



## COMUNE DI ORTONA

Titolo progetto

### "COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA"

APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD

CIG 7822604907 CUP D74B16000360001

Soggetto attuatore



AZIENDA REGIONALE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

### Azienda Regionale Attività Produttive

Via Nazionale SS 602 km 51+355, Centro Direzionale 2°

Piano - 65012 Villanova di Cepagatti (PE)

C.F. 91127340684 - P.I. 02083310686

arapabruzzo@pec.it - vasto@arapabruzzo.it

Data 12/08/2023 23 004 DT 007 - 0 M A R

Fase progettuale

### - PROGETTO DEFINITIVO -

Titolo elaborato

### B.06

### STUDI IDRAULICI MARITTIMI Studio morfologico/morfodinamico spiaggia adiacente

DIPARTIMENTO LAVORI & MANUTENZIONI - DL

Resp: Ing. Nicola BERNABEO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Arch. Sergio PEPE

#### Raggruppamento temporaneo di professionisti

##### Mandataria



MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40 00195 Roma  
06.3269461 - www.modimar.it

##### Mandanti

##### Giovane Professionista

Dott. Ing. Myrta CASTELLINO

##### Geologo

Dott. Geol. Nicola TULLO

Prof. Ing. Alberto NOLI  
Dott. Ing. Paolo CONTINI  
Prof. Ing. Paolo DE GIROLAMO  
Dott. Ing. Giancarlo MILANA  
Dott. Ing. Alessia CURATOLO  
Dott. Ing. Giuseppe VELLA  
Dott. Ing. Valerio TRULLI

##### IL GRUPPO DI LAVORO

Ing. Tommaso IMPICCIATORE  
Arch. Lorenzo DI GIROLAMO  
Geologo Mattia IPPOLITO



**Azienda Regionale Attività Produttive**

*D.L. – DIPARTIMENTO LAVORI & MANUTENZIONI*

*DL2 – Servizio lavori Pubblici*

**Completamento interventi sul porto di Ortona (approfondimento  
dragaggio, prolungamento diga sud)**

**CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907**

**PROGETTO DEFINITIVO**

## **B.06 - Studio morfologico morfodinamico litorale adiacente**

---

**PROGETTAZIONE:**



**MODIMAR S.r.l.**  
VIA MONTE ZEBIO, 40 ROMA

**Dott. Ing. Myrta CASTELLINO**

ROMA

**Dott. Geol. Nicola TULLO**

ATESSA (CH)

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

## Indice

<b>Capitolo 1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>Capitolo 2</b>	<b>Studio morfologico e morfodinamico .....</b>	<b>5</b>
2.1	Inquadramento territoriale .....	5
2.2	Morfologia costiera.....	8
2.3	Alimentazione.....	8
2.4	Analisi del moto ondoso.....	9
2.5	Morfodinamica costiera .....	13
2.6	Analisi morfologiche condotte sulla base delle linee di riva storiche .....	15
2.7	Analisi della tendenza evolutiva del litorale “Lido dei Saraceni” .....	22
<b>Capitolo 3</b>	<b>Osservazioni conclusive.....</b>	<b>25</b>

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

## Capitolo 1 Premessa

Con il presente studio morfologico/morfodinamico si intende valutare l'influenza del prolungamento del Molo sud del Porto di Ortona, così come previsto nel progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, sulla spiaggia ("Lido dei Saraceni"), posta immediatamente a sud del radicamento del Molo. Le foto aeree storiche riportate di seguito e consultabili sui portali cartografici della Regione Abruzzo e Nazionale, evidenziano un continuo avanzamento della linea di riva, iniziato con la realizzazione dell'attuale molo SUD e sostenuto da alcuni lavori di ripascimento eseguiti dopo il 2010, da parte del provveditorato delle OO.PP.

Nel progetto della commissione istituita per lo studio dei piani regolatori portuale del 1905, vengono riportati l'esistente molo Sud per una lunghezza di circa 250 m e la foce del torrente dei Saraceni, posta immediatamente a Sud del molo. La configurazione del molo e la foce del torrente vengono riconfermate nel progetto del Genio Civile del 1939.

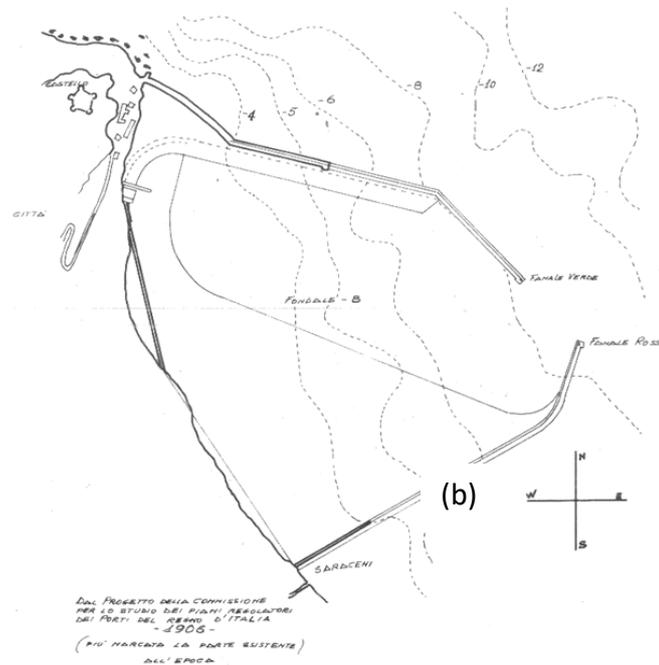
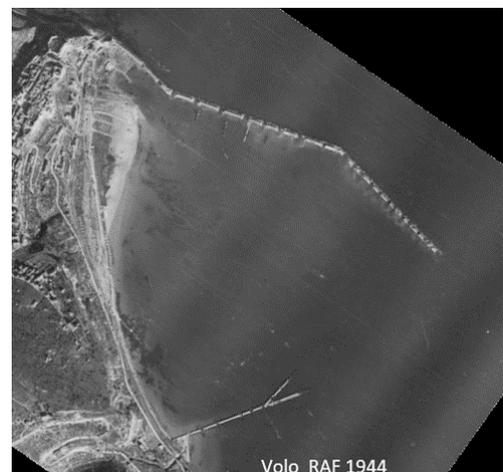


Figura 1-1. Porto di Ortona - Pianificazione portuale del 1906.

Dalle riprese aeree eseguite dall'Istituto Geografico della Marina (IGM) si evince quanto segue:

- 1944 (11 settembre); si inizia ad intravedere la spiaggia immediatamente a sud del nuovo molo (figura a lato).

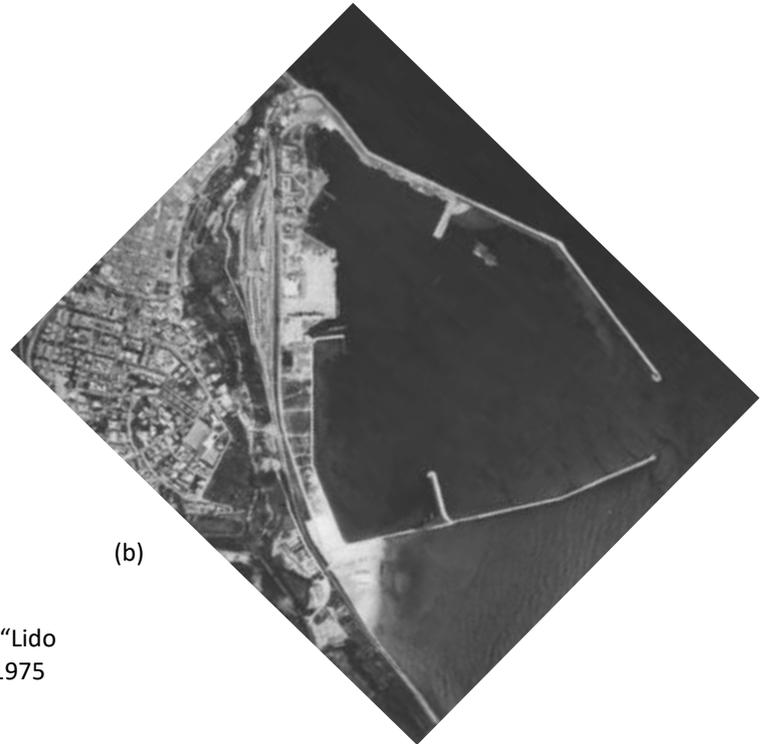


Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

- 1954 (19 settembre - a) e 1975 (18 maggio-b); sono completati i moli Nord e Sud; la spiaggia dei saraceni ormai schermata dagli eventi di moto ondoso provenienti dl primo e terzo quadrante inizia ad estendersi verso il largo



(a)



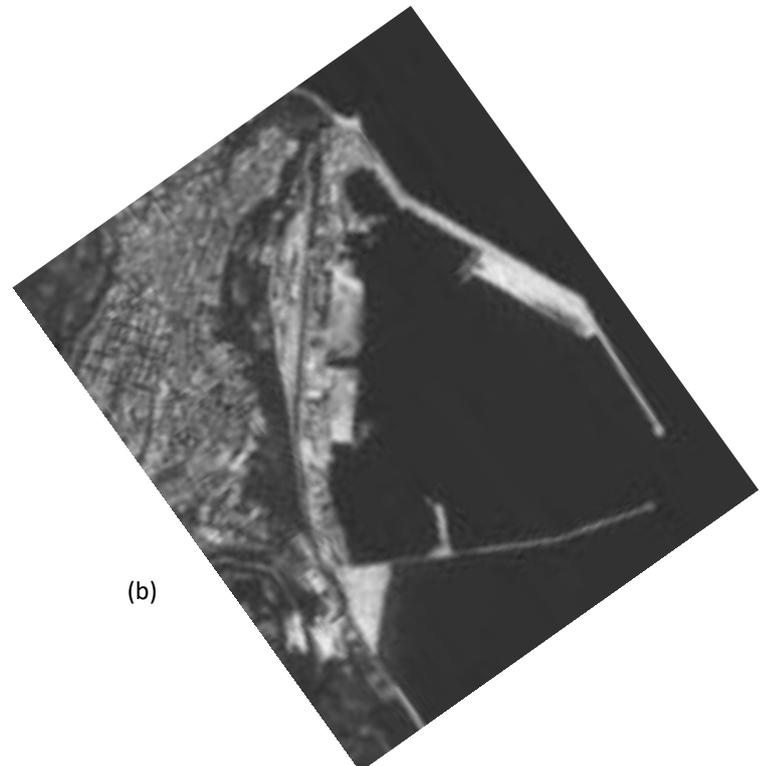
(b)

Figura 1-2. Porto di Ortona - Evoluzione del litorale “Lido dei Saraceni” a Sud del porto. (a) IGM 1954. (b) IGM 1975

- 1985 (26 giugno) e 1995 (18 giugno); non sono state realizzate ulteriori opere foranee di difesa del porto; la spiaggia dei saraceni risulta pressoché stabile



(a)



(b)

Figura 1-3. Porto di Ortona - Evoluzione del litorale “Lido dei Saraceni” a Sud del porto. (a) IGM 1985. (b) IGM 1995.

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

Nelle foto aeree relative agli ultimi 20 anni (Fig.1.4 a 1.6) si osserva un costante avanzamento della linea di riva, dovuto anche alla realizzazione del nuovo molo Nord e dei lavori di ripascimento eseguiti nel 2011.



