito per P. Vipera.

Il pessimo stato di conservazione ed il riempimento quasi completo delle vasche con materiale di riporto non permettono un rilievo accurato d'altra parte i dati raccolti sono sufficientemente attendibili data la ricorrenza di misure analoghe in altri siti. Le crepidini superiori si trovano a -39.5 cm s.l.m.m. attuale (all'incirca lo stesso dato di Schmiedt) e indicano la massima quota dell'antico livello del mare, mentre più utile appare il dato relativo ad uno sfioratoio, posto a -44.6 cm s.l.m.m. presso l'estremità occidentale del molo esterno, il quale dovrebbe indicare con sufficiente precisione proprio il massimo livello di alta marea.

20. LE GROTTACCE

TAV. IX

In base alla quota di -20 cm s.l.m. delle crepidini fra le vasche SCHMIEDT (1972) propone una risalita del livello del mare di 65 cm, ma il pessimo stato di questa superficie ci consiglia di non considerare tale misura. Più interessante sarebbe invece poter interpretare adeguatamente la funzionalità del gradino sommerso a -113.3 cm s.l.m.m. attuale e perfettamente conservato lungo tutto il lato interno della vasca centrale ¹.

21. PYRGI

La particolarità dei ritrovamenti subacquei dell'Età del Bronzo riferiti da PROTANI & FRAU (1988) non ci permette di valutare adeguatamente tali dati, anche perché in mancanza di altre misure di quel tipo -e di quel periodo- è impossibile operare correlazioni significative e quindi trarre conclusioni attendibili. Per quanto riguarda le massicciate dei moli in nessun altro caso abbiamo considerato la misura della loro sommersione indicativa di un antico livello del mare a causa dell'impatto erosivo che ne ha cancellato le strutture originarie. Infine riguardo alla peschiera nessuno dei suoi lati si è conservato abbastanza integro da consentirne una corretta interpretazione.

23. PALO:

-10.8 ⇔ -3.3; anno zero

TAV. X

Della peschiera rettangolare si possono considerare indicative le quote delle cunette di scolmamento fra la vasca e il bacino portuale come livello minimo, e il marcapiano di laterizi che costituisce la crepidine interna del lato S, come livello massimo.

25. PORTUS

TESTAGUZZA (1970) afferma che certe caratteristiche erosioni laterali del molo in travertino indicano il livello massimo del mare dell'epoca, ottenendo "una misura di circa 30÷40 cm inferiore al livello medio massimo attuale". SCHMIEDT (1972) sostiene che nel I sec. d.C. il livello del mare doveva trovarsi circa 20 cm al di sotto del "margine superiore delle tracce del dogaggio in legno" (conservato solo fino a -60 cm s.l.m.m.) che proteggeva

¹ Anche la vicina peschiera di *Punicum* presenta lo stesso tipo di resto a -167.5 cm s.l.m.m.

l'approdo nella piccola darsena del faro: poiché oggi tale punto si trova a -35 cm s.l.m. il livello medio del mare antico doveva essere 55 cm più basso dell'attuale; lo stesso Autore nota anche, su di un blocco di travertino della fila superiore all'estremità del primo molo, perforazioni di litodomi la cui sommità si trova a + 20 cm s.l.m. Nessuno di questi dati ci sembra interpretato in maniera sufficientemente oggettiva, perciò riteniamo che non vi si possa stabilire con sicurezza la quota del livello del mare antico.

26. OSTIA:	< -15; 335 a.C.
-------------------	---------------------------

LE GALL (1981), oltre a notare che le rovine del *castrum* sotto quelle di Ostia Antica sono attualmente invase dall'acqua, precisa le quote dei piani di calpestio delle porte i quali si trovano oggi solo fra 5 e 32 cm s.l.m.: ammettendo che furono costruite ad almeno 115 cm s.l.m. ne deduce un sollevamento del livello del mare di circa 110 cm dal III sec. a.C. ad oggi. Tale ipotesi sarebbe confermata dall'innalzamento di circa un metro e mezzo con un letto di terra e detrito subito da alcune strade in epoca tardiva. A parte la dubbia interpretazione del franco di emersione il dato significativo resta quello del piano di calpestio che, interpretato secondo un criterio più oggettivo, restituisce un massimo di livello del mare antico di -15 cm s.l.m. attuale.

27. ANZIO:	- 55.7; 60 d.C.
-------------------	------------------------

SCHMIEDT (1972) nota nella parete interna del molo orientale del Porto Neroniano alcuni fori quadrangolari, simili a quelli del Porto di Claudio, lasciati dalle traverse delle casseforme: essendo oggi sommersi a circa -50 cm s.l.m. ne deduce che in età romana il livello mare doveva essere almeno 50 cm più basso, ciò si giustificerebbe considerando il vantaggio tecnico e il risparmio di tempo nel poter montare le travi orizzontali di sostegno all'asciutto, piuttosto che sott'acqua.

Le tracce di traverse da noi individuate lungo il molo occidentale del porto sono tuttora emerse per cui non forniscono indicazioni utili; il dato interessante è invece quello del piano di separazione fra strutture marine ed emerse riscontrato sulla porzione più alta dello stesso molo occidentale: la quota di 144.3 cm s.l.m. suggerisce un livello del mare antico di circa -55.7 cm rispetto al livello medio attuale.

28. LA SARACCA

In base alla sommersione di 20 cm delle crepidini della vasca centrale, ed alla loro presunta emersione di 30÷40 cm, SCHMIEDT (1972) propone un sollevamento del livello del mare dall'epoca romana ad oggi di 50÷60 cm; tuttavia lo stato delle crepidini è oggi tale da escludere che esista almeno un punto conservato al livello originario perciò è preferibile trascurare le informazioni fornite per questo sito.

29. LA BANCA	TAV. XI
---------------------	----------------

Questa peschiera è in condizioni molto migliori della precedente, almeno per le strutture sommerse, ed è quindi possibile ricavarne delle informazioni attendibili: sono state quotate la crepidine lastricata e la sommità dell'apertura fra le due vasche, tuttavia il confronto delle loro quote fornisce un'indicazione contrastante in quanto -in base alle considerazioni svolte negli altri casi- il livello del mare antico dovrebbe essere allo stesso tempo più alto di -13.0 cm (apertura ad arco) e più basso di -24.9 cm (crepidine lastricata), dal momento che ciò non è possibile in questo caso conviene considerare errate le interpretazioni sulla funzionalità di uno o di entrambi gli oggetti quotati.

In base alla sommersione di circa 20 cm delle divisioni interne alla peschiera a ridosso del molo perimetrale e supponendo un franco d'emersione di circa 40 cm, SCHMIEDT (1972) ipotizza un livello del mare più basso di circa 60 cm per l'età augustea; anche in questo caso le nostre misure ci hanno consentito di correggere l'interpretazione fornita dall'Autore.

Nella parte occidentale della peschiera, quella meglio conservata perché meno insabbiata, i muri divisorii fra le vasche (realizzati con il sistema delle murature affiancate) presentano per diversi tratti due gradini:

- a) quello superiore (-9.3 cm s.l.m.m.) è fornito di incassi rettangolari per lo scorrimento delle chiuse, in qualche punto è pavimentato con lastre di cotto (cm 44×45×3) e dove queste mancano ne è rimasta l'impronta nel cemento, inoltre presenta sulla sommità alcuni fori quadrati verticali (cm 10×10) a distanze regolari;
- b) quello inferiore (-69.8 cm s.l.m.m.) è più continuo e sembra costituire il piano di battuta delle saracinesche stesse perciò rappresenta sicuramente un livello sempre sommerso.

In corrispondenza dello spigolo interno insabbiato della vasca romboidale si è trovata un'apertura di comunicazione con i piedritti di travertino ancora perfettamente in posto, la sommità di uno di questi si trova oggi a +41.9 cm s.l.m.m. (cfr. Fig. 7.2).

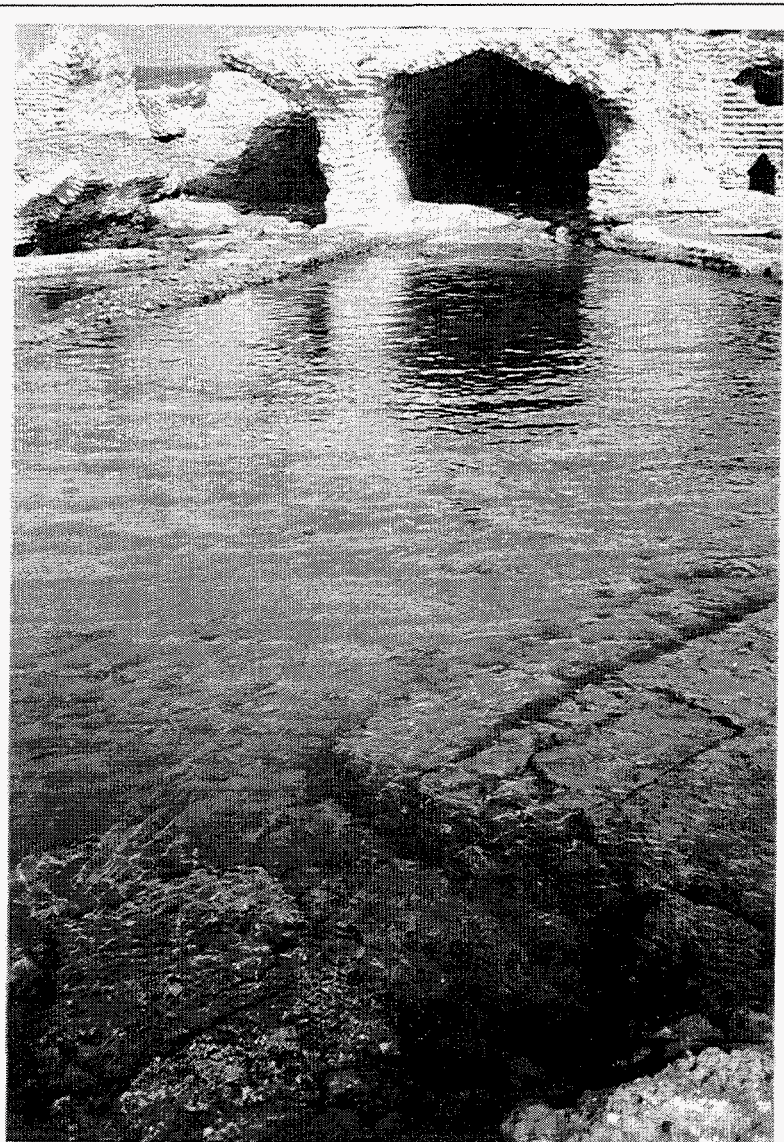


Fig. 8.3 - Astura: vista verso N della vasca a losanga, in fondo i resti diroccati della terrazza che si affacciava sulla peschiera. In basso una delle aperture fra le vasche interne con gli incavi per le saracinesche evidenzia la successione dei due gradini, di cui il superiore lastricato ed il più basso coincidente altrove col piano di battuta delle saracinesche.

47. PISCINA DI LUCULLO

SCHMIEDT (1972) sostiene che l'antico livello del mare non poteva trovarsi al di sotto del più alto dei cunicoli di comunicazione fra le vasche: cioè poteva essere fino a 44 cm più basso di oggi, mentre le anfore si trovano mediamente 50 cm al di sotto del bordo del bacino e le più alte (nelle vasche laterali) sono solo 35 cm sotto il livello del mare.

Le misure raccolte per questo impianto in tempi diversi hanno evidenziato variazioni del livello dell'acqua nelle vasche decisamente differenti a quelle attese per l'effetto di marea, anzi a volte addirittura di senso opposto. Essendo noto che le variazioni di livello del mare si trasmettono negli acquiferi costieri senza ritardi apprezzabili è chiaro che la breve distanza dal mare non giustifica le differenze registrate quindi occorre ammettere che oggi, come del resto fu all'origine di questo impianto, il livello sia regolato dalla sorgente che si trova sul fondo della vasca occidentale ed il cunicolo in galleria derivato dall'emissario del Lago di Sabaudia si limitava ad assicurare il ricambio d'acqua marina.

48. T. PAOLA

SCHMIEDT (1972) segnala che i due moli del porto-canale e la parte inferiore dei muri di sponda dovevano emergere in età romana di circa 50 cm, ma il pessimo stato dei ruderi ci consiglia di trascurare questa indicazione.

50. TERRACINA: -12.8; 175 d.C.

Parte della scogliera emersa è ancora visibile presso lo sbocco dell'attuale canale navigabile (lato sinistro) in un tratto allagato sotto la collinetta corrispondente all'antica testata SE: la base del tratto verticale al piede della massicciata si trova oggi a -12.8 cm s.l.m.m. e corrisponde all'incirca al livello medio del mare all'epoca del restauro del II sec d.C.

51. VILLA DI TIBERIO

Questa peschiera, come quella di Lucullo, era alimentata da diverse sorgenti che permettevano di regolare il livello dell'acqua nelle vasche indipendentemente da quello del mare, perciò è impossibile ricostruire quale relazione esistesse fra il livello interno e quello esterno e quindi ricavare indicazioni sul livello del mare antico.

53. SARINOLA: -36.2 $\leftrightarrow$ -32.5; anno zero

TAV. XIII

Le divisioni interne fra le vasche sono sommerse a -15 cm s.l.m. (all'incirca alla stessa altezza del molo esterno e della sommità delle scanalature) e presentano dei gradini sommersi a -60 cm s.l.m.¹; in base alla sommersione misurata e ad un franco d'emersione di almeno 40 cm SCHMIEDT (1972) suggerisce un aumento del livello del mare di 55 cm; le nostre misure ci consentono di interpretare meglio quelle di Schmiedt cui, almeno per le quote, si accordano in maniera soddisfacente. Indicazioni importanti sono fornite dalla crepidine presso l'angolo SE (-12.5 cm s.l.m.m.) e soprattutto dal ritrovamento sul lato E, in corrispondenza dell'angolo della vasca romboidale, di un masso rettangolare di travertino con la superficie superiore solcata da due scanalature parallele: esso fronteggia una delle aperture nel molo esterno e rappresenta evidentemente il piano di battuta di una coppia di saracinesche, inoltre si trova allo stesso livello del gradino inferiore interno alle vasche; interpretando questo oggetto allo stesso modo di quello simile di Astura se ne ricava un livello del mare antico massimo di -36.2 cm s.l.m.m. attuale.

¹ Questi sarebbero stati comunque sommersi, come quelli della Piscina di Lucullo.

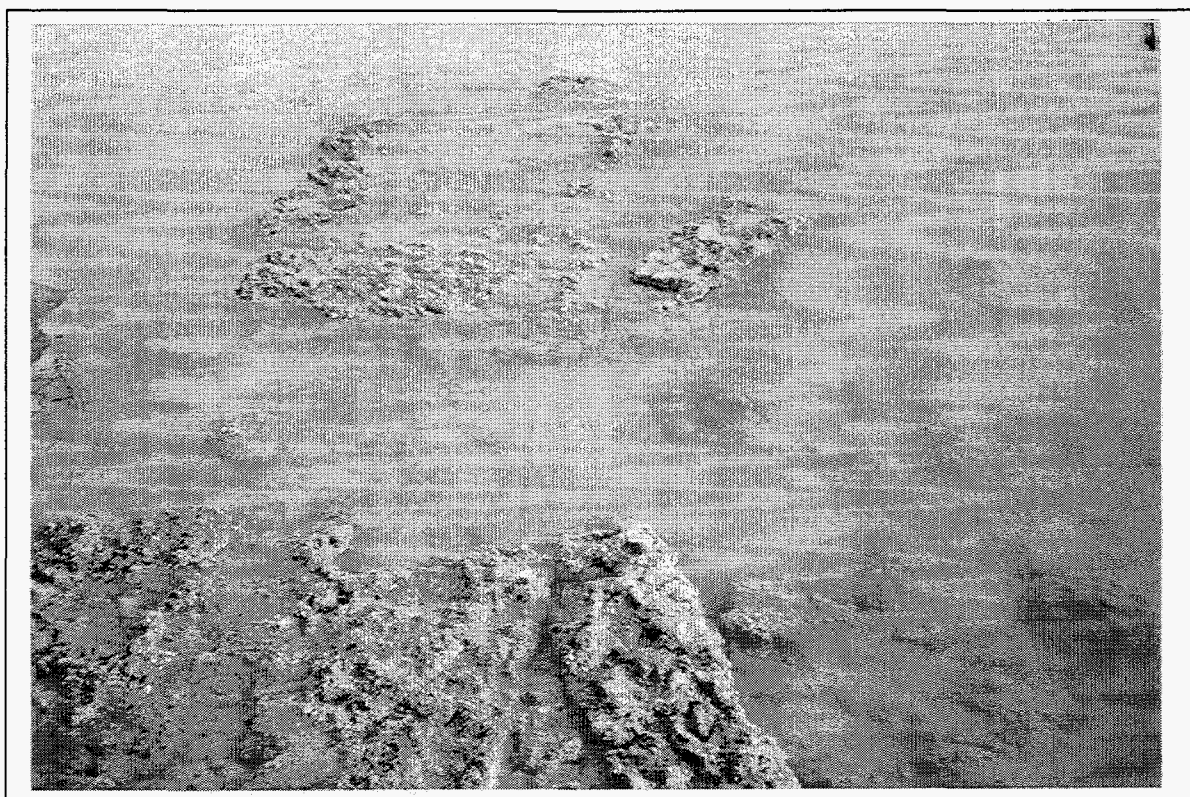


Fig. 8.4 – Sarinola: particolare dello spigolo esterno della vasca romboidale orientale in corrispondenza di uno dei canali di comunicazione con il bacino portuale, si noti sul fondo sommerso al centro del canale il masso recante le due scanalature parallele per la chiusura delle saracinesche accoppiate.

Tab. 8.1 – Quadro riassuntivo degli indicatori del livello del mare antico suddivisi per siti (nelle righe, indicati con il numero progressivo) e per tipi di oggetti (nelle colonne); le età negative sono a.C.; dati in cm s.l.m.m.

LEGENDA: in corsivo i dati bibliografici; in neretto i dati considerati più significativi; nelle caselle ombreggiate i dati oggetto di correlazione per settori ad evoluzione geologica omogenea; QA: Quota Antica presunta;

Età AD			Siti	Indicatori dell'antico livello del mare																							
(negative=a.C.)				peschiere										porti										abiti			
max	età di riferimento	min		crepidine ext.	crepidine sup.	crepidine inf.	m. piano in later.	top piedritto	top can. (a mare)	top can. (in vasca)	canaletto scolm. int.	sfioratolo molo ext.	molo ext.	lim ext. pf. abrasione	imbocco can. (amare)	fondo vasca	resti molo	fondale int. molo	molo "etrusco"	banch. inclinata (top)	banch. inclinata (base)	m. piano tufo/conglom.	base massiciata molo	traccia di traversa	p. calpestio arcaico	p. calpestio etrusco	p. calpestio romano
			QA	>20	<-20	>20			<-20	<-20	0	=20								>188		=200	=0	0	>20	>20	>20
81	90	96	2	-23.6	-10.7				-66.6	-68.6																	
-150	-110	-70	4		-50.0																	110.8					
-110	-150	-190	6														-99.5	-399.5									
-500	-350	-181	9														-92.9	-212.9	41.3	10.4	-13.8				-147.0	-127.0	13.0
-50	-38	-26	13		1.8									-32.5	-103.1												
-50	-38	-28	14		2.7				-44.8	-25.2				-45.0	-85.1												
175	200	225	16		-11.9	-67.8	6.2																				
-102	-80	-56	17		-39.5							-44.6															
-102	-80	-56	17 b		-33.0	-50.0																					
0	15	30	19		-167.5								-12.6		-192.4												
50	20		20		-113.3								-8.7														
0	23		23		-17.9		16.7				-10.8																
-335	26		26																								
60	27		27																								
-25	0	25	28		-27.9	-4.9			-33.0													144.3		15.8			
-25	0	25	30		-69.8	-3.3	41.9						-30.6														
150	175	200	34																								
-50	0	50	36		-12.6	-68.2	-15.3															-12.8					
0	37		37		-11.2	-30.0																					

Studiosi di diverse discipline (archeologi, architetti, ingegneri, geologi, gruppi di studio) si sono interessati -nell'ambito dei propri interessi- a quotare oggetti riferibili all'antico livello marino, tuttavia i sistemi di misura (in terra o in mare) si sono dimostrati spesso piuttosto approssimativi e ancora meno attendibili sono apparsi i criteri di interpretazione e di valutazione dell'ampiezza di marea; questi limiti derivano generalmente dall'aver considerato un unico sito per ogni studio, mentre come abbiamo visto, il confronto e la correlazione di oggetti simili in siti diversi ci ha permesso di ottenere risultati notevoli. L'insieme di questi dati viene riportato nella Tab. 8.2 mentre la successiva Fig. 8.6 ne rappresenta la proiezione nel tempo; i dati archeologici sono affetti da un margine di incertezza riguardo le età dovuto alla carenza di informazioni "storiche" perciò ad ognuno di essi viene assegnata una età massima ed una minima che indicano il periodo in cui fu attivo il sito archeologico ed un'età di riferimento che rappresenta l'età più attendibile o -in mancanza di questa- la media dell'intervallo.

