



**STUDIO DI GEOLOGIA "PEGASO"**  
**PROF. GEOL. GIOVANNI MARRONE**

Via E. De Filippo 5 64014 Villa Rosa di Martinsicuro (TE)

Via Adige 22, 63082 Castel di Lama (AP)

Tel. 360843807 - 3387086300 fax 1782278811

www.geopegaso.it [info@geopegaso.it](mailto:info@geopegaso.it)



**RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA ALLA**  
**DINAMICA EVOLUTIVA DELLA LINEA DI COSTA**  
**DEL LITORALE MARTINSICURO - ALBA ADRIATICA.**  
**VARIAZIONI STORICHE E STRATEGIE DI INTERVENTO.**

**COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI ALBA ADRIATICA**

**DATA: SETTEMBRE 2015**

*Geol. Giovanni Marrone*

Coll. Geol. Roberto D'Ambrosio

Coll. Dott. Stefano Massi





## SOMMARIO

PREMESSA .....	3
METODOLOGIE DI LAVORO .....	5
INTRODUZIONE.....	6
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	8
I BACINI IDROGRAFICI .....	12
IMPORTANZA DEI DATI METEOMARINI .....	15
ANALISI IDRODINAMICA.....	18
CALCOLO DEI FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACI .....	20
MISURE ONDAMETRICHE.....	23
TRASPORTO SOLIDO LONGITUDINALE.....	28
BATIMETRIE DEI FONDALI .....	29
ANALISI GRANULOMETRICA E MINERALOGICA DEI SEDIMENTI .....	31
DINAMICA EVOLUTIVA DEL LITORALE DI ALBA ADRIATICA .....	37
ANALISI DELLO STATO ATTUALE .....	40
CAUSE DELL'EROSIONE .....	44
CAUSE NATURALI.....	44
CAUSE ANTROPICHE .....	44
LITORALE DI MARTINSICURO ED INFLUENZE SUL LITORALE DI ALBA ADRIATICA.....	46
INTERVENTI DA REALIZZARE .....	54
INTERVENTO INDICATO DAL CURSA.....	57
CONCLUSIONI .....	64
BIBLIOGRAFIA .....	65



## PREMESSA

Una spiaggia è come un organismo vivo, costantemente in evoluzione, sotto l'azione delle onde e delle correnti. Il territorio italiano, specie quello costiero è ormai interamente e intensamente occupato da insediamenti edilizi ed infrastrutturali, talché spesso, una sia pur minima variazione della linea di riva, anche se conseguenza naturale delle variazioni stagionali o annuali del clima d'onda, richiede pronti interventi di difesa del territorio costiero minacciato e dei beni d'alto valore su di esso presenti. Questa situazione è in parte dovuta al fatto che molte delle recenti costruzioni sul territorio litoraneo testimoniano della scarsa conoscenza, nei tecnici e proprietari responsabili, delle basilari nozioni di dinamica costiera. Infatti, non poche costruzioni, che oggi denunciano i danni consequenziali dell'erosione della costa sono, in realtà, delle vere e proprie sfide al mare, essendo state realizzate su territorio demaniale, cioè sulla fascia di spiaggia attiva destinata alla naturale oscillazione della linea di riva, secondo i ritmi dettati dall'equilibrio dinamico naturale di spiaggia. Questa normale oscillazione della linea di riva è frutto della continua evoluzione del litorale, diversamente è possibile individuare delle situazioni in cui la linea di riva, negli anni, arretra di parecchi metri, in tal caso si parla d'erosione costiera. L'ambiente costiero risulta principalmente condizionato nella propria evoluzione morfologica dall'apporto solido dei principali corsi d'acqua, dal moto ondoso e dalle correnti lungo costa, questi tre fattori sono i principali responsabili che influenzano la morfologia costiera ed i processi di erosione, trasporto e deposizione del sedimento lungo le coste.

E' indispensabile in ogni studio inerente la salvaguardia della linea di riva, confrontare tra loro i vari tratti costieri, monitorati durante diversi intervalli temporali, tenendo conto della loro esposizione al moto ondoso ed esaminando i regimi dei venti in rapporto con la configurazione geometrica delle coste, venti dominanti e venti regnanti.

Con la presente relazione si intende mettere in evidenza che ogni tratto di costa va inserito nella propria unità fisiografica per la quale è necessario stabilire quale sia la tipologia di intervento ottimale da adottare, in relazione alle condizioni locali ed agli obiettivi che si vogliono conseguire. Risulta quindi necessario ricorrere a studi specifici riguardanti le dinamiche meteomarine e non attenersi ad informazioni derivanti da stazioni

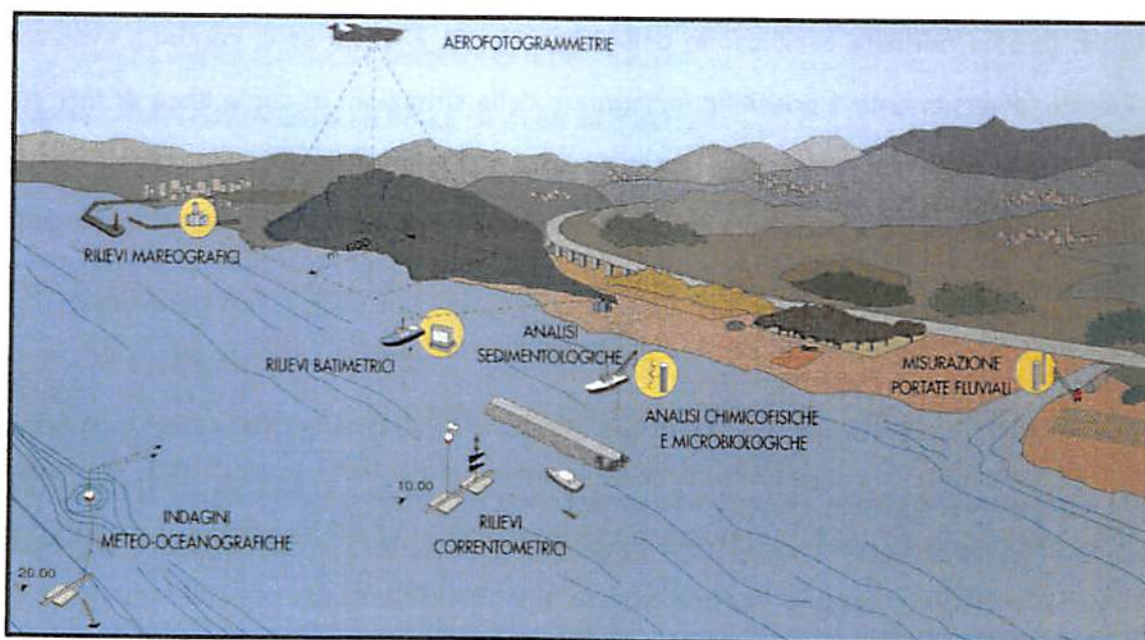




di monitoraggio poste ad oltre 100 Km di distanza, i cui dati vengono spesso trasposti secondo modelli matematici.

Le conoscenze attuali delle caratteristiche meteomarine dell'unità fisiografica, che in questo caso va dal porto di Martinsicuro al porto di Giulianova, possono essere ritenute sufficienti per una fase di progettazione preliminare ma non per le successive fasi di progettazione definitiva ed esecutiva; infatti in queste ultime è necessario uno studio delle correnti lungo costa, del moto ondoso e dall'apporto solido da parte dei corsi d'acqua principali che insistono sull'unità fisiografica presa in considerazione.

Inoltre è possibile effettuare calcoli e modelli matematici, idonei per le fasi di progetto definitivo ed esecutivo finalizzate alla realizzazione di opere di difesa, ma soltanto attraverso l'utilizzo di dati derivanti dal monitoraggio locale che dovrebbe realizzarsi come da immagine successiva.