Figura 1-4. Evoluzione del litorale a Sud del Porto di Ortona. (a) Google 2004 (b) Google 2009

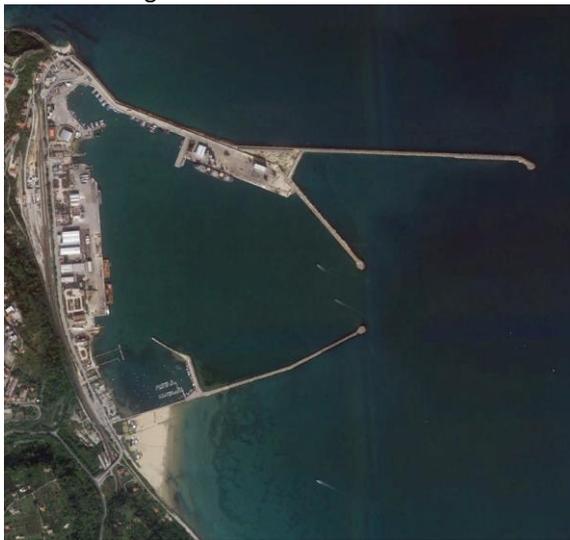


Figura 1-5. Evoluzione del litorale a Sud del Porto di Ortona. (a) Google 2014 (b) Google 2017

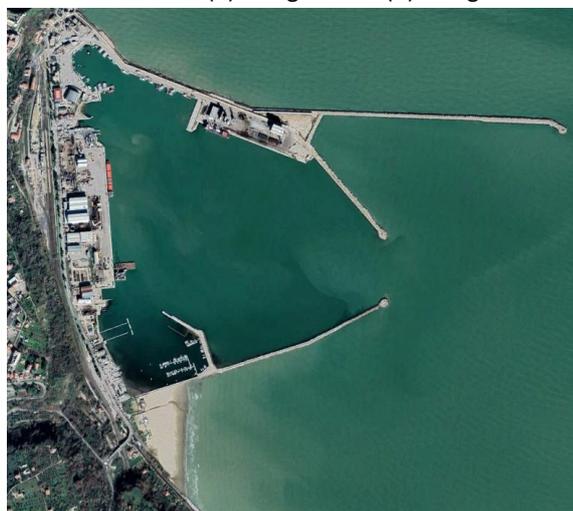


Figura 1-6. Evoluzione del litorale a Sud del Porto di Ortona. (a) Google 2019 (b) Google 2022

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico				
		23	004	DR	007	0

## Capitolo 2 Studio morfologico e morfodinamico

### 2.1 Inquadramento territoriale

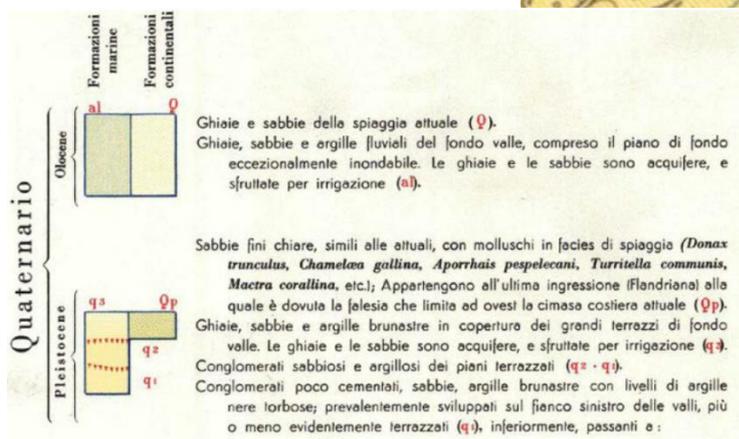
Il litorale denominato “Lido dei Saraceni” si affaccia sul Mar Adriatico (Figura 2-1) ed è situato immediatamente a Sud del Porto di Ortona. Ricade all’interno dell’unità fisiografica compresa tra il Porto di Ancona e il Porto di Punta della Penna (Ch) (da Progetto Coste del Portale Cartografico Italiano).



Figura 2-1. Inquadramento geografico del sito in esame [Fonte: De Agostini].

Un primo inquadramento dell’ambito costiero può essere desunto dalla Carta Geologica d’Italia (fonte: ISPRA - foglio 141 - Pescara - Figura 3.2) e dalla carta tematica dell’Atlante delle Coste Italiane, edito dal CNR, di cui si riporta uno stralcio in Figura 2-3 con la legenda dei tematismi.

Figura 2-2 - Estratto carta geologica foglio 141 Pescara



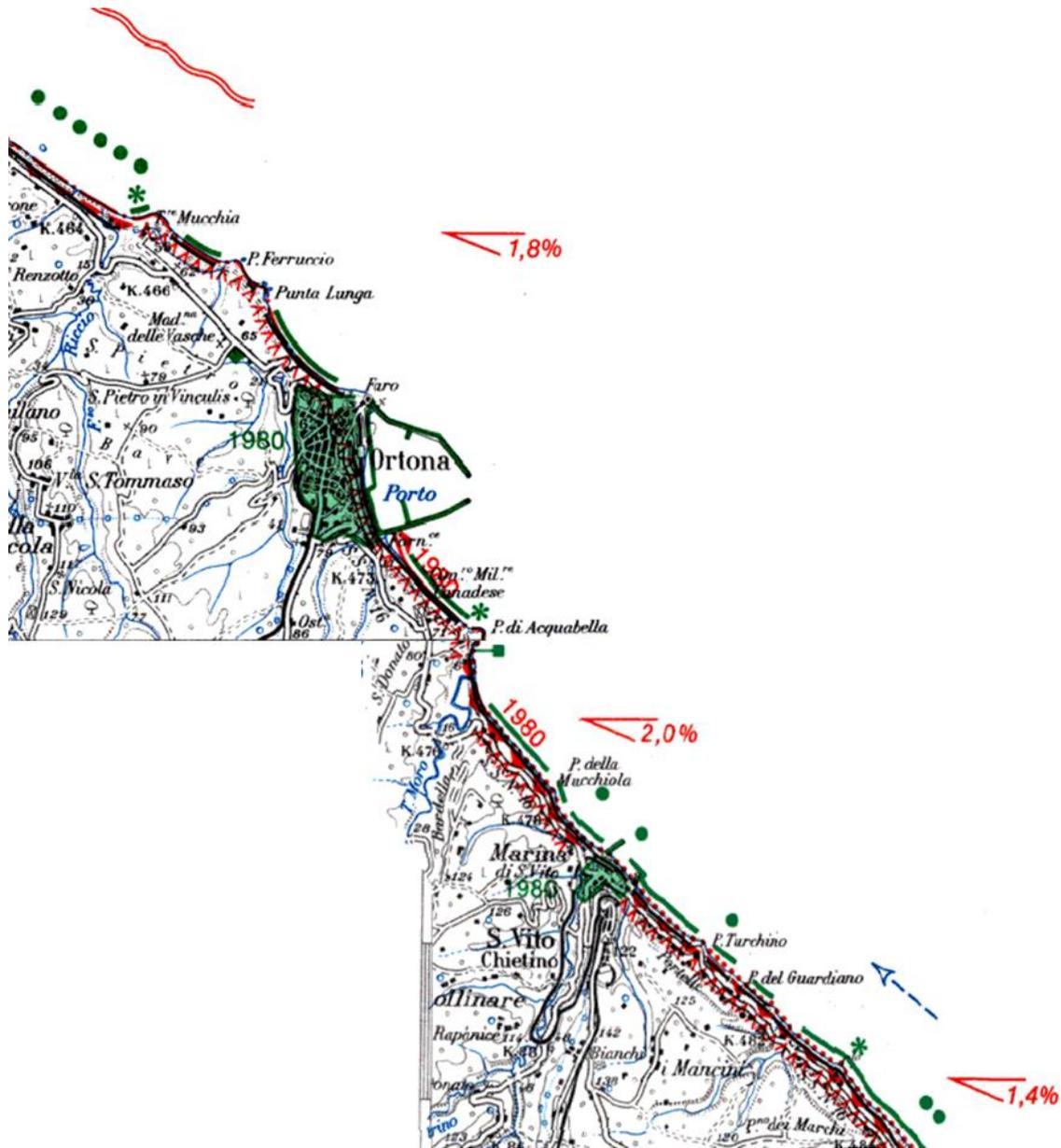


Figura 2-3. Estratto dell’Atlante delle Coste Italiane edito dal CNR (dati riferiti al 1981) con indicazione dell’area di studio. Le frecce blu sono state aggiunte per rappresentare la direzione della risultante energetica del moto ondoso sottocosta.



Figura 2-4. Legenda dei principali tematismi adottati dall’Atlante delle Coste Italiane

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

Il tratto di costa delimitato a Nord dal Molo Sud del Porto di Ortona e a Sud da Punta Acquabella è contraddistinto da coste alte a falesia (50-60 m s.l.m.) che rappresentano il tratto terminale dei rilievi collinari originali a morfologia planare (sommità tabulare); l'associazione conglomeratico – sabbioso (Sabbie e ciottoli di dimensioni variabili, sciolti, variamente cementati e a luoghi stratificati), alla cui base si rinvencono le argille, caratterizza il “plauteu” morfologico di tutto l'Abruzzo orientale e si è formata per la sedimentazione in mare aperto di materiale fino ed in seguito di materiale più grossolano (ghiaia e sabbia), a causa dell'orogenesi e della regressione del mare. L'intero territorio comunale di Ortona risulta inciso da piccole vallecole a direzione NNW – SSE, determinate dal reticolo idrografico.

Al fine di proteggere il vecchio rilevato ferroviario (che correva lungo la costa adriatica, ormai in disuso e oggi trasformato in pista ciclabile), dall'azione del moto ondoso ad inizio del 1900 venne realizzata una scogliera radente in massi naturali che inizia a Sud da Punta Acquabella e raggiunge le opere di delimitazione della prima forma di porto (oggi darsena pescherecci); successivamente con la realizzazione del porto commerciale, parte della scogliera venne inglobata all'interno delle banchine portuali ed oggi rimane evidente nel tratto compreso tra Punta Acquabella e l'attuale molo Sud. La costa infatti si presenta come un versante ad acclività da alta a moderata, caratterizzato da falesie non interessate direttamente dall'azione erosiva del moto ondoso (non attive), essendo protette al piede da opere antropiche.

Con la realizzazione dell'attuale molo sud i sedimenti si iniziarono ad accumulare a ridosso del molo formando l'attuale spiaggia dei Saraceni, costituita essenzialmente da sabbia, da fini a medie, di color grigio chiaro, grigio oliva.

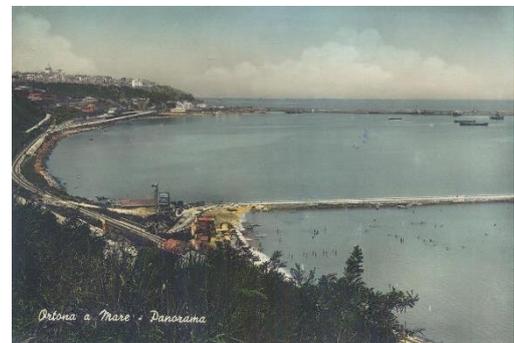


Figura 2-5 - Tratto di litorale dal Porto a Punta Acquabella



Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

Le dinamiche morfologiche del litorale appaiono, strettamente legate ai processi gravitativi delle falesie (depositi per frana), poste nella parte retrostante la linea di riva.