Tab. 8.2 – Dati bibliografici dell'antico livello del mare in base ad indicatori archeologici.

sito	indicatore del livello del mare	quota s.l.m.	emers. pres.	liv. mare antico	età rif.	età max	età min	aut. (*)
21	santuario/lab. fusione eneolitico	-700	>0	<-700	-1750			PF
9	piano banchina molo greco	-135	20	-155	-500	-550	-450	Fr"
9	piano di abitato arcaico	-147	>0	-147	-500	-600	-400	Tr
9	"euthynteria" molo greco	-110	30	<-140	-500	-550	-450	Fr"
17	massicciata (estremità NW molo W)	-105	30	-135	-400	-447	-354	Fr'
17	cunicoli di scolmo sotto il molo E	-105	20	-125	-400	-447	-354	Fr'
9	piano di abitato etrusco	-127	>0	<-127	-350	-500	-200	Tr
26	battuto più basso (porte del castrum)	-5	110	-115	-335			LG
3	mura poligonali	-100	0	-100	-250			Sc
4	gradino "Spring House"	-66	30	-96	-110	-150	-70	Sc
4	gradino "Spring House"	-44	30	-74	-110	-150	-70	MC
4	sommità muro più basso delle peschiere	-50	20	-70	-110	-150	-70	MC
17	sommità muri divisorii interni	-45	30	-75	-80	-102	-56	Fr'
17	cunette di scolmo	-65	0	-65	-80	-102	-56	Fr'
17	canale d'aliment. S: sbocco nella ps.	-65	0	-65	-80	-102	-56	Fr'
17	canale d'aliment. N: sbocco nella ps.	-65	0	-65	-80	-102	-56	Fr'
17	canale di scarico (spigolo W peschiera)	-80	-20	-60	-80	-102	-56	Fr'
13	divisioni interne peschiera	-25	40	-65	-35	-50	-25	Sc
13	limite est. pf. d'abrasione	-63	0	-63	-35	-50	-25	Sc
14	limite est. pf. d'abrasione	-63	0	-63	-35	-50	-25	Sc
30	crepidini vasche molo perimetrale	-20	40	-60	-10	-31	14	Sc
28	crepidini vasca centrale	-20	35	-55	-10	-31	14	Sc
17	muri canali d'aliment.: imbocco a mare	-37	35	-72	-5	-27	14	Sc
25	marg. sup. dogaggio (darsena del faro)	-35	20	-55	42			Sc
25	erosioni laterali molo sinistro	-35	0	-35	42			Tg
36	sommità molo esterno	-15	40	-55	50	0	100	Sc
36	crepidini peschiera	-15	40	-55	50	0	100	Sc
27	fori quadrangolari, interno molo E	-50	>0	<-50	60			Sc
2	molo occidentale della peschiera	-21	40	-61	90	81	96	Sc
31	apertura più alta fra le vasche	-44	20	-64	90	81	96	Sc
31	anfore murate (più alte)	-35	20	-55	90	81	96	Sc
31	divisioni interne alla peschiera	20	40	-20	90	81	96	Sc
16	muri divisorii e crepidini	-30	35	-65	200	175	225	Sc
16	sommità dei canali coperti	-25	40	-65	200	175	225	Sc

autori (*):

Tr	Torelli, 1971
Sc	Schmiedt, 1972
Fr'	Frau, 1979
LG	Le Gall, 1981
Fr"	Frau, 1982
MC	McCann, 1987
PF	Protani & Frau, 1988

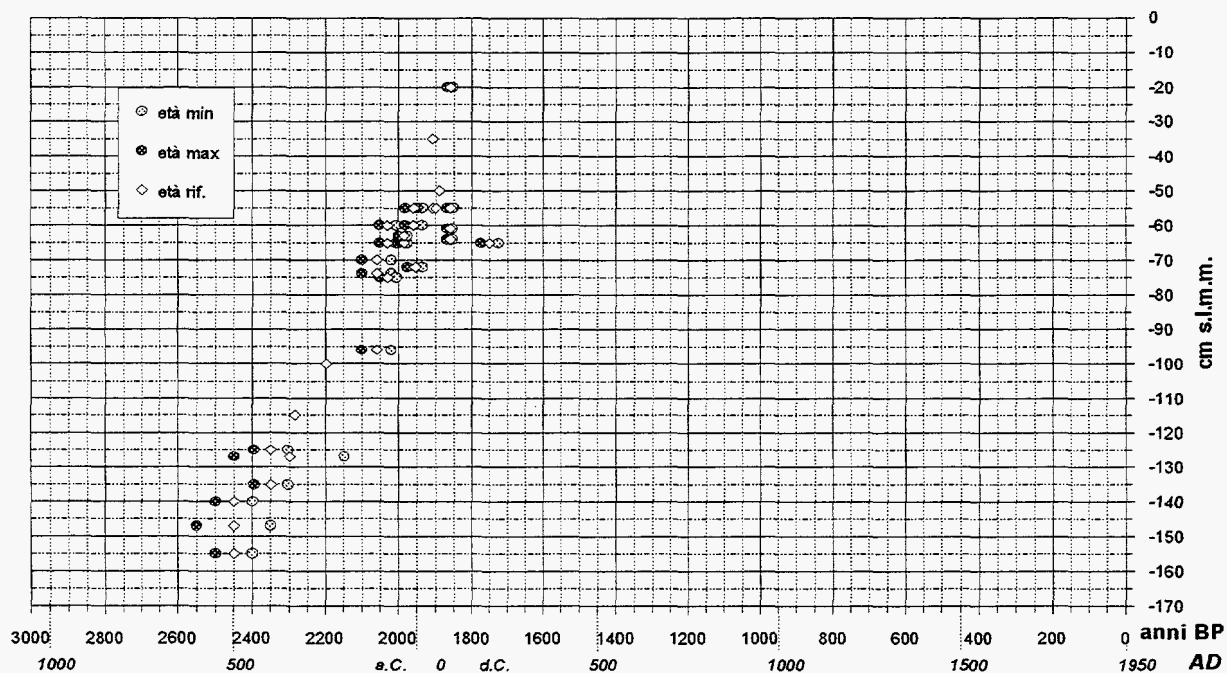


Fig. 8.6 – Variazioni del livello del mare in base ad indicatori archeologici - DATI BIBLIOGRAFICI

In seguito alla verifica diretta dei dati disponibili in letteratura abbiamo considerato significativi solo quelli relativi ai piani di calpestio delle colonie marittime di Gravisca (TORELLI, 1971) ed Ostia (LE GALL, 1981), le relative quote sono però state reinterpretate secondo criteri diversi dagli originali ed hanno restituito quindi livelli del mare antico diversi da quelli suggeriti dai rispettivi autori.

Un discorso a parte merita lo studio guidato da SCHMIEDT (1972): per l'accuratezza delle misure e delle correzioni e per l'impegno nell'interpretazione delle strutture tale lavoro viene considerato tuttora un indiscusso punto di riferimento, fra gli scopi del presente lavoro rientrava quindi proprio quello di valutarne l'attendibilità alla luce delle novità evidenziate negli studi archeologici successivi. Per quanto riguarda la validità complessiva delle misure abbiamo notato in precedenza quali siano risultati i limiti, tuttavia ci è sembrato utile mettere a confronto le quote rilevate negli stessi punti da noi e dallo Schmiedt, nell'ipotesi che queste ultime abbiano subito un incremento di 3.4 cm in seguito ad una risalita del livello medio del mare dal 1970 al 1995 pari a 1.36 mm/anno.

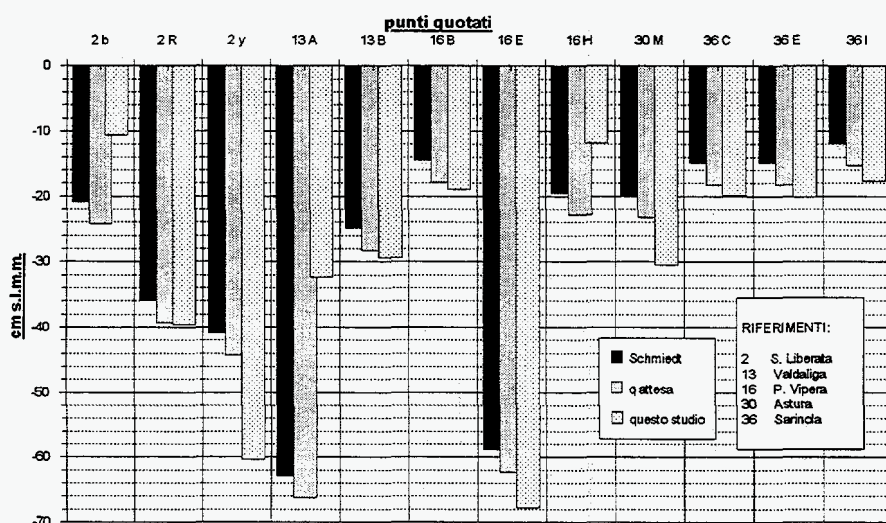


Fig. 8.7 - Confronto fra le quote rilevate da Schmiedt (1972), quelle attese in base ad una risalita annua del 1.36 mm/anno in 25 anni (periodo 1970-1995) e quelle rilevate in questo studio.

Il risultato di questo confronto è riportato nell'istogramma di Fig. 8.7 il quale evidenzia una generale mancanza di corrispondenza: si notano differenze positive e negative dell'ordine di diversi centimetri (fino a 34 cm), ma purtroppo in nessun caso c'è corrispondenza esatta. La casualità delle differenze esclude che queste siano dovute ad errori di correzione dei dati per gli effetti di marea, anche perché si è utilizzato un metodo di correzione molto simile. Qualche differenza potrebbe essere imputabile al fatto che i nostri dati, a differenza dei precedenti, sono corretti anche per l'effetto barometrico: per questo si è provato a correlare i dati tralasciando questa correzione ma la corrispondenza non migliora quindi, nonostante la pressione atmosferica sia variabile proprio in modo casuale, non è comunque questa la ragione delle differenze.

Questo risultato inatteso deriva con ogni probabilità dall'errore sistematico dovuto al tipo di oggetti considerati che, in quanto sommersi, hanno subito -e continuano a subire- l'erosione marina e si presentano quindi generalmente come piani sbriciati anche se apparentemente uniformi: nonostante l'impegno nel cercare esattamente lo stesso punto quotato in precedenza in questi casi a distanza di pochi centimetri in pianta corrispondono appunto differenze anche di decine di centimetri in altezza.

9. CONCLUSIONI

L'esame del grafico riassuntivo delle variazioni del livello del mare in base ai dati archeologici originali e reinterpretati (Fig. 9.1) va preceduto da alcune considerazioni:

→ il progresso delle conoscenze storiche ed archeologiche ha consentito di valutare le età con approssimazione minore rispetto ai dati bibliografici così si è potuto riferire ogni quota ad un'unica età (cd. "età di riferimento");

→ la reinterpretazione della funzionalità dei resti ci ha condotto a valutare gli intervalli di quota entro cui doveva trovarsi il livello del mare, per questo motivo ogni sito è rappresentato da due simboli (livello minimo e massimo) congiunti da un segmento verticale;

→ le quote relative ai piani di battuto di Gravisca ed a quello di Ostia sono accompagnate da una freccia rivolta verso il basso per indicare che il livello del mare del tempo si trovava più basso (di almeno 20 cm), il livello minimo non è però determinabile;

→ le linee oblique uniscono i siti contigui per cui è stato possibile istituire correlazioni significative nello spazio e nel tempo, tali linee esprimono graficamente l'andamento della risalita apparente del livello del mare registrata in tempi diversi per siti vicini, tale movimento (crescente con l'inclinazione delle stesse linee) è solo apparentemente del mare poiché in realtà risulta dagli effetti combinati dell'eustatismo e della tettonica.

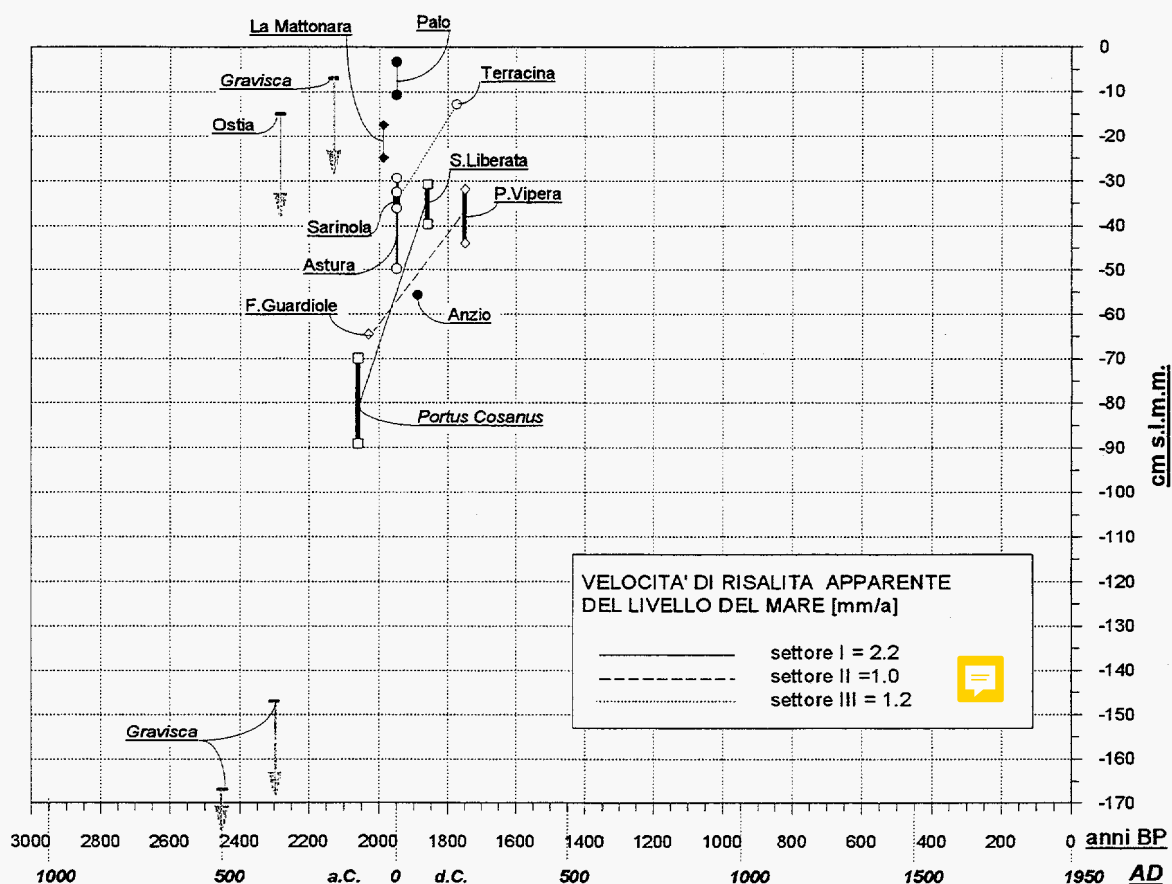


Fig. 9.1 – Variazioni relative del livello del mare in epoca storica in base a dati archeologici.

LEGENDA: quadrati: settore I (Toscana meridionale); rombi: settore II (Lazio settentrionale); cerchi: settore III (Lazio centro-meridionale); lineette con freccia verso il basso: piani di calpestio di insediamenti antichi; simboli vuoti: siti che permettono correlazioni significative; simboli pieni: dati di dubbia interpretazione.

Il confronto dei livelli del mare in siti vicini, a seconda delle diverse età di riferimento, ha permesso di ricavare i tre diversi valori della risalita apparente riassunti nella Tab. 9.1:

Tab. 9.1	SITI	RISALITA [cm]	periodo	velocità [mm/a]
SETTORE I (Argentario)	Cosa S. Liberata	45	110 a.C. 90 d.C.	2.2
SETTORE II (Civitavecchia)	F.so Guardiole P. Della Vipera	24	80 a.C. 200 d.C.	1.0
SETTORE III (Lazio meridionale)	Astura Terracina Sarinola (Formia)	21	0 175 d.C. 0	1.2

Da queste valutazioni restano esclusi i dati relativi ad alcuni siti (La Mattonara; Palo; Anzio, indicati in Fig. 9.1 da simboli pieni) che, nonostante la buona correlabilità dal punto di vista dell'interpretazione archeologica, tuttavia restituiscono valori del livello del mare antico sensibilmente diversi da quelli dei siti circostanti.

9.1 INTERPRETAZIONE DEI DATI GEOLOGICI ED ARCHEOLOGICI NEL QUADRO DELL'EVOLUZIONE TETTONICA RECENTE

Analogamente al procedimento seguito nel capitolo relativo ai livelli del mare pleistocenici sono state riportate le quote dei livelli del mare antico -dedotte dai rilevati archeologici- per tre periodi differenti (AD, I sec d.C. e II sec. d.C.), lungo il profilo rettificato della costa laziale (Fig. 9.2).

In accordo con i dati geologici l'area del Lazio meridionale (Terracina - Formia) rispecchia una notevole omogeneità ad ulteriore conferma della relativa stabilità olocenica; considerando quindi quest'area "stabile" dal punto di vista geologico possiamo assumere che in questo caso l'andamento della risalita del livello del mare sia dovuto unicamente -o in maniera del tutto prevalente- a fattori eustatici; a sostegno di questa ipotesi il confronto fra le velocità dei movimenti eustatici (1.2 mm/a) e di quelli tettonici (0.03 mm/a) sottolinea che questi ultimi sono realmente trascurabili rispetto ai primi.

Assunto quindi il valore di 1.2 mm/a per la risalita eustatica regionale, e considerando che -sia per la terra che per il mare- i movimenti positivi siano di sollevamento (diretti verso l'alto) e viceversa quelli negativi di abbassamento, possiamo provare a valutare l'effetto della tettonica nel settore centro-settentrionale ipotizzando che per una data zona ed un determinato periodo tale effetto sia dato dalla differenza fra la *risalita eustatica regionale* e la *risalita apparente del livello del mare*¹:

Tab. 9.2 (Valori in mm/a)	RISALITA EUSTATICA REGIONALE	RISALITA APPARENTE DEL L.M.	SOLLEVAMENTO TETTONICO
SETTORE I	1.2	2.2	-1.0
SETTORE II	1.2	1.0	0.2
SETTORE III	1.2	1.2	0.0

¹ Non si è preso in considerazione l'effetto della subsidenza perché i siti in esame sono tutti localizzati in zone di affioramento del substrato e note come non-subsidenti, in caso contrario naturalmente il *sollevamento tettonico* risulterebbe dalla combinazione degli effetti prodotti dalla tettonica e dalla subsidenza.

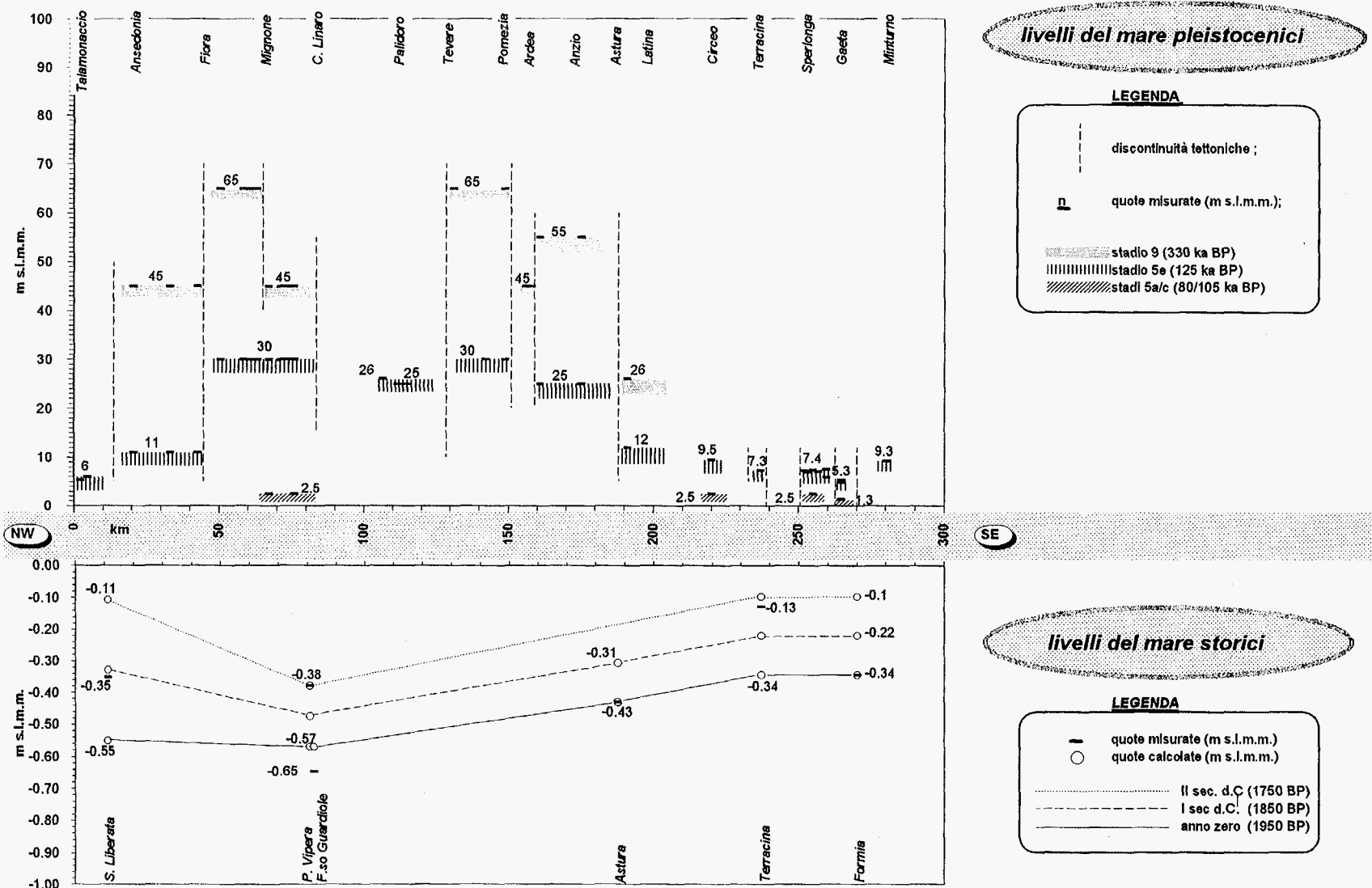


Fig. 9.2 – Confronto fra le quote di stazionamento del livello del mare nel Pleistocene (dati geologici) e in epoca storica (dati archeologici). Per i livelli storici i tratti neri rappresentano le quote realmente misurate, mentre i cerchi vuoti le quote calcolate a partire da quelle sperimentali in funzione del tasso di risalita apparente per ogni settore (vedi Tab. 9.2); le linee parallele congiungono le quote della stessa età.

