



ENEA

SINUESSA

UN APPRODO SOMMERSO DI EPOCA ROMANA

Archeologia, geomorfologia costiera,
strategie sostenibili di valorizzazione

Micla Pennetta
Alfredo Trocciola

MONOGRAFIA

SINUESSA, UN APPRODO SOMMERSO DI EPOCA ROMANA

Archeologia, geomorfologia costiera, strategie sostenibili di valorizzazione

Monografia a cura di Mica Pennetta e Alfredo Trocciola

2017 ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia

e lo sviluppo economico sostenibile

ISBN: 978-88-8286-340-1

Revisione editoriale: Giuliano Ghisu

Copertina: Flavio Miglietta

Foto in copertina: immagine del fondo marino, acquisita con indagini *side-scan sonar*, che mostra le "Pilae di Sinuessa" collocate in una vasta depressione di un banco tufaceo caratterizzato da una morfologia articolata

SINUESSA, UN APPRODO SOMMERSO DI EPOCA ROMANA

Archeologia, geomorfologia costiera, strategie sostenibili di valorizzazione

A cura di Micla Pennetta e Alfredo Trocciola

La monografia raccoglie i contributi di studi e ricerche condotti negli ultimi anni nell'area archeologica marina di *Sinuessa* nel golfo di Gaeta in Campania.

Alla realizzazione del volume hanno contribuito diversi autori, specialisti in differenti discipline quali la geomorfologia costiera, archeologia e beni culturali con la finalità di suggerire agli amministratori e *stakeholder* del litorale *domitio* strategie sostenibili per la valorizzazione dell'approdo sommerso di epoca romana.

Presentazione di: *Claudio Zucchelli*

Contributi di: *Paolo Caputo, Sergio Cascella, Vera Corbelli, Veronica D'Ambrosio, Alberto De Bonis, Tiziana Di Luccio, Carlo Donadio, Carmine Minopoli, Angela Mormone, Vincenzo Morra, Raffaella Nappi, Micla Pennetta, Raffaele Pica, Monica Piochi, Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Rosario Santanastasio, Pasquale Sarao, Corrado Stanislao, Alfredo Trocciola, Renata Valente*

Indice

Presentazione	7
<i>Claudio Zucchelli</i>	
Prefazione	9
<i>Micla Pennetta, Alfredo Trocciola</i>	
Archeologia	
1 Sinuessa: dalla carta di Atene alla Convenzione UNESCO per la fruizione in situ del patrimonio culturale subacqueo	15
<i>Raffaele Pica</i>	
2 Inquadramento storico	23
<i>Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sergio Cascella</i>	
3 L'area archeologica urbana	29
<i>Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Sergio Cascella</i>	
4 Le ville romane a sud di Sinuessa	33
<i>Sergio Cascella</i>	
5 Considerazioni archeologiche su precedenti ricerche svolte nell'area sommersa dell'antica colonia di Sinuessa	39
<i>Paolo Caputo, Rosario Santanastasio</i>	
Geomorfologia costiera	
6 Inquadramento territoriale dell'area archeologica marino-costiera di Sinuessa: geologia, geomorfologia	45
<i>Micla Pennetta, Fabio Marchese, Carlo Donadio</i>	
7 Processi sedimentari nel sito archeologico sommerso di Sinuessa	57
<i>Micla Pennetta, Veronica D'Ambrosio, Carmine Minopoli, Carlo Donadio</i>	
8 Nuove conoscenze sull'ubicazione dell'approdo di epoca romana: assetto geomorfologico dell'area marina di Sinuessa	73
<i>Micla Pennetta, Carmine Minopoli, Raffaele Pica, Alfredo Trocciola, Carlo Donadio</i>	
9 Diffrattometria ai raggi x su campioni prelevati dal banco roccioso	91
<i>Tiziana Di Luccio, Angela Mormone, Monica Piochi</i>	
10 Campioni ceramici dal sito sommerso: indagini archeometriche preliminari	105
<i>Alberto De Bonis, Vincenzo Morra</i>	
11 Sulle possibili cause della sommersione dell'approdo di epoca romana di Sinuessa	111
<i>Micla Pennetta, Corrado Stanislao, Carlo Donadio</i>	

Strategie sostenibili di valorizzazione

I2 Sistema costiero: la tutela delle risorse naturali e culturali	123
<i>Vera Corbelli, Raffaella Nappi</i>	
I3 Caratteristiche ambientali ed ipotesi di fruizione sostenibile del litorale di Sinuessa	131
<i>Renata Valente</i>	
I4 Elaborazione di un itinerario subacqueo sul banco roccioso	143
<i>Alfredo Trocciola, Maria Grazia Ruggi d'Aragona, Carmine Minopoli, Rosario Santanastasio, Pasquale Sarao, Raffaele Pica</i>	
Bibliografia generale	153
Profilo degli Autori	169

Capitolo I I

Sulle possibili cause della sommersione dell'approdo di epoca romana di *Sinuessa*

Micla Pennetta, Corrado Stanislao, Carlo Donadio

Morfoevoluzione tardo-pleistocenica ed olocenica della fascia costiera

Il massiccio del Monte Massico delimita il settore settentrionale della Piana Campana. Questo rilievo, durante il Pleistocene inferiore e medio, costituiva una penisola che suddivideva due golfi ubicati in corrispondenza delle attuali pianure dei Fiumi Garigliano, a nord, e Volturno, a sud (fig. 6.5). Tale assetto si è protratto sino allo stazionamento alto del livello marino durante l'ultimo massimo interglaciale 5e, ovvero MIS 5.5 (MIS, *Marine Oxygen Isotope Substage*; 125.000 anni dal presente). Il livello del mare, in zone tettonicamente stabili, circa 125.000 anni fa era a +6 m dall'attuale livello (fig. 6.5).

