

## RAPPORTO METEO MARINO - SULLA PRATICABILITÀ DEL SISTEMA PORTUALE - VALUTAZIONE SULLA POSSIBILITÀ ATTRACCO DI UNITÀ CON CARATTERISTICHE ECCE-DENTI QUELLE DELLE DEI FERRY BOAT IN SERVIZIO COM LA MADDALENA – NOTA INTEGRATIVA 3

### PREMESSA

#### GENERALITÀ

Lo studio della tendenza evolutiva di un litorale richiede, in generale, la preliminare valutazione dei principali pa-rametri significativi che lo caratterizzano:

- morfologia della costa e dei versanti,
- documentazione storica su eventuali trasformazioni o evoluzioni,
- orientamento complessivo della linea di riva,
- clima meteo marino
- esposizione di un paraggio costiero all'azione meteo marina,
- caratteristiche petrografiche e granulometriche dei sedimenti di spiaggia
- sistema idrografico sotteso dalla linea di costa
- caratteristiche geologiche e pedologiche caratterizzanti i bacini imbriferi sottesi
- nozione storica degli interventi antropici preesistenti o sopravvenuti.

La preliminare correlazione di questi elementi orientata agli equilibri costieri, consente una preventiva lettura ge-nerale orientativa delle caratteristiche o criticità fisiografiche generali.

In particolare consente l'identificazione delle unità fisiografiche costiere<sup>1</sup> presenti nel contesto in esame.



Figura 1 ambito di paesaggio n° 26 PPR Sardegna

Nel caso di specie viene preso in esame il tratto di costa sulla terraferma compreso nell'ambito di paesaggio n° 26 del vigente PPR regionale inquadrato come “unità fisiografica di paesaggio”.

Il segmento costiero così definito ha effettivamente evidenti caratteristiche di indipendenza fisiografica..

Infatti, a nord la morfologia costiera del tratto Porto Liscia, Isola dei Gabbiani, Porto Pollo, insieme con le caratteristiche delle mareggiate, garantisce il contenimento e la stabilizzazione degli apporti detritici

<sup>1</sup> Si definisce unità fisiografica costiera un tratto di costa per il quale risultano nulli (o insignificanti) gli scambi detritici con i tratti contigui

del fiume Liscia. Al riguardo, si evidenzia come questi ultimi abbiano formato, negli anni, il tratto di pianura approssimativamente compreso tra la SS 133 e il mare.

A questo si aggiunga la considerazione del fatto che i tiranti d'acqua in corrispondenza di punta Sardegna risultano ben maggiori del valore della "profondità di chiusura"<sup>2</sup>

Al riguardo, definita "zona attiva", la zona che va dalla linea di costa alla zona dei frangenti. Chiarito che tale limite non è assoluto, ma risulta legato alle caratteristiche dei vari moti ondosi che possono interessare la costa. La profondità di chiusura di una spiaggia, fissato un intervallo di tempo, è definita come la profondità più vicina alla linea di riva che non subisce variazioni significative di quota del fondo marino ed in cui lo scambio di sedimenti tra nearshore ed offshore è trascurabile (Kraus, Larson e Wise 1999).

Questa grandezza si può calcolare con una formula empirica formulata da Hallermeier (1981), che permette, in assenza di rilievi sul campo, di ricavare la profondità di chiusura.

Si considera il moto ondoso  $H_{m0}$  l'onda spettrale al largo che viene superata per almeno 12 ore l'anno.:

$$\frac{H_c}{H_{m0}} = 2,28 - 68,5 * \frac{H_{m0}}{g * T^2}$$

Prudenzialmente si assume il valore dell'onda di verifica pari al 70% del massimo istantaneo registrato (7,60 ml) Su un decennio. Risultando quindi  $H_{m0} = 0,7 * 7,6 = 5,3$  [m] con periodo caratteristico di 10 [s] sec..

Applicando la formula empirica proposta da Hallermeier risulta:

$$h_c = H_{m0} * 2,28 - 68,5 * \left( \frac{H_{m0}}{g * T^2} \right) = 7,6 * [2,28 - 68,5 * \left( \frac{7,6}{9,8 * 12,3^2} \right)] = 14,05 \text{ ml.}$$

Considerato che, in corrispondenza di punta Sardegna si rilevano tiranti d'acque compresi tra i 15 e i 20m, e tenuto anche conto della morfologia della spiaggia di Cala di Trana, ubicata immediatamente a ovest di Punta Sardegna e caratterizzata da accumuli sabbiosi sottili e prevalentemente ascrivibili alla disgregazione superficiale dei graniti circumvicini, si può legittimamente assumere che la costa di punta Sardegna non risulti interessata da flussi detritici comunque provenienti dai tratti costieri a ovest.