Tali osservazioni porterebbero a concludere che durante l'Impero Romano (0 - II sec. d.C.) la zona di Civitavecchia si sia sollevata di 0.2 mm/a "contemporaneamente" al livello del mare e ciò risulta accettabile dal punto di vista qualitativo, per quanto forse tale valore di risalita tettonica è approssimato per eccesso. Nella zona dell'Argentario, invece, le stesse osservazioni mettono in luce un abbassamento di 1.0 mm/a: per spiegare tale movimento non è possibile invocare la subsidenza perché il promontorio (costituito da una scaglia di basamento cristallino) non si trova nelle condizioni sedimentarie delle piane costiere subsidenti¹, piuttosto è possibile ipotizzare la presenza di una discontinuità tettonica fra la costa (stabile) e il promontorio (in abbassamento); lungo la costa di quest'ultimo l'apparente assenza di indicatori di alto stazionamento del mare riferibili al Pleistocene superiore non ha permesso finora di definirne meglio l'evoluzione neotettonica. Per l'area di Civitavecchia i livelli del mare antico si mantengono costantemente inferiori rispetto a quelli coevi del Lazio meridionale: questa differenza di quota di circa 21 cm si sarebbe prodotta fra l'anno zero ed oggi per effetto di un abbassamento medio di 0.11 mm/a del settore di Civitavecchia rispetto a quello meridionale. Seppure tale movimento potrebbe giustificarsi con la teoria del "basculamento" pleistocenico del margine tirrenico laziale che ha prodotto un ribassamento del settore settentrionale rispetto a quello centro-meridionale (CHIOCCI, 1992) tuttavia risulta più complesso correlare tale abbassamento con il sollevamento tettonico (pari a circa 0.3 mm/a) dei primi secoli della nostra era testimoniato dal confronto fra i dati archeologici, infatti per giustificare entrambi i movimenti occorrerebbe ammettere una delle due ipotesi:

- a) che il movimento tettonico si sia invertito in un periodo successivo al II sec. d.C., e ciò sembra piuttosto improbabile, se non altro perché tali inversioni di assetto tettonico sono difficilmente rilevabili ad una scala temporale così ristretta,
- b) oppure che i due movimenti si siano verificati contemporaneamente, e in questo caso (per bilanciarsi a vicenda) le rispettive velocità dovrebbero crescere oltre i valori *normali* e ciò renderebbe il modello sempre meno realistico.

Nell'impossibilità di spiegare in maniera geologicamente accettabile la depressione dei livelli marini per i settori settentrionali ci sembra più corretto ammettere (almeno temporaneamente ed in attesa di ulteriori ricerche) che tale fenomeno sia solo apparente, cioè che esso sia il prodotto delle diverse approssimazioni ed interpretazioni operate sui dati di origine archeologica.

Dunque, riassumendo i risultati relativi ai movimenti verticali dell'area costiera:

- 1) il settore meridionale della costa del Lazio si conferma geologicamente stabile (né in sollevamento, né in subsidenza);
- 2) la correlazione dei dati archeologici nello spazio per zone geologicamente diverse mostra gravi limiti in funzione degli eccessivi margini di approssimazione ed interpretazione delle misure di quota effettuate.

9.2 INTERPRETAZIONE DEI DATI ARCHEOLOGICI E MAREOGRAFICI NEL QUADRO DELL'EVOLUZIONE CLIMATICA RECENTE

L'andamento del clima olocenico è stato investigato sotto molti e diversi punti di vista a causa delle numerose ripercussioni delle variazioni climatiche sull'ambiente naturale e sulla

¹ Abbassamenti del terreno di questa entità sono noti solo per aree a forte subsidenza (ad es.: Venezia 1.40 mm/a, Porto Corsini (RA) 3.90 mm/a; CAPUTO *et alii*, 1972) mentre le piane costiere laziali sono soggette ad abbassamenti anche dieci volte più piccoli (ad es.: Piana di Fondi 0.09 mm/a).

vita. La curva isotopica dell'ossigeno registra con notevole precisione le variazioni di temperatura a scala di migliaia di anni (normalmente sufficiente quindi per scopi geologici) ed essendo basata sulle temperature degli strati oceanici profondi consente di eliminare le variazioni ad alta frequenza, cioè quelle atmosferiche locali che si riflettono sugli strati superficiali e in ambiente subaereo; proprio per questo motivo però essa non restituisce un dettaglio abbastanza preciso a scala delle centinaia o decine di anni, ma si limita ad informarci circa la generale conservazione negli ultimi millenni di un clima relativamente caldo, simile a quello dell'ultimo interglaciale.

Per quanto riguarda le variazioni a più corto periodo occorre quindi affidarsi a metodi diversi che però, proprio a causa della maggiore sensibilità, generalmente non permettono di riconoscere le fluttuazioni a lungo termine; inoltre questi altri metodi sono particolarmente soggetti ad influenze locali perciò per ottenere informazioni significative occorre correlare un gran numero di dati da tutto il mondo, e non sempre questo procedimento fornisce risultati apprezzabili. I metodi che hanno dimostrato maggiore validità per ricostruire l'andamento recente del clima sono rappresentati dagli studi riguardanti:

a) espansioni e ritiri dei ghiacciai alpini - vengono ricostruiti in base alle posizioni dei depositi morenici e di torba datati con metodi radiometrici oltre che con lo studio delle successioni di varve lacustri, tali movimenti riflettono con notevole precisione le variazioni climatiche a scala decennale; parallelamente si possono esaminare le variazioni di quota dei limiti delle nevi perenni e dei limiti superiori dei boschi montani e degli insediamenti umani (villaggi, pascoli, etc.);

b) associazioni vegetali - i *diagrammi pollinici* ricostruiti in base ai pollini fossili presenti nei depositi continentali (loess, paleosuoli, depositi lacustri e palustri, torbe, etc.), consentono di ottenere le informazioni migliori sul tipo di clima locale, tuttavia generalmente è sconsigliabile riconoscere a tali biostratigrafie validità più ampia rispetto alla regione considerata (MAGRI & FOLLIERI, 1989);

c) oscillazioni eustatiche del livello del mare - permettono correlazioni significative a livello globale a causa dei tempi di risposta di queste variazioni rispetto a quelle climatiche di cui evidenziano le fluttuazioni a lungo termine; il problema maggiore è rappresentato dal notevole "disturbo" prodotto dagli effetti della tettonica locale;

d) paleontologia - l'analisi dei resti fossili -databili con il radiocarbonio- e delle associazioni faunistiche indica presenze e migrazioni di faune fredde e calde in funzione del clima; le datazioni radiometriche consentono anche in questo caso una buona risoluzione temporale;

e) culture e migrazioni umane - in età storica la nascita ed il declino delle popolazioni o la colonizzazione di terre diverse sono ben ricostruibili in base a fonti letterarie ed archeologiche e testimoniano variazioni climatiche anche di piccola entità o di breve durata (ad esempio carestie, inondazioni, variazioni di livello della falda freatica particolarmente gravi in aree costiere, mutamenti nelle coltivazioni, etc.).

f) campioni di ghiaccio - dall'analisi chimica ed isotopica dei sondaggi condotti sulle coltri glaciali polari si ricavano utilissime informazioni sulla composizione atmosferica, e quindi sulle variazioni di temperatura, precipitazioni, umidità, pressione e circolazione, inoltre la continuità della formazione del ghiaccio ed i notevoli spessori raggiunti nelle zone polari consentono di risalire indietro nel tempo di molte migliaia di anni con precisione fino al singolo anno (LORIUS, 1989, Fig. 9.4; CHAPPELAZ *et alii*, 1990, Fig. 9.3); questo metodo ha messo in luce interessanti correlazioni fra periodi glaciali e incrementi del contenuto atmosferico di alcuni

elementi ed isotopi (CO_2 , CH_4 , ^{14}C), alcuni dei quali a loro volta strettamente correlati all'attività solare e quindi alla quantità di calore che arriva sulla Terra.

Fig. 9.3 Sotto: variazioni del tenore d'anidride carbonica, della temperatura e del tenore in metano negli ultimi 160 ka, dedotte dalle analisi del ghiaccio nella perforazione di Vostok (Antartide). (Ridisegnato, da CHAPPELAZ *et alii*, 1990).

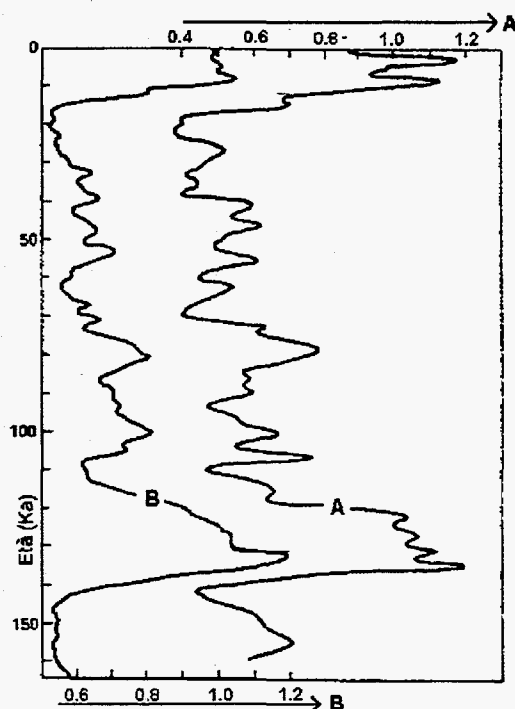
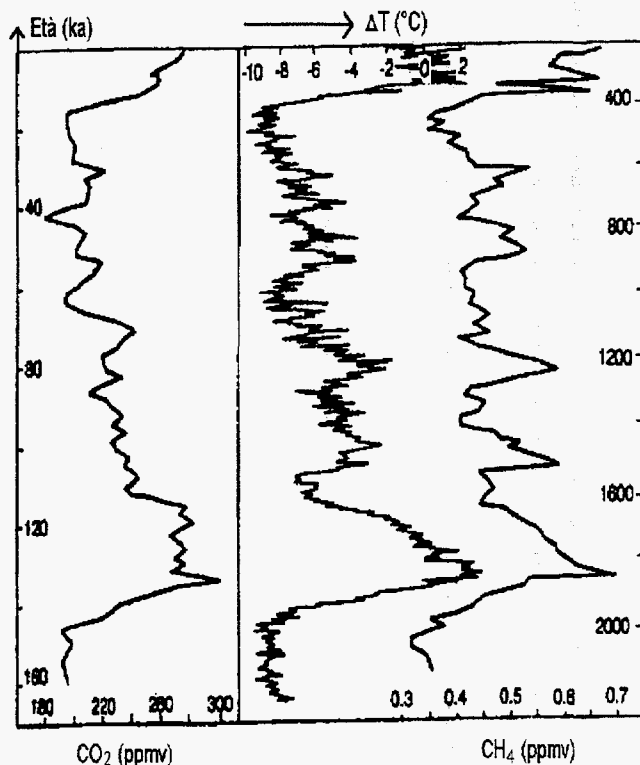


Fig. 9.4 Sopra: variazioni delle precipitazioni negli ultimi 160 ka rispetto al valore medio dell'Olocene, nella perforazione in ghiaccio di Vostok (Antartide): la curva A è stata ottenuta dalla concentrazione di ^{10}Be , la B dai valori di temperatura ricavati dalle analisi isotopiche. (Ridisegnato, da LORIUS, 1989).

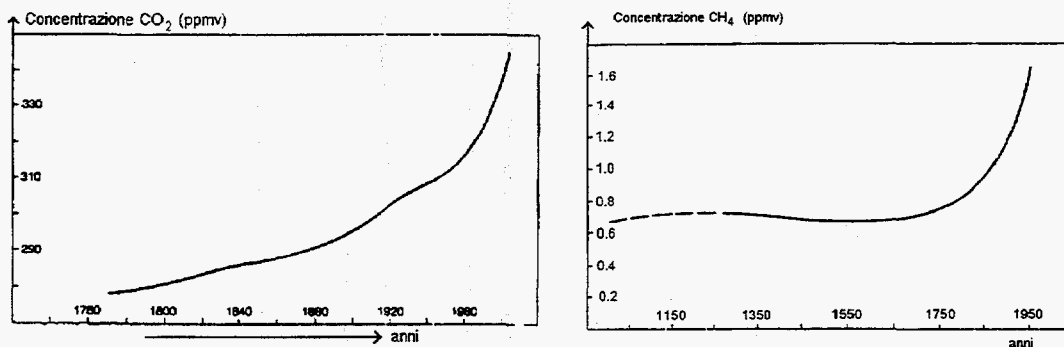


Fig. 9.5 – Variazioni del contenuto di anidride carbonica (sinistra) e metano (destra) in atmosfera negli ultimi secoli, dall'analisi di bolle d'aria contenute nel ghiaccio di una perforazione antartica. (Ridis., da LORIUS, 1989).

I risultati di tutti gli studi paleoclimatici hanno consentito di definire con maggior dettaglio l'andamento climatico posteriore all'ultimo massimo glaciale mettendo in risalto il fatto che la deglaciazione è stata estremamente discontinua nei primi millenni (*tardiglaciale*, 18÷10 ka BP) in cui si sono alternati diversi periodi caldi e freddi, poi nell'Olocene (*postglaciale*, da ~10 ka BP in poi) si sono verificate condizioni meno rigide caratterizzanti un periodo propriamente interglaciale (Tab. 9.3).

Tab. 9.3 – I limiti cronologici sono approssimativi perché mediati rispetto a quelli ricavati da diversi autori. Nella seconda colonna e nella prima parte dell'ultima le età sono in migliaia di anni dal presente (ka BP), le età più recenti dell'ultima colonna sono invece in AD (a.C. / d.C.), mentre i numeri romani indicano i secoli.

periodo climatico	limiti cronologici	caratteristiche climatiche	preistoria e storia
DRYAS I	16 - 13.3	freddo	Paleolitico superiore (37÷12 ka BP) (Magdaleniano, 20÷12 ka BP)
BÖLLING	13.3 - 12.2	caldo	
DRYAS II	12.2 - 11.8	freddo	
ALLERÖD	11.8 - 10.8	caldo	Mesolitico (12÷8 ka BP)
DRYAS III	10.8 - 10	freddo secco	
PREBOREALE	10 - 9	(?)	
BOREALE	9 - 7.5	temperato	
ATLANTICO INF.	7.5 - 6	temperato umido	Neolitico (8÷4 ka BP)
ATLANTICO SUP.	6 - 4	caldo umido (<i>Optimum Climatico</i>)	sviluppo delle grandi civiltà di Egitto e Mesopotamia (per la formazioni di estese piane alluvionali particolarmente fertili) e di quelle megalitiche dell'Europa nordorientale (~6000÷4000 a.C.)
SUB BOREALE	4 - 3	temperato secco	le popolazioni vengono <i>costrette</i> lungo le vallate dei maggiori fiumi (Tigri-Eufrate e Nilo) dal relativo inaridimento (~4000÷3000 a.C.)
SUB ATLANTICO	3.9 - 2.3	freddo	scomparsa di Ittiti e Micenei per l'invasione di popoli nordici; per lo stesso motivo Fenici e Greci, cacciati dalle loro terre, si dedicarono alla navigazione colonizzando tutto il Mediterraneo (Cartagine, Magna Grecia, etc.) (XIII÷III a.C.);
	2.2 - 1.5	caldo	Impero Romano (II a.C. - V d.C.)
	1.2 - 1.0	fresco umido	declino dell'Impero Romano per un'ondata migratoria da nord (<i>invasioni barbariche</i>); impaludamento di ampie zone costiere (VIII÷IX d.C.)
	1.0 - 0.8	caldo (<i>caldo medievale</i>)	espansione dei Vichinghi e colonizzazione della Groenlandia (la <i>Terra verde</i>) (X÷XII d.C.)
	0.45 - 0.1	freddo	<i>Little Ice Age</i> (XVI÷XIX d.C.)
ATTUALE	0.1 - 0.0	caldo (?)	attuale

Se il carattere delle fasi climatiche oloceniche è ben delineato (come mostra la Tab. 9.3), più controverso è il riconoscimento quantitativo dei parametri climatici (si considera generalmente la temperatura atmosferica, ma molto significativi sono anche i dati pluviometrici e la loro distribuzione stagionale) a causa dei risultati molto differenti in funzione principalmente della latitudine, della estensione delle terre emerse e della vegetazione: generalmente per l'Olocene si riconoscono oscillazioni delle temperature non superiori a 3.5°C (DENTON & KARLÉN, 1973) e temperature inferiori all'attuale di circa 1°C durante i periodi

freddi¹, mentre le escursioni termiche fra veri e propri periodi glaciali ed interglaciali sono dell'ordine dei 4÷5°C per le temperature medie mondiali (DUPLESSY, 1991) e della decina di gradi per le aree polari (OROMBELLI, 1990); occorre ricordare però che variazioni dell'ordine del grado sono comuni anche per cicli decennali e ciò mostra quanto sia complesso separare le tendenze a breve ed a lungo termine. Con l'entrata in funzione degli strumenti che registrano le variazioni di temperatura, piovosità, parametri atmosferici, attività solare, fronti glaciali, altezza media del mare, etc. si è giunti ormai ad una risoluzione di altissimo dettaglio, ma l'elaborazione e soprattutto il confronto dei dati con i tempi passati risulta proprio per questo spesso estremamente complessa o addirittura infruttuosa, come abbiamo visto ad esempio per le registrazioni mareografiche nel capitolo relativo agli stazionamenti del livello del mare.

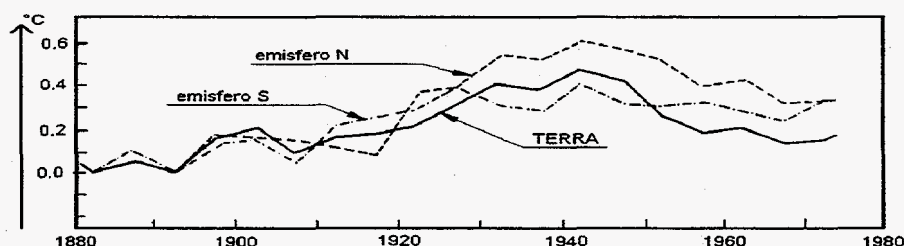


Fig. 9.6 – Variazione della temperatura atmosferica nell'ultimo secolo:

emisfero N = 0÷80°,
emisfero S = 0÷60°.
(Da LAMB, 1982).

Ci sembra utile ricordare a questo punto l'opinione -condivisa da molti studiosi- secondo la quale a fronte di un crescente intervento antropico nella modificazione di alcuni elementi determinanti del clima (incremento dei *gas-serra*, riduzione dello strato d'ozono, distruzione delle foreste tropicali, etc., vedi Fig. 9.5) non si è tuttora riscontrata una sensibile accelerazione della velocità di risalita eustatica a livello globale (WOODWORTH, 1990).

Un tentativo di correlazione qualitativa ha restituito la "curva climatica" di Fig. 9.7 in cui sono indicate con lettere minuscole (in ordine crescente con l'età BP) le principali fasi climatiche succedutesi in tempi recenti rispetto alla temperatura media della prima metà del XX secolo (da PINNA, 1969,1977); le informazioni più interessanti che si possono trarre sono:

* per i periodi *a* (*Little Ice Age*) ed *e*² si riscontra una certa equivalenza nell'entità del raffreddamento, mentre la fase *c* è stata più breve e meno intensa;

* per i periodi caldi grande rilievo si riconosce unanimemente al cosiddetto *Optimum climatico postglaciale f* con temperature uguali o superiori di pochi gradi a quelle attuali; piuttosto evidente risulta anche il *Caldo Medievale b*, mentre durante il periodo corrispondente all'Impero Romano *d* si nota rispetto ai periodi freddi contigui un sensibile e prolungato miglioramento del clima per quanto forse meno accentuato rispetto agli altri periodi caldi³;

☞ infine per il periodo attuale, iniziato verso la metà del secolo scorso, le registrazioni continue dei parametri climatici attraverso l'utilizzo di strumenti appositi, evidenziano una spiccata tendenza al generale riscaldamento della Terra, a tale tendenza sembra sovrapporsi con peso sempre maggiore l'intervento antropico.

¹ Il riscaldamento fra la *Little Ice Age* ed il 1950 è stato di 1÷1.4°C secondo LAMB (1965), di 0.5÷1.2° secondo PORTER (1986) e di 0.7÷0.9°C secondo PINNA (1991).

² Il periodo *e* sembra caratterizzato da diverse *puntate* fredde intorno a 3300, 2900 e 2300 anni BP, separate da fasi intermedie con condizioni migliori.

³ In realtà i periodi *b* e *d* possono considerarsi come un unico evento di clima "mite" in cui si inserisce un evento freddo di durata piuttosto limitata: circa due secoli rispetto ai circa quattro della *Little Ice Age* ed ai più di dieci del periodo *e*.

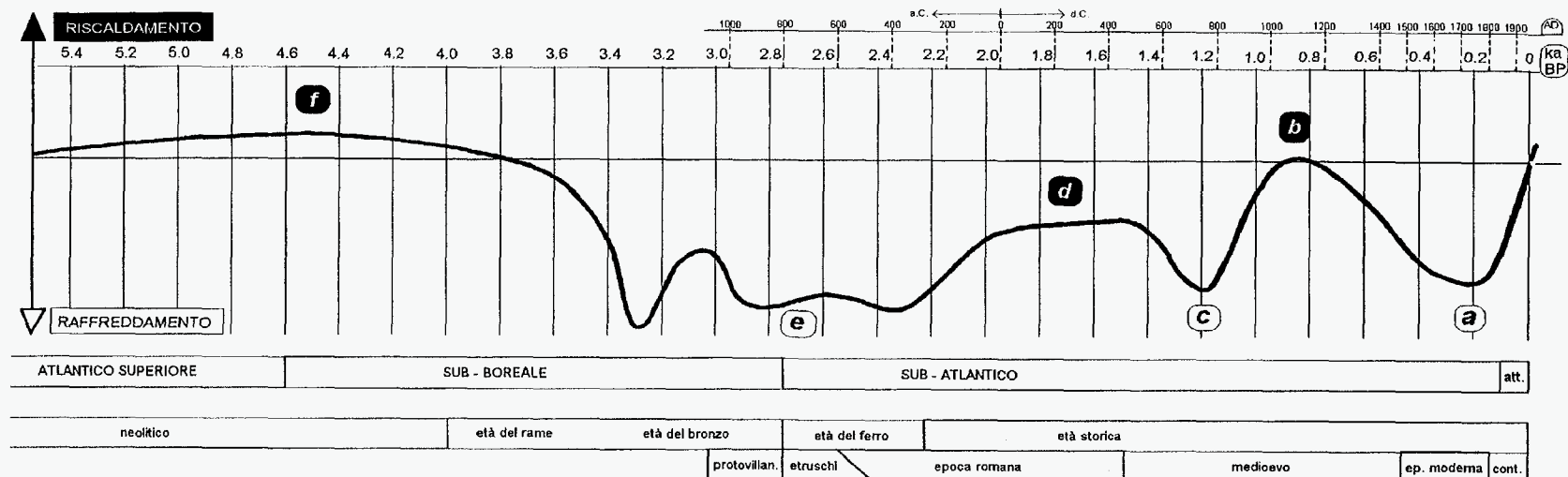
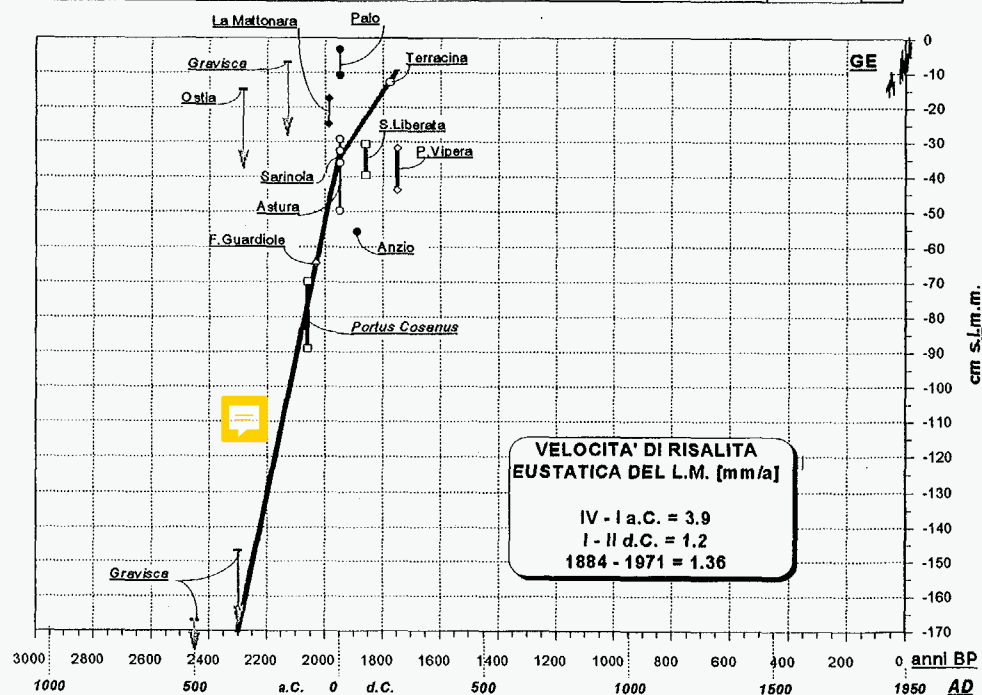


Fig. 9.7 - Sopra: curva qualitativa delle variazioni climatiche oloceniche. (Ridisegnato, da PINNA, 1977).