Da tale periodo il mare ha cominciato a ritirarsi verso ovest, senza mai risalire fino alle attuali quote. Infatti, ha raggiunto, circa 18.000 anni or sono (*Last Glacial Maximum*, *LGM*), l'attuale batimetrica dei 120 m, lasciando emersa una vastissima fascia costiera che oggi accoglie il sito archeologico sommerso di *Sinuessa* e l'attuale piattaforma continentale prospiciente. Quest'ultima in quel periodo era invece un'ampia piana costiera emersa (fig. 6.6). In tale intervallo di tempo, circa 39.000 anni dal presente (fig. 6.7), l'area in studio fu raggiunta dai densi flussi piroclastici della Ignimbrite Campana (De Vivo *et al.*, 2001), eiettati da una caldera dei Campi Flegrei posta circa 50 km più a sud (fig. 11.1).

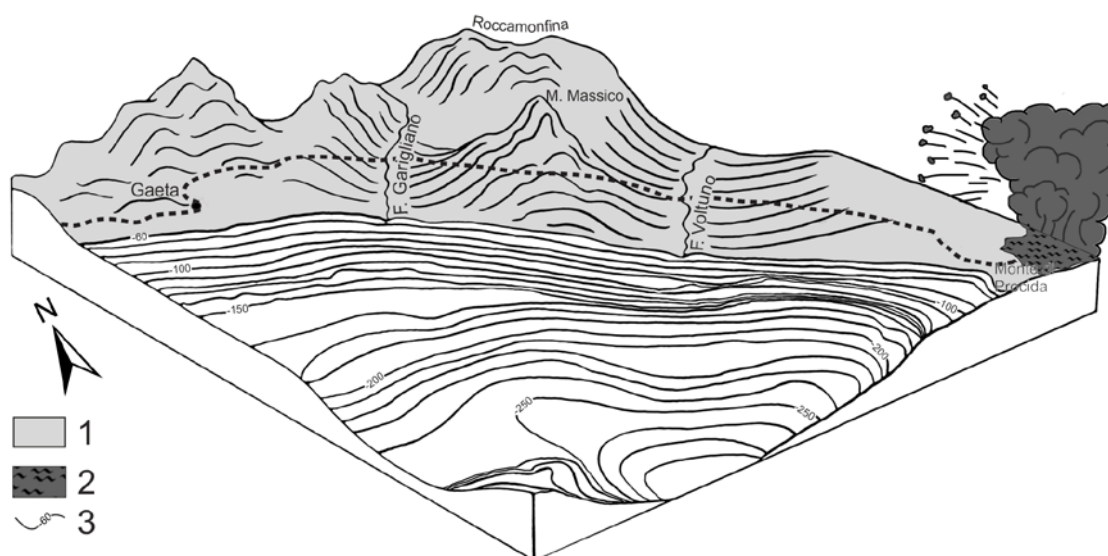


Fig. 11.1 - Circa 39.000 anni dal presente, l'area in studio fu raggiunta dai densi flussi piroclastici dell'Ignimbrite Campana, eiettati da una caldera dei Campi Flegrei ubicata circa 50 km più a sud (a destra nella figura); 1: terra emersa; 2: Ignimbrite Campana, 3: isobate (disegno del dott. Michele Pecoraro)

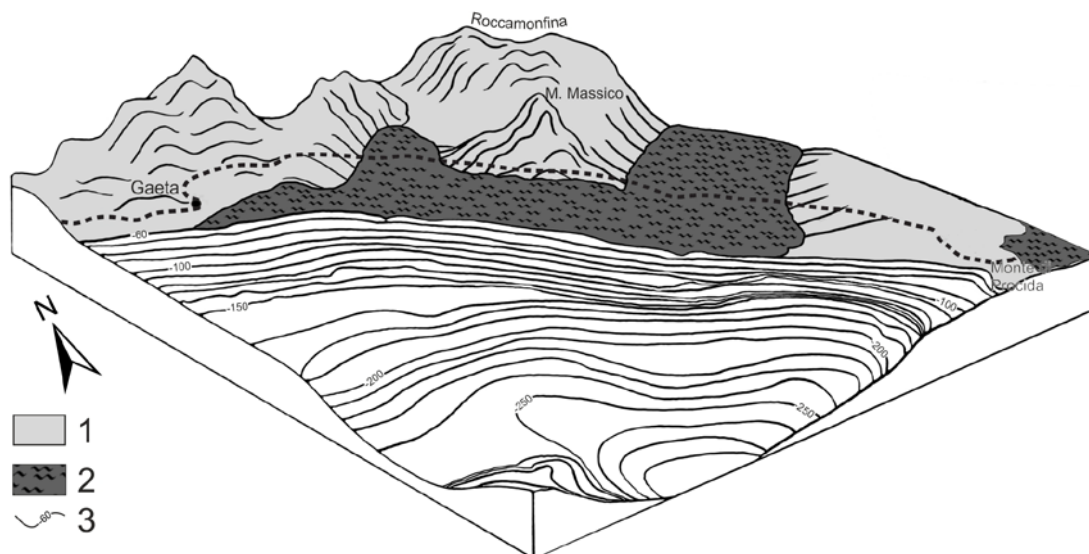


Fig. 11.2 - I flussi si propagarono verso nord (a sinistra in figura), colmando la Piana Campana all'epoca molto più vasta e depressa dell'attuale, per uno spessore anche fino a 50 m nel depocentro. L'Ignimbrite Campana fu ostacolata morfologicamente dalla dorsale del Monte Massico, orientata E-O; una parte consistente del flusso si depositò nel versante meridionale ed in quello occidentale del massiccio carbonatico, mentre una frazione subordinata lo aggirò, depositandosi verso nord, nella piana del Fiume Garigliano; 1: terra emersa; 2: Ignimbrite Campana, 3: isobate (disegno del dott. Michele Pecoraro)