Medesima conclusione si evidenzia, per quanto riguarda flussi detritici in ingresso della costa a oriente della punta "Tre Monti" (presso Baia Sardinia) o, meglio, considerate la stabilità della spiaggia delle Saline e la morfologia dei piccoli arenili costieri rinvenibili lungo la costa dell'omonimo golfo, nonché l'evidente equilibrio e autonomia del sistema detritico del Golfo di Arzachena, si può stabilire che risultino nulli o, comunque marcatamente trascurabili i flussi detritici in ambo i sensi transitanti dallo stretto compreso tra Capo d'Orso e l'isola di Santo Stefano.

<sup>2</sup> Come già illustrato nella relazione meteo marina, la profondità di chiusura è la profondità oltre la quale l'energia del moto ondoso non è più in grado di determinare spostamenti significativi di sedimento. Cfr Raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici", che costituiscono "standard di settore" prodotti dall'Associazione Internazionale Permanente dei Congressi di Navigazione" (ora "Associazione internazionale di navigazione"), come riportato all'allegato 1 – punto 1 – 3° capoverso e all'allegato 2 – punto 1 – 3° capoverso del Decreto Interministeriale del 14.04.1998 "Approvazione di requisiti per la redazione di progetti da allegare ad istanze di concessione demaniale marittima per la realizzazione di strutture dedicate alla nautica da diporto".

Con voto del 27.02.2002 n.212 la terza Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha espresso parere favorevole sulle raccomandazioni tecniche citate.

Le deduzioni conducono dunque alla conferma della coincidenza dell'estensione dell'unità fisiografica paesaggistica (PPR) con quella costiera.

## **ASSETTI DETRITICI DELL'AMBITO COSTIERO COMPRESO TRA PUNTA SARDEGNA E CAPO D'ORSO**

Sulla base delle considerazioni svolte emerge dunque che il segmento costiero compreso tra punta Sardegna e Capo d'Orso, sotto il profilo dei bilanci detritici costieri, risulta sostanzialmente autonomo, sia per quanto riguarda il rifornimento che per quanto attinente la selezione e distribuzione lungo costa.

Le fonti di rifornimento sono rappresentate essenzialmente, dagli apporti solidi assicurati dal sistema idrografico del rio Surrau sotteso dalla spiaggia de "La Sciumara", e dai prodotti di erosione del materiale granitico presente sulla costa e nell'entroterra, conferiti occasionalmente sia ad opera dei ruscellamenti superficiali in occasione di eventi meteorici, che dell'azione eolica.

La selezione e distribuzione avviene prevalentemente in ambiente marino ad opera, sia dei normali processi di decantazione, che dei moti ondosi e correnti.

Posto che l'ambito in esame non risulta interessato dalle principali circolazioni del mediterraneo, rappresentate principalmente dalle differenze di salinità rispetto all'oceano atlantico e dalle correnti di profondità originate dalle variazioni stagionali di temperatura, le correnti interessanti il paraggio in esame risultano essere quelle di marea e quelle superficiali generate dal vento.

Queste (correnti di marea in prevalenza), come rappresentato nella relazione meteomarina, raggiungono lungo il tratto compreso tra Capo, d'Orso e la rada di Palau velocità comprese tra 0,5 e 1,5 nodi ( $25 \text{ cm/s} \div 70 \text{ cm/s}$ ), in corrispondenza di Palau. Grazie al brusco allargamento della sezione idraulica le correnti assumono valori insignificanti venendo a formarsi condizioni che consentono la decantazione delle comunque trascurabili quantità di materiale in sospensione trasportato.

Questo non toglie niente al fatto che, forti venti non possano generare correnti di superficie caratterizzate da valori significativi.