LEGENDA FASI CLIMATICHE:

- (a) Little Ice Age [0.45÷0.1 ka BP] (XVI÷XIX d.C.)
- (b) caldo medievale [1.0÷0.8 ka BP] (X÷XII d.C.)
- (c) freddo [1.2÷1.0 ka BP] (VIII÷IX d.C.)
- (d) caldo romano [2.2÷1.5 ka BP] (II a.C.÷V d.C.)
- (e) freddo [3.3÷2.3 ka BP] (XIII÷III a.C.)
- (f) Optimum climatico [6÷4 ka BP]

Fig. 9.8 - A destra: le frecce nere indicano le variazioni eustatiche del livello del Mare Tirreno in età storica in base a indicatori archeologici (dati originali sul l.m.m. attuale), la linea sulla destra rappresenta le misure mareografiche (GE = mareografo di Genova, dati IIM, cfr. Fig. 3.1; per la legenda dei simboli cfr. Fig. 9.1).



Malgrado le già descritte difficoltà di correlazione globale del livello del mare, tanto per il passato quanto per il presente, tuttavia le considerazioni del paragrafo precedente circa l'attendibilità (almeno a scala regionale) del valore eustatico della risalita recente del livello del mare misurata per il Lazio meridionale e del livello massimo ammissibile per l'area archeologica di Gravisca (Marina di Tarquinia), ci permettono di sostenere con un accettabile margine di sicurezza che, nella nostra regione, tale risalita sia stata caratterizzata in epoca romana da un'oscillazione positiva composta di due fasi distinte: la Tab. 9.4 mostra i dati analitici relativi a queste due fasi e, per confronto, quelli ricavati dalle registrazioni del mareografo di Genova.

		PERIODO		ESTREMI (cm s.l.m.m. attuale)	VELOCITÀ DI RISALITA EUSTATICA (mm/a)
		(AD)	(anni BP)		
I fase	(romana repubblicana)	IV ÷ I sec. a.C.	2300÷1950	~ -170 ÷ -34	3.9
II fase	(romana imperiale)	I ÷ II sec. d.C.	1950÷1750	-34 ÷ -10	1.2
	attuale	1884÷1971	—	-15.1 ÷ -3.3	1.36

La Fig. 9.8 mostra graficamente l'andamento della risalita eustatica del livello del Mare Tirreno secondo le indicazioni fin qui tratte dai resti archeologici insieme all'effettiva risalita registrata dal mareografo di Genova nell'ultimo secolo (Fig. 3.1).

Nonostante le informazioni di natura archeologica si siano dimostrate per molti versi non del tutto attendibili notiamo in conclusione che, se ci si limita a considerare i dati più oggettivi e si compie un'attenta analisi delle limitazioni imposte dai movimenti tettonici differenziali attivi nella regione esaminata, la linea che rappresenta i dati storici (Fig. 9.8) mostra una sorprendente corrispondenza con la curva climatica (Fig. 9.7); tale corrispondenza consente inoltre di attribuire all'andamento qualitativo del miglioramento climatico di epoca romana un carattere qualitativo espresso in termini di variazione di quota del livello medio del mare.

Questi risultati ci permettono di formulare alcune utili considerazioni sull'evoluzione climatica recente:

- 1) Si afferma la validità complessiva del metodo di ricostruzione degli antichi livelli del mare in base alle informazioni storiche ed archeologiche, purché si ponga la massima cura nella raccolta, elaborazione e soprattutto nell'interpretazione delle quote. La misura delle variazioni eustatiche si conferma inoltre come un ottimo metodo di ricostruzione e di misura indiretta delle oscillazioni climatiche quaternarie.
- 2) Il confronto degli antichi livelli del mare misurati su resti archeologici con quelli attuali registrati dai mareografi evidenzia tendenze simili delle velocità di risalita eustatica fra il periodo romano imperiale e l'ultimo secolo (rispettivamente 1.2 e 1.36 mm/a), mentre negli ultimi secoli prima di Cristo con tutta probabilità il livello del mare risali con velocità più che tripla (3.9 mm/a) senza per questo determinare conseguenze catastrofiche sulle attività umane come alcune previsioni sul riscaldamento terrestre tendono a sottolineare; si evidenzia cioè la persistente prevalenza del carattere *naturale* dell'attuale tendenza climatica, senza peraltro escludere la possibilità che l'uomo possa arrivare a modificarla in modo sostanziale nel prossimo futuro in seguito allo sfruttamento incontrollato delle risorse naturali.

Particolarmente grave potrebbe risultare la risalita eustatica di alcune decine di centimetri che potrebbe accelerare la già preoccupante situazione di erosione di molte coste italiane.

3) Infine si evidenzia una certa variabilità del livello del mare il quale deve aver subito presumibilmente diverse oscillazioni dell'ordine della decina di centimetri fra l'epoca post-romana ed il secolo scorso; questa variabilità, peraltro, è chiaramente prevista dalla curva climatica di Fig. 0.7 e sostenuta ad esempio da osservazioni sulle variazioni di quota delle falde costiere come quelle verificatesi nell'ultimo millennio al di sotto della Basilica di S. Nicola e della Cattedrale a Bari (COTECCHIA *et alii*, 1969) e dal ritrovamento di depositi palustri di probabile età medievale a quote superiori all'attuale (CINQUE & RUSSO, 1986).

BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO M., ALLEGRI I., ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., FERRANTI L., IMPROTA S., MANFRA L. & PROPOSITO A. (1992) - *Risultati preliminari relativi alla datazioni di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno centrale*. Giorn. di Geol., serie III, vol. 54/2, 165-193.
- ALESSIO M., ALLEGRI I., ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., IMPROTA S., MANFRA L. & MARTINEZ M.P. (in stampa) - *La curva di risalita del Mare Tirreno negli ultimi 43 ka ricavata da datazioni su speleotemi sommersi e dati archeologici*. Boll. Soc. Geol. It., "Atti del Convegno: Geosub '94".
- ANTONIOLI F., DAI PRA G. & HEARTY P.J. (1988) - *I sedimenti quaternari nella fascia costiera della Piana di Fondi*. Boll. Soc. Geol. It., 107, 409-501.
- ANTONIOLI F. & FREZZOTTI M. (1989) - *I sedimenti tardo-pleistocenici ed olocenici compresi nella fascia costiera tra Sabaudia e Sperlonga*. Conv. "Morfogenesi e stratigrafia dell'Olocene", Bari; Mem. Soc. Geol. It., 42, 321-334.
- ANTONIOLI F., CONATO V. & DAI PRA G. (1989) - *Biostratigrafia dei sedimenti pleistocenici affioranti sul bordo NW della Piana di Fondi (Lazio Meridionale)*. Il Quat., 2(2), 139-145.
- ANTONIOLI F. (1991) - *Geomorfologia subacquea e costiera del litorale compreso tra Punta Stendardo e Torre S. Agostino (Gaeta)*. Il Quat., 4/2, 257-274.
- AVELLINO E., BIETTI A., BRUCCHIETTI M., CASSOLI P., GIACOPINI L., GUADAGNOLI F., LENTINI A., MANTERO D., SEGRE A.G. & VICARI M. (1987) - *Riparo Salvini a Terracina. Una stazione di cacciatori-raccoglitori del Paleolitico superiore*. Ed. QUASAR, Roma.
- BALDACCI O. (1956) - *La salina di Tarquinia*. Boll. Soc. Geogr. It., 93, 264-299.
- BARBARANELLI F. (1958) - *Ulteriori ricerche paleontologiche nel civitavecchiese*. Boll. Paleont. It., 67/89, 218-228.
- BASTIANELLI S. (1939) - *Gli antichi avanzi esistenti nel territorio di Civitavecchia*. St. Etr., 13, 385-402.
- BELLOTTI P. & TORTORA P. (1985) - *Il delta del Tevere: lineamenti batimetrici, morfologici e tessiturali della conoide sommersa e delle aree limitrofe*. Boll. Soc. Geol. It., 104, 65-80.

- BELLOTTI P., CARBONI M.G., MILLI S., TORTORA P. & VALERI P. (1989) - *La piana deltizia del fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale*. Giorn. di Geol. 3°, 51/1, 71-91.
- BELLUOMINI G., IUZZOLINI P., MANFRA L., MORTARI M. & ZALAFFI M. (1986) - *Evoluzione recente del delta del Tevere*. Geol. Rom., 25, 213-324.
- BRONSON R.C. & UGGERI G. (1970) - *Isola del Giglio, Isola di Giannutri, Monte Argentario, Laguna di Orbetello*. St. Etr., 38, 201-214.
- BROWN F.E. (1951) - *Cosa I. History and topography*. Mem. American Academy in Rome, 20, 1-113.
- BRUNAMONTE F. & SERVA L. (1990) - *Subsidenza e distribuzione dei terreni ad elevata componente organica della Pianura Pontina (Lazio Meridionale)*. Geol. Appl. e Idrogeol., 25, 235-264.
- CAPUTO C., LUPA PALMIERI E. & PUGLIESE (1981) - *Variazioni della linee di riva lungo la marenna tosco-laziale fra Ansedonia e Capo Linaro*. Riv. Geogr. It., 88, 221-242.
- CAPUTO M., PIERI L. & ROSSI TESI F. (1972) - *Land subsidence in Venice and Porto Corsini*. Annali di Geofisica, 25(1), 55-61.
- CARDARELLI R. (1963) - *De ora maritima populoniensi*. St. Etr., 31, 503-531.
- CARRARA C. & DAI PRA G. (1992) - *Depositi marini olocenici sollevati all'Isola di Palmarola (Arcipelago Pontino, Italia centrale)*. Il Quat., 5(1), 99-104.
- CARRARA C., Ed. (1995) - *Lazio meridionale - Sintesi delle ricerche geologiche multidisciplinari*. ENEA, Dipartimento Ambiente; Serie Studi e Ricerche.
- CARRARA C. & MAGRI G. (1995) - *Considerazioni conclusive*. In: "CARRARA C., a cura di - Lazio meridionale - Sintesi delle ricerche geologiche multidisciplinari." ENEA, Dipartimento Ambiente; Serie Studi e Ricerche, 259-264.
- CARRARA C., CREMASCHI M. & DAI PRA G. (1995a) - *Sea level variations, deposits and Pleistocene morphogenesis in the Pontine Islands (Tyrrhenian sea)*. Geogr. Fis. Din. Quat., 17, 139-153.
- CARRARA C., DAI PRA G. & GIRAUDI C. (1995b) - *Lineamenti di tettonica plio-quadernaria dell'area*. In: "CARRARA C., a cura di - Lazio meridionale - Sintesi delle ricerche geologiche multidisciplinari." ENEA, Dipartimento Ambiente; Serie Studi e Ricerche, 151-155.
- CASTAGNOLI F. (1963) - *Astura*. Studi Romani, 11(6), 637-644.
- CASTIGLIONI G.B. (1979) - *Geomorfologia*. Ed. UTET.
- CHAPPEL J. & SHACKLETON N.J. (1986) - *Oxygen isotopes and sea level*. Nature, 324, 137-140.
- CHAPPELAZ J., BARNOLA J.M., RAYNAUD D., KOROTKEVICH Y.S. & LORIUS C.J. (1990) - *Ice-core record of atmospheric methane over the past 160.000 years*. Nature, 345, 127-131.
- CHIOCCI F.L. (1991) - *Evidenze di un basculamento altopleistocenico della piattaforma continentale del Lazio centro-settentrionale*. St. Geol. Cam., vol. Sp. CROP 11, 271-281.

- CICCONE S. (1990) - *Una villa romana a Formia con una originale struttura a tumulo*. Palladio, nuova serie, II-5, 5-24.
- CICCONE S. (1992) - *I resti archeologici sul litorale di Formia*. In: "Ecosistema marino in Italia e sulla costa laziale", WWF Atti del III° Seminario Internazionale di Studi sull'Ecosistema Marino, Formia, giugno '91; 101-114.
- CICCONE S. (1994) - *Le variazioni della linea di costa nel Golfo di Gaeta attraverso i documenti archeologici*. In: "Ecosistema marino in Italia e sulla costa laziale", WWF Atti del III° Seminario Internazionale di Studi sull'Ecosistema Marino, Formia, giugno '93; 131-143.
- CICCONE S. (in stampa) - *Segni di un antico paesaggio marino nella Villa di Tiberio*. In: "Ecosistema marino in Italia e sulla costa laziale", WWF Atti del IV° Seminario Internazionale di Studi sull'Ecosistema Marino, Formia, giugno '95.
- CINQUE A. & RUSSO F. (1986) - *La line di costa del 79 d.C. fra Oplonti e Stabiae nel quadro dell'evoluzione olocenica della Piana del Sarno (Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 105, 111-121.
- CITA M.B. & CASTRADORI D. (1995) - *Rapporto sul workshop «Marine sections from the Gulf of Taranto (Southern Italy) usable as a potential stratotypes for the GSSP of the lower, middle and upper Pleistocene» (29/9 - 4/10/1994)*. Boll. Soc. Geol. It., 114, 319-336.
- CLARK J.A., FARREL W.E. & PELTIER W.R. (1978) - *Global changes in postglacial sea level: a numerical calculation*. Quat. Res., 9, 265-287.
- CLIMAP PROJECT MEMBERS (1976) - *The surface of th Ice-Age earth*. Science, 4232, 191.
- CLUVERIO F. (1624) - *Italia antiqua*. Lugduni, Batavorum.
- COLUMELLA - *De Re Rustica*. Libri VIII, XVI e XVII.
- CONATO V. & DAI PRA G. (1980) - *Livelli marini pleistocenici e neotettonica fra Civitavecchia e Tarquinia (Italia centrale)*. Geol. Rom., 19, 181-194.
- CONATO V., ESU D., MALATESTA A. & ZARLENGA F. (1980) - *New data on the Pleistocene of Rome*. Quat., 22, 131-176.
- COTECCHIA V., DAI PRA G. & MAGRI G. (1969) - *Oscillazioni tirreniane ed oloceniche del livello del mare nel Golfo di Taranto, corredate da datazioni col metodo del radio-carbonio*. Geol. Appl. e Idrogeol., 4, 93-148.
- DAI PRA G. & STEARNS C.E. (1977) - *Sul Tirreniano di Taranto. Datazioni su coralli con il metodo $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$* . Geol. Rom., 16, 231-242.
- DAI PRA G. (1978) - *Le linee di costa tirreniane dal Fiume Tevere a Tarquinia*. Geol. Appl. e Idrogeol., 13, 1-10.
- DAI PRA G. & ARNOLDUS-HUYZENDVELD A. (1984) - *Lineamenti stratigrafici, morfologici e pedologici della fascia costiera dal Fiume Tevere al Fiume Astura (Lazio, Italia centrale)*. Geol. Rom., 23, 1-12.
- DAI PRA G. (1995) - *Geomorfologia e stratigrafia dei depositi del Pleistocene e dell'Olocene*. In: "CARRARA C., a cura di - *Lazio meridionale - Sintesi delle ricerche geologiche multidisciplinari*." ENEA, Dipartimento Ambiente; Serie Studi e Ricerche, 36-51.
- DASTI L. (1878) - *Notizie storiche archeologiche di Tarquinia e Corneto*. Roma, 1878.

- DE LA BLANCHÈRE M.R. (1881) - *La malaria de Rome et le drainage antique*. Mélanges Ecole française de Rome, 2. In "ROCCI G.R., a cura di (1984) - *Terracina e le terre pontine*. Ed. Coop. ALTRACITTÀ, Terracina, 1984".
- DE LA BLANCHÈRE M.R. (1881) - *Le port de Terracine - Histoire et archéologie*. Mélanges Ecole française de Rome, 1. In "ROCCI G.R., a cura di (1984) - *Terracina e le terre pontine*. Ed. Coop. ALTRACITTÀ, Terracina, 1984".
- DE LA BLANCHÈRE M.R. (1882) - *Le drainage profonde des campagnes Latines*. Mélanges Ecole française de Rome, 2. In "ROCCI G.R., a cura di (1984) - *Terracina e le terre pontine*. Ed. Coop. ALTRACITTÀ, Terracina, 1984".
- DE LA BLANCHÈRE M.R. (1884) - *Terracine - Essai d'histoire locale*. Ernest Thorin, Paris. In "ROCCI G.R., a cura di (1984); Ed. Coop. ALTRACITTÀ, Terracina, 1983".
- DE ROSSI G.M. (1968) - *La Via Aurelia, da Roma a Forum Aureli*. Quad. Ist. It. Top. Ant. Univ. di Roma, Ed. De Luca.
- DE ROSSI G.M. (1971) - *Torri costiere del Lazio*. Ed. De Luca.
- DEL ROSSO R. (1905) - *Pesche e peschiere antiche e moderne nell'Etruria marittima*. Firenze.
- DENTON G.H. & KARLÉN W. (1973) - *Holocene climatic variation - Their pattern and possible causes*. Quat. Res., 3, 155-205.
- DUPLESSY J.C. (1991) - *Variability of the earth's climate*. In: "DUPLESSY J.C., PONS A. & FANTECHI R., Ed. - *Environment and quality of life - Climate and global change*. Comm. of the European Communities; Directorate-General Science, Research and Development.
- DURANTE S. & SETTEPASSI F. (1977) - *Malacofauna e livelli marini tirreniani a Grotta Guattari M. Circeo (Latina)*. Quat. 19, 35-69.
- EMILIANI C. (1955) - *Pleistocene temperatures*. Journ. Geol., 63, 538-578.
- EMILIANI C. (1966) - *Paleotemperature analysis of Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalised paleotemperature curve for the past 425,000 years*. Journ. Geol., 74, 109-126.
- EVERDEN J.F. & CURTIS G.H. (1965) - *The potassium-argon dating of late Cenozoic rocks in east Africa and Italy*. Current. Anthropology, 6(4), 343-364.
- FAIRBANKS R.G. (1989) - *A 17000 glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep ocean circulation*. Nature, 342, 637-642.
- FAIRBRIDGE R.W. (1961) - *Eustatic changes in sea level*. Phys. Chem. Earth, 4, 99-185.
- FAIRBRIDGE R.W., Ed. (1966) - *The encyclopedia of oceanography*. Ed. Van Nostran Reinhold Company.
- FELICI E. (1993) - *Osservazioni sul porto neroniano di Anzio e sulla tecnica romana delle costruzioni portuali in calcestruzzo*. Archeologia subacquea, I, 71-104.
- FLEMMING N.C. (1969) - *Archeological evidence for eustatic change of sea level and earth movements in the western Mediterranean in the last 2000 years*. Geol. Soc. Am., sp. pap. 109.
- FLEMMING N.C. & WEBB C.O. (1986) - *Tectonic and eustatic coastal changes during the last 10,000 years derived from archaeological data*. Zeits. Geomorph., Suppl.-Bd., 62, 1-29.

- FORNASERI M. (1985) - *Geochronology of volcanic rocks from Latium (Italy)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 40, 73-106.
- FRAU B. (1979) - *Il ritrovamento di un porto etrusco del V sec. a.C. ed una piscina romana del I sec a.C.* Roma, 1979.
- FRAU B. (1981) - *Graviscae. Il porto antico di Tarquinia e le sue fortificazioni*. Ed. G.A.R.
- FRAU B. (1982) - *Gli antichi porti di Tarquinia*. Ed. G.A.R.
- FRAU B. (1985) - *From the etruscan ports of Graviscae and Martanum: elements for a new methodology in the field of maritime archaeological research*. Harbour Archaeology - BAR International Series 257 (1987), 93-104.
- FRUTAZ A.P. (1972) - *Le carte del Lazio*. Ed. Ist. Studi Romani.
- FUNICIELLO R. & PAROTTO M. (1978) - *Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani. Considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino Centrale*. Geol. Rom., 17, 233-287.
- FUNICIELLO R., PAROTTO M. & PRATURLON A. (1981) - *Carta Tettonica d'Italia, scala 1:1 '500 '000*. C.N.R., Prog. Fin. Geodin., pubbl. n° 269.
- GANIMEDE, a cura di (1995) - *Archeodidattica - Il museo archeologico e la grotta di Tiberio*. Ed. GANIMEDE - Associazione Culturale - Fondi.
- GIACOPINI L., MARCHESINI B.B. & RUSTICO L. (1994) - *L'itticoltura nell'antichità*. Ed. ENEL.
- GIANFROTTA P.A. (1972) - *Castrum Novum*. Forma Italiae, regio VII, 3.
- GIANFROTTA P.A. (1988) - *Le coste, i porti, la pesca*. In: Atti Conv. di Viterbo 1985 "Etruria Meridionale - conoscenza, conservazione, fruizione." - Ed. Quasar, 11-15.
- GINETTA CHIAPPELLA V. (1965) - *Esplorazione della cosiddetta Piscina di Lucullo sul lago di Paola*. Not. Sc., 19-suppl., 146-160.
- GOODWIN P.W. & ANDERSON E.J. (1985) - *Punctuated Aggradational Cycles: a general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation*. Journ. Geol., 93, 515-533.
- GORNITZ W., LEBEDEFF S. & HANSEN J. (1982) - *Global sea level trend in the past century*. Science, 215, 1611-1614.
- GRIP (GREENLAND ICE-CORE PROJECT) MEMBERS (1993) - *Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core*. Nature, 364, 203-207.
- HEARTY P.J. & DAI PRA G. (1986) - *Aminostratigraphy of quaternary marine deposits in the Lazio region of central Italy*. Zeits. Geomorph., Suppl.-Bd. 62, 131-140.
- HEARTY P.J., MILLER G.H., STEARNS C.E. & SZABO B.J. (1986) - *Aminostratigraphy of quaternary shorelines in the Mediterranean basin*. Geol. Soc. Am. Bull., 97, 850-858.
- HEARTY J.P. (1992) - *Sea level variations during the Quaternary: the rock and aminostratigraphic record in the Mediterranean basin, Bermuda and the Bahamas*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 14(2), 259-261.
- HEARTY P.J. & DAI PRA G. (1992) - *The age and stratigraphy of middle pleistocene and younger deposits along the Gulf of Taranto*. Journ. Coast. Res., 8, 882-905.
- HOLSTENIO L. (1666) - *In Italiam antiquam Philippi Cluveri annotationes*. Dragoncelli.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (pubblicazioni annuali) - *Tavole di marea e correnti di marea*. IIM, Genova.