I flussi si propagarono verso nord, colmando la Piana Campana, all'epoca molto più vasta e depressa dell'attuale, per uno spessore anche fino a 50 m nel depocentro della pianura (fig. 11.2). L'Ignimbrite Campana è stata poi ricoperta da depositi più recenti, mentre alle falde dei rilievi carbonatici bordieri è frequentemente esposta. Il movimento del flusso fu ostacolato morfologicamente dalla dorsale del Monte Massico, orientata E-O, che delimita verso nord la piana; infatti, una parte consistente di tale flusso si depositò lungo i versanti meridionale ed occidentale del massiccio carbonatico, mentre una frazione subordinata lo aggirò, depositandosi verso nord, nella piana alluvionale del Fiume Garigliano (fig. 11.2).

Verso ovest, lungo le propaggini occidentali del Monte Massico, più ribassate ad ovest per l'attività di faglie dirette (con orientazione NO-SE) rispetto al rilievo carbonatico, ma comunque complessivamente a quote maggiori rispetto alle due pianure costiere più depresse poste ai margini (piane dei fiumi Garigliano e Volturno, rispettivamente a nordovest ed a sudest), si è sovrapposta ai complessi rocciosi dello *Horst*, deponendosi nell'area di attuale rinvenimento. Durante tale evento, l'ambiente di sedimentazione era di tipo fluvio-palustre, subpianeggiante, e con frequentazioni accertate di uomini di *Neanderthal* nel riparo di Rocca San Sebastiano sul Monte Petriano (Collina & Piperno, 2011, Ruiu *et al.*, 2012). La linea di riva era spostata di alcuni chilometri verso mare (ovest), a circa 10 km dall'attuale (fig. 6.7), e si spingeva verosimilmente sino all'odierna batimetrica di circa 60 m (Waelbroeck *et al.*, 2002).

I corsi di acqua che solcavano l'ampia piana, nel tratto allora emerso poi invaso dal flusso ignimbrico, hanno dovuto incidere, nei tratti di maggiore debolezza e di minore resistenza all'erosione, l'ammasso tufaceo di neoformazione per raggiungere nuovamente il livello di base spostato verso ovest, fino a circa 10 km dall'attuale linea di riva. Tali corsi d'acqua assunsero un percorso tipicamente curvilineo (fig. 11.3).