Le cause principali che hanno determinato l'accentuazione dei fenomeni erosivi sono:

- 1 decremento generalizzato del trasporto solido da parte dei fiumi;
- 2 incremento dell'urbanizzazione della costa con distruzione delle dune;
- 3 realizzazione di opere rigide nei pressi della battigia;
- 4 incremento delle affluenze turistiche con nuova richiesta d'aree per le attività balneari.





## METODOLOGIE DI LAVORO

Lo studio è stato effettuato secondo le seguenti fasi:

- raccolta del materiale cartaceo e cartografico relativo agli studi ed ai progetti eseguiti nel passato: Idrotecneco, Aquater, progetto R.I.C.A.M.A., progetto S.I.Co.R.A., progetto CIPE.
- Analisi e selezione del materiale raccolto anche con l'aiuto di tecnici dei vari enti responsabili della realizzazione e gestione delle opere marittime (servizio OO.MM. Pescara).
- Monitoraggio delle variazioni della linea di riva di una fascia litoranea di circa 22 Km, attraverso l'individuazione di 22 stazioni fisse, poste a circa 1 Km di distanza l'una dall'altra nelle località dei litorali di San Benedetto del Tronto, Alba Adriatica, Tortoreto e Giulianova e poste invece a circa 300 m di distanza per il litorale di Martinsicuro e Villa Rosa, (rilievo effettuato nel 2003 fino al 2012). Le misure sono state effettuate con periodicità trimestrale, calcolando con l'uso di un misuratore laser, lungo sezioni trasversali alla linea di riva, la distanza in metri tra la stazione fissa di riferimento e la linea di battigia.
- Nel mese di giugno 2015 è stata effettuata una misura in continuo, attraverso strumentazione GPS, della linea di costa dal confine tra Tortoreto e Giulianova (fiume Salinello) fino al porto di Martinsicuro, per una lunghezza indicativa di circa 15 Km.
- Georeferenziazione dei dati e ricostruzione della nuova linea di costa del 2015 per i litorali di Martinsicuro, Alba Adriatica e Tortoreto, attraverso l'uso del GIS, l'attuale linea è stata messa in relazione con le linee di costa rilevate nel 1984, 2003 e 2010.
- Formulazione di una carta che prende in considerazione il tratto di arenile che va dal porto di Martinsicuro alla foce del Torrente Salinello (scala 1/10.000) su cui è stata riportata l'attuale linea di costa in rapporto con le precedenti.
- Studio e realizzazione di una serie di foto per analizzare al meglio i vari aspetti morfoevolutivi della linea di riva.



## INTRODUZIONE

Il litorale abruzzese, delimitato a nord dal fiume Tronto ed a sud dal fiume Trigno, presenta uno sviluppo lineare di 127 Km ed è costituito da coste basse e prevalentemente sabbiose tra Martinsicuro e il promontorio di Torre Mucchia a NW di Ortona e da coste alte e rocciose, alternate a tratti di spiaggia di varie estensioni fra Torre Mucchia e Vasto.

Nell'analisi della dinamica sedimentaria e della tendenza evolutiva della linea di costa non si può prescindere dallo studio dell'intera unità fisiografica in cui è ubicato il litorale in esame. L'unità fisiografica corrisponde ad un segmento costiero caratterizzato da movimenti lungo riva dei sedimenti che avvengono esclusivamente all'interno dell'unità stessa, mentre sono molto improbabili scambi sedimentari con unità contigue.

Le opere portuali ostacolano la circolazione di sedimenti lungo la riva, quindi, essendo interessati al problema dell'erosione costiera i Comuni di Martinsicuro ed Alba Adriatica, è stata presa in esame l'unità fisiografica compresa tra il porto di San Benedetto del Tronto a nord ed il porto di Giulianova a sud.

A partire dagli anni '60, in concomitanza con pesanti interventi antropici sul territorio, il litorale di Martinsicuro, comprendente anche la frazione di Villa Rosa, è soggetto ad un fenomeno di erosione particolarmente intenso che, oltre a mettere a rischio le stesse infrastrutture litoranee, ha determinato una forte penalizzazione delle attività turistiche.

La propagazione verso sud del fenomeno erosivo, avvenuta contemporaneamente agli ultimi interventi di difesa realizzati sul litorale di Villa Rosa e nell'area portuale del comune di Martinsicuro, ha allarmato l'amministrazione del Comune di Alba Adriatica, preoccupata per le possibili ripercussioni sull'economia turistica locale, alla luce dei continui arretramenti della linea di riva nella parte settentrionale del comune.

Lo scopo di questo studio è quello di analizzare il fenomeno erosivo nella zona in esame, individuando le possibili strategie di intervento.

Parte del presente studio prende in considerazione dati derivanti dalla tesi redatta dal Dott. Massi Stefano presso l'Università degli Studi di Bologna dal titolo "Il litorale abruzzese da Martinsicuro ad Alba Adriatica: dinamica del litorale e strategie d'intervento" relatore Prof. Carlo Elmi, correlatore Prof. Giovanni Marrone (2004).





Scopo del presente lavoro è:

- offrire una visione generale della geologia del sito e dei suoi bacini idrografici con particolare attenzione alle caratteristiche sedimentologiche e mineralogiche delle sabbie emerse e di quelle dei fondali;
- analizzare le condizioni idrodinamiche che agiscono sul litorale abruzzese, basandosi sui dati in possesso;
- studiare la tendenza evolutiva del litorale di Martinsicuro ed Alba Adriatica, con riferimento alle variazioni storiche della linea di costa e con i risultati del monitoraggio morfologico effettuato dallo studio Pegaso dal 2003, al 2015;
- comprendere le cause dell'erosione, siano esse di origine naturale o antropica, ed analizzare le possibili strategie di intervento.

Alla luce di quanto detto si metterà in evidenza la situazione erosiva dei litorali di Martinsicuro ed Alba Adriatica e si focalizzerà l'attenzione sulla inadeguatezza o meno degli studi riguardanti le fasi di progetto definitivo ed esecutivo effettuati in passato e nel presente.



## INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il bacino periadriatico appartiene al sistema a *thrust* dell'Appennino centrale che può essere definito come una catena a pieghe e sovrascorrimenti.

Sul fronte della catena appenninica, costruitasi a partire dall'Oligocene superiore, dopo la chiusura dell'Oceano ligure-piemontese, si sviluppa un bacino di avanfossa via via più recente verso l'esterno (Zoccoletti *et alii*, 1986; Ricci-Lucchi, 1986; Patacca *et alii*, 1989; Royden *et alii*, 1987) (fig. 1). Nella fascia pedemontana marchigiano-abruzzese, posta ad oriente del fronte montuoso appenninico, si hanno i più estesi affioramenti delle torbiditi silicoclastiche di riempimento delle avanfosse del Messiniano e del Pliocene inferiore.

L'interpretazione dei dati strutturali regionali, hanno permesso di eseguire una sezione geologica attraverso la zona esterna del sistema a *thrust* in esame (Bici *et alii*, 1995) (fig. 1).