**Figura 2 - conferimenti delle acque superficiali dell'ambiente urbano e agrario monte dell'abitato**

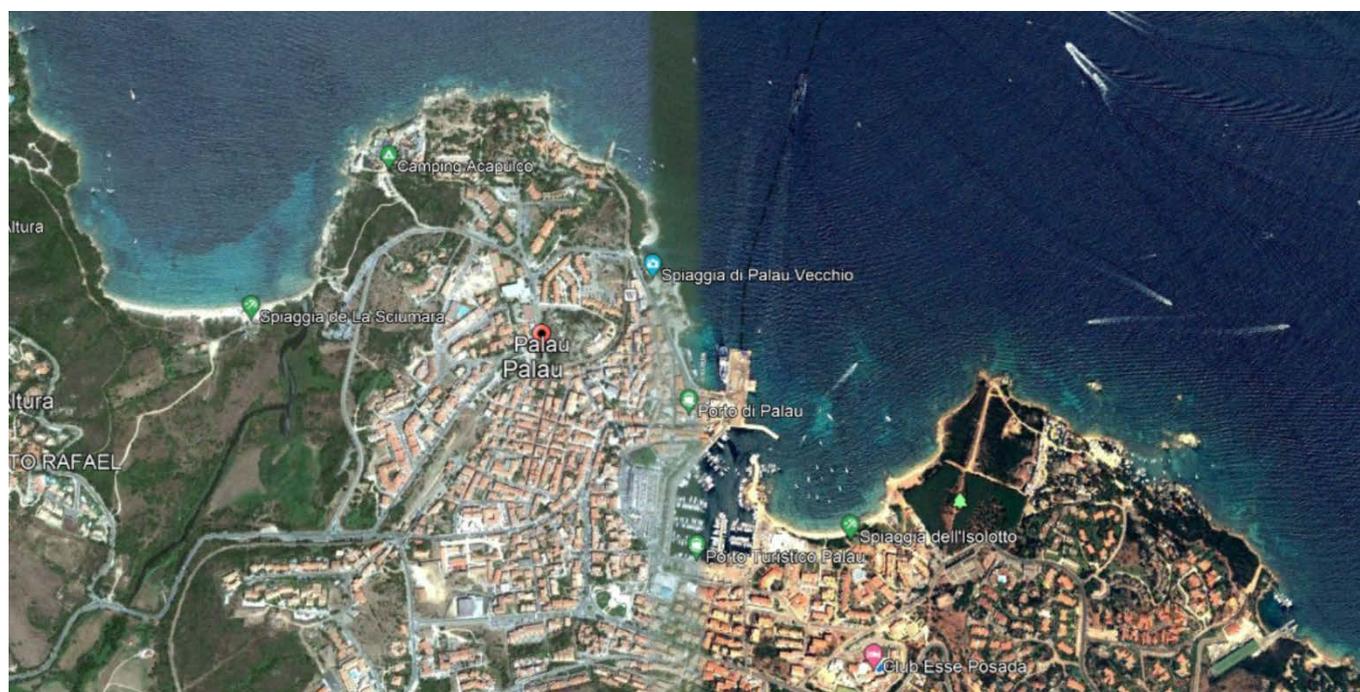
Va inoltre tenuto conto del fatto che, benché l'energia delle mareggiate esterne all'arcipelago venga dissipata quasi per intero per diffrazione determinata dalla geografia della costa (terraferma e insulare) e sholing (attrito sui fondali), una quota caratterizzata da periodi caratteristici non confrontabili con quelli osservabili nelle agitazioni che possono originarsi all'interno dell'area ridossata ddall'arcipelago, pur insignificante per quanto riguarda gli aspetti squisitamente portuali (cfr. pag. 3 del rapporto meteomarina), raggiunge comunque gli ambiti considerati protetti con capacità residua di mobilitazione dei detriti di fondo.

La valutazione del contesto descritto e dell'assetto degli arenili conduce in ogni caso a confermare sostanzialmente quanto già esposto precedentemente, ovvero che la provenienza delle sabbie che formano gli arenili presenti sul lato orientale della rada di Palau sia prevalentemente ascrivibile agli apporti solidi diffusi dei ruscellamenti versanti a mare tramite i compluvi distribuiti lungo la costa (cfr. Figura 2).

Si deve comunque rilevare un pur limitato flusso detritico riconducibile all'apporto del rio Surrau che, aggirando la "Punta Faro", in occasione degli episodi meteo di picco associati al quarto quadrante, o del raro verificarsi di eventi di colmo del rio Surrau, grazie alle correnti superficiali prodotte dai forti venti, contribuisce in modo sensibile al mantenimento della spiaggia Punta Faro e, in misura minore, di quella di "Palau Vecchio" situata a nord del porto commerciale con la parte di detrito fine trasferibile lungo costa a fondali ridotti.

Può altresì venir considerata la presenza di rifornimento occasionale al detrito sabbioso sul lato orientale della rada ad opera di correnti di superficie sempre legate all'azione prolungata di forti venti del primo quadrante, che grazie all'espansione determinata dalla rada stessa subiscono un rallentamento che favorisce la decantazione del materiale in sospensione.