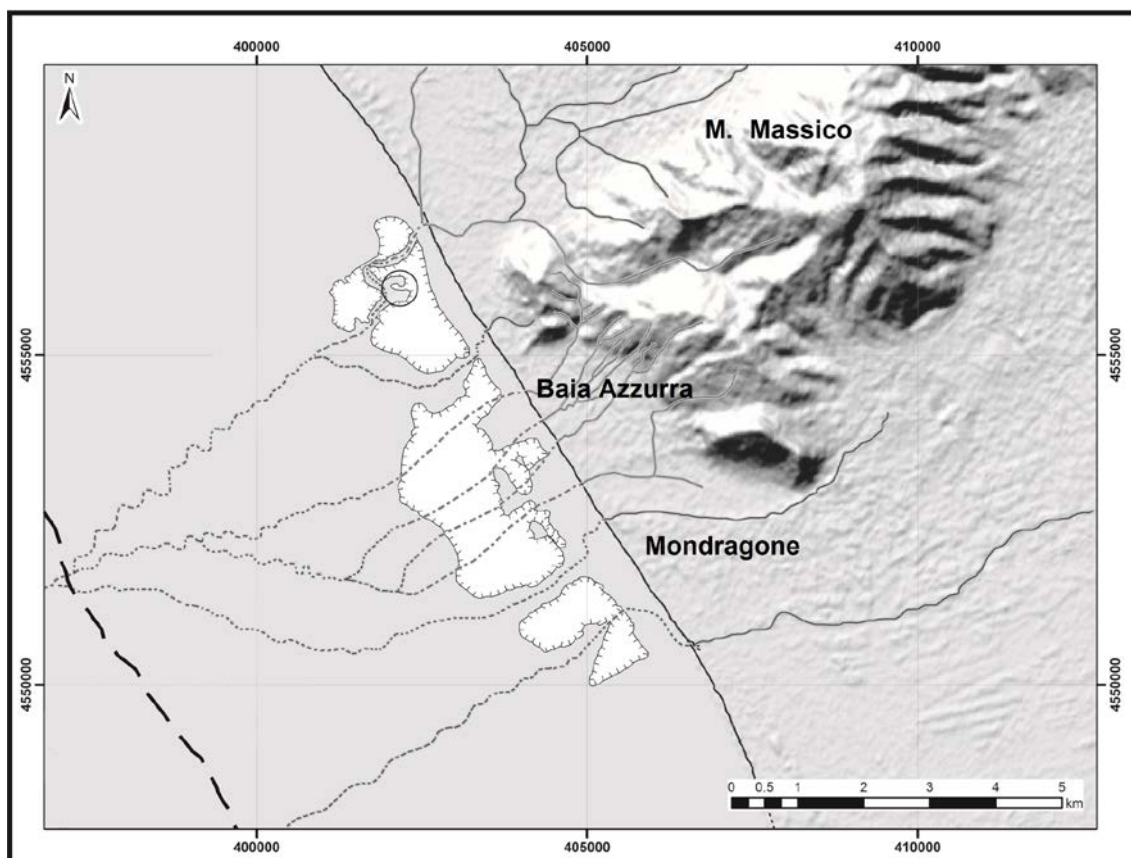


Fig. 11.3 - Modello digitale del territorio emerso e sommerso in cui è ubicata Sinuessa. Il cerchio nero indica la posizione dell'approdo in epoca romana, situato in una insenatura del canale sinuoso che diseca il banco di tufo grigio. La linea tratteggiata indica la linea di riva (-60 m durante l'eruzione dell'Ignimbrite Campana, 39.000 anni fa). La massa ignimbritica fu dissecata dai corsi d'acqua che scorrevano sulla terraferma quando il livello del mare si abbassò ulteriormente durante la glaciazione würmiana (18.000 anni dal presente)

La risalita post-glaciale del livello marino ha determinato uno spostamento verso terra (verso est) della linea di riva, con retrogradazione delle *facies* di piattaforma e poi costiere, con fasi di stasi e con genesi di ambienti lagunari e palustri, sino a determinare l'attuale assetto morfologico (fig.11.4). Durante l'epoca greco-romana (3.800-2.300 anni dal presente) si verificarono le condizioni per la formazione dei cordoni dunari costieri e dei retrostanti ambienti umidi. La retrogradazione determina uno spostamento verso terra e verso l'alto delle unità trasgressive più recenti, consentendo un'aggradazione della piattaforma interna crescente verso terra da correlare al consistente apporto sedimentario dei fiumi che vi confluiscono, segnatamente il Fiume Garigliano.

In un periodo intorno ai 2300 anni dal presente è stata costruita la strada romana basolata in calcare, trasversale alla linea di riva e nella zona antistante Monte Cicoli, tra questo e il mare, mediante il taglio della duna. La strada romana, attualmente in parte sepolta da depositi sabbiosi post-romani, prosegue lungo la stessa direttrice, ed è probabilmente un segmento di una rete di strade costiere a servizio della zona di approdo di Sinuessa. Le attività legate a questo approdo erano verosimilmente sviluppate sulla superficie deposizionale pianeggiante del banco tufaceo.

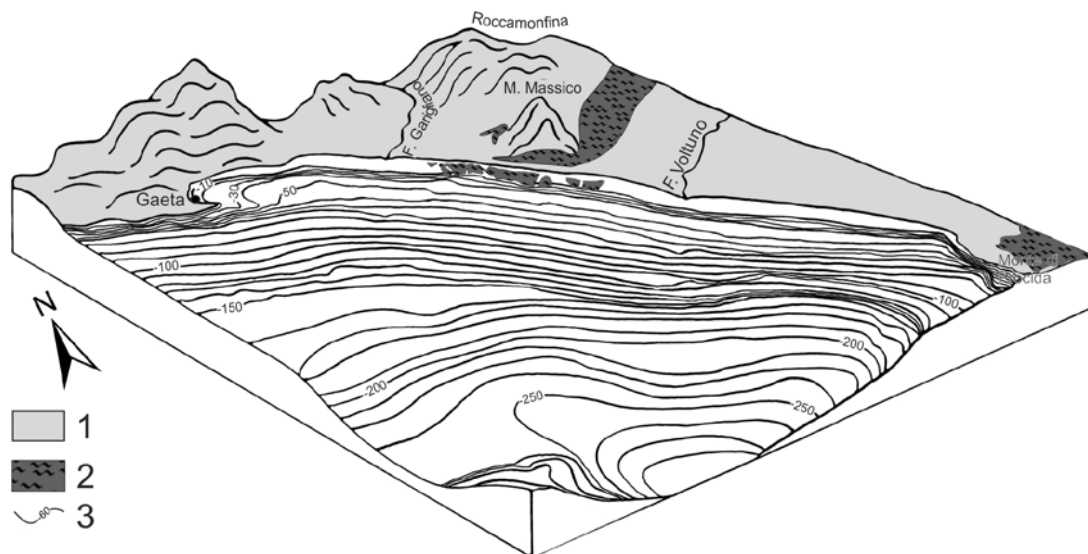


Fig. 11.4 - Aspetto geomorfologico attuale del territorio emerso e sommerso del Golfo di Gaeta. 1: terra emersa; 2: Ignimbrite Campana, 3: isobate (disegno del dott. Michele Pecoraro)

Tale strada probabilmente era di servizio alla spiaggia, che in quel periodo era ubicata in corrispondenza dell'attuale batimetrica degli 11 m; infatti, a quella profondità sono state rilevate una paleospiaggia ed una cava di una macina (a circa 1000 m dall'attuale linea di riva) e quest'ultima potrebbe risalire ad un periodo iniziale del suo impiego, diffuso a partire da circa 2500 anni dal presente.