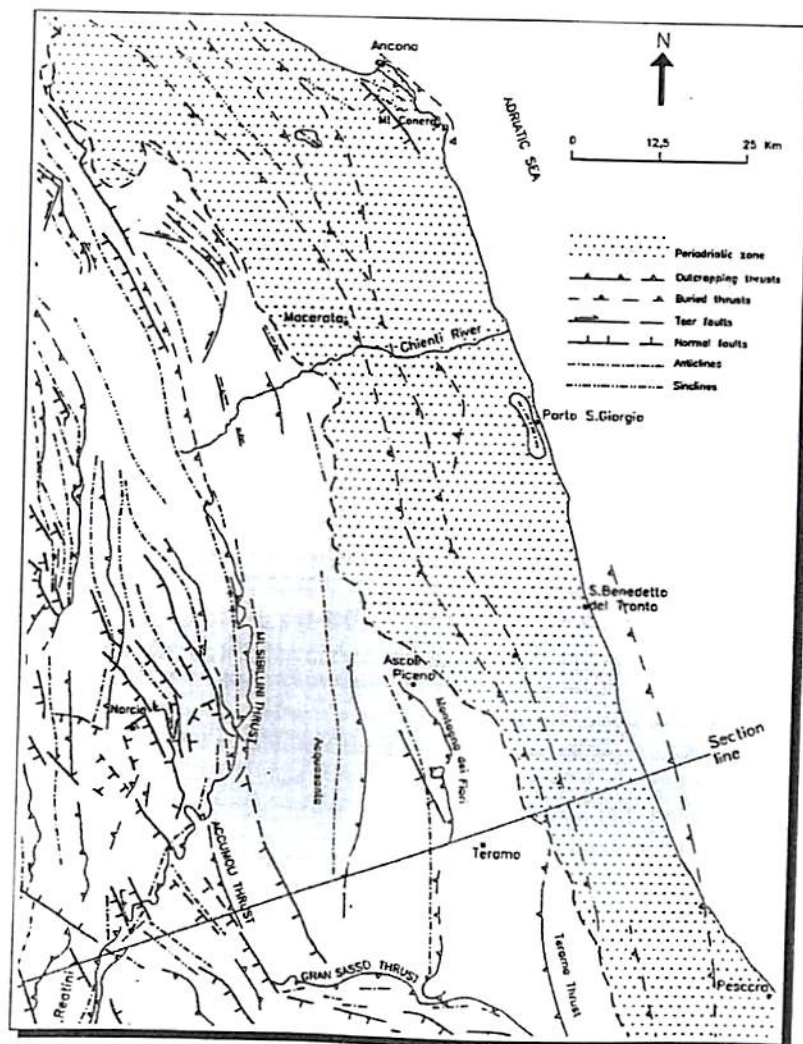


Fig. 1: schema strutturale del sistema a *thrust* marchigiano abruzzese





I risultati possono essere così riassunti:

- La strutturazione dei sedimenti appartenenti all'avanfossa Messiniana è iniziata subito dopo la loro deposizione ed è finita nel Pliocene superiore.
- L'ampiezza del bacino retrodeformato è circa il doppio della sua attuale dimensione ed il depocentro è migrato verso est con una velocità di circa 4 cm/anno.
- Le geometrie originali e la fisiografia del bacino di avanfossa messiniano sono state controllate principalmente dalla presenza di motivi longitudinali e trasversali (Bici, Calamita *et alii*, 1995).

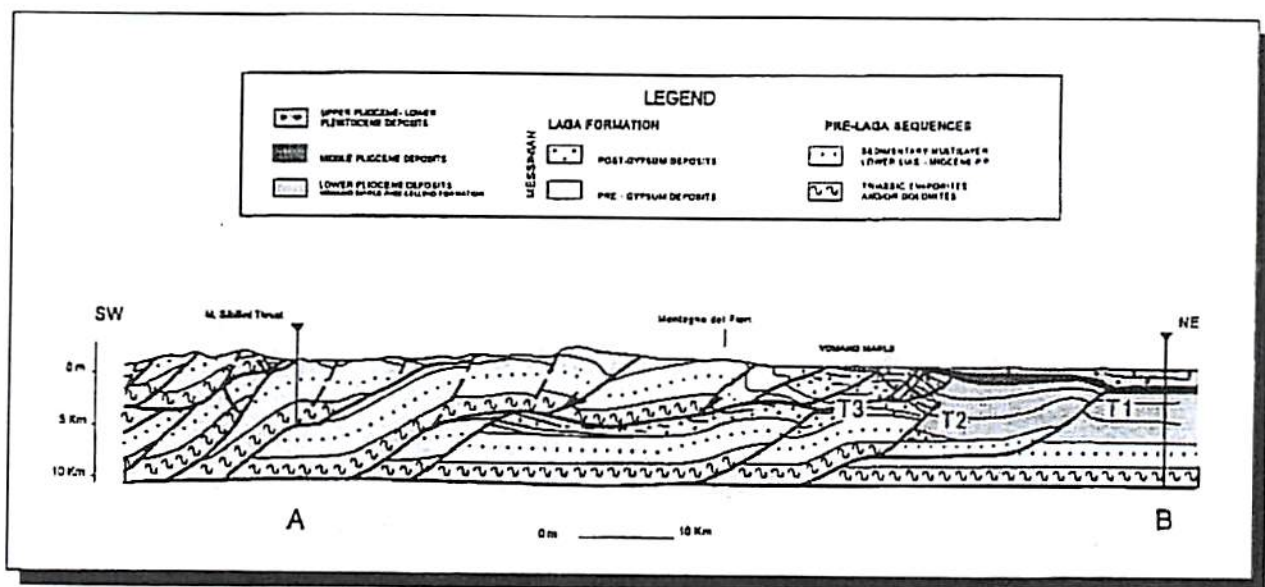


Fig.2: sezione del sistema a thrust marchigiano abruzzese

La fascia collinare compresa tra il Monte Conero e la bassa valle del fiume Sangro a sud, è modellata sui depositi marini plio-pleistocenici, disposti nell'insieme secondo una struttura monoclinale con blanda immersione verso est. Una notevole attività tettonica sinsedimentaria ha condizionato l'assetto morfologico del bacino ed i suoi ambienti deposizionali, cosicché la successione marina, pur mantenendo una sua unitarietà complessiva, mostra numerose differenziazioni sia in senso verticale che orizzontale con discontinuità di sedimentazione e discordanze geometriche anche di notevole entità (Bigi, Cantalamessa *et alii*, 1995).

In quest'ambito si sono prodotte dorsali sottomarine parallele all'attuale linea di costa e collegati all'attività dei *thrust* appenninici più esterni, oltre ad alcuni importanti sistemi di dislocazione trasversali, impostati in corrispondenza di elementi tettonici già presenti nel basamento pre-pliocenico (fig. 2).

Queste ultime dislocazioni, il cui comportamento cinematico ha subito variazioni nel



tempo, hanno differenziato il bacino in cinque settori principali da nord a sud, contraddistinti da diversa evoluzione tettonica-sedimentaria: settore anconetano, settore maceratese, settore fermano, settore teramano e settore chietino.

I settori maceratese, teramano e chietino, posti a livelli intermedi rispetto a quello anconetano e fermano, erano caratterizzati da un generale ambiente di piattaforma nel quale si intercalavano tempestiti e depositi grossolani, talora rimaneggiati dal moto ondoso.