La falesia di Ortona a ridosso del litorale è coinvolta in numerosi movimenti franosi, localizzabili soprattutto nella porzione sud – orientale del paese, e attribuibili a complessi movimenti di crollo, ribaltamento e scivolamento con una forte componente rotazionale.

## 2.2 Morfologia costiera

Dal punto di vista morfologico il tratto di litorale del “lido dei Saraceni” ha la forma tipica di una "pocket beach", ossia di una spiaggia confinata alle estremità da promontori (a Nord dal Molo Sud del porto e a Sud dalla scogliera a radente che termina a Punta Acquabella posta a circa 1.0 km), che impediscono o limitano lo scambio dei sedimenti con i litorali adiacenti. Esse rispondono rapidamente alle variazioni delle condizioni meteomarine con la linea di riva che tende a ruotare disponendosi ortogonalmente alla direzione media della risultante energetica del moto ondoso.

I fattori caratterizzanti le pocket beach sono quindi la disponibilità dei sedimenti, le condizioni meteomarine e l'estensione dei promontori (distanza tra i promontori e la loro estensione verso il largo) in quanto quest'ultimi condizionano localmente il moto ondoso nel suo avvicinamento da largo verso la costa.



## 2.3 Alimentazione

In generale le pocket beach sono caratterizzate da apporti solidi scarsi o nulli, a causa della presenza dei promontori, che delimitano il litorale, e della modesta estensione del tratto di costa.

In particolare, il litorale non riceve apporti solidi da Nord, a causa della presenza del porto di Ortona con i suoi moli foranei, che deviano un eventuale trasporto litoraneo proveniente da Nord su alti fondali (profondità testata molo Nord: -12.00 m slm)

La pendenza del fondale non particolarmente elevata (circa 1.0 %), compatibile con un fondale di tipo sabbioso, non permette comunque di escludere una dinamica litoranea attiva.

Il fosso dei Saraceni è un corso d’acqua di modeste dimensioni (Lunghezza dell’asta principale è pari a circa 5-6 km), che drena parte delle acque meteoriche della città di Ortona e del plateau superiore sfociando poi in diversi punti a sud del Porto. Il deflusso idrico del fosso ha determinato profonde incisioni nel pianoro di Ortona, e pendenze del talwegh importanti dell’ordine di 1%.

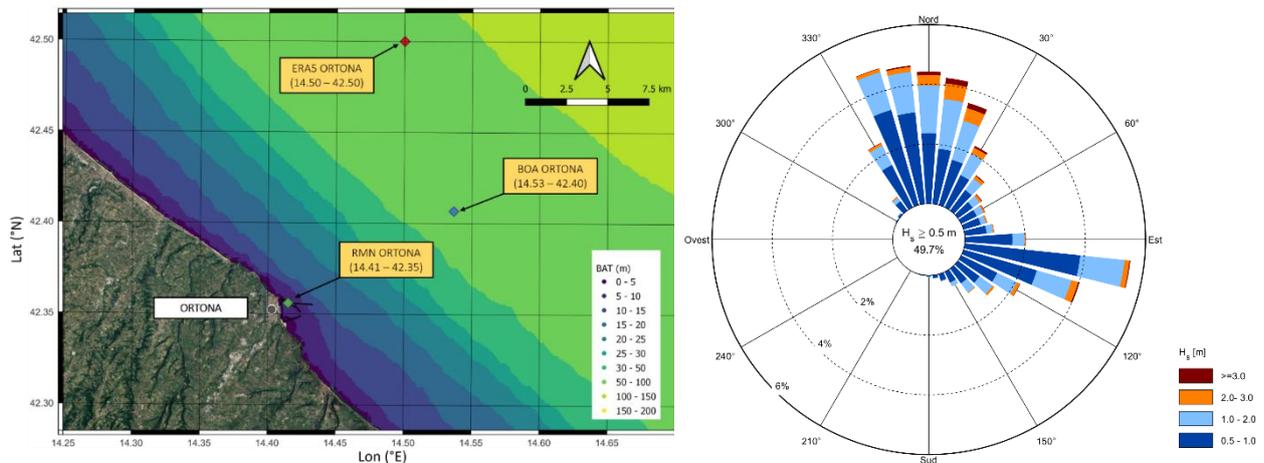
La natura della falesia (ciottoli e sabbia), le pendenze elevate del corso d’acqua, il regime torrentizio caratterizzato da variazioni della portata, indicano un trasporto solido potenziale importante che si manifesta in occasione delle piene (ad esempio si ricordano gli eventi del 7.10.2000 ed del 2012), legate comunque ad eventi intensi e di breve durata.

## 2.4 Analisi del moto ondoso

### 2.4.1 Clima di moto ondoso al largo

Il clima di moto ondoso al largo di Ortona è stato determinato sulla base dei dati di moto ondoso ricostruiti in reanalisi da ECMWF-ERA5 (punto di griglia: 42.50°N-14.50°E – 17 km dal porto di Ortona), nell'ambito del progetto Copernicus, sviluppato da ECMWF. I dati meteomarini sono disponibili su base oraria, ricostruiti in reanalisi dal 1959 al 2022 (vedi elaborato B.3 - Studio meteomarino) e calibrati con la boa di Ortona.

Nelle figure seguenti sono riportati: (a) la posizione del punto in cui è stato ricostruito il moto ondoso (ERA5 Ortona); (b) Rosa di distribuzione direzionale su base annua degli eventi di moto ondoso con  $H_s > 0.5m$  al largo di Ortona

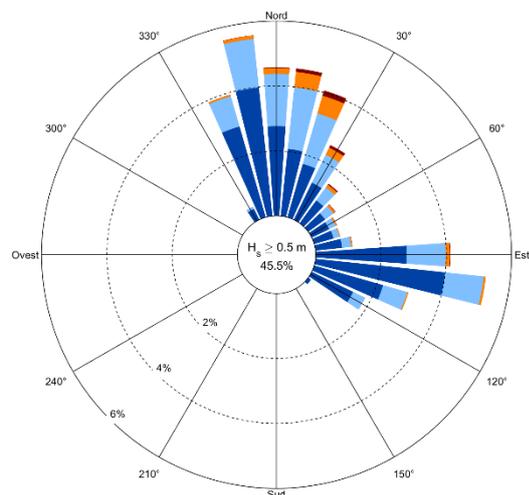


Appare evidente il comportamento bidirezionale del clima ondoso con il settore grecale-tramontana come principale e quello di levante - libeccio come secondario.

### 2.4.2 Clima di moto ondoso sottocosta

Il clima di moto ondoso sottocosta è stato ricostruito in due punti (P1: -15 m s.l.m. in prossimità dell'imboccatura portuale; P2: -5.0 m s.l.m. davanti alla spiaggia dei Saraceni) a partire dagli stati di mare della serie ondometrica definita al largo di Ortona e propagati da largo verso riva con un

Figura 2-6 - Clima di moto ondoso sottocosta nel punto di inversa spettrale P1



modello numerico di rifrazione inversa spettrale (MEROPE sviluppato dalla Modimar S.r.l.) che tiene conto delle informazioni batimetriche desunte dalla carta nautica (N. 1566) e dal rilievo batimetrico.

Il diagramma polare di Figura 2-6 sintetizza il clima del moto ondoso, ottenuto nel punto sottocosta P1, posto davanti all'imboccatura portuale (-15.0 m s.l.m.).

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che in prossimità dell'imboccatura, il clima del moto ondoso rimane sostanzialmente invariato mantenendo il carattere bimodale

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

con eventi del secondo settore che ruotano verso levante e con gli eventi più intensi provenienti dal settore di tramontana-grecale (330°-50°N).

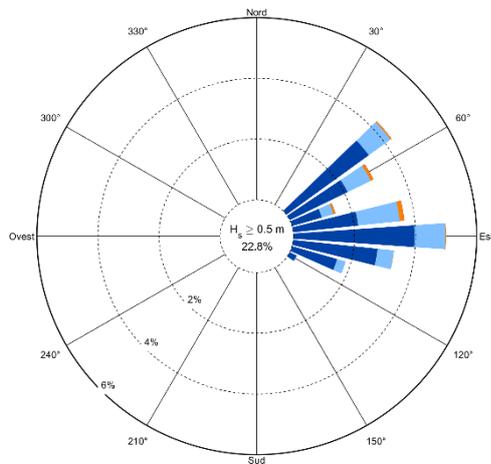


Figura 2-7 - Clima di moto ondoso sottocosta nel punto di inversa spettrale P2 – Situazione Attuale

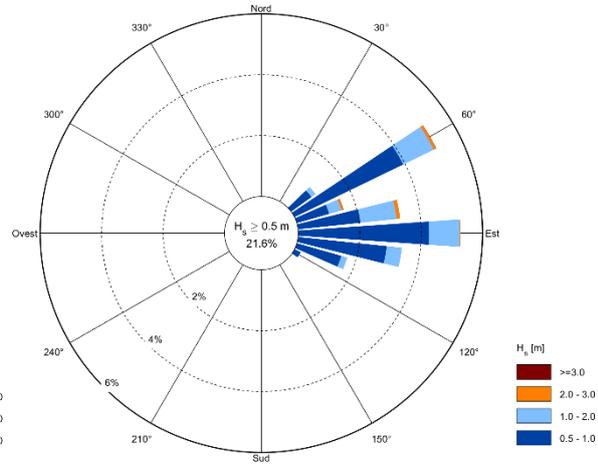


Figura 2-8 - Clima di moto ondoso sottocosta nel punto di inversa spettrale P2 – Situazione di progetto

I diagrammi polari di Figura 2-7 e Figura 2-8 sintetizzano invece il clima del moto ondoso, ottenuto nel punto sottocosta P2, posto davanti alla spiaggia Lido dei Saraceni (-5.0 m s.l.m), nella configurazione attuale del porto ed in quella di progetto. Risulta evidente in entrambi gli scenari l'effetto schermo dovuto:

- a Sud da Punta Acquabella, con la rotazione di circa 10° della direzione media di provenienza per gli eventi di libeccio-levante, che si portano a levante.
- A Nord dalle opere foranee del porto, con una riduzione del numero degli eventi provenienti da settore Ovest-Nord-Est associata ad una marcata rotazione di circa 45° della direzione media di provenienza.

Nella situazione attuale risulta evidente lo schermo dovuto dalla nuova diga Nord del Porto agli eventi di moto ondoso provenienti dal I e dal IV quadrante; tale effetto risulta leggermente più marcato nella situazione di progetto che prevede la costruzione del molo Sud, con una ulteriore rotazione degli eventi di tramontana – grecale di qualche grado.

Più dettaglio nel punto P2 si distinguono con difficoltà gli eventi provenienti dal settore di tramontana-grecale da quello di levante. Nello scenario attuale la frequenza degli eventi con l'altezza d'onda significativa ( $H_s$ ) superiore a 0,5 m (altezza limite per la movimentazione dei sedimenti) è pari a circa 22.8% (circa 3 mesi/anno), mentre in quello di progetto tale frequenza scende a 21.6 % (circa 2.5 mesi/anno).