Lentamente il livello marino postglaciale è risalito fino ad una profondità pari all'attuale batimetrica degli 8 m circa; pertanto, le attività antropiche connesse all'approdo si sono sviluppate su un'area a quel tempo emersa e naturalmente pianeggiante, e si sono protratte probabilmente fino al III secolo d.C. Infatti, la storia della città sembra interrompersi proprio intorno al III secolo d.C. insieme alle sue strutture portuali (Crimaco, 1993). Erroneamente si è sempre narrato di un probabile insabbiamento del porto, mentre in realtà questo è stato sommerso lentamente. In quel periodo, circa 1700 anni or sono, si sarebbe verificato un innalzamento relativo del livello marino pari a +1 m; il livello del mare, per processi glacio-idro-isostatici (Lambeck *et al.*, 2003), lungo la costa tirrenica, dalla Toscana al Lazio meridionale, dall'epoca romana ad oggi si è innalzato di circa 1,25 m (Anzidei *et al.*, 2003; Lambeck *et al.*, 2004a); tuttavia, secondo Pirazzoli (1981, 2005) in epoca romana il livello del mare in zone tettonicamente stabili era pari a circa -0,7 m rispetto all'attuale (Pirazzoli *et al.*, 1991, 1994a, 1994b).

Tutto ciò premesso, in questo lavoro è stata valutata una variazione complessiva e relativa del livello marino, a partire da 1700 anni dal presente, che ha raggiunto valori intorno a -8 m rispetto all'attuale livello del mare, quota della sommità delle *pilae* coincidente con il ripiano morfologico frequentato in epoca romana (fig. 11.4).

Utilizzando per l'area in studio un valore verosimile di sollevamento del livello del mare mediamente pari a +1 m, l'abbassamento tettonico del suolo complessivamente risulta di almeno -7 m. Tali processi sono testimoniati da evidenze morfosedimentarie riconducibili ad un ambiente di spiaggia, oggi caratterizzato da antiche spiagge e lembi

di superfici di abrasione marina modellati sul banco tufaceo, nonché da forme accessorie di ambiente marino quali microfalesie, sgrottamenti, palespiagge ciottolose, di ambiente tidale quali pozze di scogliera, marmitte di evorsione, ed infine di ambiente continentale quali *gullies*.

In definitiva, si ritiene che le attività legate all'approdo durante l'epoca romana si svolgessero sul banco tufaceo, a quell'epoca posto al massimo a +0,5 m sopra il livello del mare (fig. 11.3); nelle insenature lungo il paleoalveo potevano attraccare grandi navi romane, considerando che i canali e le insenature sono profondi dai 2 ai 3 m. È plausibile affermare che la linea di riva all'epoca romana corrisponda all'attuale profondità di 6,5/7 m.

Modificazioni relative del livello del mare lungo la fascia costiera

Gli antichi livelli del mare (fig.11.5) vengono ricostruiti grazie all'individuazione di caratteri geomorfologici impressi durante le loro fasi di stazionamento nel corso di periodi interglaciali (Pirazzoli 1987, 1991, 1993) e, quando dislocati a differenti quote, forniscono anche indicazioni sull'attività tettonica (Flemming 1969; Flemming & Webb, 1986): le coste italiane sono ricche di tali evidenze morfologiche.

I resti archeologici rilevati lungo i fondali prospicienti un'area occupata dall'antica colonia marittima di *Sinuessa* sono da ascrivere verosimilmente ad infrastrutture portuali collegate alle attività della colonia verso mare nel periodo imperiale romano. Il rinvenimento delle *pilae*, ubicate all'attuale profondità di 8 m mentre in origine dovevano trovarsi ad una quota almeno pari al livello marino del tempo (fig.11.5), fa ipotizzare un sensibile abbassamento della piattaforma tufacea su cui fondano le *pilae*. Pertanto, considerando sia che il livello del mare lungo la costa tirrenica, dalla Toscana al Lazio meridionale, dall'epoca romana ad oggi si è innalzato di circa 1,25 m (Anzidei *et al.*, 2003; Lambeck *et al.*, 2004a), sia un'escursione di marea massima pari a 0,5 m, il sito con le *pilae* si sarebbe abbassato di circa 6,5 m a causa di una deformazione tettonica. Alcuni autori indicano che la subsidenza dei settori adiacenti al Monte Massico potrebbe essersi protratta sino a tempi storici (Romano *et al.*, 1994); tale dato era supportato dal lavoro di Pagano (1974) che indicava la presenza di resti di una città di epoca romana nel tratto di mare antistante l'abitato di Mondragone, dalla linea di riva fino ad una profondità generica di 20 m.

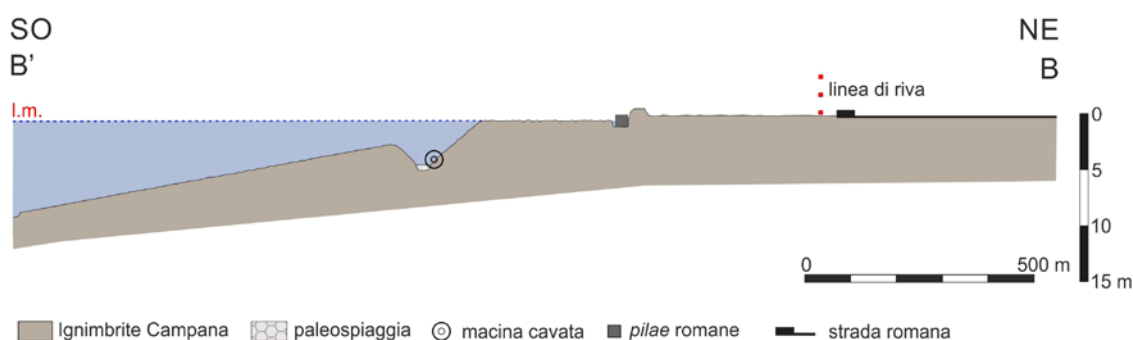


Fig. 11.5 - Ricostruzione dell'assetto geologico del territorio costiero di *Sinuessa* durante l'epoca romana basata sull'analisi dei dati geomorfologici, sedimentologici ed archeologici rilevati nell'area in studio