- JACOPI G. (1963) - *L'antro di Tiberio a Sperlonga*. Ed. Ist. St. Rom.
- KU T.L., IVANOVICH M. & LUO S. (1990) - *U-series dating of Last Interglacial high sea stands: Barbados revisited*. Quat. Res., 33, 129-147.
- LAMB H.H. (1965) - *The early medieval warm epoch and its sequel*. Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol., 1, 13-37.
- LAMB H.H. (1982) - *Climatic changes in own times and future threats*. Geography, 3, 203-220.
- LE GALL J. (1981) - *Les problem du niveau de la mer aux boches du Tibre*. Histoire et Archeologie - Les Dossiers, 50, 46-51.
- LEWIS J.D. (1973) - *Cosa: an early roman harbour*. Marine Archeology, 233-259.
- LOCARDI E. & NICOLICH R. (1992) - *Geodinamica del Tirreno e dell'Appennino centro-meridionale: la nuova carta della Moho*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 121-140.
- LORIUS C.J., JOUZEL J., RITZ C., MERLIVAT L., BARKOV N.I., KOROTKEVITCH Y.S. & KOTLYAKOV V.M. (1985) - *A 150000-year climatic record from Antarctic ice*. Nature, 316, 591-596.
- LORIUS C.J. (1989) - *Polar ice cores and climate*, In: "BERGER A. et alii, ed. - Climate and Geo-Sciences"; Kluwer Acad. Publ., 77-103.
- LUSETTI C. (1977) - *Osservazioni maregrafiche del porto di Genova*. Istituto Idrografico della Marina, Genova.
- MAGRI D. & FOLLIERI M. (1989) - *Caratteri della biostratigrafia pollinica dell'Olocene in Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 147-153.
- MALATESTA A. & ZARLENGA F. (1986) - *Evoluzione paleogeografico-strutturale plio-pleistocenica del basso bacino romano a nord e a sud del Fiume Tevere*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 75-85.
- MARANI M., TRINCARDI F., ARGNANI A., BORSETTI A.M. & ZITELLINI N. (1986) - *Pleistocene progradation and postglacial events of the NE tyrrhenian continental shelf between the Tiber River delta and Capo Circeo*. Mem. Soc. Geol. It., 36, 67-89.
- MARRA F., ROSA C., DE RITA D. & FUNICIELLO R. (in stampa) - *Stratigraphic and tectonic features of the Middle Pleistocene sedimentary and volcanic deposits in the area of Rome*. Quat. Int., sp. iss.
- MASTERS P.M. & FLEMMING N.C. (1983) - *Quaternary coastlines and marine archeology*. London: Academic Press.
- MCCANN A.M. & LEWIS J.D. (1970) - *The ancient port of Cosa*. Archeology, 23/3, 201-211.
- MCCANN A., BOURGEOIS J. & LYDING WILL E. (1977) - *Underwater excavations at the Etruscan port of Populonia*. Journ. of Field Archaeology, 4, 275-296.
- MCCANN A.M. (1987) - *The roman port and fishery of Cosa. A center of ancient trade*. Princeton Univ. Press.
- MENGARELLI (1937) - *Carta archeologica del territorio di Caere*. St. Etr. 9.
- MILANKOVITCH M. (1938) - *Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate*. Handb. Geoph., 9, 593-698.
- MORI A. (1963) - *Problemi dell'insediamento umano e della vita marittima nell'antica Etruria centrale*. Boll. Soc. Geogr. It., 4, 343- 354.

- OLESON J.P. (1977) - *Underwater survey and excavation in the port of Pyrgi (S. Severa)*. Journ. of Field Archaeology, 4, 297-299.
- OROMBELLI G. (1990) - *Ghiacciai, clima, equilibri ambientali*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 833-837.
- ORTOLANI F., PAGLIUCA S. & TOCCACELI R.M. (1991) - *Osservazioni sull'evoluzione geomorfologica olocenica della piana costiera di Velia (Cilento, Campania) sulla base di nuovi rinvenimenti archeologici*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, 163-169.
- OZER A., DAI PRA G. & DEMOULIN A. (1987) - *Les indices morphologiques témoin de la stabilité tectonique de la bordure littorale du Lazio méridionale (Italie)*. Zeits. Geomorph., Suppl.-Bd. 63, 103-117.
- PALIERI L. & SPOSATO A. (1988) - *Segnalazione di fauna a Strombus bubonius nell'area compresa fra Tarquinia e Montalto di Castro*. Il Quat., 1(2), 161-166.
- PANIZZA M. (1985) - *Schemi cronologici del Quaternario*. Geogr. Fis. Din. Quat., 8, 44-48.
- PASKOFF R. (1985) - *Les variations du niveau de la mer et le déplacements des lignes de rivage*. In: "Les littoraux. Impacts des aménagements sur leurs évolution", Ed. MASSON, 11-22.
- PASKOFF R.P. & OUESLATI A. (1991) - *Modifications of coastal conditions in the Gulf of Gabes (Southern Tunisia) since classical antiquity*. Zeits. Geomorph., Suppl.-Bd., 81, 149-162.
- PENCK A. & BRÜCKNER E. (1909) - *Die Alpen in Eiszeitalter*. Tauchnitz, Leipzig.
- PICCARRETA F. (1977) - *Astura. Forma Italiae, Regio I*, 13, Firenze.
- PINNA M. (1969) - *Le variazioni del clima in epoca storica ed i loro effetti sulla vita e sulle attività umane*. Boll. Soc. Geogr. It., 10, 198-275.
- PINNA M. (1977) - *Climatologia*. UTET, Torino.
- PINNA M., Ed. (1985) - *Contributi di climatologia*. Mem. Soc. Geogr. It., 39.
- PINNA M. (1991) - *Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo*. Mem. Soc. Geogr. It., 46, 9-63.
- PIRAZZOLI P.A. (1976) - *Sea level variations in the northwestern Mediterranean during roman times*. Science, 194, 519-521.
- PIRAZZOLI P.A. (1986) - *Secular trends of relative sea-level (RSL) changes indicated by tide-gauge records*. Journ. Coast. Res., Sp. Iss., 1, 1-26.
- PIRAZZOLI P.A. (1987) - *Sea level changes in the Mediterranean*. In: Tooley & Shennan - "Sea level changes", Basil Blackwell, Oxford, 152-181.
- PIRAZZOLI P.A. (1991) - *World atlas of Holocene sea level changes*. Elsevier Oceanography series, 58, Amsterdam.
- PIRAZZOLI P.A. (1993) - *Global sea-level changes and their measurement*. Glob. Planet. Change, 8, 135-148.
- POLLI S. (1970) - *Tabelle di previsione delle maree per Trieste e l'Adriatico settentrionale per l'anno 1971*. Ist. Talassografico, 465, 1-18.
- PORTER S.C. (1986) - *Pattern and forcing of northern hemisphere glacier variation during the last millenium*. Quat. Res., 26, 27-48.
- PROCOPIO - *De Bello Gothico*

- PROTANI V. & FRAU B. (1988) - *Pyrgi e il castello di Santa Severa*. Ed. Comune di S. Marinella/G.A.R.
- QUILICI L. (1968) - *Graviscae*. In: De Rossi, "La Via Aurelia", Ed. De Luca, 107-120.
- RUTILIO NAMAZIANO (416) - *De re ditu suo*. Les Belles Lettres, Parigi 1933.
- SANDWELL D.T. (1991) - *Geophysical application of satellite alimetry*. In: "U.S. National Report to IUGG 1987-1990". Rev. Geophys., Suppl., 132-137.
- SCHMIEDT G. (1964) - *Antichi porti d'Italia*. L'Universo.
- SCHMIEDT G., a cura di (1970) - *Atlante aereofotografico delle sedi umane in Italia. Parte II: le sedi antiche scomparse*. IGM, Firenze.
- SCHMIEDT G. (1972) - *Il livello antico del Mar Tirreno. Testimonianze dei resti archeologici*. Ed. Olschki.
- SCHMIEDT G. (1978) - *I porti italiani nell'alto Medioevo*. Spoleto, 1978.
- SCRINARI V. (1960) - *Strutture portuali relative al Porto di Claudio messe in luce durante i lavori dell'aeroporto intercontinentale di Fiumicino (Roma)*. In: "Rass. dei lavori pubblici", n. 3 marzo 1960.
- SEVINK J., VOS P., WESTERHOFF W.E., STIERMAN A. & KAMERMANS (1982) - *A sequence of marine terraces near Latina (Agro Pontino, Central Italy)*. Catena, 9, 361-378.
- SHACKLETON N.J., BERGER A. & PELTIER W.R. (1990) - *An alternative astronomical calibration on the Lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677*. Trans. Royal Soc. Edinburgh, Earth Science, 81, 251-261.
- SMART P.L. & RICHARDS D.A. (1992) - *Age estimates for the late Quaternary high sea-stands*. Quat. Sc. Rev., 11, 687-696.
- STOCCHINO C. & SCOTTO V. (1970) - *Il livello marino e la pressione atmosferica nel porto di Genova*. Bull. Inst. Océanographique, 69, 1-10.
- TESTAGUZZA O. (1970) - *Portus*. Roma, 1970.
- TORELLI M. (1971) - *Graviscae (Tarquinia) - Scavi nella città etrusca e romana. Campagne 1969 e 1970*. Not. Sc., 25, 195-299.
- WOODWORTH P.L. (1990) - *A search for accelerations in records of European mean sea level*. Int. Journ. Clim., 10, 129-143.
- ZEI M. (1994) - *Profilo archeologico di un approdo. L'ansa di Paola dal Neolitico all'Età Romana*. In: WWF "Atti 3° Seminario Ecosistema Marino, n° 2", Formia, giugno 1993.
- ZERI A. (1905) - *I porti del litorale romano*. In: Ministero della Marina: "Monografia storica dei porti dell'antichità nella penisola italiana"; Roma.

TAVOLE

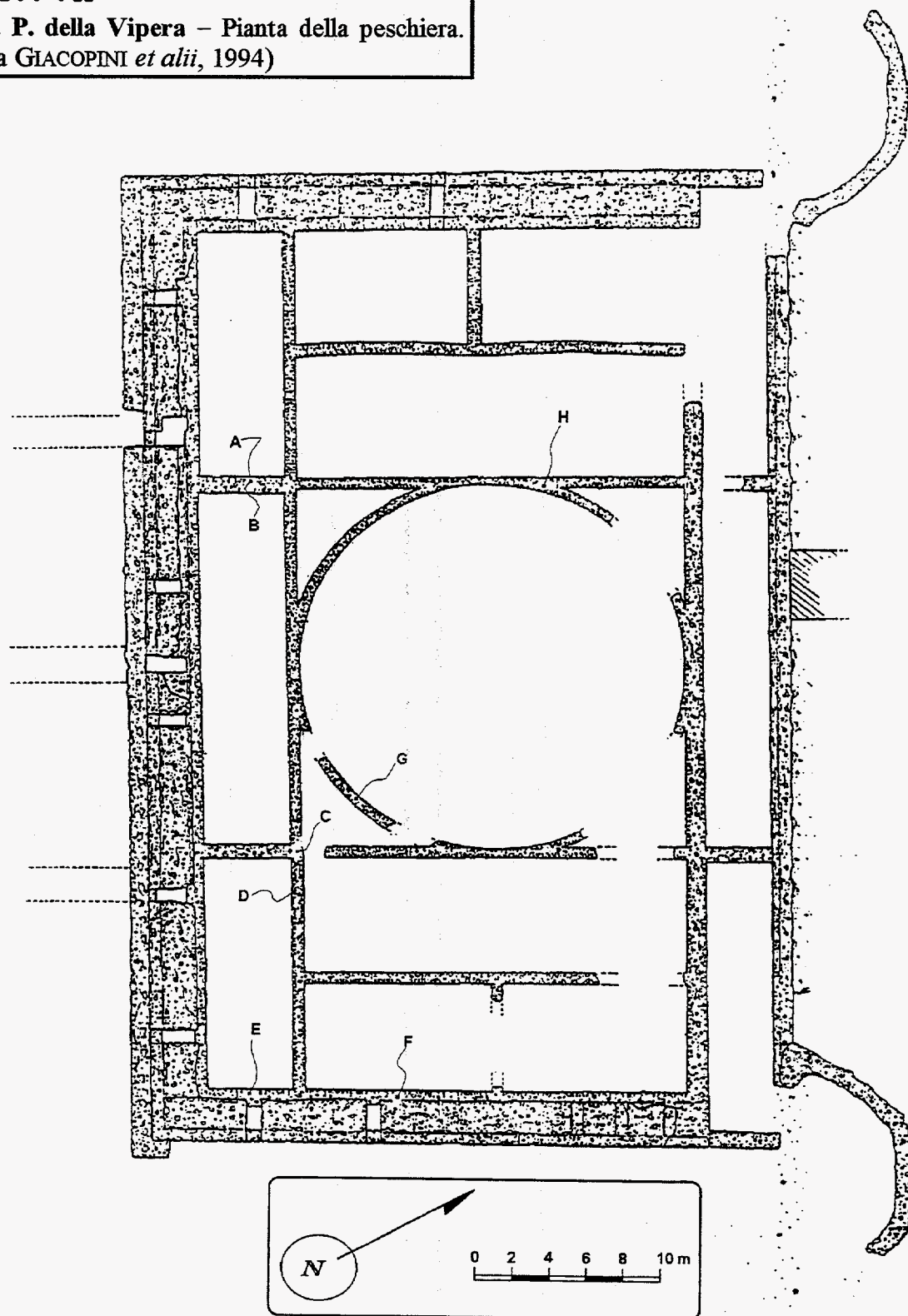
Le Tavole seguenti contengono:

- a) le piante dettagliate dei siti più interessanti con l'ubicazione dei punti quotati,
- b) le schede dei dati analitici relativi agli stessi siti,
- c) le coordinate geografiche di tutti i siti.

TAV. 1	(2)	S. Liberata (Argentario)
TAV. 2	(4)	<i>Portus Cosanus</i> (Ansedonia)
TAV. 3	(8)	Foce del Marta (Marina Velca)
TAV. 4	(9)	<i>Gravisca</i> (Marina di Tarquinia)
TAV. 5	(13)	Valdaliga (Civitavecchia)
TAV. 6	(14)	La Mattonara (Civitavecchia)
TAV. 7	(16)	Punta della Vipera (S. Marinella)
TAV. 8	(17)	F.so Guardiole (S. Marinella)
TAV. 9	(20)	Le Grottacce (S. Marinella)
TAV. 10	(23)	Palo (Ladispoli)
TAV. 11	(29)	La Banca (Astura)
TAV. 12	(30)	Astura
TAV. 13	(36)	Sarinola (Formia)
TAV. 14		Schede analitiche dei dati altimetrici rilevati
TAV. 15		Ubicazione geografica dei siti esaminati