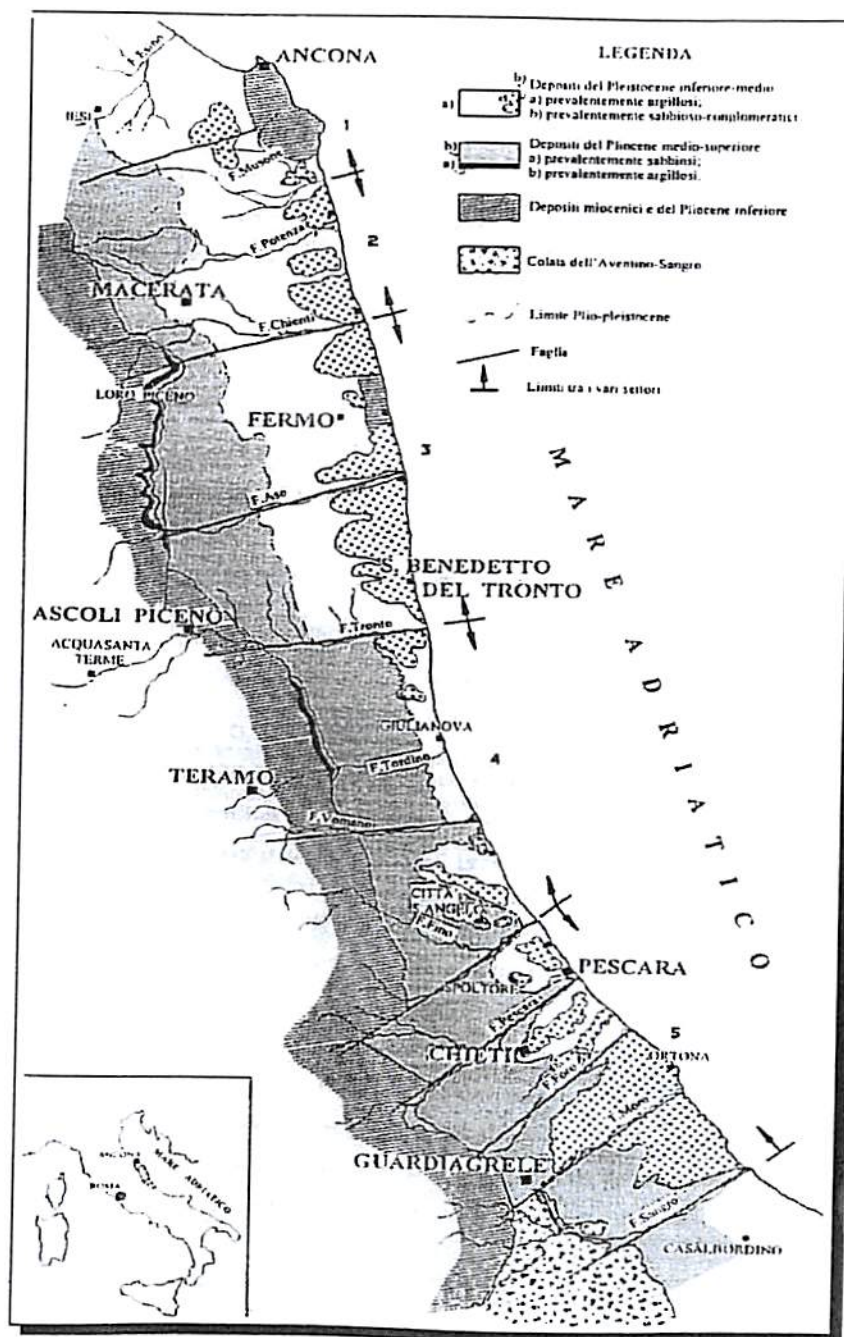


Fig.3: carta geologica schematica del bacino periadriatico





Deformazioni tettoniche sinsedimentarie sono testimoniate nella porzione meridionale del settore teramano.

In questo settore la superficie di *unconformity* del Villafranchiano risale fino ai piedi della montagna dei Fiori con lembi che raggiungono quote di circa 560 m. Altri lembi risultano ribassati, fino alla quota di circa 380 m da una faglia a direzione NW-SE.

All'interno di questo settore, i depositi di "chiusura" del ciclo plio-pleistocenico presentano spessori ed estensioni minori. Gli esigui lembi sono preservati solo in limitati affioramenti a pochi metri sul livello del mare, dove risultano ribassati per effetto di una faglia diretta, gli stessi depositi raggiungono però 303 m a Colonnella, 161 m a Colle San Martino, 226 m a Tortoreto alta (Farbollini, 1995).

Nel corso dell'approfondimento del bacino sedimentario periadriatico, l'area appenninica più interna era emersa ed andava progressivamente sollevandosi, ciò è riconoscibile dalla presenza di discordanze angolari all'interno dei depositi plio-pleistocenici più esterni.

A partire dalla fine del Pleistocene inferiore tutta la fascia periadriatica marchigiano-abruzzese emergeva definitivamente per effetto di un fenomeno di sollevamento generale che ha interessato l'Italia centrale.

Di conseguenza i depositi marini plio-pleistocenici della fascia periadriatica assumevano il loro caratteristico assetto monoclinale con immersione verso est, mentre in superficie si impostava l'attuale sistema vallivo. L'ampiezza del sollevamento, oltre ad aumentare progressivamente dall'Adriatico verso l'interno della catena, ha assunto valori differenziati anche in senso longitudinale dando origine a dorsali e depressioni trasversali separati da gradinate di faglie normali (fig. 3).

Le deformazioni tettoniche compressive, responsabili delle formazioni delle dorsali sottomarine parallele alla costa, hanno proseguito la loro evoluzione anche dopo l'emersione dell'area fino ai tempi attuali, com'è testimoniato dai meccanismi ipocentrali dei terremoti che vi si sono manifestati.

La formazione di faglie listriche e di fenomeni gravitativi localizzati sui fianchi orientali di alcune delle dorsali costiere più evolute possono essere poste in relazione con gli effetti di questa attività tettonica. Tali fenomeni si erano prodotti anche durante il Pliocene superiore, al fronte dei *thrust* più interni, dove le superfici listriche venivano poi ricoperte in *onlap* da depositi sempre più recenti (Bici *et alii*, 1995a).





## I BACINI IDROGRAFICI

L'unità fisiografica presa in considerazione va dal porto di San Benedetto del Tronto a quello di Giulianova, i principali corsi d'acqua che sfociano nell'area indagata sono tre: fiume Tronto, torrente Vibrata e torrente Salinello (fig. 4).



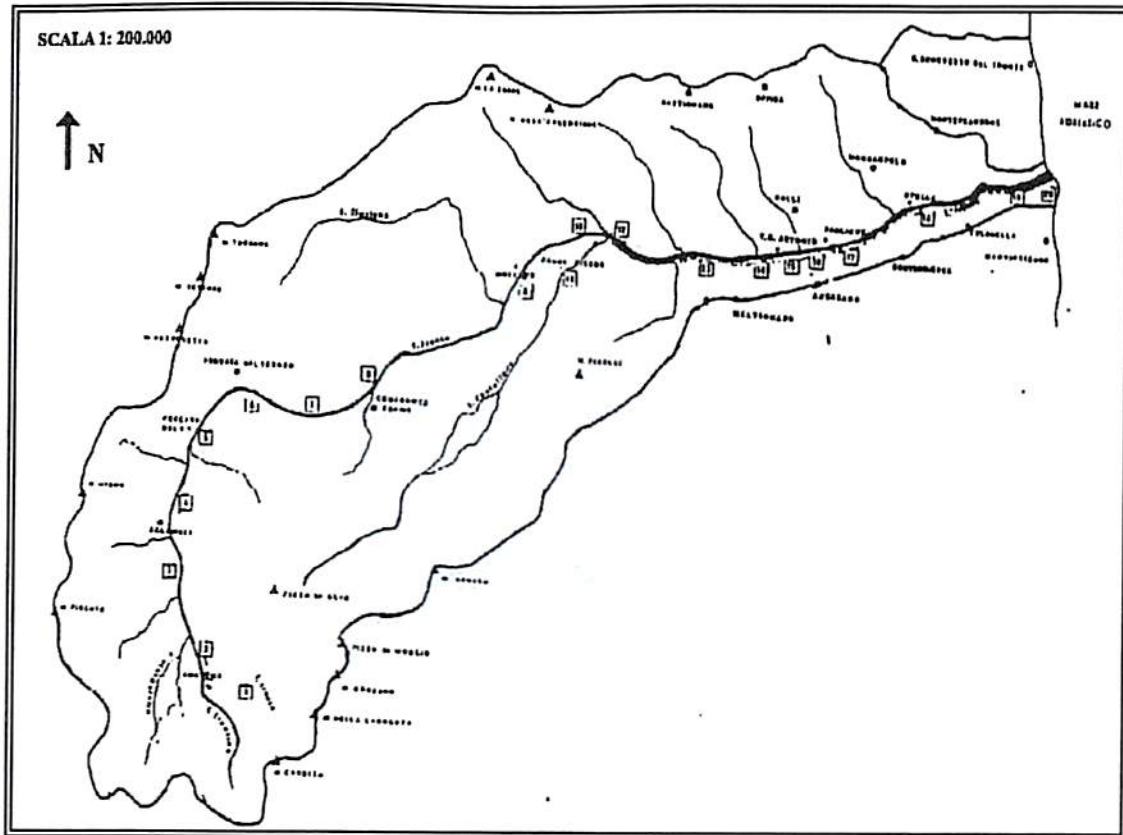
Fig.4 carta geologica con indicati in azzurro bacini idrografici

**FIUME TRONTO.** Il fiume Tronto ha le sue sorgenti alle pendici del Monte Gorzano, sui monti della Laga e scorre per buona parte del suo tratto finale al confine tra Marche ed Abruzzo, per poi sfociare in mare nei pressi dell'abitato di Martinsicuro.