Tale profondità è stata molto ridimensionata in questo lavoro, riducendola a quella effettivamente rilevata, pari a circa -8 m. Billi *et al.* (1997) indicano una faglia diretta NO-SE nella porzione occidentale di Monte Massico, in prossimità della fascia costiera; Cinque *et al.* (2000) ne definiscono sia un'attività, a partire da 37.000 anni fa (negli anni 2000 l'età di emissione del Tufo Grigio Campano era datata da ricercatori circa 37.000 anni dal presente fino all'attuale, sia una lunghezza, pari a 6 km, con *slip rate* verticale di 0,1-0,5 mm/anno. Anche tale valore è stato ricalcolato in questa ricerca in quanto rapportato agli ultimi 1.700 anni, risultando un *slip rate* verticale di 2,35 - 2,65 mm/anno.

Tale tasso di movimenti verticali del suolo viene ricalcolato nella presente ricerca; l'evento ha tuttavia un'incerta collocazione temporale, seppure abbia un vincolo temporale legato al periodo romano, ma verosimilmente è da correlare ad eventi tettonici. Una vasta ricerca bibliografica svolta sui terremoti storici (Nappi, 1981; Guidoboni, 1989, Boschi *et al.*, 1997, Castagnoli, 1997; Working Group CPTI, 1999, 2004; Marturano, 2002; Guidoboni *et al.*, 2007; La Greca, 2007) che potrebbero aver interessato l'area in studio, non ha condotto a risultati significativi. Alcuni Autori (Cascella, 2002; Galatini & Galli, 2004) attribuiscono i danni a carico del teatro cittadino di età augustea in Sessa Aurunca al terremoto verificatosi nel 346 A.D., con probabile epicentro nel Monte Matese (La Greca, 2007); tali danni sembrano essere stati riparati anche in precedenza (da una nobildonna di rango imperiale di nome Matidia) per probabili effetti di un terremoto prima della fine del II sec. d.C. (Camodeca, 2005). Inoltre, Giusti (1928) esegue una dettagliata cronistoria di Sessa dal 1348 al 1868: descrive piccoli avvenimenti, due episodi di peste (nel 1538 e 1656), che decimarono la popolazione, ed effetti di importanti esondazioni del Fiume Garigliano (tra cui la devastante alluvione del novembre 1813) che hanno raggiunto l'area in studio.

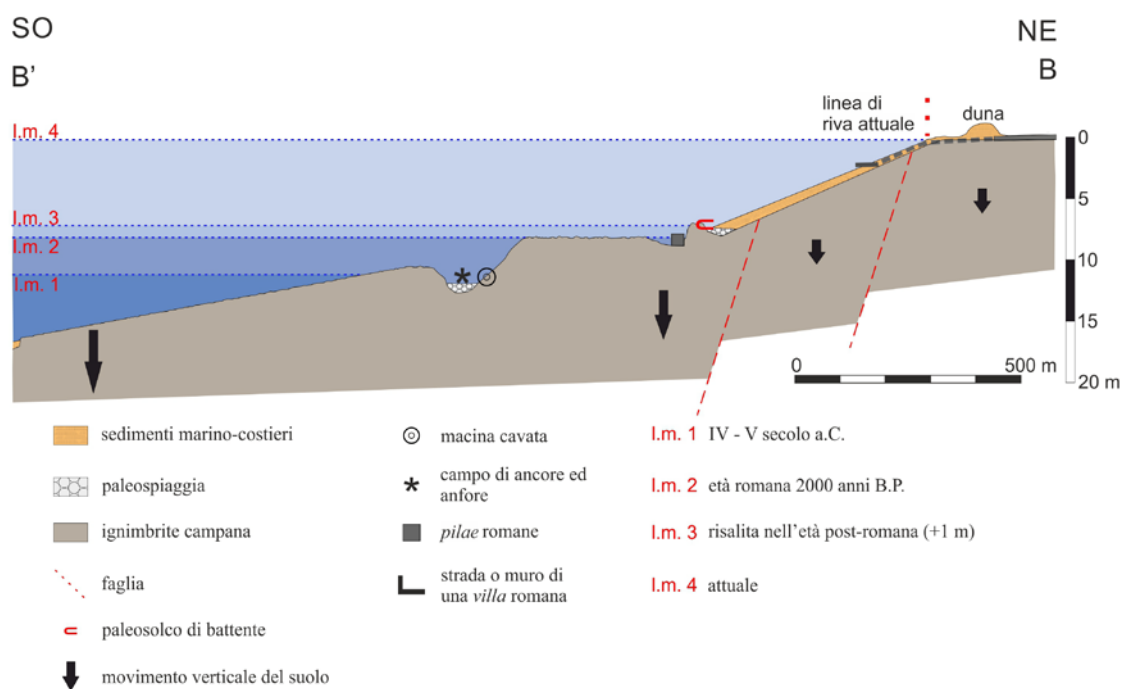


Fig.11.6 - Sezione geologica schematica da nordest verso sudovest dell'area di studio. Viene rappresentata la morfoevoluzione costiera durante gli ultimi 2.500 anni, desunta dai caratteri geomorfologici, sedimentologici ed archeologici