### 2.4.3 Profondità di chiusura

La profondità di chiusura ( $h_c$ ) rappresenta il margine della fascia attiva del profilo di spiaggia oltre il quale diventano trascurabili i processi di morfodinamica che governano il tratto di litorale in esame. Essa può essere stimata sulla base del clima di moto ondoso applicando l'equazione di Hallermaier (1977):

$$h_c = 2.28 \times H_{12} - 68.5 \times (H_{12}^2 / (gT_{12}^2))$$

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

dove  $H_{12}$  è l'altezza d'onda significativa superata mediamente 12 ore l'anno e  $T_{12}$  è il periodo ad essa associato. Utilizzando i dati di moto ondoso ricostruiti nel punto sottocosta P1 ( -15.00 m s.l.m.):  $H_{12} = 3.65 \text{ m}$  -  $T_{12} = 9.1/1.1 = 8.3 \text{ s}$

si ottiene che la profondità di chiusura ( $h_c$ ) è pari a circa 7.00 m.

#### 2.4.4 Onda morfologica o di modellazione

L'azione del moto ondoso sul litorale viene in genere sintetizzata introducendo il concetto di onda morfologica o di modellazione annuale; essa ha caratteristiche tali da indurre effetti sul litorale equivalenti a quelli indotti da tutte le onde provenienti dal settore direzionale in un anno statistico medio. In definitiva è un'onda rappresentativa (altezza, direzione e durata) del contenuto energetico degli stati di mare che mediamente si verificano lungo il litorale in un anno.

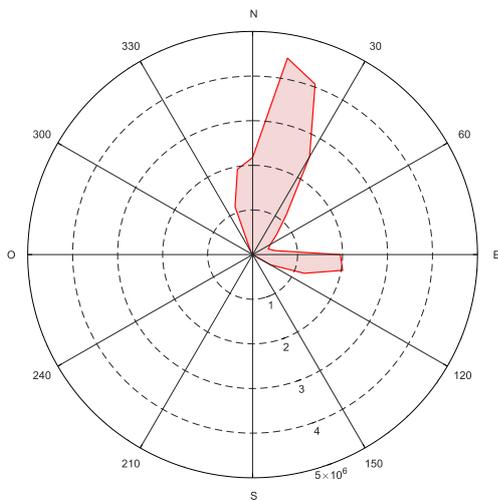


Figura 2-9 - Flusso di energia medio annuo associato al moto ondoso ( $H_s > 0.5 \text{ m}$ ) nel punto davanti all'imboccatura portuale P1

I grafici di Figura 2-9, 2.10 e 2.11 mostrano la distribuzione direzionale dell'energia valutata su base annua associata agli stati di moto ondoso di altezza significativa superiore a 0.5 m e relativi rispettivamente al punto P1 in corrispondenza della imboccatura portuale e al punto P2 posto immediatamente al largo del litorale di Lido dei Saraceni nella configurazione attuale e di progetto.

Dal grafico di Fig. 2.9 appare evidente che nel punto P1 l'energia del moto ondoso nell'anno climatico medio risulta concentrata nel settore di tramontana - grecale, mentre gli eventi di levante contribuiscono con il 38%

energetica degli eventi proveniente dal settore di grecale ed una sostanziale conferma per quelli di levante rispetto al punto P1. Nella situazione di progetto si osserva inoltre un leggera rotazione degli eventi di grecale con una lieve riduzione energetica per tali eventi, rispetto alla configurazione attuale.

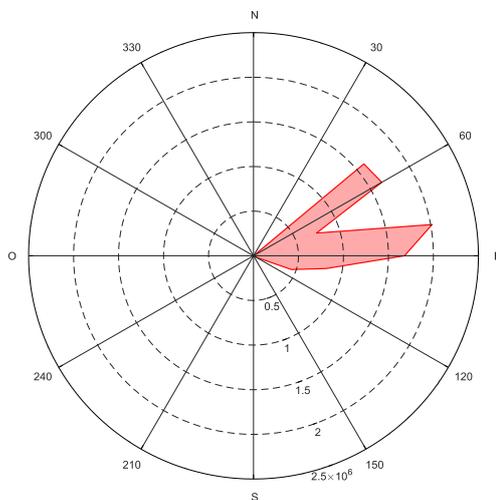


Figura 2-10 - Flusso di energia medio annuo associato al moto ondoso ( $H_s > 0.5 \text{ m}$ ) nel punto P2 davanti al lido dei Saraceni (configurazione attuale)

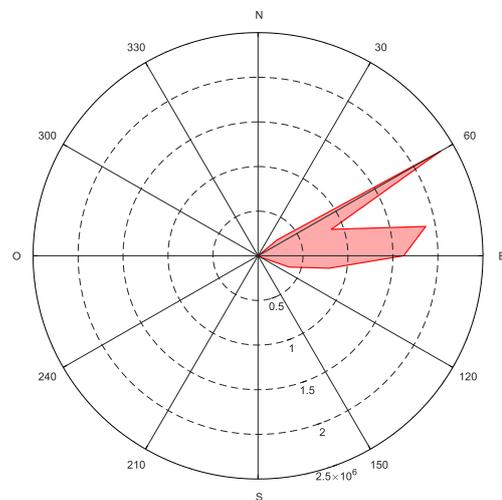


Figura 2-11 - Flusso di energia medio annuo associato al moto ondoso ( $H_s > 0.5 \text{ m}$ ) nel punto P2 davanti al lido dei Saraceni (configurazione di progetto)

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

Si riportano nelle seguenti tabella le principali caratteristiche delle onde morfologiche (Altezza d'onda, direzione media e durata), per stati di mare con  $H_s > 0.5$  m, suddivise per settori di provenienza e configurazioni.

#### Punto P1 – Imboccatura portuale

Settore	Onda "A" Tramonta- Grecale (320°- 50°N)	Onda "B" Levante (60°- 130°N)	Onda "C" Tramontata Grecale e Levante (320°-130°)
Altezza d'onda ( $H_e - m$ )	1.19	0.99	1.03
Direzione (°N)	13	95	33
Durata (gg)	103	63	166

#### Punto P2 – lido dei Saraceni – Configurazione attuale

Settore	Onda "A" Tramonta- Grecale (320°- 50°N)	Onda "B" Levante (60°- 130°N)	Onda "C" Tramontata Grecale e Levante (320°-130°)
Altezza d'onda ( $H_e - m$ )	1.02	0.98	0.98
Direzione (°N)	50	81	75
Durata (gg)	16	68	84

#### Punto P2 – lido dei Saraceni – Configurazione di progetto

Settore	Onda "A" Tramonta- Grecale (320°- 50°N)	Onda "B" Levante (60°- 130°N)	Onda "C" Tramontata Grecale e Levante (320°-130°)
Altezza d'onda ( $H_e - m$ )	1.01	0.96	0.96
Direzione (°N)	50	78	77
Durata (gg)	4	75	79

Dall'analisi delle onde di modellazione risulta evidente l'effetto schermo determinato dalla diga Nord sul litorale dei Saraceni, con una riduzione delle durate degli eventi di modellazione del litorale del 50% ( $H_s > 0.5$  m) e con una rotazione della direzione della risultante energetica di circa 40°.

La realizzazione del prolungamento della diga sud non determina sostanziali modifiche al moto ondoso che incide il litorale dei Saraceni. La direzione della risultante energetica nelle due configurazioni portuali è pressoché identica pari a circa 75 – 77°N, così come la durate degli eventi ondosi di modellazione risultano pari a circa 80 gg.

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

#### 2.4.5 Maree

La marea astronomica relativa al porto di Ortona è di tipo dominante semidiurna, con due massimi e due minimi giornalieri. L'ampiezza dell'oscillazione di marea varia tra un massimo di circa 44 cm e un minimo di circa 20 cm (in funzione delle fasi lunari).

Le variazioni di livello dovute a cause meteorologiche (sovrizzo di vento, effetto barometrico inverso) o ad altre cause (ad esempio variazioni di densità stagionali, oscillazioni di lungo periodo del bacino del Mar Adriatico) possono assumere per il paraggio in esame valori medi di +50 cm con valori massimi di +90 cm in occasione di eventi eccezionali (aventi tempo di ritorno 100 anni).

Rispetto al livello medio mare i massimi dislivelli attesi (marea astronomica + meteorologica) sono pertanto dell'ordine di +0.50 m per condizioni ordinarie (tempo di ritorno annuale) e dell'ordine di +1.10 m per condizioni eccezionali (tempo di ritorno 100 anni).

*La marea non risulta dominante per i processi evolutivi della spiaggia, essendo il rapporto RTR (Relative Tide Range) tra l'ampiezza media di marea ( $TR=0.4$  m) e l'altezza d'onda di modellazione ( $H = 1.15$  m) nettamente inferiore all'unità. [1]*

#### 2.5 Morfodinamica costiera

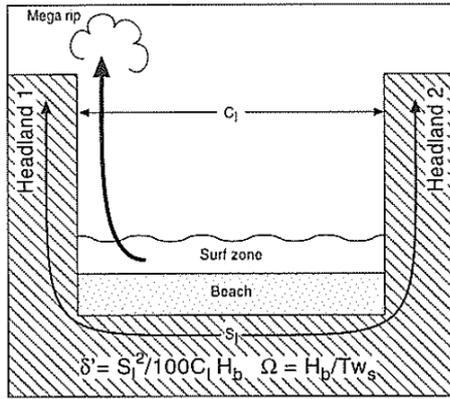
Dal punto di vista morfodinamico, il litorale dei Saraceni ha un comportamento da "pocket beach" <sup>(1)</sup> confinato a Nord dalla diga Sud del porto di Ortona e a Sud dalle scogliere radenti sino al promontorio di Acquabella.

Martens e altri [2] hanno osservato che, per ridotte altezze d'onda, le pocket beach si comportano come spiagge normali dove prevale la circolazione idrodinamica nella zona di surf; con l'aumentare dell'altezza e quindi dell'energia dell'onda gli effetti di bordo indotti dai promontori iniziano a diventare importanti ("transient") fino a diventare determinati ("cellular") per onde estreme con la formazione di forti correnti marine dirette da riva verso il largo (megarips) in aderenza dei promontori di estremità. Tali correnti raggiungono velocità elevate in grado di alimentare il flusso trasversale dei sedimenti anche grossolani verso il largo (oltre la profondità di chiusura) e quindi sottraendoli al bilancio solido litoraneo con conseguente erosione della porzione emersa della pocket beach.

I suddetti ricercatori hanno introdotto il parametro  $\delta$  ("non-dimensional embayment scaling factor") che definisce la tipologia morfodinamica di una spiaggia confinata sulla base dell'altezza dell'onda al frangimento e delle caratteristiche geometriche del litorale.

---

<sup>1</sup> Con il termine di "pocket beach" si classificano le spiagge confinate da promontori alle due estremità e cioè tali da impedire e/o comunque rendere trascurabili gli scambi di sedimenti con i litorali vicini.