Il suo bacino idrografico ha una superficie di 1192 Km<sup>2</sup> ed è orientato S-N nel tratto montano ed O-E nel tratto di pianura. La lunghezza è di circa 30 Km nel tratto pianeggiante con una pendenza media del 3-4%. Tra i suoi affluenti principali ricordiamo a destra il torrente Castellano ed il torrente Marino, a sinistra il torrente Chifone ed il torrente Fluvione.



La maggior parte del bacino idrografico a monte di Ascoli Piceno è costituito da rocce arenacee in bancate potenti alternate a sottili strati di marna (Mancinelli, 1996).



*Fig.5: bacino idrografico del fiume Tronto*

Il fiume attraversa nel suo percorso:

- **Scaglia rossa:** Cretacico superiore;
- **Scaglia variegata, scaglia cinerea:** Eocene-Oligocene;
- **Bisciaro, marne a cerroghna, formazione della Laga:** Miocene.
- **Argille e marne intercalate a sottili strati sabbiosi:** Pliocene inferiore;
- **Argille e argille marnose grigio azzurre:** Pliocene medio-superiore;
- **conglomerati marini con intercalazioni sabbiose:** Pleistocene; (Bartolucci, 1983).

Nel tratto vallivo il corso d'acqua é impostato su depositi alluvionali piuttosto spessi, la granulometria dell'alveo è mista con prevalenza di sabbia ed argille. Il regime idrologico è di tipo torrentizio con piene che arrivano 1300-1500 m<sup>3</sup>/s e che trovano difficoltà di smaltimento per il restringimento della sezione idraulica alla foce.



L'Aquater (1984) ha stimato un apporto solido a mare che va da un'ipotesi minima di 20.000 m<sup>3</sup>/anno ad un massimo di 30.000 m<sup>3</sup>/anno, i materiali sono prevalentemente sabbie e limi con ghiaie a piccola pezzatura.

Una diminuzione dell'apporto solido è dovuto all'estrazione di inerti stimata dall'Aquater nel periodo 1966-1973 in circa 2.000.000 m<sup>3</sup> a fronte di concessioni per 578.750 m<sup>3</sup>.

**TORRENTE VIBRATA:** il torrente Vibrata ha un bacino idrografico di 118 km<sup>2</sup>, la lunghezza dell'asta principale è di circa 33 km, di cui 23 Km nel tratto di pianura. Esso è privo di impianti di regolazione e di opere idrauliche capaci di modificarne il trasporto solido di fondo. Sempre l'Aquater (1982) ha stimato un trasporto solido a mare di circa 10.000 m<sup>3</sup>/anno come valore minimo e 15.000 m<sup>3</sup>/anno come valore massimo. Nel 1967 l'estrazione di inerti è stata quantificata in circa 8.000 m<sup>3</sup>.

**TORRENTE SALINELLO:** il torrente Salinello ha un bacino idrografico di 176 km<sup>2</sup>. E' stato stimato (Aquater, 1982) un apporto solido di materiale da 10.000 a 25.000 m<sup>3</sup>/anno. I terreni compresi nel suo bacino idrografico sono in gran parte simili a quelli del fiume Tronto.

Risulta evidente dal confronto tra le caratteristiche dei bacini idrografici come sia il fiume Tronto il bacino da cui provengono, o meglio sono derivati nel passato, i maggior apporti solidi nel tratto di litorale in questione.

L'estrazione di inerti, le opere di derivazione, le sistemazioni dei versanti hanno ridotto il trasporto solido necessario all'equilibrio della spiaggia vicino alla foce. Anche la forma della foce stessa, con il pennello e le arginature favoriscono la dispersione verso il largo di quei pochi sedimenti che arrivano al mare, diventando così utilizzabili per le spiagge (Adamoli, 1979).





## IMPORTANZA DEI DATI METEOMARINI

*"E' doveroso evidenziare che per la costa abruzzese non esiste una tipologia ottimale di intervento. Ogni tratto di litorale costituisce un caso a sé per il quale è necessario stabilire quale sia la tipologia di intervento ottimale da adottare in relazione alle condizioni locali e agli obiettivi che si vogliono conseguire".*

Per quanto riguarda il litorale di Alba Adriatica gli obiettivi da conseguire, sono:

- 1) ricostruzione di un'adeguata larghezza della spiaggia emersa, con particolare riferimento al tratto di costa che va dalla foce del fiume Vibrata al tratto antistante la prima pineta.
- 2) realizzazione di un sistema di difesa per i tratti più vulnerabili del litorale in esame;
- 3) miglioramento della qualità delle acque costiere;
- 4) valorizzazione della capacità di trasporto dei sedimenti dei corsi d'acqua a beneficio del bilancio solido costiero.

La generale tendenza evolutiva del litorale in esame, fa ritenere inadeguata l'assenza di un sistema di difesa, lungo i tratti in erosione. Dai dati precedentemente elencati si evince che il litorale in questione non riceve apporti significativi di materiale né dal Tronto, sedimenti bloccati dal porto di Martinsicuro e dai pennelli recentemente costruiti, né dal Vibrata, con un bilancio solido nel complesso negativo.

I progetti presentati dal servizio "Opere Marittime" e Qualità delle Acque Marine della regione Abruzzo, all'interno dello studio di fattibilità dell'intervento sul litorale di Martinsicuro, hanno evidenziato che: *"Dal 1984 al 2000 circa 700.000 m<sup>3</sup> di sabbia nel tratto di costa che va da Martinsicuro a Villa Rosa, sono stati erosi sia verso il largo a causa del trasporto trasversale, sia a favore dei litorali sottoflutto a causa del trasporto longitudinale (Mondini & Venturini, 2001)",* trasporto che è stato pressoché azzerato dalle attuali opere in difesa di Villa Rosa e successivamente di Martinsicuro.

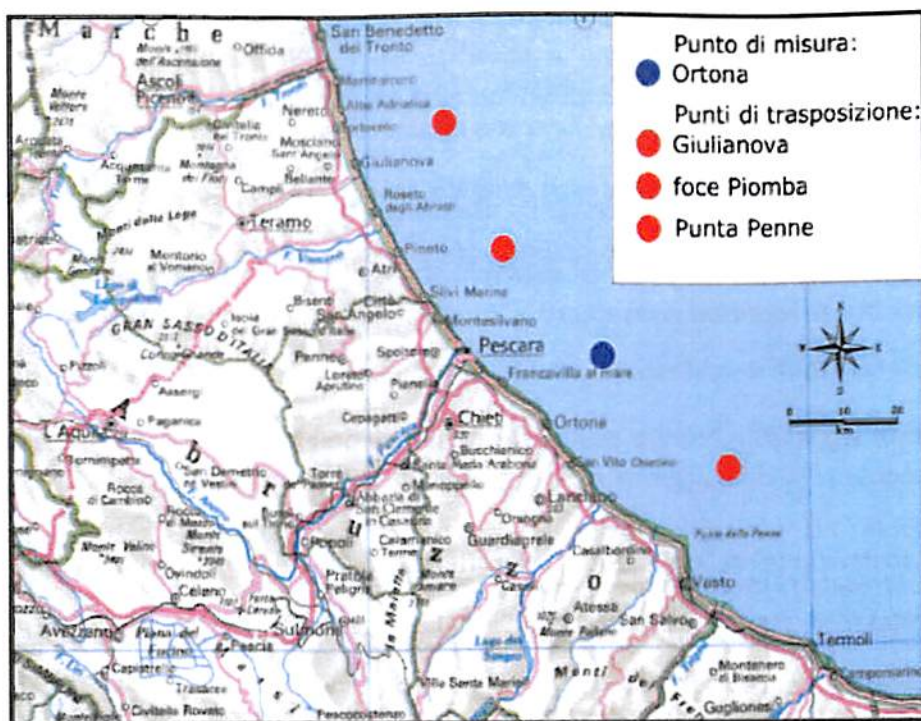


Fig 6: Punti scelti per la trasposizione dei dati misurati alla boa ondometrica di Ortona.