Riferisce di un solo terremoto del 26 luglio 1805, forte ma senza danni, e non sono mai descritti terremoti con importanti conseguenze. Vanno pertanto esclusi importanti movimenti verticali del suolo nell'arco di tempo descritto da questo autore, che siano stati in grado di determinare la sommersione dell'area costiera di *Sinuessa*. Lo stesso autore riferisce peraltro di milizie che provenivano da mare e a partire dal 1544 sbarcavano nei vicini porti del Fiume Garigliano, di Pozzuoli, ma mai a *Sinuessa*. Anche Gasperetti (1993) riferisce che nel 1483 si era già manifestato un abbassamento della costa e parte del territorio tra Sessa e Mondragone risultavano invasi dal mare. Pertanto, se attività tettonica vi è stata si è verificata prima del 1348 d.C.; Crimaco (1993) e Zannini (2005) collocano intorno al 300 d.C. la decadenza del sito di *Sinuessa* insieme alle sue strutture portuali. Peraltro, Castagnoli (1997) riferisce di effetti della malaria che hanno determinato la rarefazione della popolazione fino al III sec. d.C. Tale malattia è compatibile con l'instaurarsi di ambienti palustri lungo buona parte della costa del Golfo di Gaeta per il sollevamento del livello marino postglaciale (Abate *et al.*, 1998; Ferrari *et al.*, 2013).

Può inoltre essere invocato anche un piccolo contributo alla subsidenza connesso alla contrazione della camera magmatica del Vulcano Roccamonfina, da correlare al suo progressivo raffreddamento, che ha esaurito la sua attività circa 50.000 anni dal presente. Una simile ipotesi è stata avanzata anche per l'arco vulcanico delle Isole Eolie da Anzidei *et al.* (2003), che hanno stimato un tasso di subsidenza pari a 1.87 mm/anno negli ultimi 2000 anni. Il raffreddamento del Vulcano Roccamonfina potrebbe aver provocato una subsidenza complessiva pari a circa 1 m; infatti i depositi di età tirreniana (125.000 anni fa), presenti in un'area limitrofa a quella in studio, sono ubicati alla quota di +5 m s.l.m. (Abate *et al.*, 1998), mentre in altre aree di pianura costiera della Campania, tettonicamente stabili, sono ubicati a + 6 m s.l.m. (Brancaccio *et al.*, 1991).

Tutto ciò premesso, ammettendo che la sommità della piattaforma tufacea, oggi sommersa, in epoca romana fosse emersa per almeno 50 cm (quota di esercizio della banchina) o ad una quota pari a quella del livello marino all'atto della costruzione delle *pilae*, potrebbero essere ascritti al III sec. d.C. vari movimenti tettonici recenti lungo una faglia diretta con andamento circa meridiano, ubicata nei pressi della costa. Questi moti verticali hanno determinato il collasso del banco tufaceo (fig. 11.6), che ha raggiunto una quota di sommersione pari a circa 6.5/7 m. Dopo tale periodo sono comunque intervenuti anche processi di subsidenza; il tasso di subsidenza rilevato nel periodo 1992-2000 (Geoportale Nazionale) con acquisizione radar con tecnica PSI – SAR (*Permanent Scatter Interferometry - Synthetic Aperture Radar*) a mezzo di satelliti ERS con orbita *ascending*, può essere assimilato mediamente ad 1.5 mm/anno (figg. 11.7, 11.8). Tale dato proiettato negli ultimi 1.700 anni circa restituisce un valore complessivo di subsidenza pari a 2.5 m. Va tenuto presente che l'aliquota più cospicua dei cedimenti a carico della successione sedimentaria tardo-quaternaria, sottoposta al carico dei depositi piroclastici, si è esaurita dopo la deposizione della massa ignimbratica.

Si valuta quindi un movimento tettonico del banco ignimbratico, che lo ha fatto approfondire, pari a 4-4,5m a cui corrisponde un tasso di slittamento (*slip rate*) tra 2,35 e 2,65 mm/anno negli ultimi 1.700 anni.