L'incidenza di questo tipo di rifornimento risulta peraltro del tutto secondaria per quanto riguardante gli assetti dell'orlo sabbioso.



## EVOLUZIONE STORICA DELL'ASSETTO DEGLI ARENILI

In appendice viene riprodotta una documentazione fotografica dell'evoluzione degli arenili a partire dal 1955.

Dalla sua lettura risultano chiaramente leggibili sensibili variazioni, sia in accrescimento che in diminuzione nelle consistenze delle superfici delle spiagge emerse e degli stock detritici sommersi.

Le dette evoluzioni risultano documentate dalla documentazione fotografica zenitale dell'area acquisita dal sito <http://www.sardegnaegeoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/> rispettivamente acquisite negli anni **1955 – 1968 – 1978 – 1997 – 2003 – 2008 - 201 – 2013 – 2019:**

<p><b>1955</b></p>	<p>L'immagine, di modesta definizione, risale alle levate aerofotogrammetriche eseguite per la stesura della cartografia nazionale 1:25.000 dell'IGM. Dalla sua lettura si evidenzia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>l'attracco del traghetto per la Maddalena si limita ad un piccolo sporgente con fronte di accosto E-W radicato in corrispondenza del terminale ferroviario</li> <li>La consistenza delle spiagge emerse e del detrito sommerso risulta estremamente limitata e, sulla base delle considerazioni già svolte nel rapporto meteomarinario, sostanzialmente formate dal detrito proveniente dal trasporto attribuibile ai ruscellamenti del territorio retrostante la costa e alla disgregazione della roccia granitica selezionato dalle contenute agitazioni incidenti a costa.</li> </ol>
<p><b>1968</b></p>	<p>L'immagine, della medesima origine della precedente (aggiornamenti della cartografia nazionale 1:25.000 dell'IGM), evidenzia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>la nuova costruzione di uno sporgente banchinato che assorbendo lo sporgente del 1955, si estende, <u>similmente</u><sup>3</sup> e a quello attuale, in direzione nord. Alla radice di quest'ultimo risulta previsto, sul lato W. il dente di attracco per traghetti e un piazzale di raccordo con la viabilità litoranea.</li> <li>Le spiagge prospicienti risultano, seppur in misura appena leggibile, accresciute rispetto alla rilevazione 1955.</li> </ol> <p>Queste pur lievi modificazioni, come risulterà ampiamente confermato dall'assetto risultante nella successiva immagine del 1978, verosimilmente, trova giustificazione nei lavori di realizzazione del nuovo sporgente eseguito, per informazioni acquisite, con banchinamenti a gravità e versamenti a mare di materie sciolte per la formazione dei piazzali.</p> <p>Tali lavorazioni, avvenute con avanzamento prevalentemente con versamenti a mare di materiale sciolto e contemporanea costruzione del banchinamenti laterali, hanno certamente avuto una durata certamente superiore ad un anno.</p> <p>Il fronte di avanzamento, esposto all'aggressione delle agitazioni tipiche del paraggio, ha naturalmente subito una significativa erosione delle frazioni più sottili del materiale d'avanzamento comprendente inoltre il materiale sabbioso normalmente utilizzato per la normale formazione di piste temporanee per il transito degli automezzi di trasporto e macchine operatrici. Ne consegue che, durante le lavorazioni, quantità significative del materiale versato (prevalentemente sabbie e materiale minuto, siano state erose per restare depositate nell'ambiente marino circostante.</p> <p>Successivamente, grazie all'azione delle onde, particolarmente dei moti residui delle agitazioni esterne all'arcipelago, non percettibili in superficie, i cui moti orbitali ormai decisamente ellittici in conseguenza dei fondali ridotti<sup>4</sup>, risultano determinare azioni di trascinamento sul fondo che, in corrispondenza di eventi meteo di forte intensità possono produrre impulsi di corrente con velocità di <math>2 \div 2,5</math> [m/s], in grado di determinare pur lenti processi di spostamento del materiale sabbioso accumulato.</p> <p>In aggiunta le correnti superficiali generate dai venti, possono spingere limitatamente alle frazioni di minor granulometria, verso le coste sottovento, dato la dominanza dei forti venti settentrionali, prevalentemente in direzione SE rispetto al cantiere.</p>
<p><b>1978</b></p>	<p>L'immagine, s.e.eo. fa parte del volo di ricognizione, esteso all'intera isola, commissionato dall'allora ETFAS (ente regionale).</p> <p>Questa immagine a parere dello scrivente, risulta certamente quella maggiormente degna di attenzione, Infatti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Non sono rilevabili variazioni delle opere a mare</li> <li>Gli arenili mostrano un vistoso accrescimento sia delle spiagge emerse che degli stock detritici sommersi.</li> </ol>

<sup>3</sup> La configurazione attuale, inseguito ad un successivo intervento di consolidamento risulta allargata e allungata di 5 ml.