I progetti attualmente in atto o effettuati in passato si sono basati su dati meteomarini derivanti dalla boa ondometrica di Ortona, che ha misurato nel periodo compreso tra il 01/07/1989 ed il 31/12/1999 l'altezza d'onda significativa, il periodo di picco, il periodo medio, e la direzione di propagazione del moto ondoso. Le misure mareografiche (livelli di marea) sono state eseguite presso le stazioni di Ancona, Pescara ed Ortona, le misure anemometriche sono state eseguite presso le stazioni di misura di Pescara del servizio ITAV dell'Aeronautica Militare; le misure coprono un intervallo temporale che si estende dal 01/01/1951 al 30/06/1997. Però per definizione stessa del servizio opere marittime, "la definizione del clima di moto ondoso al largo della costa abruzzese risulta fondamentale per impostare sia studi finalizzati alla definizione della vulnerabilità idraulica lungo la costa sia le attività previste nella fase progettuale denominata "Progetti di fattibilità di opere di difesa, riqualificazione e manutenzione del litorale abruzzese". A tal proposito si evidenzia che lungo i 120 Km di costa regionale vengono eseguite misure sistematiche del moto ondoso al largo di Ortona e per un breve lasso di tempo a Giulianova, tuttavia per tener conto di inevitabili differenze che si verificano in termini climatici con l'aumentare della distanza dal punto di misura, si è ritenuto opportuno applicare il metodo di trasposizione geografica di misure ondometriche sviluppato da Contini e De Girolamo che ha permesso di





*trasferire l'intera serie storica delle misure ondametriche da Ortona a Giulianova". E' evidente l'inadeguatezza dei dati relativi alle misure meteomarine, che sono alla base degli studi progettuali, essi infatti si basano come esposto nel lavoro del Servizio Opere Marittime, "sull'ipotesi di base che consiste nel supporre che le stesse condizioni di vento, che hanno determinato le condizioni di moto ondoso registrate dall'ondametro (punto di misura), abbiano interessato l'intera area di generazione situata al largo del sito di interesse (punto di trasposizione)", questa affermazione è quanto meno discutibile.*

*"In sede di progettazione dovrà porsi particolare attenzione agli studi di dinamica costiera e meteomarini. Per quanto riguarda lo studio di dinamica costiera dovrà essere individuata la tipologia d'intervento che offra la maggiore efficacia in termini di stabilità della linea di riva nella zona di intervento e al contempo non introduca incrementi dei fenomeni erosivi nelle zone limitrofe".*

Questo aspetto non è stato preso in considerazione per quando riguarda il litorale di Villa Rosa-Alba Adriatica.



## ANALISI IDRODINAMICA

La definizione del clima di moto ondoso a largo della costa abruzzese risulta fondamentale per impostare studi finalizzati alla definizione della vulnerabilità idraulica lungo la costa. Secondo studi effettuati da Beltrami *et alii* (2001), nel contesto abruzzese, non risultando la costa soggetta a fenomeni di subsidenza e potendosi trascurare eventuali fenomeni di eustatismo, le variazioni di livello della superficie marina sono essenzialmente riconducibili alla propagazione di onde lunghe di marea di origine sia astronomica che meteorologica. Come noto la marea si manifesta con l'innalzamento e l'abbassamento del livello marino, cui si accompagnano spostamenti orizzontali della massa d'acqua nota come corrente di marea.

Queste correnti possono avere essenzialmente due origini: la prima, quella principale, è la marea astronomica, la seconda è la marea meteorologica data da variazioni bariche e dall'azione tangenziale del vento. La terra non è un'idrosfera e la presenza dei continenti, la conformazione frastagliata dei fondali e delle coste, nonché l'inerzia con la quale le acque del mare reagiscono alla forzante, mentre ci permette di conoscere con elevata precisione i periodi delle varie costituenti delle maree, rendono un'incognita l'ampiezza e la fase con cui queste onde si propagano nei vari punti del globo. Tali caratteristiche, ovvero ampiezza o fasi delle varie costituenti in un punto, possono essere calcolate per mezzo dell'analisi armonica delle misure di livello realizzate nel punto considerato (Dooson, 1928).

Di tutt'altro genere è l'oscillazione di marea indotta da cause meteorologiche, il metodo ancora oggi più usato e consolidato è quello che prevede di considerare il livello di marea meteorologica pari al livello residuo dato dalla sottrazione dei livelli ricostruiti di marea astronomica da quelle osservati.

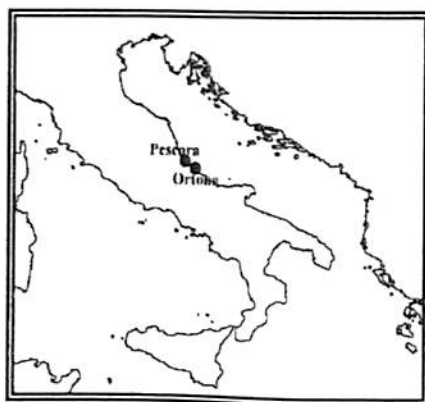


Fig 7: posizionamento boa ondometrica





Allo scopo di separare la componente deterministica astronomica dei livelli misurati da quello stocastico meteorologica, i livelli di marea misurati nelle due stazioni mareografiche di Ortona e Pescara sono state sottoposti ad analisi armonica. A tal fine si è utilizzato il codice di calcolo SLP elaborato presso il JIMAR (Joint Institute of Marine and Atmospheric Research). Questo codice, mediante la tecnica dei minimi quadrati, analizza serie temporali di dati di livello campionati con frequenza oraria e restituisce l'ampiezza e la fase di un numero di costituenti principali, mentre in acqua bassa dipende dall'estensione delle serie storiche considerate.

L'onda di marea ricostruita (fig. 8) si presenta come per altre località del mare Adriatico, del tipo misto a dominante semidiurna con ampiezza di oscillazione variabile tra un massimo di circa 44 cm e un minimo di circa 20 cm (semi-ampiezza pari a 22 cm e 10 cm rispettivamente).