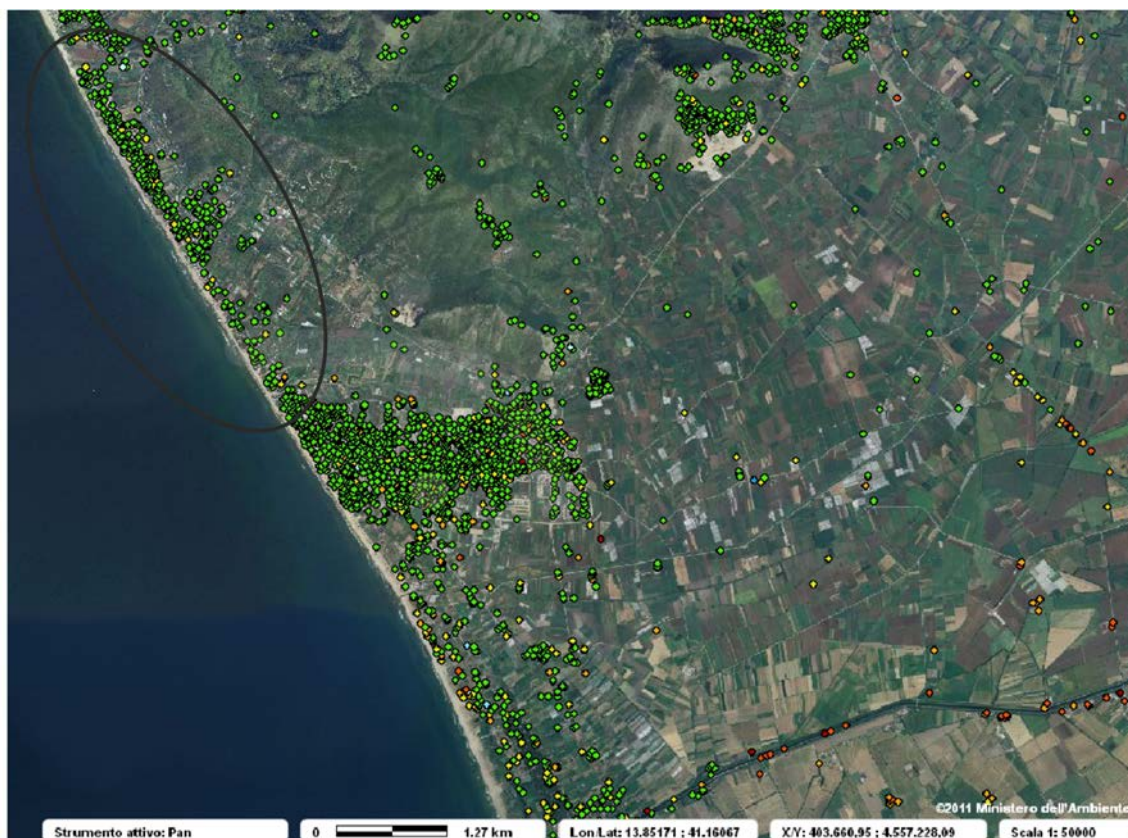


Fig. I 1.7 - Prodotti interferometrici ERS *ascending* 2011: immagini con i PSI su foto aerea. I cerchi verdi e gialli, largamente diffusi, indicano un'oscillazione media dei valori intorno a 1,50 mm/anno. Nell'ovale è indicata l'area in studio, prospiciente il Monte Massico



Fig. I 1.8 - Legenda dei prodotti interferometrici ERS *ascending*: il cerchio verde in legenda individua movimenti tra -1,49 e +1,50, quello giallo tra -1,50 e -2,99 mm/anno

Alla suddetta profondità va sommato il contributo dovuto ai processi glacio-idro-isostatici che in questo lavoro viene assunto mediamente pari a circa 1 m. Tutto ciò premesso, i risultati di questa ricerca stabiliscono che la linea di riva in epoca romana fosse spostata di circa 1.000 m verso il largo (ovest) rispetto alla sua attuale posizione.

Conclusioni

I risultati ottenuti dall'analisi delle strutture di epoca romana lungo la fascia costiera della Campania settentrionale di pertinenza del Comune di Sessa Aurunca (Caserta) hanno consentito di valutare l'ampiezza della variazione relativa del livello del mare per cause legate alla tettonica, assumendo che il contributo della variazione del livello del mare per processi glacio-idro-isostatici sia in pratica di circa +1 m. La posizione dello stazionamento alto del livello marino durante il Massimo Interglaciale MIS 5.5, con uno scarso movimento tettonico, è pari a +5 m s.l.m. (Abate et al., 1998). Pertanto, valutando una variazione del livello del mare di circa +1 m nel corso degli ultimi 1.700 anni, si è verificata una sostanziale modifica relativa del livello marino associata a movimenti neotettonici di circa 4/4,5 m (quindi uno *slip rate* verticale di 2,35 - 2,65 mm/anno) e di subsidenza pari a 2,5 m. Inoltre, il rilevamento di manufatti sommersi risalenti all'epoca romana, attestati sul banco tufaceo poi subsidente, consente di collocare la linea di riva di quel periodo a circa 1.000 m verso il largo rispetto all'attuale (in pratica la profondità dell'orlo interno del paleoalveo).

Inoltre, sono state individuate altre due paleolinee di riva: una più antica, che precede il periodo romano, a -11 m circa ed una più recente, ovvero post-romana, a 6,5/7 m di profondità. La prima più antica, epurate le variazioni occorse in risposta ai processi finora descritti, era ubicata a -3 m, ad una distanza dalla costa attuale pari a 250 m e può essere ascritta al periodo greco-romano. L'altra più recente, cioè ad un periodo compreso tra i 1700 anni dal presente fino a nostri giorni, sarebbe nel complesso prossima all'attuale linea di riva se non fosse occorso il sollevamento relativo glacio-idro-isostatico pari a circa 1 m.

Va infine precisato che le *pilae* erano quasi in terra emersa e quindi non potevano servire da attracco, così come riportato in precedenti studi, pertanto non si esclude che il sito in cui sono state ritrovate fosse un cantiere.

Ringraziamenti

Si ringraziano vivamente:

- il dott. Pio Di Manna, in servizio presso il Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Area per la geodinamica, le georisorse, la pericolosità e gli impatti degli eventi naturali e in-dotti – ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) – per il suo prezioso contributo nell'analisi dei dati interferometrici;

- il dott. Michele Pecoraro che ha curato l'elaborazione di alcuni disegni.