<sup>4</sup> Parametri **A**  $\rightarrow \cong H = 0,16$  [m] -  $T = 9,9$  [s] -  $\theta = 352$  \*\* **B**  $\rightarrow \cong H = 0,07$  [m] -  $T = 8,5$  [s] -  $\theta = 357$

	<p>Posto che dall'immagine, pur ulteriormente estesa non è identificabile l'intervento di attività od opere compatibili con la formazione di un accrescimento di tale entità, né risulta notizia di posa in essere di episodi di ripascimento artificiale.</p> <p>Risulta in definitiva evidente che, il meccanismo determinante il modesto rinascimento rilevato dalla foto del 1968, proseguendo per il decennio successivo, ha proseguito, in occasione degli eventi meteo più intensi, la propria opera di trascinamento sul fondo, trasladando verso il margine costiero, in direzione prevalente SE, prospiciente le lavorazioni per la costruzione dello sporgente di attracco la gran parte di detrito accumulato durante le lavorazioni.</p> <p>Si noti in particolare l'evidenza rappresentata dall'accumulo emerso formatosi in corrispondenza del lato Est all'interno dell'attuale darsena per il diporto<sup>5</sup>.</p>
1997	<p>a. Si rileva il modesto ampliamento dell'originario sporgente resosi necessario, verosimilmente in causa del verificarsi di evidenze e di precarietà dei fronti di accosto Est e Nord.</p> <p>Ciò risulta ipotizzabile sulla base della conoscenza acquisita sulle caratteristiche dei fondali in corrispondenza dell'opera. Il rimedio venne ottenuto con la realizzazione di paratie infisse fino a profondità di -18 [ml] realizzate dalla società ICOS-SICAPI s.p.a. con impiego di fanghi bentonitici.</p> <p>Complessivamente il diaframma si sviluppa lungo i lati est e nord del filo banchina preesistente a una distanza di 5,00 [ml] da quest'ultimo.</p> <p>Circa a metà dello sviluppo della paratia EST risulta realizzato uno sporgente di circa 16 ml. orientato a E con la funzione di ottenere un ulteriore attracco per le unità in servizio ferryboat.</p> <p>La stabilità e il profilo prestazionale risultano assicurati da un adeguato sistema di tiranti e strutture di ripartizione.</p> <p>Ulteriori opere sopravvenute consistono nella realizzazione dei moli di sopra e sottoflutto della darsena destinata al diporto e al naviglio minor, nonché i banchinamenti interni e l'accosto carburanti.</p> <p>b. Per quanto riguarda gli arenili a E e SE si registra limitato assestamento della battigia rispetto agli assetti del 1978, in leggero arretramento.</p> <p>L'emergenza risulta perfettamente coerente con la dinamica evolutiva descritta precedentemente. Infatti, una volta esaurito l'accumulo sabbioso prodotto dal cantiere di costruzione del molo rilevato nel 1968, risulta ridotto o cessato il processo di rifornimento descritto precedentemente.</p>

<sup>5</sup> L'avanzamento del moto ondoso dagli alti fondali (superiori alla semilunghezza d'onda) verso la linea di costa, avviene attraverso complessi fenomeni legati alla diffrazione, alla rifrazione e allo shoaling, caratteristici di ogni singolo evento, concretizzandosi sotto costa nella variazione del contenuto energetico, e nella progressiva trasformazione del profilo d'onda da trocoide circolare a trocoide ellittica.

Per cui, globalmente, si verifica che, con il procedere dei treni d'onda in profondità ridotta verso costa, decrescendo la profondità diminuisce la velocità di avanzamento con un aumento però della velocità orbitale delle particelle. Questa vale:

$$V_s := \frac{\pi \cdot h \cdot k}{T}$$

dove:

h = altezza dell'onda;

K = coefficiente adimensionale;

L<sub>0</sub> = lunghezza d'onda alla profondità d<sub>0</sub> > L<sub>0</sub>/2;

L = lunghezza d'onda alla profondità d del punto considerato;

T = periodo associato all'ondazione considerata.