$\delta = S_l^2 / (100 \times C_l \times H_b)$  , con

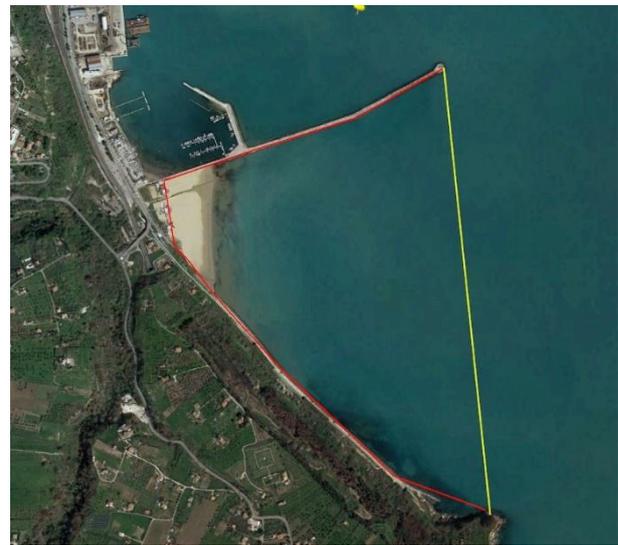
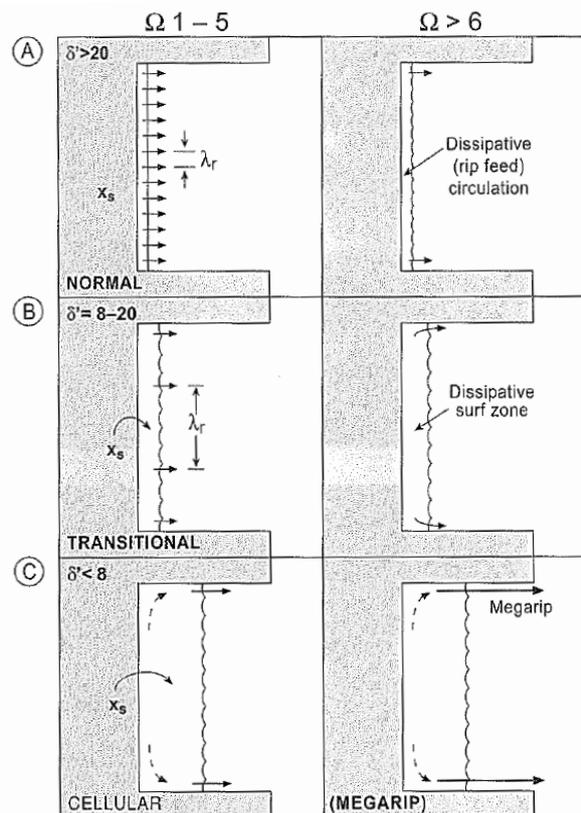
$S_l = 2670$  m - lunghezza della linea di costa (linea rossa)

$C_l = 1530$  m - distanza tra i 2 promontori (linea gialla)

$H_b = H_o \sqrt{(C_l / S_l)} = 2.8$  m - Altezza d'onda al frangimento

$H_o = 3.6$  m - Altezza d'onda al largo superata 12 h/anno

si ottiene quindi  $\delta = 16.6$  ovvero "TRANSITIONAL"



Il valore  $\Omega = H_b / (T \times w) = 35 > 6$  – “Dissipative surf zone”, dove

- $H_b = 2.8$  m - Altezza d'onda al frangimento
- $T = 7.8$  s – periodo dell'onda
- $w = 0.01$  m/s – velocità di sedimentazione della sabbia ricavata in funzione della conformazione del profilo trasversale

In definitiva il litorale dei Saraceni risulta soggetto ad onde che:

1. non tendono ad innescare correnti di Megarip, altrimenti responsabili di flussi trasversali di sedimenti verso il largo, in prossimità della diga Sud e/o del promontorio di Punta Acquabella
2. sono associate ad una fascia di frangimento (surf zone) di tipo dissipativo, ma comunque senza significativi fenomeni di messa in sospensione e dispersione verso il largo dei sedimenti più fini.

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

## 2.6 Analisi morfologiche condotte sulla base delle linee di riva storiche

Al fine di comprendere le tendenze evolutive passate è stata condotta infine un'analisi morfologica basata sulla posizione storica della linea di riva a scala locale.

### 2.6.1 Dati di riferimento

La posizione della linea di riva storica è stata desunta sulla base delle ortofoto fornite dall'Istituto Geografico Militare (I.G.M.), dal Portale Cartografico della Regione Abruzzo, dal Portale Cartografico Nazionale come indicato in Tabella 1.

Tabella 1. Fonti utilizzate per lo studio morfologico.

Rif. anno	Dato	Data acquisizione	Fonte
1986	Ortofoto b/w	01/01/1986	Portale cartografico regionale
1989	Ortofoto b/w	22/07/1989	Portale cartografico nazionale
1999	Ortofoto colori	27/05/1999	Portale cartografico nazionale
2004	Ortofoto colori	14/09/2004	Google earth
2007	Ortofoto colori	14/05/2007	Portale cartografico nazionale
2009	Ortofoto colori	28/08/2009	Google earth
2014	Ortofoto colori	12/10/2014	Google earth
2017	Ortofoto colori	29/10/2017	Google earth
2019	Ortofoto colori	27/07/2019	Google earth
2022	Ortofoto colori	12/04/2022	Google earth

Utilizzando un sistema GIS i diversi dati cartografici sono stati georeferiti secondo il sistema di coordinate piane UTM33; successivamente, per ogni anno di riferimento, sono state tracciate le polilinee rappresentanti le diverse linea di riva a scala 1:1000.

Con riferimento alla Figura 2-12, le linee di riva acquisite sono state discretizzate ed interpolate utilizzando un asse di riferimento avente origine nel punto di coordinate UTM 451650E-4688350N orientamento N-S (0 °N - 180°N), per uno sviluppo complessivo di 450 m con un passo di discretizzazione di 5 m.

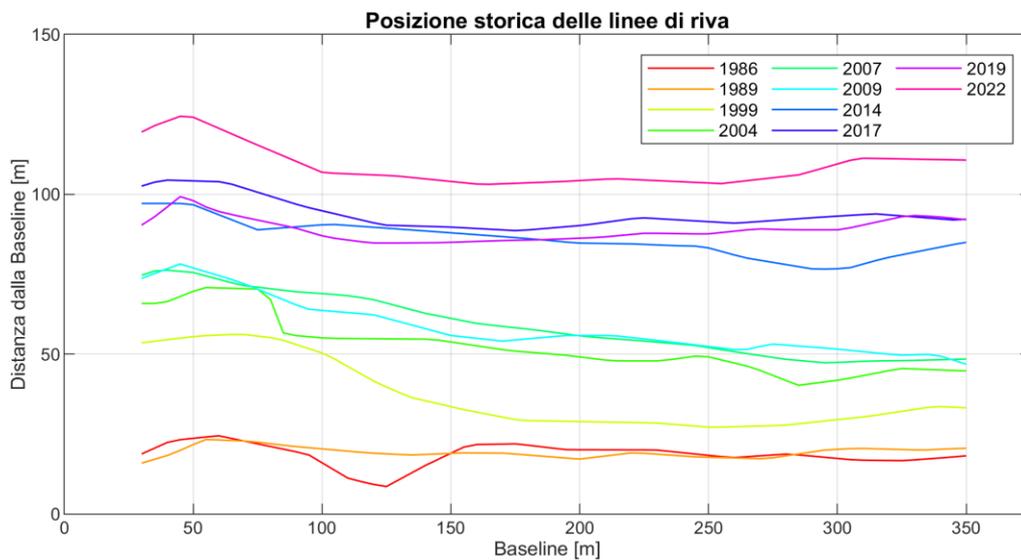
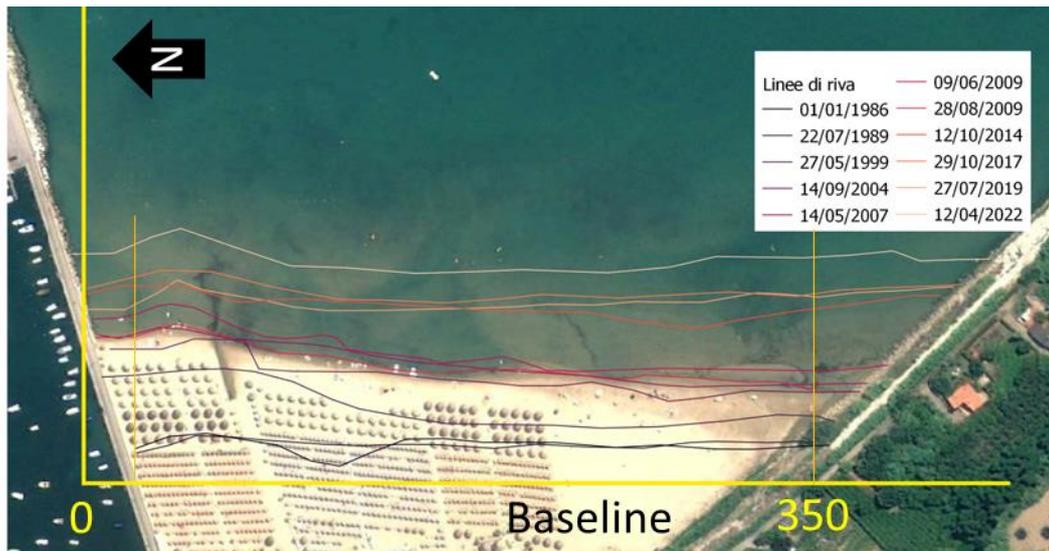


Figura 2-12. Sistema di riferimento (in alto) e posizione delle linee di riva storiche in relazione alla Baseline (in basso).

### 2.6.2 Analisi della posizione delle linee di riva

Con riferimento allo schema di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, le linee di riva sono state confrontate tra loro al fine di valutare, in corrispondenza di ogni i-esimo passo di discretizzazione, le variazioni subite secondo l'espressione:

$$\Delta y_{1,2}(x) = (y_2(x) - y_1(x)) \quad (1)$$

I pedici indicano l'anno di riferimento. In accordo con il riferimento adottato, valori negativi di  $\Delta y$  evidenziano un arretramento della linea di riva mentre valori positivi indicano un avanzamento della linea di riva.

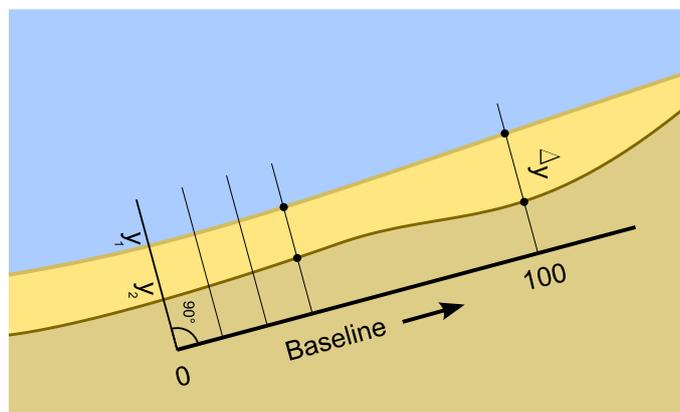


Figura 2-13 Schema del sistema di riferimento per l'analisi delle linee di riva.

In Figura 2-14 sono riportate le variazioni delle linee di riva tra i diversi anni di osservazione, mentre nella Figura 2-15 sono evidenziate le variazioni relative al periodo 1986-2007 e al periodo 2007-2022. La variazione complessiva della linea di riva (1986-2022) è mostrata in Figura 2-16.