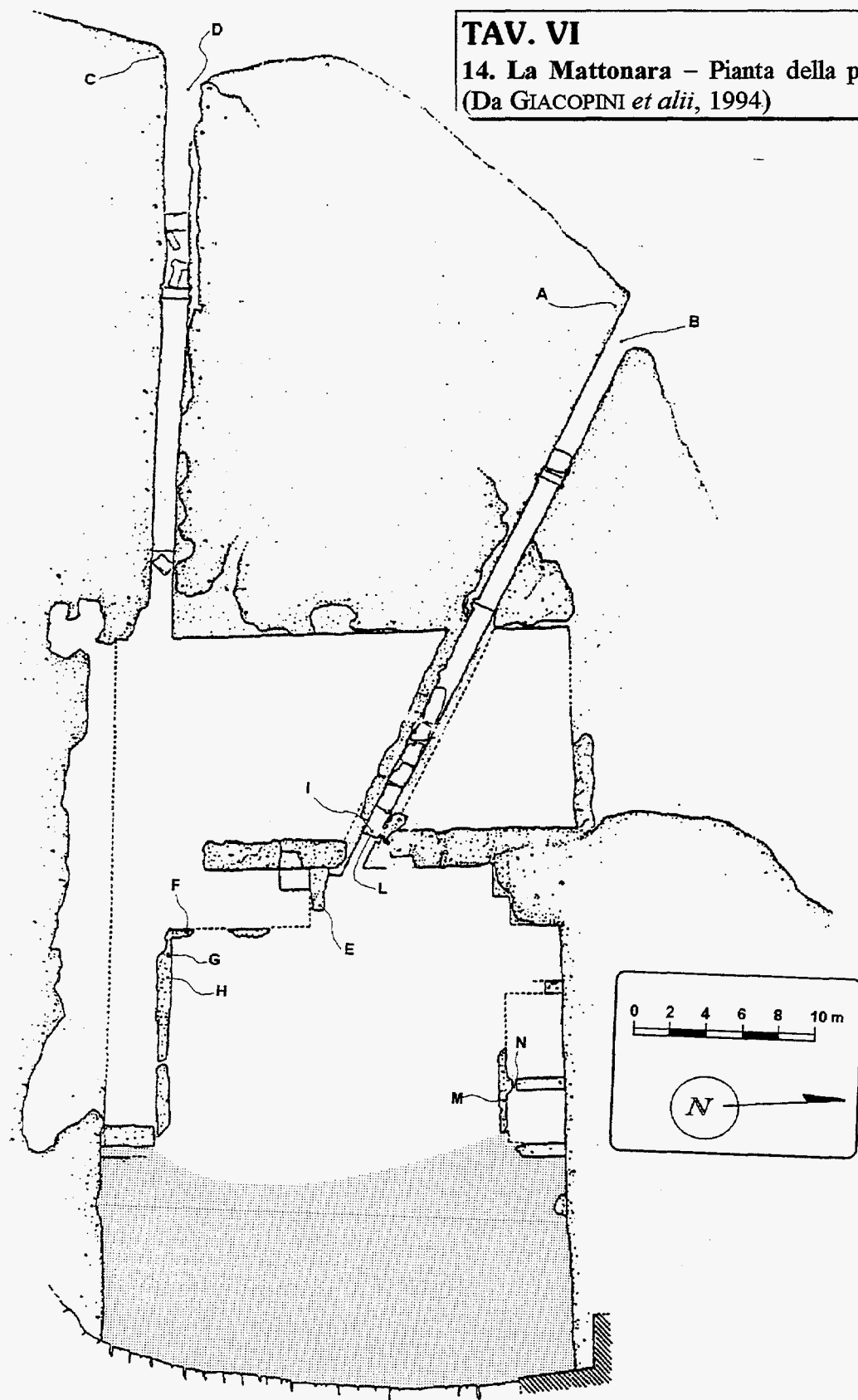
TAV. VII

16. P. della Vipera – Pianta della peschiera.
(Da GIACOPINI *et alii*, 1994)



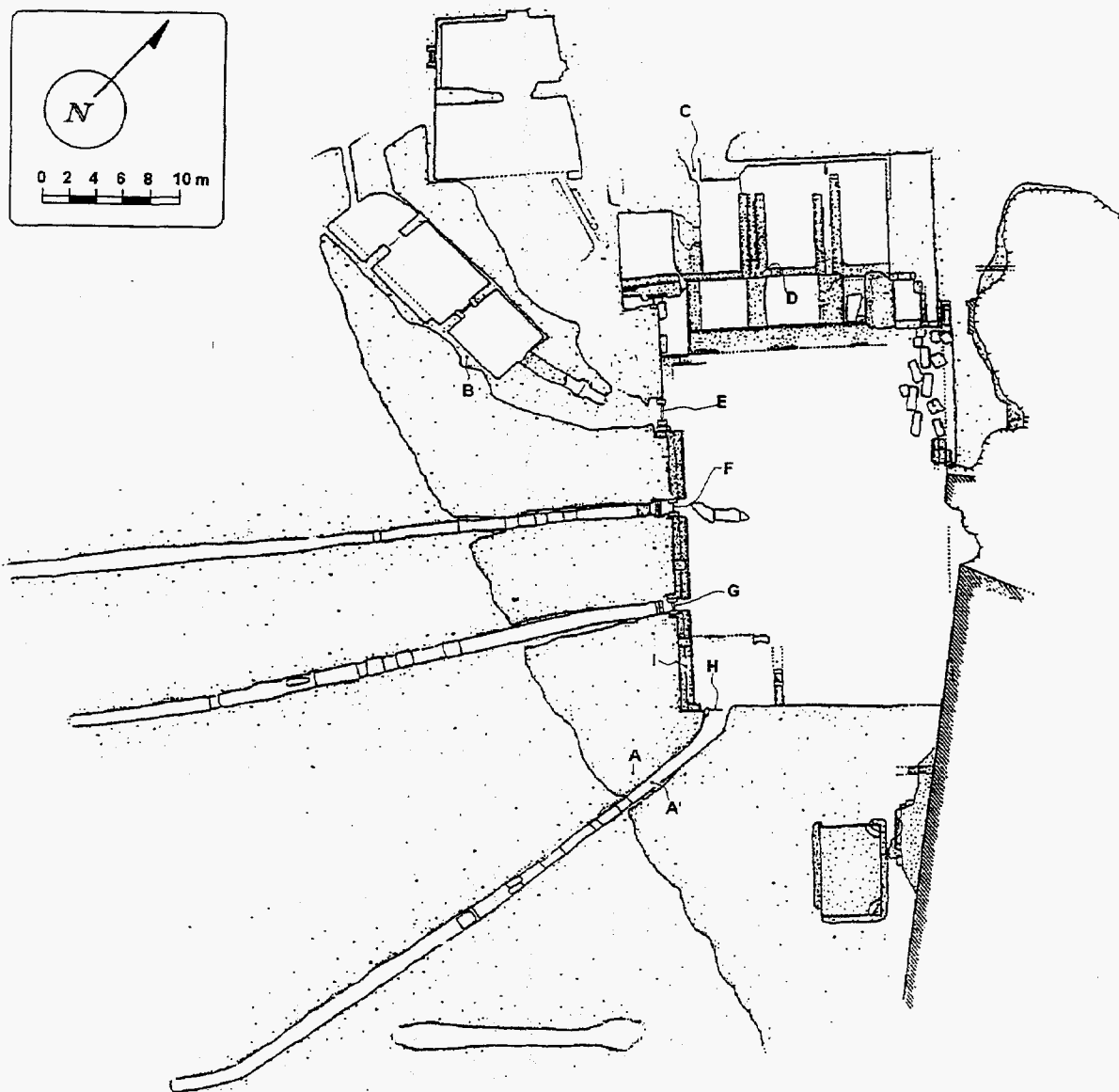
TAV. VI

14. La Mattonara – Pianta della peschiera.
(Da GIACOPINI *et alii*, 1994)



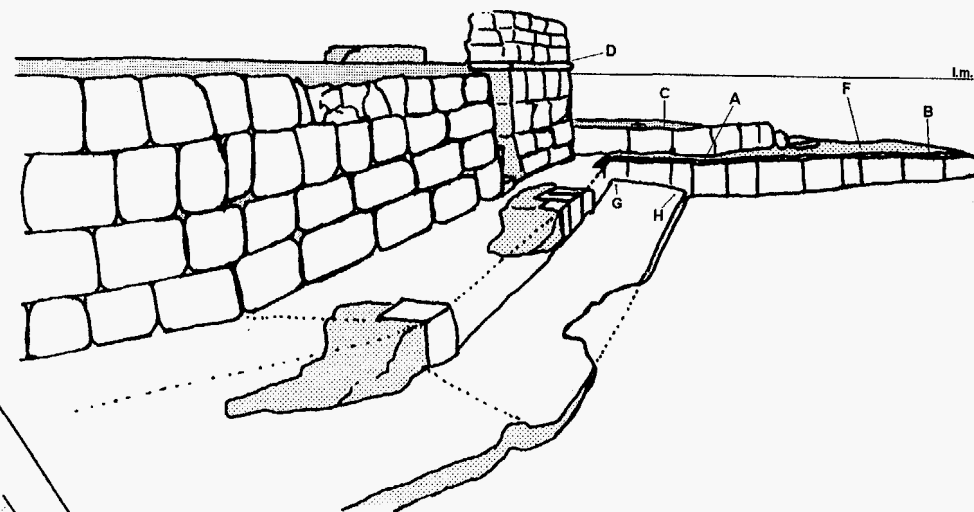
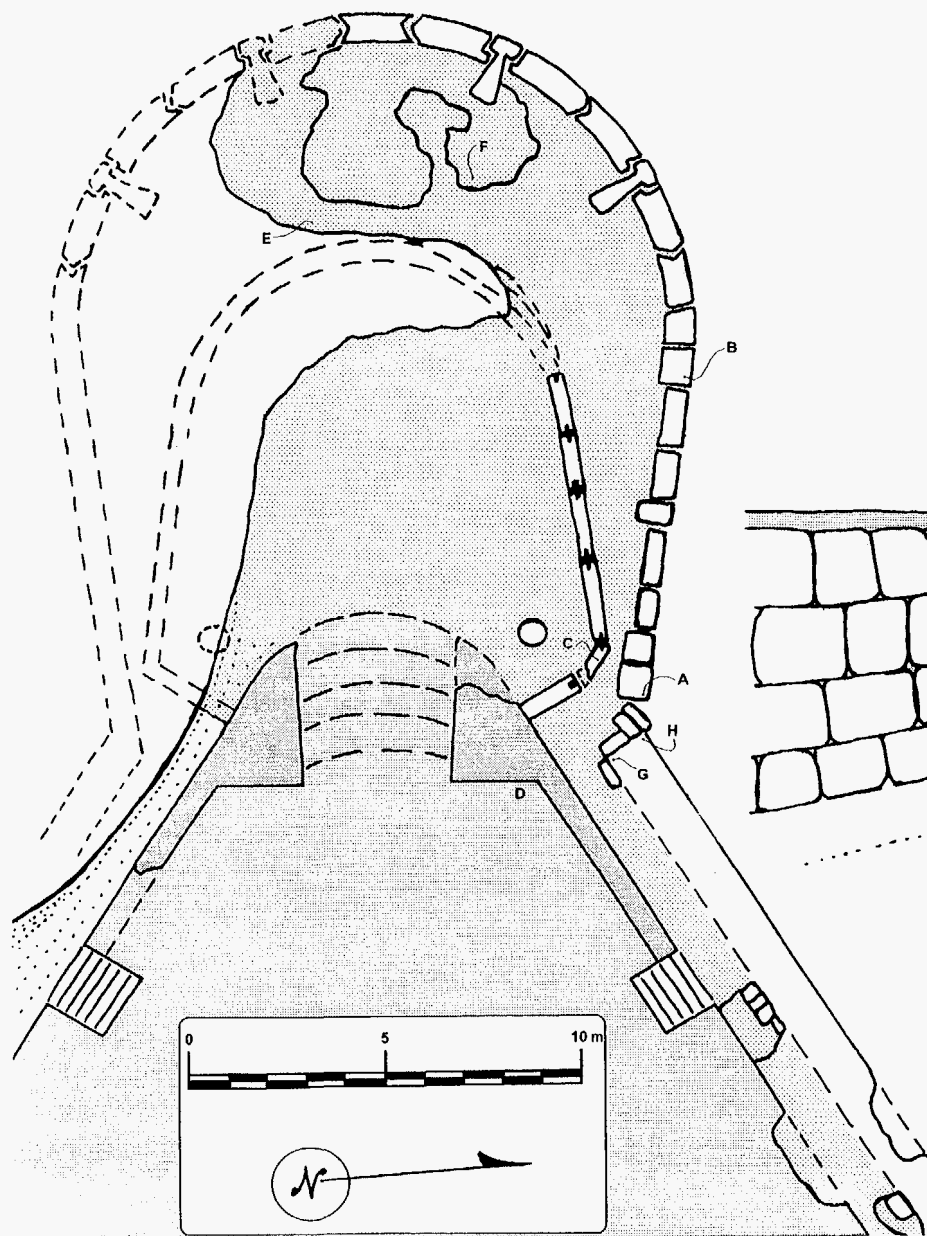
TAV. V

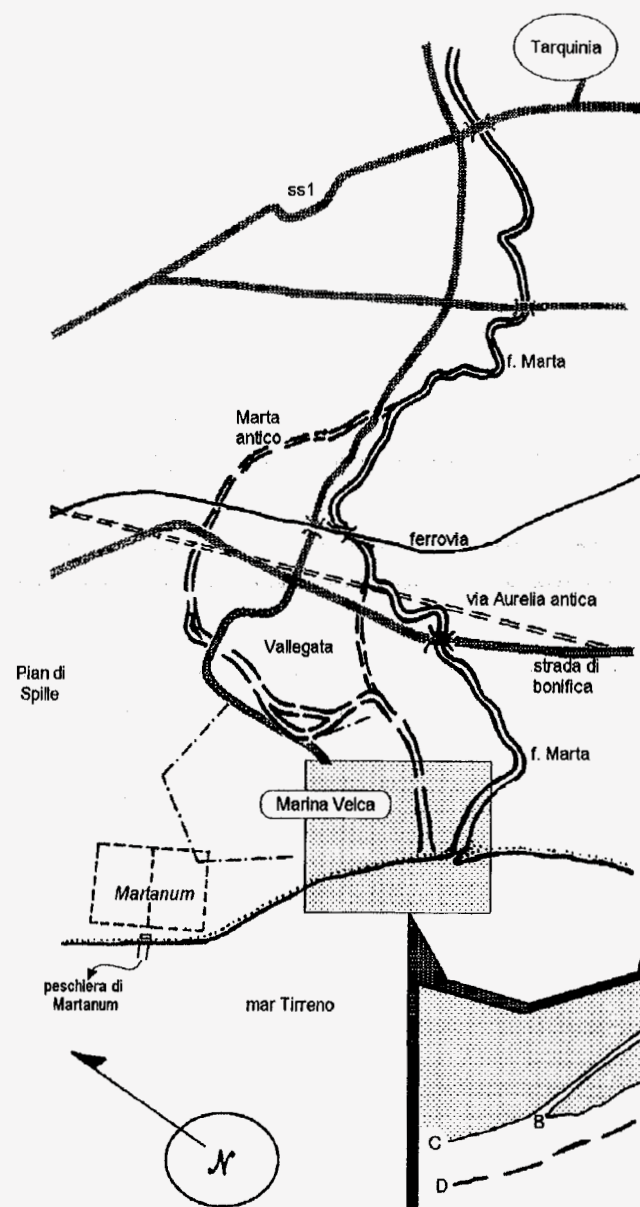
13. Valdaliga – Pianta della peschiera. (Da GIACOPINI *et alii*, 1994)



TAV. IV

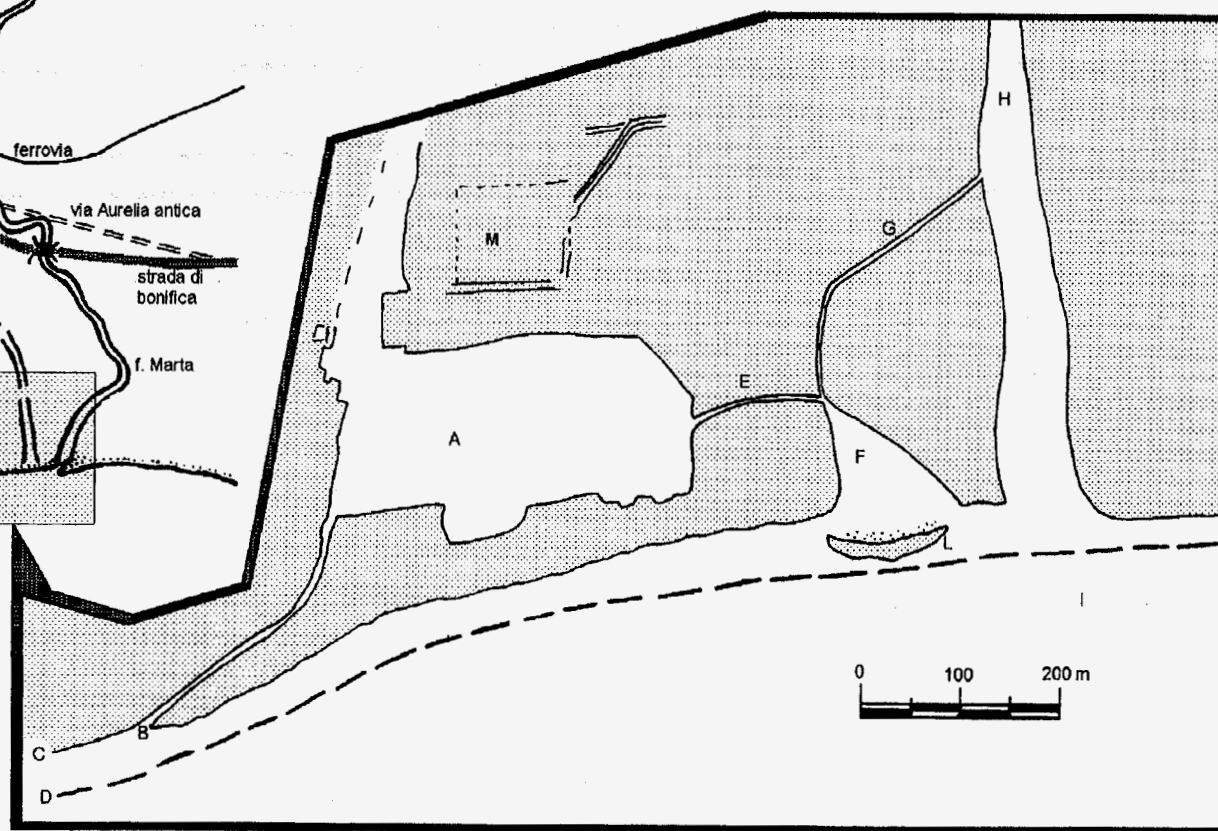
9. *Gravisca* – A sinistra: pianta del molo antico e del
sovrastante Porto Clementino. (Ridis. da FRAU, 1982).
Sotto: vista del lato settentrionale del molo.

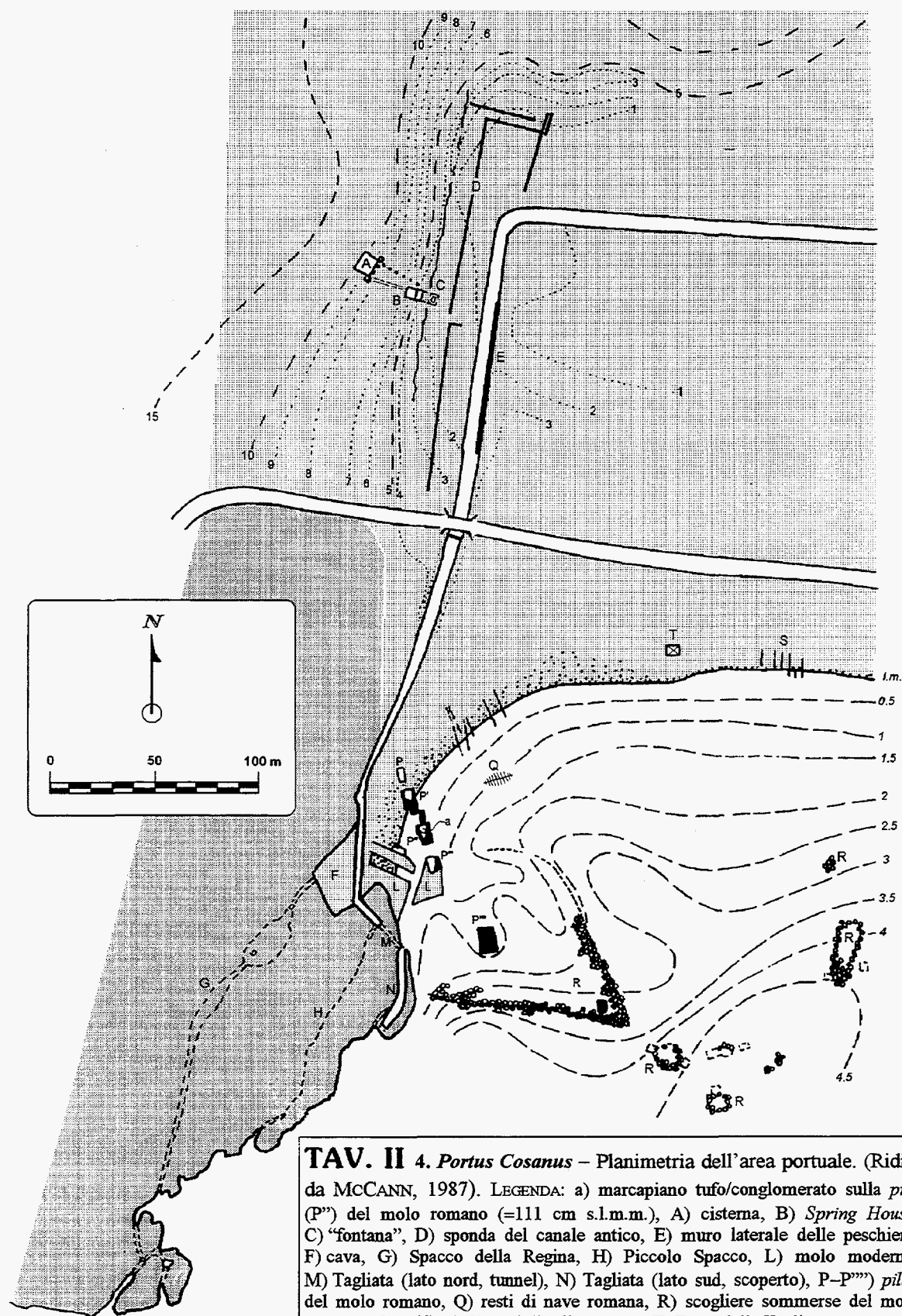




TAV. III

8. Foce del Marta – Carta ricostruttiva della topografia antica e planimetria ingrandita della presunta antica area portuale. (Ridis. da FRAU, 1982). LEGENDA: A) bacino portuale, B) canale d'alimentazione del porto, C) linea di costa antica, D) linea di costa attuale, E) canale d'accesso al porto, F) avamposto, G) canale di derivazione dal fiume, H) antica foce del Marta, L) antemurale, M) tracce di edifici portuali.

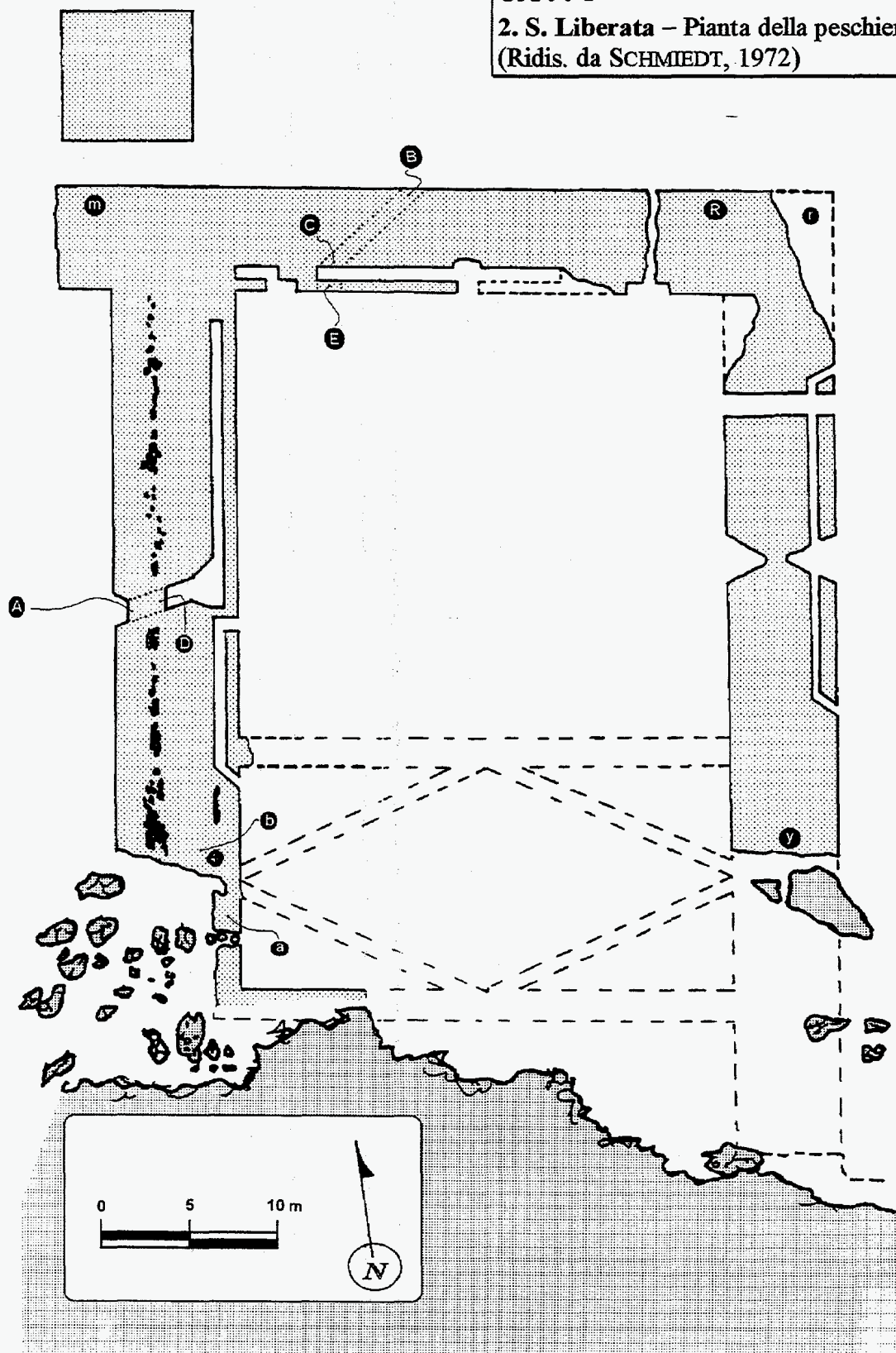


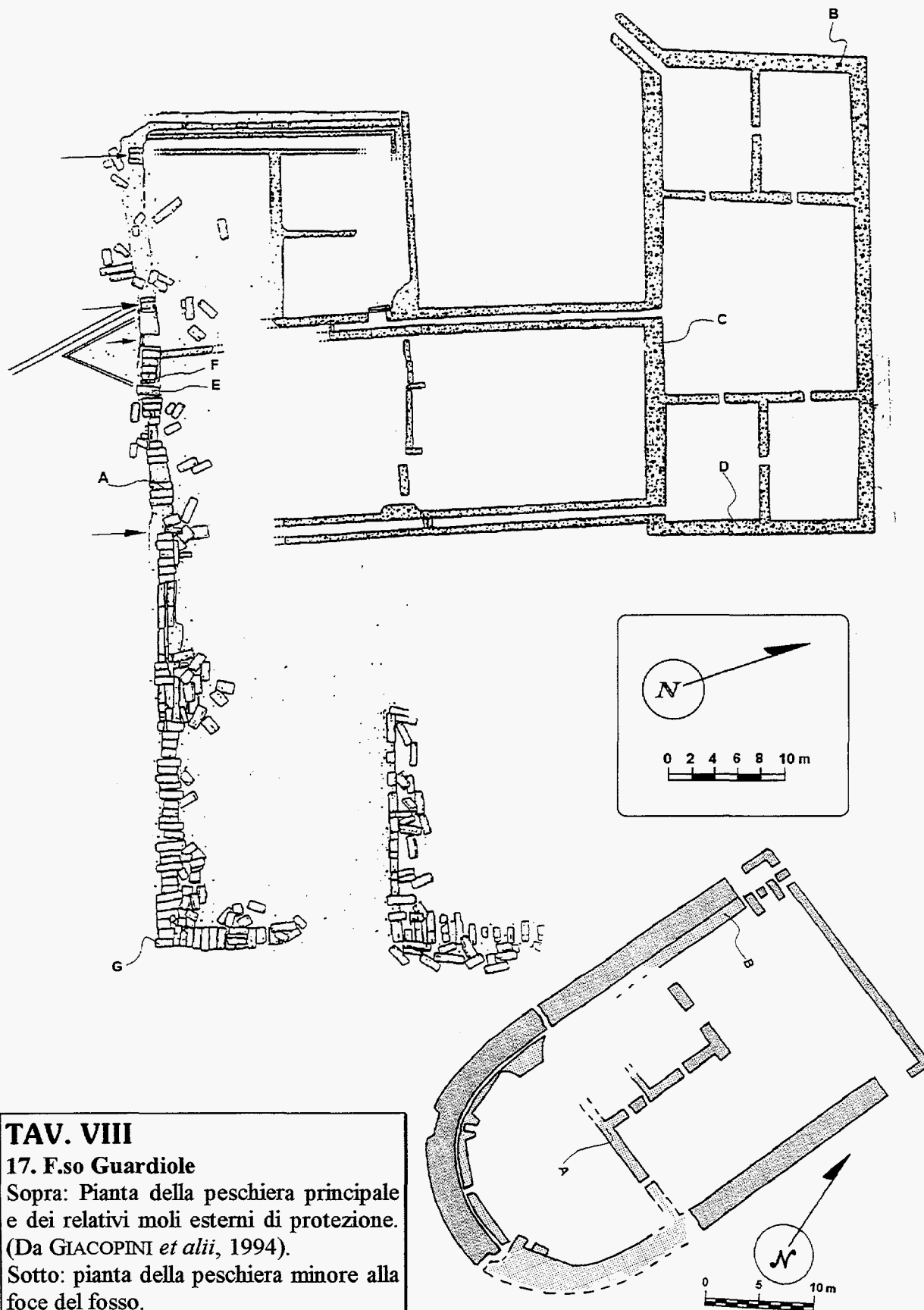


TAV. II 4. Portus Cosanus – Planimetria dell'area portuale. (Ridis. da McCANN, 1987). LEGENDA: a) marcapiano tufo/conglomerato sulla pila (P'') del molo romano (=111 cm s.l.m.m.), A) cisterna, B) *Spring House*, C) "fontana", D) sponda del canale antico, E) muro laterale delle peschiere, F) cava, G) Spacco della Regina, H) Piccolo Spacco, L) molo moderno, M) Tagliata (lato nord, tunnel), N) Tagliata (lato sud, scoperto), P-P''') pilaie del molo romano, Q) resti di nave romana, R) scogliere sommerse del molo esterno e frangiflutti, S) resti di villa romana, T) Torre della Tagliata.