Quando, in tiranti d'acqua limitati, il fondale cresce con ripidità elevate cresce molto rapidamente il valore di K in modo che la velocità V<sub>s</sub> tende a superare quella di avanzamento dell'onda.

In queste condizioni l'onda "frange" esaurendo rapidamente il suo contenuto energetico in eccesso.

I volumi di sedimenti vengono messi in sospensione (suspended load) o rotolati al fondo (bed load) nella zona dei frangenti dalla turbolenza causata dal frangimento.

La dislocazione del sedimento verso riva, o verso il largo risulta differente a seconda che si abbiano agitazioni con onde lunghe e ordinate, ovvero di agitazioni di di tempesta che originano onde particolarmente ripide e disordinate.

Nel primo caso, in seguito alla progressiva apertura delle orbite ellittiche delle particelle, si ha un trasporto di massa nel senso di avanzamento dell'onda, e quindi verso riva.

Viceversa, in occasione di tempeste, con la sovrapposizione di vari treni d'onda il moto netto al fondo risulta prossimo allo 0, mentre, ad una certa distanza da quest'ultimo il suo verso è contrario a quello di propagazione dell'onda

	Accade così che il materiale asportato, partendo dalle frazioni di minor granulometria, venga progressivamente selezionato ad opera ondazioni di superficie e distribuito sui fondali maggiori Come leggibile nelle immagini successive, e dal raffronto accurato ottenuto per digitalizzazione delle singole immagini previa loro georeferenziazione (riportato alla seguente Figura 3), tale azione tende rapidamente verso una configurazione caratterizzata da una sostanziale stabilità della spiaggia emersa. come ad oggi osservabile.
<b>2003</b>	a. Non risultano ulteriori modificazioni alle opere portuali. b. La linea di battigia risulta, come ulteriormente interessata da lievi assestamenti. L'ammasso detritico sommerso appare normalmente consistente.
<b>2008</b> <b>2010</b> <b>2013</b> <b>2019</b>	a. Non risultano ulteriori modificazioni alle opere portuali. b. La linea di battigia risulta ulteriormente sostanzialmente stabile. L'ammasso detritico sommerso appare non subisce particolari variazioni di consistenza.



Figura 3 - evoluzione georeferenziata delle linee di riva nel periodo 1955 - 2019

### RICADUTE DELLE OPERE DI POTENZIAMENTO DEL PORTO COMMERCIALE SULL'ASSETTO DEGLI ARENILI

In definitiva da quanto rappresentato e argomentato risulta:

- A** La rada di Palau, ricompreso nella più ampia unità fisiografica “La Maddalena Palau” risulta inquadrabile, sotto il profilo degli scambi detritici con la le coste circostanti, come una “sotto unità” caratterizzata, a sua volta, dalla sostanziale assenza, salvo trascurabili occasionali limitate apporti forniti dal rio Surrau (spiaggia La Sciumara) producendo, al più, l'alimentazione e mantenimento delle spiaggette di “Porto Faro” e “Palau vecchia” nonché del deposito sommerso formatosi nello specchio acqueo confinato dall'attuale sporgente con funzioni di porto commerciale.
- B** L'orlo sabbioso presente lungo il lato est, risulta formato essenzialmente, salvo trascurabili apporti di mate-

riale in sospensione proveniente dalla costa a Est e rilasciati in seguito all'espansione<sup>6</sup> determinata dalla "punta Nera" dalla disgregazione del materiale granitico ad opera degli agenti atmosferici recapitato a coste, sia dall'azione eolica che dai ruscellamenti superficiali prodotti in occasione delle piogge e successivamente selezionati dall'azione delle onde con i frangimenti a riva.

**C** Questo risulta in particolare verificato per la spiaggia emersa più importante "Spiaggia dell'Isolotto", la cui dinamica evolutiva è stata accuratamente esaminata e documentata su un arco temporale di oltre 75 anni.

La lettura della sua evoluzione ha evidenziato, rispetto alla configurazione originaria di equilibrio del 1955, un eccezionale accrescimento intervenuto prevalentemente nel decennio 1968÷1978, ma del quale si sono rilevati i primi accenni già prima del 1968.

L'esperienza ha ormai insegnato che ogni qualvolta vengono rilevati più o meno rapide modificazioni degli equilibri costieri, con particolare riguardo ai tratti a fondo mobile (spiagge) l'origine debba venire ricondotta agli interventi antropici, sia sulla costa che, sovente, nell'entroterra.