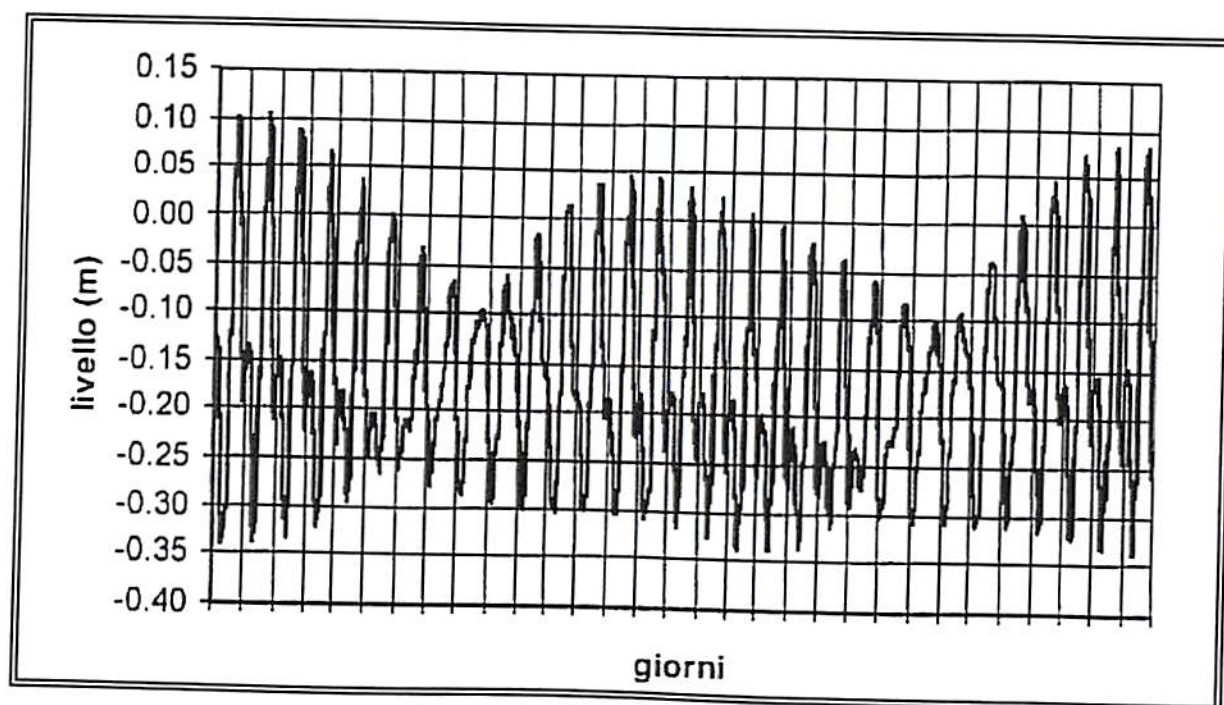


Fig 8: ricostruzione onda di marea.

In base all'ipotesi comunemente accettata di comportamento lineare del bacino adriatico (Franco *et alii*, 1982), i contributi alla variazione di livello totale, dovuti all'azione astronomica e meteorologica, possono essere semplicemente sovrapposti. Da ciò si evince che la variazione di livello indotto da fattori meteorologici (vento-p pressione) può essere identificata con un aumento dell'altezza dell'onda di marea quantificabile in 80 cm.



## CALCOLO DEI FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACI

L'analisi dell'esposizione geografica di una stazione di misura del moto ondoso o di un sito costiero, si basa sulla determinazione dei *fetch* geografici ed efficaci: per *fetch* si intende la lunghezza della porzione di mare sulla quale può avvenire la generazione del moto ondoso ad opera dell'azione esercitata dal vento. Per bacini chiusi come il mare Adriatico l'individuazione del *fetch* può essere eseguita facendo ricorso al concetto di "*fetch* geografico" che indica la distanza geografica tra il punto di interesse e la terra più vicina in relazione ad una prefissata direzione.

Per completare l'inquadramento geografico del paraggio è necessario determinare i valori dei *fetch* efficaci sulla base dei *fetch* geografici individuati. In questo modo i *fetch* efficaci consentono di tener conto del fatto che il moto ondoso viene generato non solo nella direzione lungo la quale spira il vento, ma in tutte le direzioni comprese in un settore di  $\pm 90^\circ$  rispetto alla direzione media di azione del vento. La lunghezza del *fetch* efficace risulta di conseguenza diversa da quella del *fetch* geografico (fig. 9).

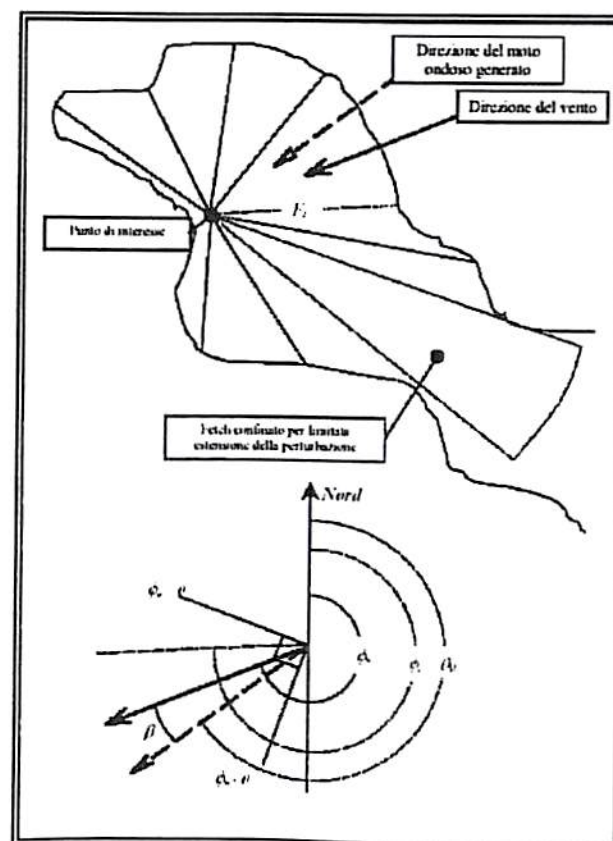


Fig 9: lunghezza dei fetch





La definizione dei *fetch* geografici ed efficaci costituisce uno dei punti fondamentali degli studi meteo-marini, esse infatti sono utili nelle seguenti analisi:

- 1) definizione preliminare dei settori di traversia principali e secondari per il sito di interesse;
- 2) determinazione della correlazione tra direzione di provenienza del vento e quello del moto ondoso generato;
- 3) ricostruzione indiretta del moto ondoso sulla base di misure anemometriche;
- 4) trasposizione geografica di misure ondometriche;
- 5) propagazione largo-riva degli stati di mare.

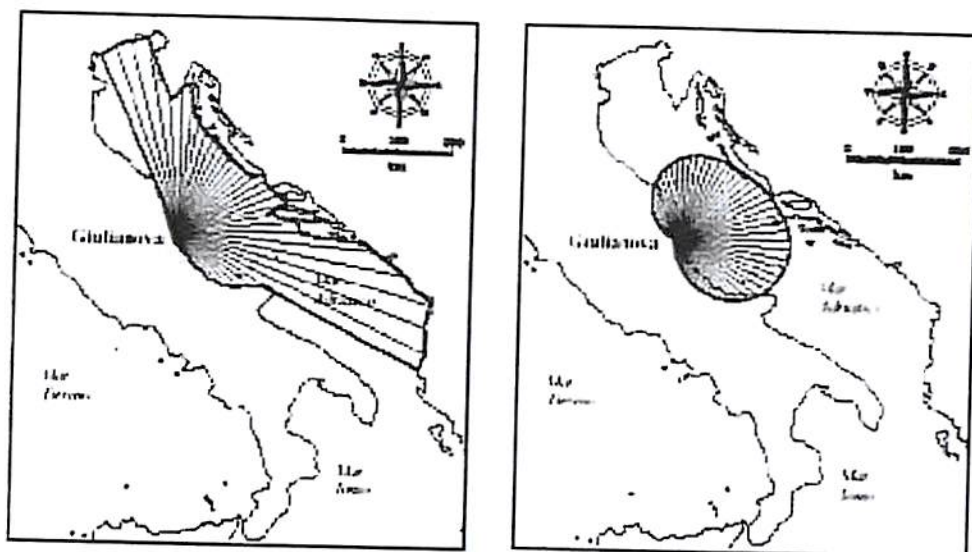


Fig 10: risultati analisi granulometrica

Lungo i 120 km di costa regionale vengono eseguite misure sistematiche del moto ondoso solo al largo di Ortona. Tuttavia per tener conto di inevitabili differenze che si verificano in termini climatici con l'aumentare della distanza dal punto di misura, si è ritenuto opportuno applicare il metodo di trasposizione geografica delle misure ondometriche (Contini & De Girolamo, 1998).