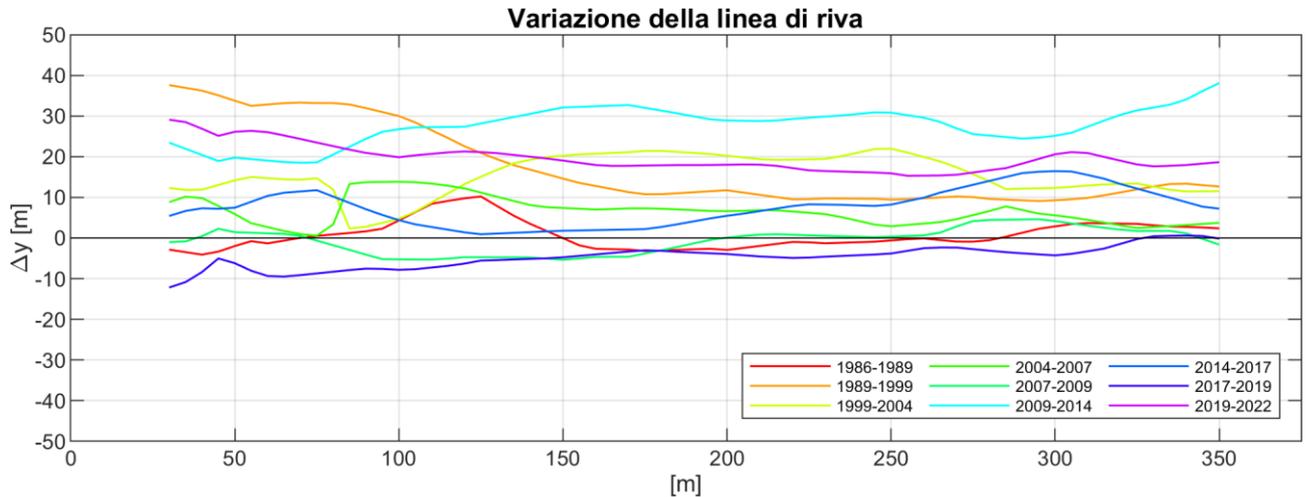


Figura 2-14. Variazioni della linea di riva ottenute tra i diversi anni di osservazione.

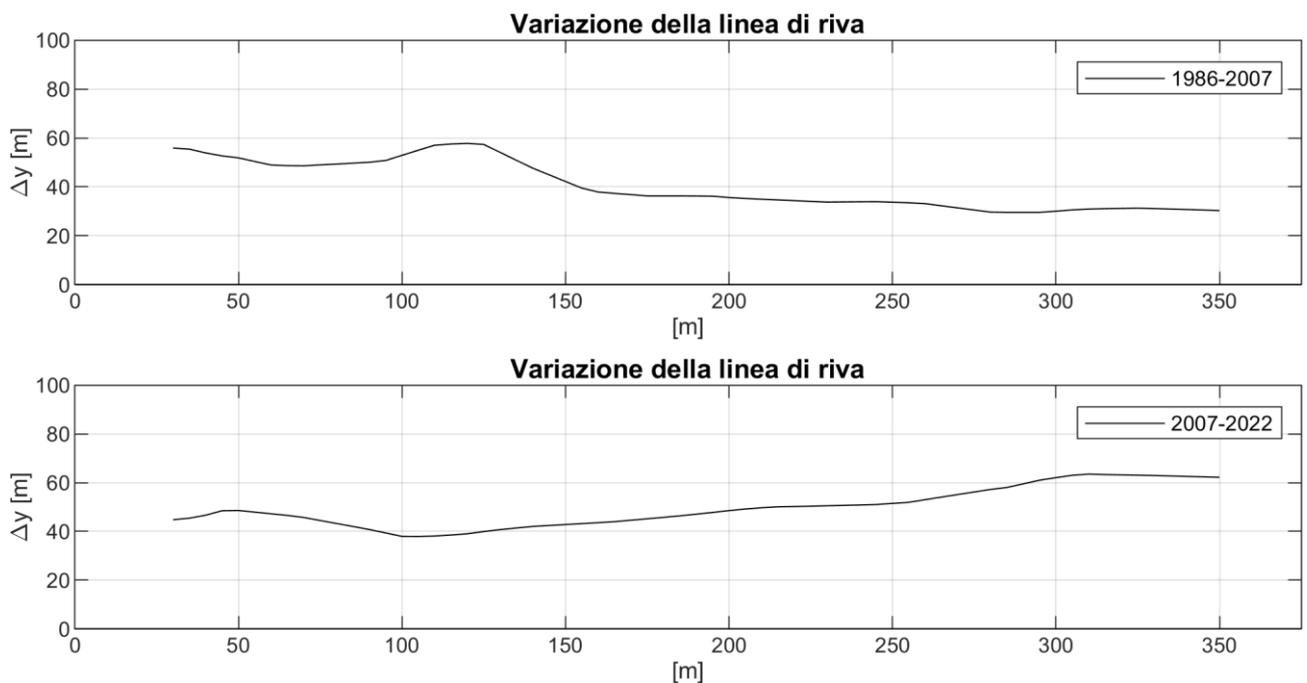


Figura 2-15. Variazione della linea di riva valutata tra il 1986 e il 2007 (in alto) e nel periodo 2007-2022 (in basso)

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

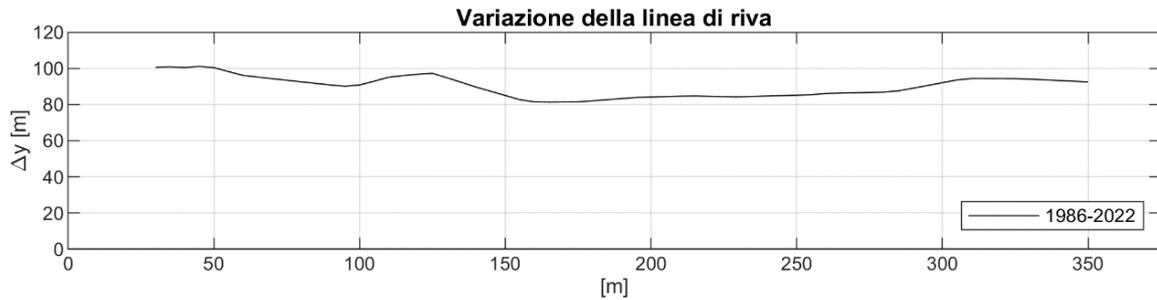


Figura 2-16. Variazione complessiva della posizione della linea di riva (1986 – 2022)

### 2.6.3 Average of eras rates

Per il calcolo delle tendenze evolutive in atto si è utilizzata la metodologia di analisi indicata in letteratura come “*average of eras rates*” e “*linear regression*”<sup>2</sup>.

La metodologia di analisi “*average of eras rates*” si basa sulla media delle variazioni osservate tra i diversi intervalli temporali. L'analisi si compone di due fasi: inizialmente viene valutato, per ogni *i*-esimo passo di discretizzazione, il rateo annuo di variazione verificatosi per ogni intervallo di riferimento (*eras*), mediante il rapporto:

$$\phi_{j,j+1} = \frac{\Delta y_{j,j+1}}{\Delta t_{j,j+1}} = \frac{(y_{j+1} - y_j)}{t_{j+1} - t_j} \quad (2)$$

in cui  $\Delta t_{j,j+1}$  è l'intervallo, espresso in anni, tra due anni di osservazione per i quali viene valutato il rateo di variazione. Dato un numero *N* di anni di osservazione i ratei annui risultano in numero pari a  $M = N-1$ .

Successivamente in ogni nodo di calcolo viene calcolata la media e la deviazione standard dei diversi ratei di variazione annuale tramite le relazioni:

$$m = \frac{1}{M} \sum_j^M \phi_{j,j+1} \quad (3)$$

$$s = \left( \frac{1}{M-1} \sum_j^M (\phi_{j,j+1} - m)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Ottenendo in tal modo un indice del *trend evolutivo* del tratto di costa nel periodo temporale esaminato unitamente ad una stima di precisione del calcolo effettuato.

I grafici riportati in Figura 2-17 e in Figura 2-18 mostrano i risultati dell'analisi condotta utilizzando tutti i dati disponibili nell'arco di tempo che va dal 1986 al 2022.

<sup>2</sup> Coastal Processes with Engineering Applications, by R.G. Dean and R.A. Dalrymple, 2002

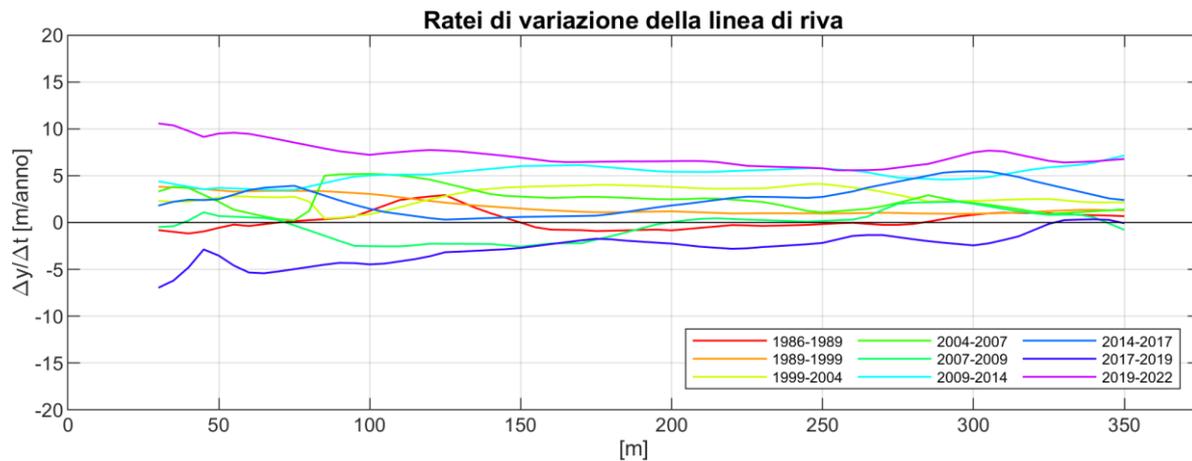


Figura 2-17 . Risultati dell’analisi diacronica effettuata sulle linee di riva storiche del litorale in esame

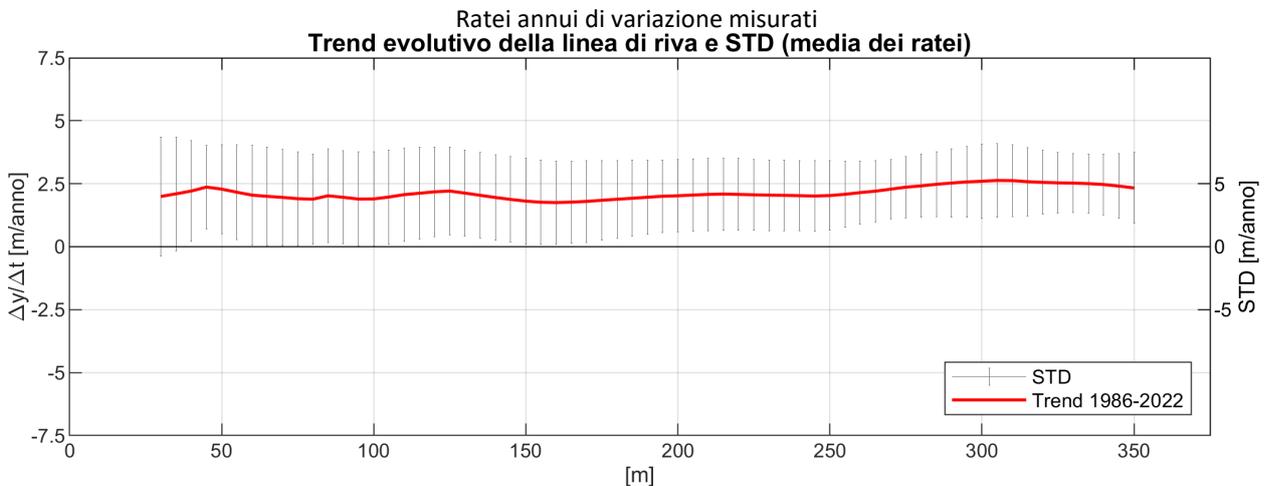


Figura 2-18. Risultati dell’analisi diacronica effettuata per il periodo 1986-2022 trend evolutivo stimato e deviazione standard.