TAV. I

2. S. Liberata – Pianta della peschiera.
(Ridis. da SCHMIEDT, 1972)





TAV. VIII

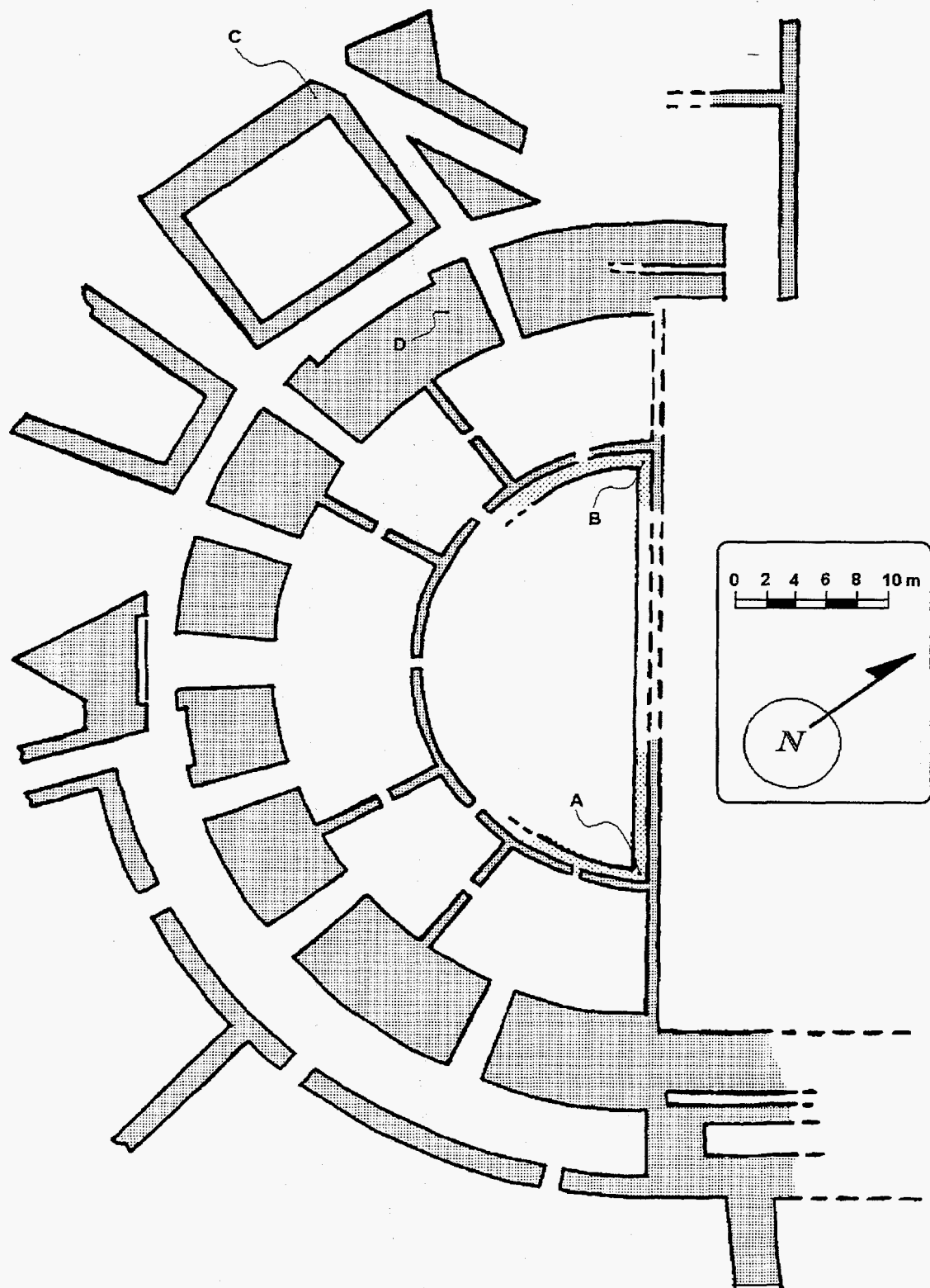
17. F.so Guardiole

Sopra: Pianta della peschiera principale e dei relativi moli esterni di protezione.
(Da GIACOPINI *et alii*, 1994).

Sotto: pianta della peschiera minore alla foce del fosso.

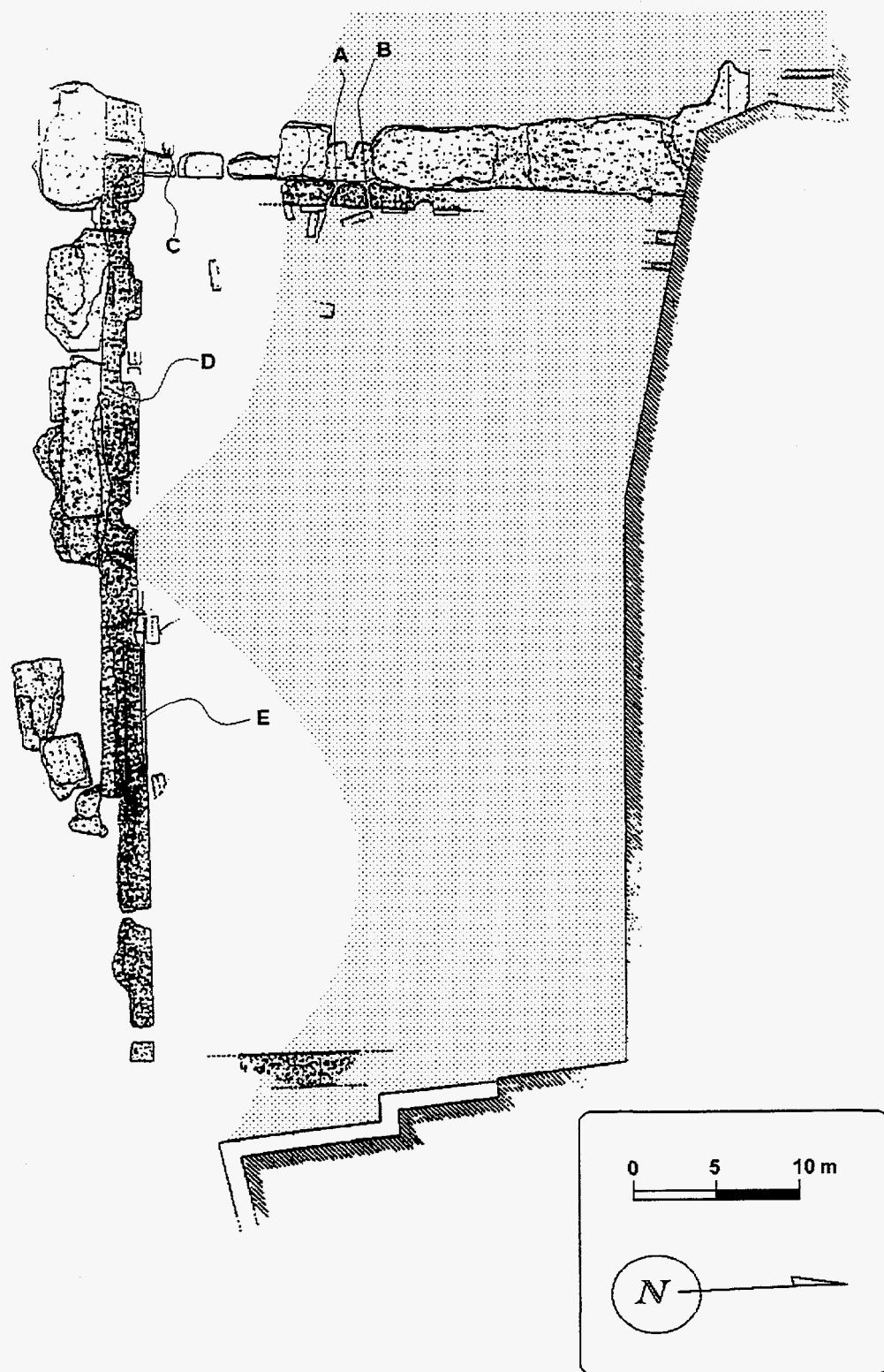
TAV. IX

20. Le Grottacce – Pianta della peschiera. (Ridis. da GIANFROTTA, 1972)



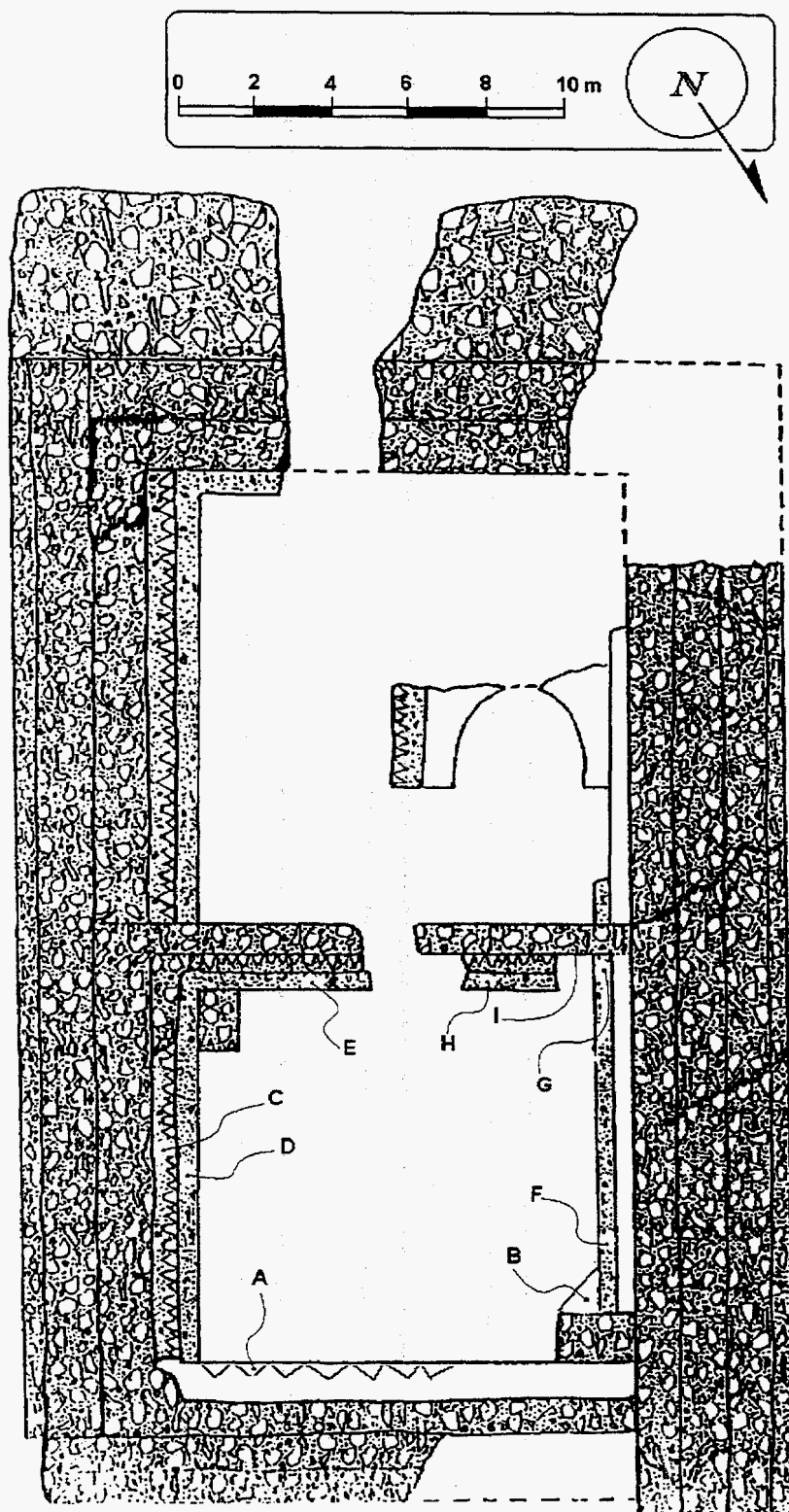
TAV. X

23. Palo – Pianta della peschiera. (Da GIACOPINI *et alii*, 1994)

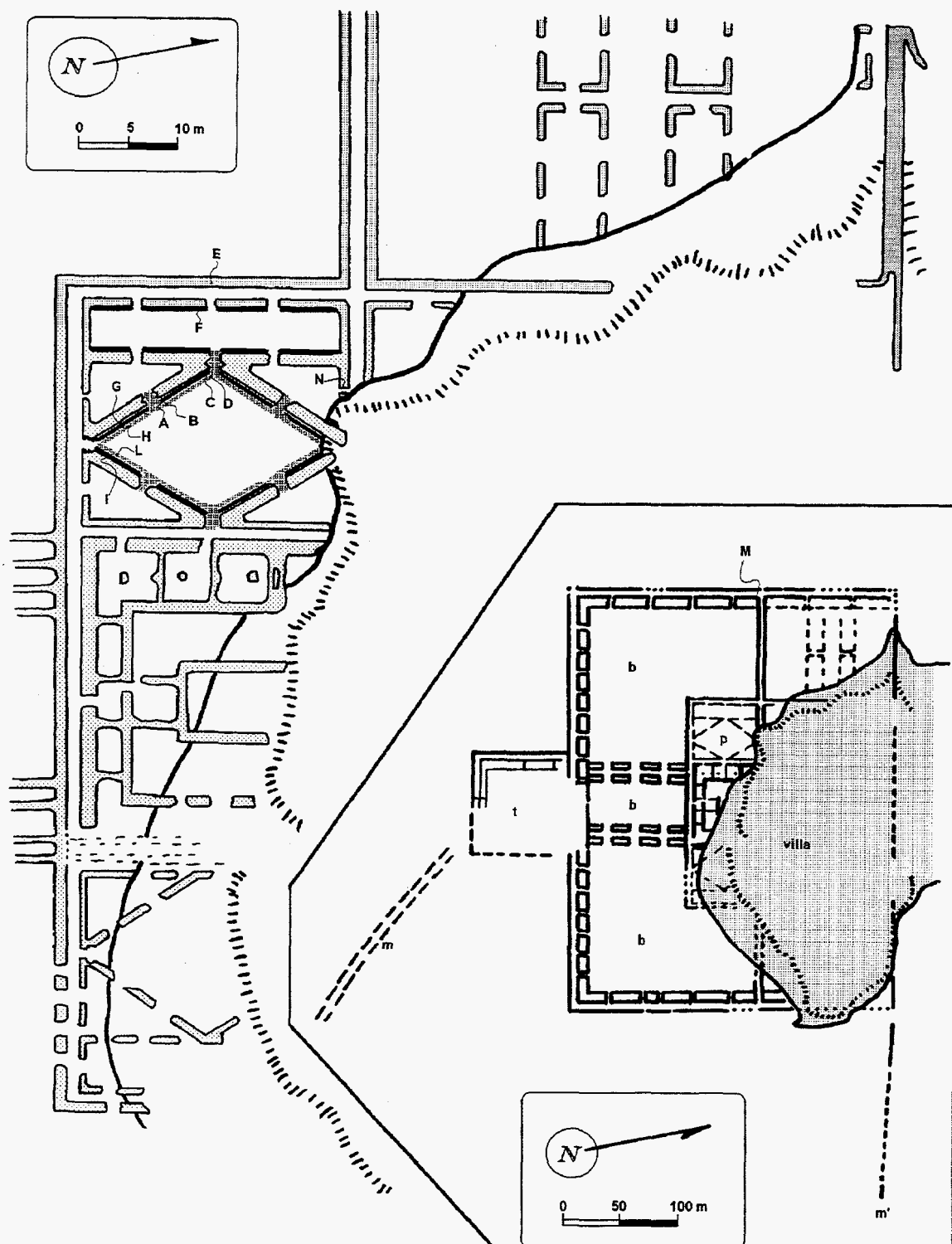


TAV. XI

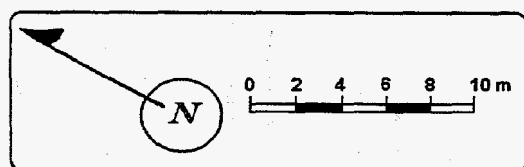
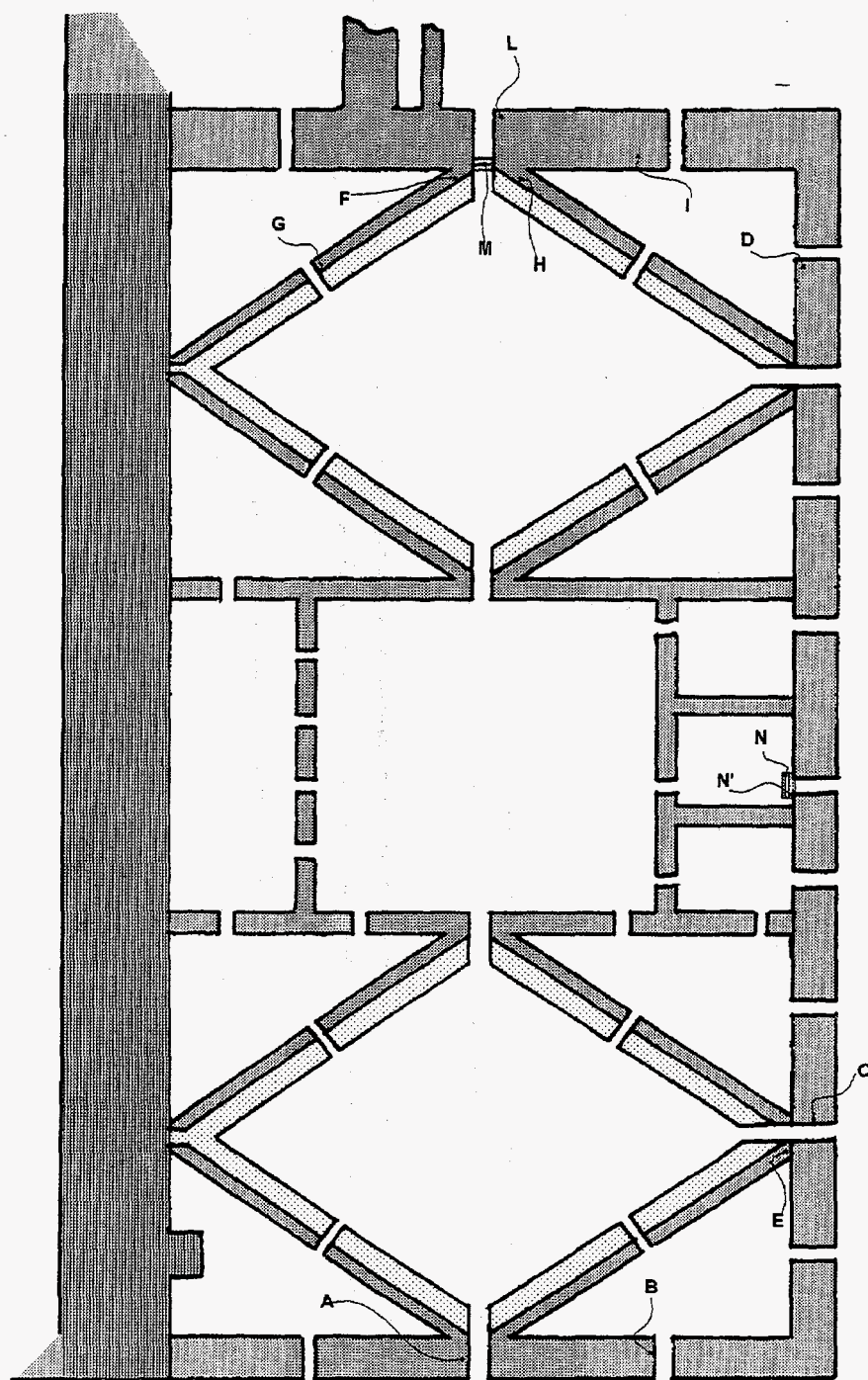
29. La Banca – Pianta della peschiera. (Da GIACOPINI *et alii*, 1994)



TAV. XII 30. Astura – Sinistra: pianta della peschiera interna; i tratti scuri paralleli alle pareti delle vasche occidentali indicano la presenza della crepidine lastricata, mentre in grigio è rappresentata la crepidine inferiore interna alla vasca a losanga. Destra: planimetria del promontorio (da SCHMIEDT, 1972); b) bacino interno, p) peschiera, m) molo di sovraflutto, m') molo di sottoflutto, t) torre sull'avancorpo della villa.