Ciò ha portato all'identificazione dell'origine dell'evento circa il quale sono riportate le argomentazioni nella disamina delle immagini fotografiche 1968 e 1978 che precede.

**D** Successivamente al 1978 e fino ad oggi, a parte irrilevanti assestamenti dell'arenile, quest'ultimo non ha denunciato ulteriori significative alterazioni, nonostante il notevole processo di inurbamento avvenuto, a partire dagli anni '80, delle retrostanti aree a terra (cfr foto anni '78÷'97), con evidente riduzione dell'erodibilità del suolo, nonché l'intervento della realizzazione dei moli di difesa del porto turistico contiguo.

Gli esiti degli approfondimenti prodotti e le verifiche effettuate nella presente ulteriore appendice conducono ad ulteriormente confermare che le spiagge presenti lungo la costa risultano sostanzialmente da accumuli detritici prodotti dal degrado dei graniti costieri e dell'entroterra accumulati e selezionati dall'azione marina e da quella eolica in funzione dell'orografia costiera. Ivi compresi gli apporti terrigeni artificiali resi disponibili dalle attività antropiche.

Emerge dunque, di fatto, la sostanziale indipendenza degli assetti costieri della rada e la loro marcata indipendenza da approvvigionamenti o rilasci detritici coinvolgenti la costa contigua.

Nella realizzazione dell'ampliamento del porto commerciale non si identificano elementi capaci di introdurre direttamente o indirettamente modificazioni significative agli attuali assetti infatti:

**1** Non sono identificabili situazioni meteo, correntometriche, o fattori di alcun tipo, che possano determinare una qualunque flusso di allontanamento di materiale detritico. Nella rada non sfociano corsi d'acqua che possano determinare apporti solidi di qualche rilievo. Si può dunque assumere, come precedentemente argomentato, che la rada, salvo ridotti rifornimenti di detrito estremamente sottile di cui in appresso, debba il patrimonio detritico distribuito prevalentemente sulla costa est, in misura sostanzialmente esclusiva, alla disgregazione del materiale granitico presente sulla costa e sui versanti dell'ambiente agrario retrostante tra-

---

<sup>6</sup> Sia dei moti ondosi associati alle visuali del primo quadrante che dalle correnti superficiali associate principalmente sia ai venti che alle maree

<sup>7</sup> Tratto da Google Maps

sportato a costa per il tramite dei ruscellamenti in occasione di eventi pluviometrici e distribuiti e selezionati dall'azione eolica e dall'azione in battigia dei moti ondosi di superficie.

Il paraggio in definitiva denuncia un assetto e un regime che, salvo quanto al punto seguente, con ottima approssimazione consentono di assimilarlo ad una unità fisi sottounità fisiografica sostanzialmente autonoma.

- 2** Gli apporti con provenienza sia dalla costa W che dalla costa E, risultano di entità comunque estremamente ridotta e caratterizzati da granulometrie marcatamente sottili.

Per quelli i provenienti da W, che assolvono al sostegno delle spiagge di “Porto Faro” e “Palau Vecchio” insieme al deposito subacqueo osservabile in prossimità del lato W dell'attuale sporgente commerciale, non sono identificabili possibilità di particolari limitazioni o influenze a carico del previsto prolungamento dello sporgente previsto dalle opere di potenziamento portuale.

Analoghe conclusioni emergono dalla considerazione degli apporti, di entità ulteriormente ridotta, provenienti da E. Infatti, per la “Spiaggia di Punta Nera” che risulta essere l'unica beneficiaria del pur limitato rifornimento grazie anche alla presenza della secca prospiciente le opere previste, ed in particolare la prevista banchina d'accosto orientata ad E non costituisce alterazione alcuna degli attuali regimi.

- 3** Anche per quanto riguarda la spiaggia dell'isolotto, contigua al porto turistico, la situazione introdotta dall'esecuzione delle opere non comporta particolari criticità come già illustrato nelle pagine tra 23 e 28 del Rapporto meteomarinario infatti la nuova condizione comporta un riduzione dell'altezza d'onda incidente e , quindi, di energia per in corrispondenza degli eventi anemometrici più intensi associati alla visuale di Spargi, mentre non vengono introdotte variazioni sensibili in occasione dei vento associati alla visuale di Capo d'Orso.

Le ricadute sull'assetto della spiaggia della quale le considerazioni svolte sono ampiamente sufficienti a dimostrarne l'estrema stabilità, non possono che risultare irrivelabili.