#### 2.6.4 Linear Regression

La metodologia di analisi di “*linear regression*” prevede l’analisi per ogni sezione di calcolo dell’evoluzione della posizione della linea di riva avvenuta nel tempo.

La procedura prevede, per ogni punto di discretizzazione lungo la baseline, l’applicazione del metodo dei minimi quadrati per valutare la retta di regressione che meglio approssima la posizione della linea di riva nel tempo.

Dati  $N$ -anni di osservazione, relativi ad una sezione della spiaggia, si cercano i parametri della retta  $y=a+b \cdot t$  tali da minimizzare la funzione  $S$  definita come la somma al quadrato degli scarti tra le osservazioni e la retta di regressione:

$$S = \sum_i^N (\hat{y}_i - a - b \cdot t)^2 \quad (5)$$

Il coefficiente angolare,  $b$ , della retta di regressione fornisce il trend evolutivo della spiaggia lungo la sezione di calcolo.

Applicando tale procedura al periodo di analisi 1986-2007 per ogni punto di calcolo è stato possibile ottenere il trend mostrato in Figura 2-19. Il grafico mostra nel riquadro in alto il trend ottenuto e l’errore standard che caratterizza la stima in ogni punto. Nel riquadro in basso è

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

rappresentato il coefficiente di determinazione  $R^2$ , che consente di riconoscere dove la stima del trend risulta più o meno robusta.

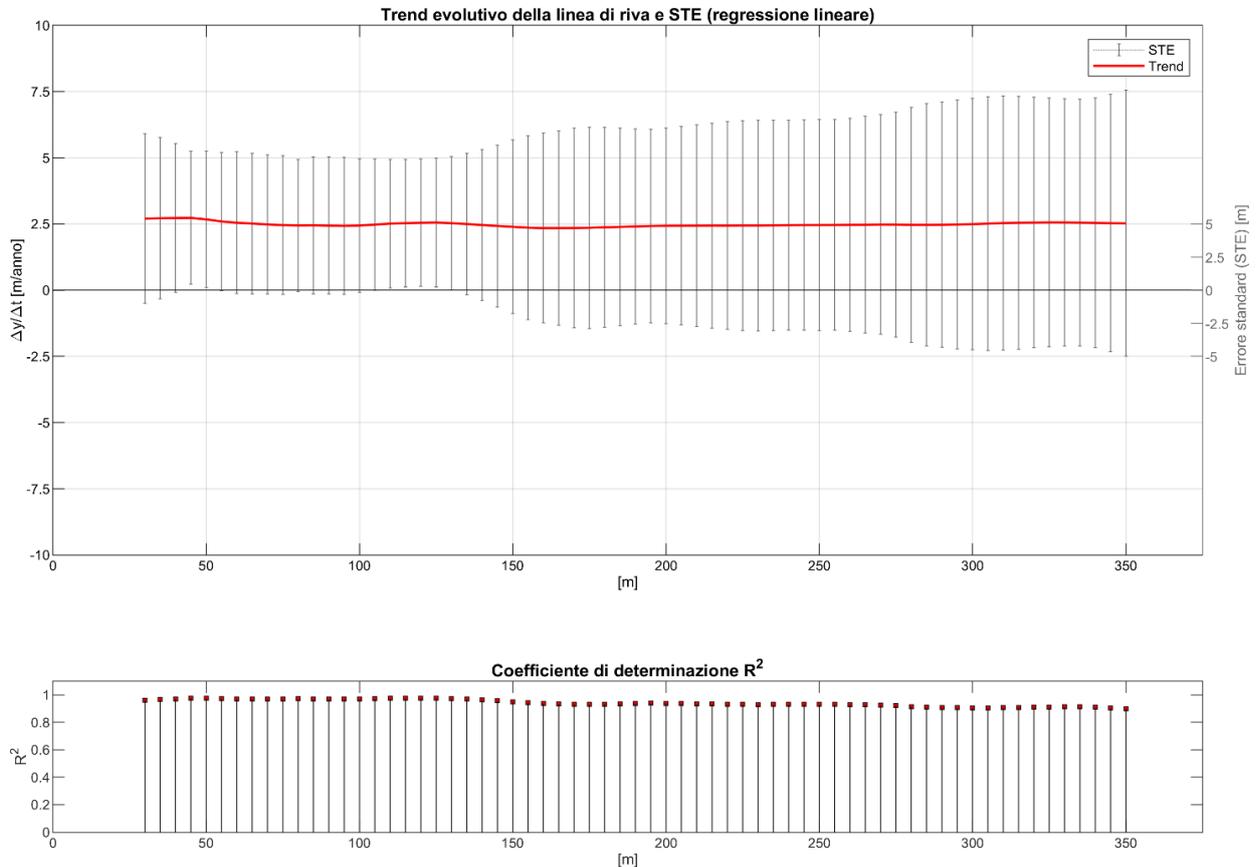


Figura 2-19. Risultati dell'analisi di regressione lineare della posizione della linea di riva effettuata per il periodo 1986-2022. (a) Trend evolutivo e errore standard (b) Coefficiente di determinazione  $R^2$ .

I grafici in Figura 2-20 e i valori in Tabella 2 sintetizzano i risultati ottenuti per alcuni punti lungo, la linea di riva corrispondenti ai valori  $x=50, 150, 250$  e  $350$  m.

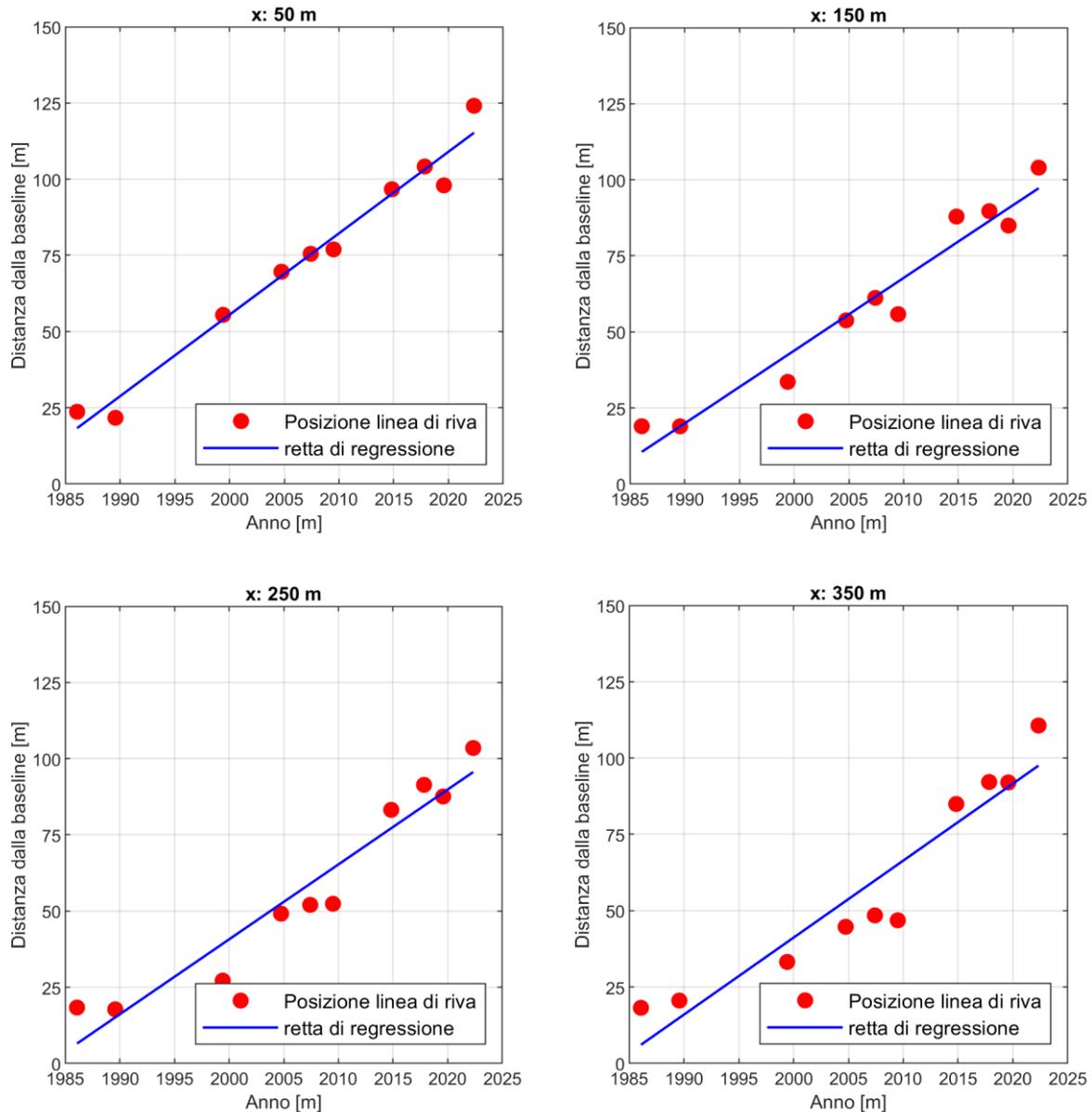


Figura 2-20. Analisi dell'evoluzione temporale della posizione della linea di riva nel periodo 1986-2022 con il metodo della regressione lineare in corrispondenza di alcuni punti ubicati lungo il tratto di costa in esame

Tabella 2. Dati della regressione lineare ottenuti in alcuni punti del litorale.

Dati regressione lineare				
	intercetta	coeff. ang.	Errore	Coeff. det.
x	a (m)	b (m/anno)	STE(m)	R <sup>2</sup>
50	-5294.43	2.67	5.14	0.97
150	-4740.16	2.39	6.56	0.95
250	-4877.12	2.46	7.97	0.93
350	-5005.75	2.52	10.04	0.9

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

## 2.7 Analisi della tendenza evolutiva del litorale “Lido dei Saraceni”

Si riportano di seguito gli studi eseguiti dal Prof. Ing. Paolo De Girolamo, nell’ambito della redazione del nuovo PRP (2010 – in fase di VAS), per la valutazione dei possibili scenari di interferenza delle nuove opere esterne portuali sulle spiagge limitrofe. Si consideri infatti che le opere foranee previste dal nuovo PRP, sono sovrapponibili a quelle del presente progetto.