TAV. XIII 36. Sarinola (Formia) – Pianta della peschiera. (Ridis. da SCHMIEDT, 1972)



TAV. XIV

Schede analitiche dei dati altimetrici rilevati

(in corsivo i dati bibliografici, sottolineati i dati più significativi).

LEGENDA:

RIF = numero d'ordine del sito / lettera indicativa del punto quotato;

OGGETTO = descrizione sommaria del tipo di oggetto rilevato;

Q = quota s.l.m. del momento;

h = altezza di marea s.l.m.m. al tempo di misura per il sito;

Dhp (Δh_p) = correzione barometrica;

cl. = classe di attendibilità della misura in funzione delle condizioni atmosferiche
(A: ottima, B: buona, C: sufficiente, D: mediocre, E: scarsa);

q = quota corretta s.l.m.m.;

qa = quota originaria s.l.m. antico (quota antica);

lma = quota del livello del mare antico rispetto all'attuale;

a = età di riferimento (AD, valori negativi = a.C.);

aM = età massima (AD, valori negativi = a.C.);

am = età minima (AD, valori negativi = a.C.);

Sch = quota indicata in SCHMIEDT (1972) corretta per una risalita eustatica del l.m.m. di 3.4 cm (= 1.36 [mm/a] $\times$ 25 [anni]).

RIF	OGGETTO	Q	h	Dhp	cl.	q	qa	lma	a	aM	am	Sch
2	S. LIBERATA											
	molo W					-21	40	19.0	90	81	96	
a	crepidine interna	-17	2.6	2.0	A	-12.4			90	81	96	
b	crepidine interna	-15.5	2.7	2.0	A	-10.7	>20	<-30.7	90	81	96	-24.4
m	crepidine esterna	-24	4.5	-4.1	B	-23.6			90	81	96	
r	crepidine esterna (parte crollata)	-80	3.2	-3.1	B	-79.8			90	81	96	
R	crepidine esterna (parte "in situ")	-40	3.4	-3.1	C	-39.7			90	81	96	-39.4
y	crepidine esterna	-60	3.6	-4.1	C	-60.5			90	81	96	-44.4
A	top volta cunic. trasv. molo W, imbocco a mare	-69	6.5	-4.1	C	-66.6	<-20	>-46.6	90	81	96	
B	top volta cunic. trasv. molo N, imbocco a mare	-99	6.1	-3.1	B	-96.0			90	81	96	
C	top volta cunic. trasv. molo N, sbocco in canale	-79	6.2	-3.1	B	-75.8			90	81	96	
D	top volta cunic. trasv. molo W, sbocco in canale	-61	5.5	-4.1	B	-59.6	<-20	>-39.6	90	81	96	
E	top volta arco nel setto canale/vasca	-127	4.9	-4.1	B	-126.2			90	81	96	

segue

RIF	OGGETTO	Q	h	Dhp	cl.	q	qa	lma	a	aM	am	Sch
4	PORTUS COSANUS											
	gradino "Spring House"					-44.0	30	-74.0	-110	-150	-70	
	sommità muro più basso delle peschiere					-50.0	20	-70.0	-110	-150	-70	
a	molo romano: limite tufo/conglomerato	110	0.8	0.0	B	<u>110.8</u>	200	-89.2	-110	-150	-70	
9	GRAVISCA											
	piano di abitato arcaico					-147.0	>20	<-167	-500	-600	-400	
	"euthynteria" molo greco					-110.0	30	-140.0	-500	-600	-400	
	piano di calpestio di abitato etrusco					-127.0	>20	<-147	-350	-500	-200	
	piano di calpestio di abitato romano					<u>13.0</u>	>20	<-7	-181			
A	molo antico, parte "in situ"	58	-14.7	-2.0	E	<u>41.3</u>	>188.3	<-147	-500	-600	-400	
B	molo antico, parte subsidente	56	-14.4	-2.0	E	39.5			-500	-600	-400	
C	molo superiore	117	-14.7	-2.0	E	100.3			1738			
D	base cordolo = piano molo clementino	232	-14.7	-2.0	E	215.3			1738			
E	piano inf molo antico	21	-15.6	-1.0	C	4.4			-500	-600	-400	
F	piano sup. (rifacimento) molo antico (liv. su E)	57	-15.6	-1.0	C	40.4						
G	sommità banchina inclinata	58	-14.7	-2.0	E	<u>10.4</u>	>157.4	<-147	-500	-600	-400	
H	base banchina inclinata	58	-14.7	-2.0	E	-13.8	>133.2	<-147	-500	-600	-400	
13	VALDALIGA											
A	limite est. pf. d'abrasione (bocca dei canali)	-28	1.7	-6.1	E	<u>-32.5</u>			-38	-50	-25	-66.4
A'	imbocco a mare del canale E	-100	3.0	-6.1	E	-103.1			-38	-50	-25	
B	crepidini vasca W	-22	-1.3	-6.1	C	-29.4	>20	<-49.4	-38	-50	-25	-28.4
C	sommità chiusa settore W	-18	-1.5	-6.1	C	-25.6			-38	-50	-25	
D	crepidine settore W	-8	-2.1	-6.1	B	-16.3	>20	<-36.3	-38	-50	-25	
E	sommità chiusa sbocco in vasca can. W	-7	-2.3	-6.1	B	-15.5			-38	-50	-25	
F	sommità chiusa sbocco in vasca can. centrale W	7	-2.4	-6.1	B	-1.6			-38	-50	-25	
G	sommità chiusa sbocco in vasca can. centrale E	-4	-2.8	-7.2	B	-13.9			-38	-50	-25	
H	sommità chiusa sbocco in vasca can. E	-3	-2.9	-7.2	B	-13.0			-38	-50	-25	
I	molo perimetrale interno	12	-3.1	-7.2	B	<u>1.8</u>	>20	<-18.2	-38	-50	-25	

segue

RIF	OGGETTO	Q	h	Dhp	cl.	q	qa	lma	a	aM	am	Sch
14	LA MATTONARA											
A	limite est. pf. d'abrasione bocca canale N	-58	13.0	0.0	E	<u>-45.0</u>			-38	-50	-25	-66.4
B	imbocco a mare canale N (fondo)	-98	12.9	0.0	E	<u>-85.1</u>			-38	-50	-25	
C	limite est. pf. d'abrasione, canale S	-61	12.4	0.0	E	<u>-48.6</u>			-38	-50	-25	-66.4
D	imbocco a mare canale S (fondo)	-130	12.5	0.0	E	<u>-117.5</u>			-38	-50	-25	
E	crepidine divisoria vasca interna	-15	11.1	0.0	B	<u>-3.9</u>			-38	-50	-25	
F	crepidine divisoria vasca interna	-15	10.8	0.0	B	<u>-4.2</u>			-38	-50	-25	
G	crepidine divisoria vasca interna	-12	10.7	0.0	B	<u>-1.3</u>			-38	-50	-25	
H	crepidine divisoria vasca interna	-8	10.7	0.0	B	<u>2.7</u>	>20	<-17.3	-38	-50	-25	
I	sommità cunicolo N, sbocco in vasca	-21	10.0	0.0	D	<u>-11.0</u>			-38	-50	-25	
L	sommità volta cunicolo N, sbocco in vasca	-55	10.2	0.0	C	<u>-44.8</u>	<-20	>-24.8	-38	-50	-25	
M	crepidine divisoria vasca interna	-3	8.4	-4.1	B	<u>1.3</u>			-38	-50	-25	
N	fondo cunetta scolm. vaschette N	-29	7.9	-4.1	B	<u>-25.2</u>	<0	>-25.2	-38	-50	-25	
16	P. VIPERA											
	gradino interno vasche SW					-127.0			200	175	225	
	base della vasca (angolo. NE vasca SW)					-177.0			200	175	225	
	fondo marino (imbocco cunicoli a mare)					-170.0			200	175	225	
	sommità dei cunicoli					-25.0			200	175	225	
	base dei cunicoli intagliati sul fondo					-185.0			200	175	225	
A	sommità volta cunic. vasche B-C	-74	12.0	-7.2	B	<u>-69.1</u>			200	175	225	
B	crepidine sopra l'arco vasche B-C	-24	12.1	-7.2	B	<u>-19.1</u>			200	175	225	-18.0
C	muri divisor e crepidini	-20	12.2	-7.2	C	<u>-14.9</u>			200	175	225	
D	sommità volta cunic. vasche A-F	-69	12.3	-7.2	B	<u>-63.9</u>	<-20	>-43.9	200	175	225	
E	vaschette S: gradino sommerso	-73	12.3	-7.2	B	<u>-67.8</u>			200	175	225	-62.4
F	marcap. di "tegole" sotto l'elev. del molo in "op. ret."	0	12.3	-6.1	C	<u>6.2</u>			200	175	225	
G	crepidine vasca centrale circolare	-22	12.3	-6.1	C	<u>-15.8</u>			200	175	225	
H	crepidine vasca centrale circolare	-18	12.2	-6.1	D	<u>-11.9</u>	>20	<-31.9	200	175	225	-23.0

segue

RIF	OGGETTO	Q	h	Dhp	cl.	q	qa	lma	a	aM	am	Sch
17	F. GUARDIOLE											
	sommità muri divisori interni					-45.0	30	-75.0	-80	-102	-56	
	cunette di scolamento					-65.0	0	-65.0	-80	-102	-56	
	canale d'alimentazione E: imbocco a mare					-80.0			-80	-102	-56	
	canale d'alimentazione E: sbocco nella ps.					-65.0	0	-65.0	-80	-102	-56	
	canale d'alimentazione W: imbocco a mare					-70.0			-80	-102	-56	
	canale d'alimentazione W: sbocco nella ps.					-65.0	0	-65.0	-80	-102	-56	
	canale di scarico (spigolo W peschiera)					-80.0			-80	-102	-56	
A	molo SW: max alt. settore in situ sbocco can. E	18	-16.3	-3.1	B	-1.4			-80	-102	-56	
B	top molo perimetrale ps. (alto relativo)	-27	-14.5	2.0	D	-39.5	>20	<-59.5	-80	-102	-56	
C	top molo perimetrale ps. (alto relativo)	-32	-14.3	2.0	D	-44.2			-80	-102	-56	
D	top molo perimetrale ps. (alto relativo)	-39	-14.2	3.1	D	-50.1			-80	-102	-56	
E	sforatoio (?) molo est.	-32	-6.5	-6.1	E	-44.6	= 20	64.6	-80	-102	-56	
F	masso rettang. bordo sfioratoio (?) [su mis. prec.]	-7	-6.5	-6.1	E	-19.6			-80	-102	-56	
G	testata d'angolo molo est.	-2	-6.9	-6.1	D	-15.0			-80	-102	-56	
17	F. GUARDIOLE											
bis	opera absidata											
A	incrocio muretto centrale	-13	-16.9	-3.1	A	-33.0			-80	-102	-56	
B	gradino ribassato. interno muro W	-30	-16.9	-3.1	A	-50.0			-80	-102	-56	
19	PUNICUM											
A	resto di piedritto con piano di battuta su fondo lastricato	-170	-15.3	-7.2	B	-192.4			15	0	30	
B	piano laterizi triang. (lato interno molo S)	-145	-15.3	-7.2	B	-167.5			15	0	30	
C	gradino lastricato in laterizi triang. (interno vasca E)	-158	-15.3	-7.2	B	-180.5			15	0	30	
D	moli laterali	10	-15.5	-7.2	B	-12.6			15	0	30	
20	LE GROTTACCE											
	crepidini peschiera					-5.0			50	1950	1950	
A=B	gradino interno muro N	-105	-1.2	-7.2	C	-113.3			50	1950	1950	
C	molo esterno	-2	0.4	-7.2	E	-8.7			50	1950	1950	
D	molo interno	-11	0.8	-7.2	D	-17.3			50	1950	1950	

segue

RIF	OGGETTO	Q	h	Dhp	cl.	q	qa	lma	a	aM	am	Sch
23	<u>PALO</u>											
A=B	muro W, sommità lato esterno cunette trasv.	6	-11.7	-5.1	D	<u>-10.8</u>	<0	>-10.8	0			
C	crepidine interna, angolo SW	-9	-12.3	-5.1	C	<u>-26.4</u>			0			
D	muro S, marcapiano di tegole e scaglie regolari	35	-13.1	-5.1	C	<u>16.7</u>	>20	<-3.3	0			
E	muro S, crepidine interna	1	-13.8	-5.1	B	<u>-17.9</u>			0			
26	<u>OSTIA</u>											
	battuto più basso (porte del castrum)					5.0	105	-100.0	-335			
	battuto più basso (porte del castrum)					<u>5.0</u>	> 20	<u><-15</u>	-335			
27	<u>ANZIO</u>											
	fori quadr. parete interna molo E					-50.0	>0	<-50	60	1950	1950	
A	"marcapiano malta pozz." = piano di calpestio	153	-6.7	-2.0	D	<u>144.3</u>	>0		60	1950	1950	
B	base traccia della traversa molo W	25	-6.1	-3.1	A	<u>15.8</u>	>0		60	1950	1950	
C	base traccia della traversa molo W	25	-5.8	-2.0	A	<u>17.1</u>	>0		60	1950	1950	
D	base traccia della traversa molo W	43	-5.2	-3.1	C	<u>34.7</u>	>0		60	1950	1950	
E	base traccia della traversa molo W	44	-4.4	-3.1	E	<u>36.5</u>	>0		60	1950	1950	
F	base traccia della traversa molo W	42	-3.8	-5.1	E	<u>33.1</u>	>0		60	1950	1950	
28	<u>SARACCA</u>											
	crepidini vasca centrale					-20.0	35	-55.0	0	-25	25	
	canaletto ricavato nel molo esterno								0	-25	25	
29	<u>LA BANCA</u>											
A	laterizi triang. crepidine N	-6	9.3	-10.2	B	<u>-6.9</u>			0	-25	25	
B	lastra di cotto triangolare nell'angolo NW	-19	9.3	-9.2	A	<u>-18.9</u>			0	-25	25	
C	laterizio isolato (resto di piano cont. come da dis.)	-5	9.3	-9.2	B	<u>-4.9</u>	>20 ?	<-24.9	0	-25	25	
D	gradino inf.	-28	9.3	-9.2	A	<u>-27.9</u>			0	-25	25	
E	gradino inf	-29	9.3	-9.2	A	<u>-28.9</u>			0	-25	25	
F	gradino inf	-28	9.3	-9.2	A	<u>-27.9</u>			0	-25	25	
G	gradino inf	-28	9.3	-9.2	A	<u>-27.9</u>			0	-25	25	
H	gradino inf	-30	9.3	-9.2	B	<u>-29.9</u>			0	-25	25	
I	top cunicolo	-34	9.2	-8.2	B	<u>-33.0</u>	<-20 ?	>-13	0	-25	25	

segue

RIF	OGGETTO	Q	h	Dhp	cl.	q	qa	lma	a	aM	am	Sch
30	ASTURA											
A	crep. sup. vasca romb. W (recante l'incasso)	-9	-8.6	-9.2	A	-26.8			0	-25	25	
B	crep. inf. vasca romb. W (pf. continua = piano di batt.)	-59	-8.3	-9.2	A	-76.5	<-20	>-56.5	0	-25	25	
C	crep. sup.	-5	-6.9	-9.2	A	-21.1			0	-25	25	
D	crep. inf.	-55	-6.8	-9.2	A	-71.0			0	-25	25	
E	marcapiano in lastre di cotto quadrate	6	-6.1	-9.2	B	-9.3	>20	<-29.3	0	-25	25	
F	marcapiano in lastre di cotto quadrate	2	-5.1	-9.2	A	-12.3			0	-25	25	
G	crep. sup. lastricata	-9	-4.4	-9.2	B	-22.6			0	-25	25	
H	crep. inf.	-61	-4.1	-9.2	B	-74.3			0	-25	25	
I	marcap. in lastre di cotto su crep sup.	-8	-3.7	-9.2	A	-20.9	>20 ?	<-40.9	0	-25	25	
L	crep. inf.	-57	-3.6	-9.2	A	-69.8	<-20	>-49.8	0	-25	25	
M	crepidini vasche (molo est.)	-10	-11.4	-9.2	C	-30.6			0	-25	25	-23.4
N	top piedritto in travertino	42	8.1	-8.2	A	41.9			0	-25	25	
34	TERRACINA											
	base massiciata su molo frangiflutti estremità S	-10	6.4	-9.2	A	-12.8	0?	-12.8	175	150	200	
36	SARINOLA								1950	1950	1950	
	crepidini peschiera					-15.0	40	-55.0	0	-50	50	
	gradini sommersi					-60.0	<0		0	-50	50	
A	top piedritto	-16	3.7	-3.1	B	-16.3			0	-50	50	
B	crepidine	-20	3.9	-3.1	C	-19.2			0	-50	50	
C	crepidine	-20	4.2	-4.1	B	-19.9			0	-50	50	-18.4
D	crepidine angolo SE	-13	4.6	-4.1	B	-12.6	>20	<-32.6	0	-50	50	
E	crepidine	-21	4.9	-4.1	A	-20.2			0	-50	50	-18.4
F	crepidine (mattoni)	-18	5.0	-5.1	B	-18.1			0	-50	50	
G	crepidine	-15	5.1	-5.1	B	-15.0			0	-50	50	
H	crepidine	-15	5.2	-5.1	B	-14.9			0	-50	50	
I	crepidine(?)	-18	5.3	-5.1	B	-17.8			0	-50	50	-15.4
L	crepidine	-21	5.4	-5.1	B	-20.7			0	-50	50	
M	masso con 2 scanalature (orizzontale) lato E	-34	-14.0	-8.2	A	-66.2	<-20?	>-36.2	0	-50	50	
N	masso con scanalature (inclinato): da...	-28	-14.0	-8.2	A	-60.2			0	-50	50	
N'	masso con scanalature (inclinato): ...a	-38	-14.0	-8.2	A	-60.2			0	-50	50	

TAV. XV

Ubicazione geografica dei siti esaminati con riferimento alla cartografia IGM in scala 1:25'000 (longitudine riferita al meridiano di Monte Mario).

n° SITO	LAT. N			LONG.			IGM	ED.
1 Talamone	42°	33'	40"	01°	17'	35" W	135 IV SE	1943
2 S. Liberata	42°	26'	08"	01°	18'	00" W	135 III NE	1968
3 Orbetello	42°	26'	08"	01°	14'	35" W	135 II NO	1941
4 <i>Portus Cosanus</i>	42°	24'	25"	01°	09'	28" W	135 II SO	1968
5 Torre di Montalto	42°	19'	39"	00°	52'	41" W	142 IV NE	1968
6 <i>Regisvilla</i>	42°	18'	25"	00°	51'	08" W	142 IV NE	1968
7 <i>Martanum</i>	42°	14'	55"	00°	46'	26" W	142 IV SE	1968
8 Foce del Marta	42°	14'	06"	00°	45'	24" W	142 IV SE	1968
9 <i>Gravisca</i>	42°	12'	48"	00°	44'	46" W	142 I SO	1968
10 T. di Corneto	42°	12'	35"	00°	44'	36" W	142 I SO	1968
11 Saline di Tarquinia	42°	12'	02"	00°	44'	24" W	142 I SO	1968
12 T. S. Agostino	42°	09'	25"	00°	43'	08" W	142 II NO	1968
13 Valdaliga	42°	07'	28"	00°	41'	40" W	142 II NO	1968
14 La Mattonara	42°	06'	23"	00°	41'	02" W	142 II NO	1968
15 <i>Centumcellae</i>	42°	05'	23"	00°	39'	41" W	142 II NO	1968
16 P. Vipera	42°	02'	54"	00°	37'	57" W	142 II SO	1968
17 F.so Guardiole	42°	02'	17"	00°	37'	21" W	142 II SE	1968
18 <i>Castrum Novum</i>	42°	02'	11"	00°	37'	07" W	142 II SE	1968
19 <i>Punicum</i>	42°	01'	54"	00°	35'	13" W	142 II SE	1968
20 Le Grottacce	42°	02'	18"	00°	33'	02" W	142 II SE	1968
21 <i>Pyrgi</i>	42°	00'	54"	00°	29'	44" W	143 III SO	1968
22 T.Flavia	41°	57'	17"	00°	24'	10" W	149 IV NO	1950
23 Palo	41°	55'	55"	00°	21'	04" W	149 IV NE	1950
24 Fiumicino	41°	46'	14"	00°	13'	52" W	149 II NO	1950
24 Ostia	41°	44'	36"	00°	13'	46" W	149 II SO	1950
25 <i>Portus</i>	41°	47'	11"	00°	12'	05" W	149 II NO	1950
26 Ostia	41°	45'	02"	00°	11'	00" W	149 II NO	1950
27 Anzio	41°	26'	36"	00°	10'	11" E	158 III NE	1942
28 La Saracca	41°	25'	11"	00°	17'	34" E	158 II NO	1936
29 La Banca	41°	25'	00"	00°	17'	49" E	158 II NO	1936
30 Astura	41°	24'	31"	00°	18'	46" E	158 II NO	1936
31 Piscina Lucullo	41°	14'	58"	00°	35'	23" E	170 IV SO	1936
32 T.Paola	41°	14'	44"	00°	34'	58" E	170 IV SO	1936
34 Terracina	41°	17'	00"	00°	48'	11" E	170 I NO	1938
35 Villa di Tiberio	41°	15'	00"	00°	59'	51" E	170 I NE	1938
36 Sarinola	41°	15'	18"	01°	09'	25" E	171 IV NE	1957
37 Gianola	41°	14'	49"	01°	13'	23" E	171 IV NE	1957