Lo scrivente nell'interesse di un utile progresso della procedura, si rende pienamente disponibile a un'interlocuzione in contraddittorio in occasione della quale ulteriori questioni potrebbero venire agevolmente chiarite.

Sassari addì 02/04/2022



Ing. Antonio Ruju

# APPENDICE

## DOCUMENTAZIONE STORICA GEOREFERENZIATA DELL'EVOLUZIONE DEGLI ARENILI

Anni 1955 ÷ 2019

Evoluzione linea di riva





1955



1968



1978



1997



2003



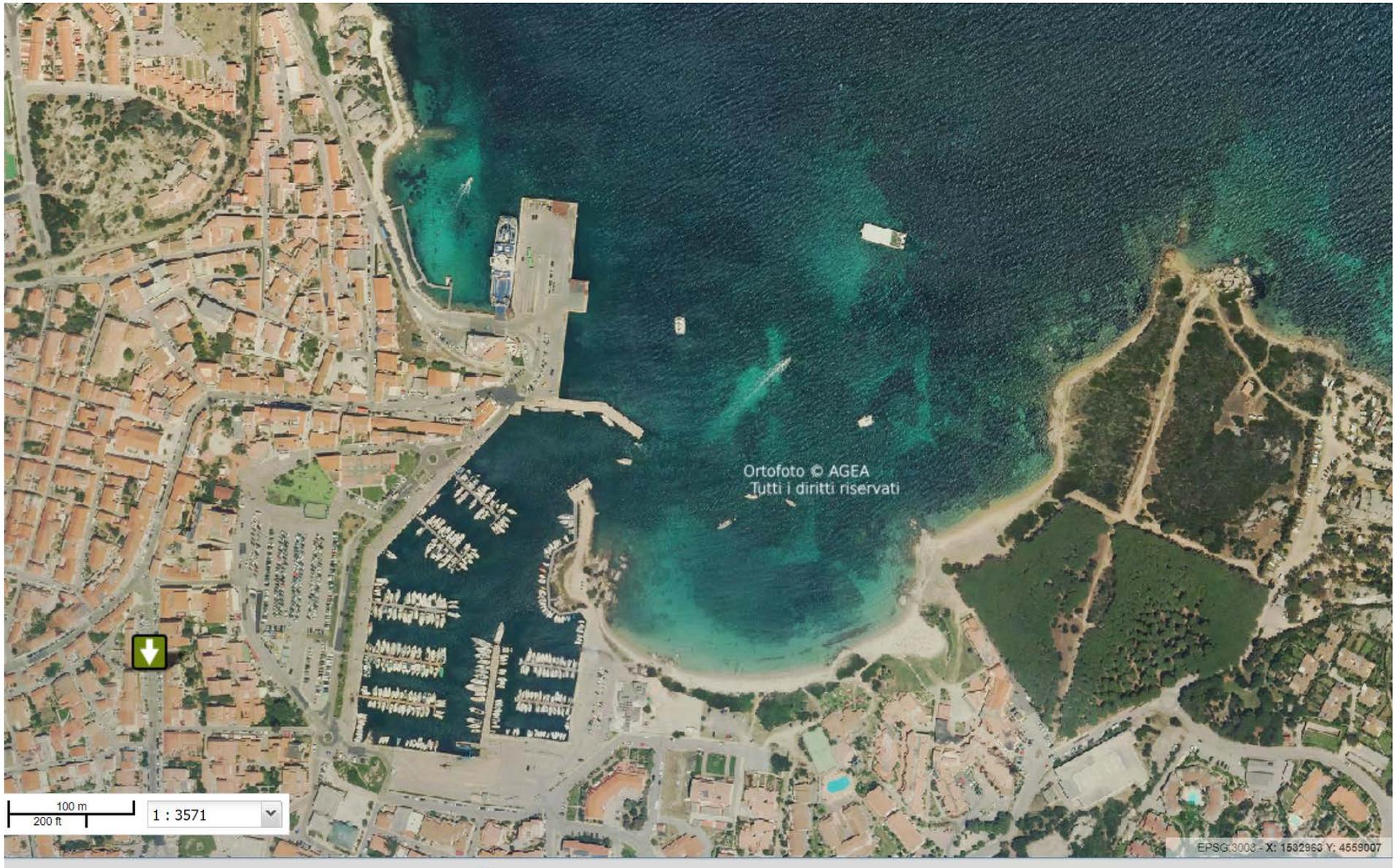
**2008**



2010



2013



2019