Per l’analisi della tendenza evolutiva del litorale “Lido dei Saraceni” è stato applicato il metodo di Hsu e Evans (1989), con le successive modificazioni proposte da Gonzales e Medina (2001) e Uda et al. (2010).

Come già anticipato, la difficoltà nell’applicare tale modello è la corretta identificazione del punto di controllo a partire dal quale il litorale mostra una giacitura, in condizioni di equilibrio, sostanzialmente ortogonale alla direzione del flusso medio energetico. Ciò indica che il punto di controllo è posto in corrispondenza della zona a partire dal quale il punto di diffrazione non influisce sulla propagazione del moto ondoso e, quindi, non induce nessun gradiente dell’altezza d’onda a frangimento (Gonzales e Medina, 2001). Il raggiungimento dell’equilibrio a tergo del punto di diffrazione, e fino al punto di controllo, è subordinato alla disponibilità di sedimento.

Nel caso del “Lido dei Saraceni” è evidente che la quantità di sedimento non è sufficiente alla presenza di una spiaggia che raggiunga una regione al di fuori dell’influenza del punto di diffrazione, rappresentato nella situazione attuale dalla testata del prolungamento del Molo Nord del Porto di Ortona. Nel passato il punto di diffrazione era rappresentato dalla testa del Molo Sud e, nella configurazione prevista dal nuovo PRP, sarà rappresentato dalla testata del prolungamento del Molo Sud.

Nel seguito si procede seguendo il procedimento proposto da Gonzales e Medina (2001), valido per spiagge non sviluppate (undeveloped bay) e noto con il nome di “metodo di Gonzales”. In tal caso è necessario valutare la direzione dei fronti d’onda in corrispondenza del punto di diffrazione. Tale direzione deve essere corrispondente a quella del flusso di energia medio (direzione dell’onda morfologica o equivalente). Successivamente è necessario definire il punto  $P_c$ , appartenente al litorale esistente in equilibrio (Figura 2-21). A tal punto è necessario valutare una lunghezza d’onda  $L_s$  rappresentativa del moto ondoso incidente. Gonzales e Medina (2001) indicano l’utilizzo del periodo dell’onda utilizzata per il calcolo della profondità di chiusura ( $T_{s12}$ ), cioè dell’evento che viene raggiunto e superato per 12 ore/anno. Si definisce, successivamente, il valore di primo tentativo della distanza  $Y$ .

Si valuta l’angolo  $\alpha_{min}$  con l’utilizzo della relazione:

$$\alpha_{min} = \tan^{-1} \left( \frac{\sqrt{\beta_r^4 / 16 + \beta_r^2 Y / 2 / L_s}}{Y / L_s} \right) \quad (1)$$

Nella quale  $\beta_r$  è un coefficiente pari a 2,13. In questo modo il punto  $P_0$  risulta definito noto l’angolo  $\beta (=90 - \alpha_{min})$  e la distanza  $R_0$ :

$$R_0 = \frac{R_c}{C_0 + C_1 \left( \frac{\beta}{\theta_c} \right) + C_2 \left( \frac{\beta}{\theta_c} \right)} \quad (2)$$

Deve risultare  $Y=R_0\cos\alpha_{min}$ . Nel caso in cui il valore che ne risulta sia diverso dal valore di Y di tentativo, il procedimento va iterato fino alla convergenza. Identificata la posizione del punto  $P_0$  è possibile utilizzare il metodo di Hsu e Evans (1989) per la ricostruzione del litorale in equilibrio.

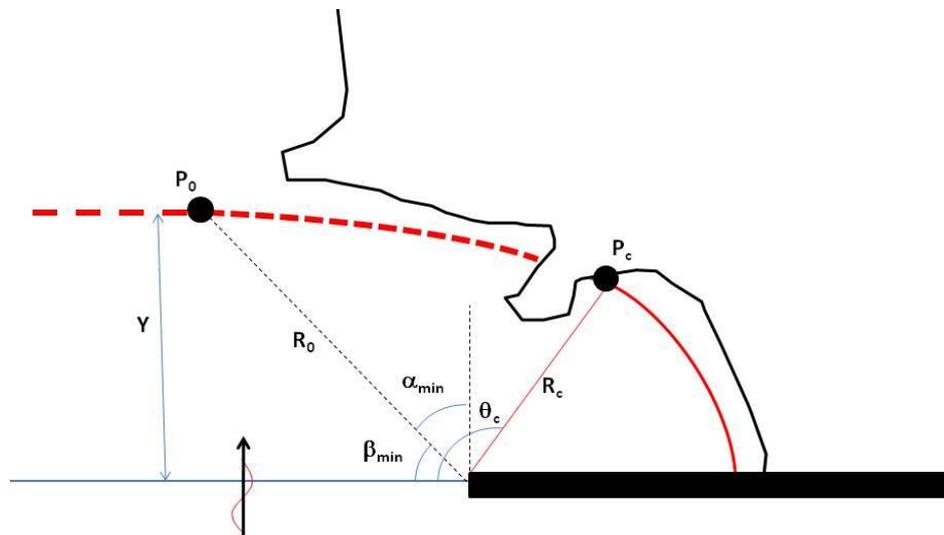


Figura 2-21. Schema qualitativo per l'utilizzo del metodo di Hsu e Evans (1989) nel caso di baie non sviluppate.

**La Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Figura 2-22 mostra la collocazione dei punti necessari all'applicazione del metodo al litorale del "Lido dei Saraceni" nella configurazione passata (punto di diffrazione  $P_1$ ), nella configurazione attuale ( $P_2$ ) e nella configurazione di nuovo PRP ( $P_3$ ). In alternativa al metodo appena descritto, Gonzales (1995) indica che qualsiasi punto appartenente al litorale può essere utilizzato come punto di controllo. In tal caso, tuttavia, la giacitura dei fronti d'onda deve essere pari alla tangente locale alla costa nel punto scelto.

La Figura 2-23 mostra i risultati ottenuti dall'applicazione del metodo di Gonzales.

Dai risultati si evince che il modello riesce a ricostruire con soddisfacente approssimazione l'andamento planimetrico del litorale nella configurazione passata (a cui la foto satellitare utilizzata si riferisce, punto  $P_1$ ). L'applicazione del metodo alla configurazione attuale evidenzia una sostanziale stabilità del litorale dopo la posa realizzazione del prolungamento del Molo Nord (eseguito nel 2010 - Punto  $P_2$ ), confermato dalle osservazioni in campo, con una lieve tendenza all'avanzamento nella zona immediatamente a ridosso del radicamento del Molo Sud. La configurazione del nuovo PRP (prolungamento del molo sud - punto  $P_3$ ) non induce variazioni allo stato di equilibrio del litorale.



Figura 2-22.: Identificazione dei punti necessari all'applicazione del metodo di Gonzales-Medina.

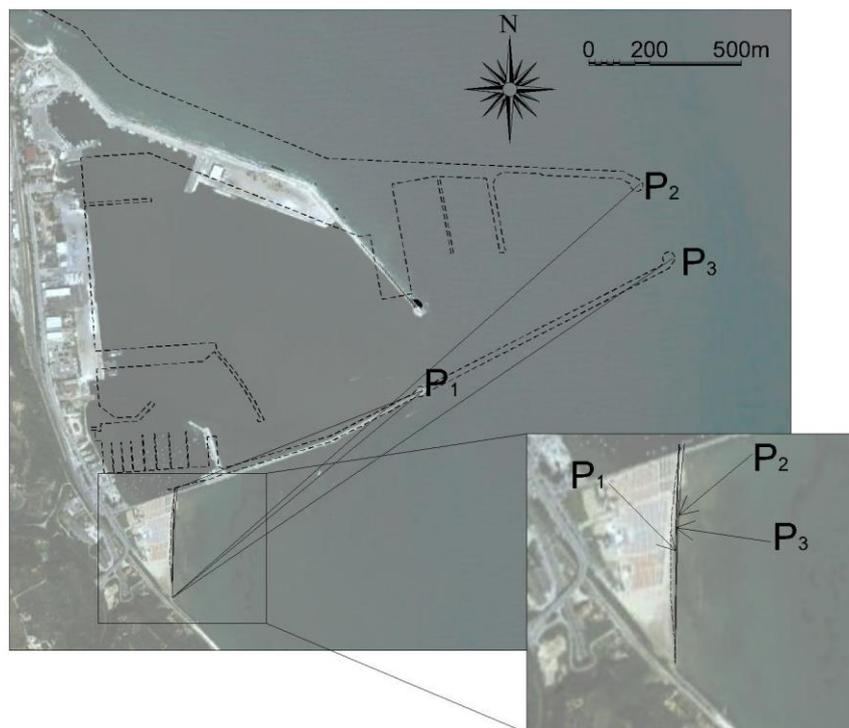


Figura 2-23.: Applicazione del metodo di Gonzales-Medina al modello di Hsu e Evans (1989) per il litorale del "Lido dei Saraceni".

Azienda Regionale Attività Produttive	COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL PORTO DI ORTONA (APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO DIGA SUD) CUP: D74B16000360001 - CIG: 7822604907	B.06 – Studio morfologico e morfodinamico					
		23	004	DR	007	0	MAR

## Capitolo 3 Osservazioni conclusive

A seguito dello studio meteomarinario di dettaglio e dell'evoluzione delle linee di riva desunte anche da ortofoto storiche a partire dal 1986 ad oggi si può giungere alle seguenti osservazioni:

- a) Il tratto di litorale in esame presenta un morfotipo a falesia che in prossimità della diga sud non è attivo per la presenza della spiaggia sabbiosa di Lido dei Saraceni alimentato principalmente dagli apporti solidi provenienti dal corso d'acqua, torrente dei Saraceni, che sfocia in corrispondenza della omonima spiaggia ed in forma trascurabile dal trasporto solido litoraneo.
- b) Il moto ondoso in prossimità del Lido dei Saraceni ha un comportamento pressoché unimodale; gli eventi di grecale, prevalenti al largo di Ortona, si riducono per effetto dell'effetto di schermo della nuova diga Nord del Porto, mentre quelli di levante rimangono sostanzialmente invariati; le onde di maggiore intensità e durata provengono dal settore di levante ed attaccano il litorale con angoli prossimo all'ortogonale. La realizzazione del prolungamento della diga sud non determina una sostanziale modifica delle componenti energetiche del moto ondoso sia in termini direzionali (dell'ordine di qualche grado) che di durata (qualche giorno).
- c) I risultati delle analisi condotte sulla base delle linee di riva storiche tra il 1989 e il 2022, mostrano che il tratto di litorale lido dei Saraceni, risulta in costante avanzamento con un tasso medio di circa 2.5 m/anno, con picchi di avanzamento di 5 m/anno nei periodi 2009/2014 e 2019/2022. Occorre evidenziare che nel periodo 2009 - 2014 il litorale è stato soggetto ai seguenti eventi:
  - a. Anno 2011: Attività di ripascimento da parte del Provveditorato alle OO.PP, con i sedimenti sabbiosi provenienti dal dragaggio dell'attuale imboccatura portuale
  - b. Anno 2010: Completamento del molo Nord del Porto di Ortona
  - c. Anno 2012: Eventi di piena del torrente dei Saraceni