Ciò ha permesso di considerare i valori dei *fetch* a largo di Giulianova, il settore di traversia geografico è determinato dal Gargano a Sud-Est e dal Conero a Nord-Ovest.

I valori più elevati della lunghezza del *fetch* geografico si hanno secondo le direzioni che traggono la costa veneta (circa 340° N) o la costa albanese (circa 140° N) per la quale la lunghezza risulta pari a 400 km, mentre il settore che si affaccia sulle coste croate è il più



confinato (10–80° N), il fetch geografico è qui caratterizzato da lunghezze non superiori ai 200 km.

La tabella 1 riporta gli stessi valori in forma numerica.

Per il calcolo della relazione esistente tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato, si può far ricorso al metodo introdotto da Danelon (Smith, 1991). In base a tale criterio, la direzione media del moto ondoso  $\beta$  generato da un vento caratterizzato da una direzione media  $\phi W$  è pari al valore dell'angolo cui corrisponde il massimo valore della seguente funzione:

$$f(\beta) = (F_{e,w})^{0,28} (\cos \beta)^{0,44}$$

dove  $F_{e,w}$  è la lunghezza del *fetch* efficace relativo alla direzione;  $\phi W$  del vento.

Dir. (°N)	F.Geo. (m)	F.Eff. (m)	Dir. (°N)	F.Geo. (m)	F.Eff. (m)
0	248752,1	144173.9	180	31297.0	52920.1
10	205542.3	150704.0	190	31297.0	38554.6
20	183219.0	154282.2	200	31297.0	29146.6
30	166852.1	156687.8	210	19626.3	23619.9
40	155464.4	159961.8	220	19626.3	20310.3
50	155465.4	165055.9	230	19626.3	18270.0
60	182577.4	172055.9	240	19626.3	17045.1
70	178671.4	180559.2	250	19626.3	16341.4
80	164766.3	188956.3	260	19626.3	16828.0
90	210261.0	194743.9	270	19626.3	19936.5
100	388800.5	195855.3	280	19626.3	26660.6
110	473639.6	191065.1	290	19626.3	37280.6
120	499694.4	180077.3	300	19626.3	51389.2
130	156230.4	163428.4	310	19626.3	68073.9
140	127525.0	142378.7	320	19626.3	86069.8
150	102178.7	118748.9	330	19626.3	103924.6
160	56393.8	94616.5	340	338162.4	120257.1
170	38648.9	72052.8	350	344815.0	133937.3

Fig 11: : Fetch geografici ed efficaci al largo di Giulianova  
da: Beltrami., Mondini., Venturini., 2001)



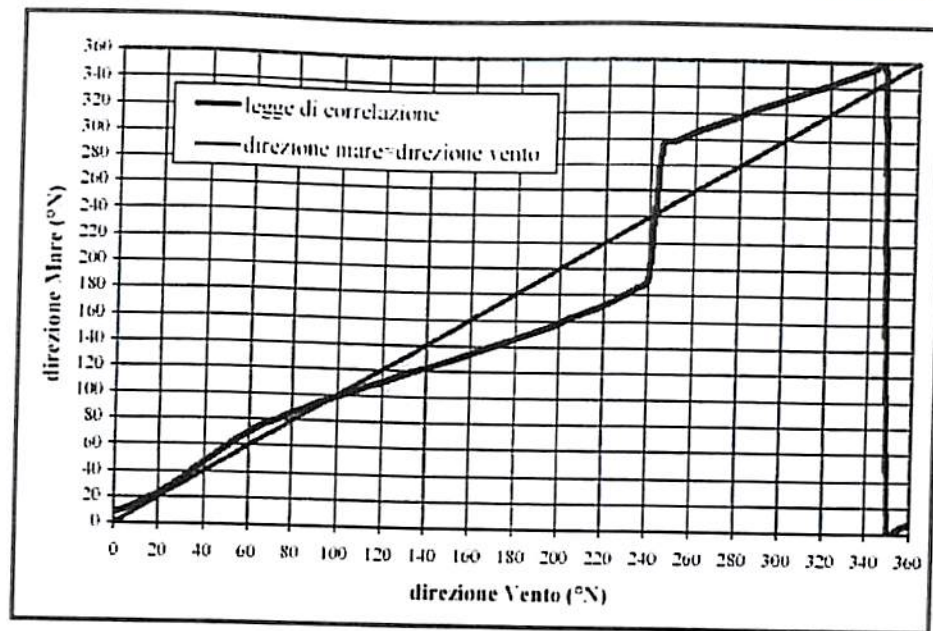


Fig 12: direzione del moto ondoso in base alla direzione del vento

### MISURE ONDAMETRICHE

L'analisi dei dati ondametrici effettuata da Beltrami *et alii* (2001) è consistita nel suddividere gli eventi di moto ondoso in base al valore dell'altezza d'onda significativa e della direzione di provenienza, al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi.

Per la suddivisione di tali eventi si possono eseguire due tipi di rappresentazione:

1. in forma tabellare che adotta il seguente schema (fig. 13):
  - per gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 0,5 m si prendono in considerazione due casi, 0-0.25 m, 0.25-0.50m;
  - per gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0.5 m si prendono in esame classi di altezze d'onda aventi un intervallo di ampiezza pari a 0.5m (es. 0.5-1m; 1-1.5m).



Hs (m) Dir (°N)	0- 0.25	0.25- 0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2- 2.5	2.5- 3	3- 3.5	3.5- 4	4- 4.5	4.5- 5	5- 5.5	5.5- 6	TOT.
10	449	521	421	182	91	44	30	15	9	3				1765
20	360	375	353	200	74	74	39	32	22	5	4			1538
30	205	227	271	123	86	57	32	21	10	5			1	1038
40	223	246	195	94	52	26	11	1	4	2				854
50	211	206	124	52	15	16	3	1	2	1				631
60	182	241	108	31	5	2	4	1	1					575
70	270	284	134	28	15	3	3	1	1					739
80	370	423	366	66	22	3	2	1						1253
90	364	455	594	154	32	11								1610
100	484	585	717	220	79	30	10	7						2132
110	370	476	436	123	48	13	7	4	2					1479
120	322	351	278	86	41	8	3	5	2					1096
130	83	276	193	74	43	9	4	1						683
140	47	127	59	17	16	13	6	2						287
150	42	88	21	13	8	8								180
160	28	49	8	5	3	1								94
170	22	40	12	5	1	1								81
180	15	21	8	1										45
190	11	21	8	1	2									43
200	11	16	5		2	1								35
210	9	14	10	1	1									35
220	11	10	13	4										38
230	14	13	13	1	2									43
240	20	8	20	9	3	1								61
250	23	14	30	11	2									80
260	39	22	46	3	1									111
270	53	29	51	15	1									149
280	63	42	68	21	3									197
290	79	65	46	11	2									203
300	93	86	40	7										226
310	110	126	82	7										325
320	148	175	158	32	9	3	4	1						530
330	195	248	443	205	67	38	12	2						1210
340	202	516	712	475	166	89	22	11	4	1	2			2200
350	333	728	856	382	136	54	18	10	3		2			2522
360	397	705	623	259	93	33	23	6	4	1	2			2146
TOT.	5858	7829	7522	2918	1121	538	233	122	64	18	10		1	

Fig 13: Clima annuale. Eventi di moto ondoso classificate per altezza e direzione a largo di Giulianova (tab. mod. da: Beltrami., Mondini., Venturini., 2001)





2) in forma grafica che utilizza il seguente metodo:

- per gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 1,00 m. si utilizza una sola classe, 0.5– 1m;
- per gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 1m si utilizzano le seguenti classi 1–2m, 2–3m, 3–4m, >4m.
- la distribuzione degli stati di mare "significativi" (altezza d'onda >0.5m), non presenta sensibili variazioni stagionali, in particolare gli eventi provenienti dal settore di traversia principale sono il 76% circa del totale in inverno ed in estate, ed il 60% circa in primavera ed in autunno.

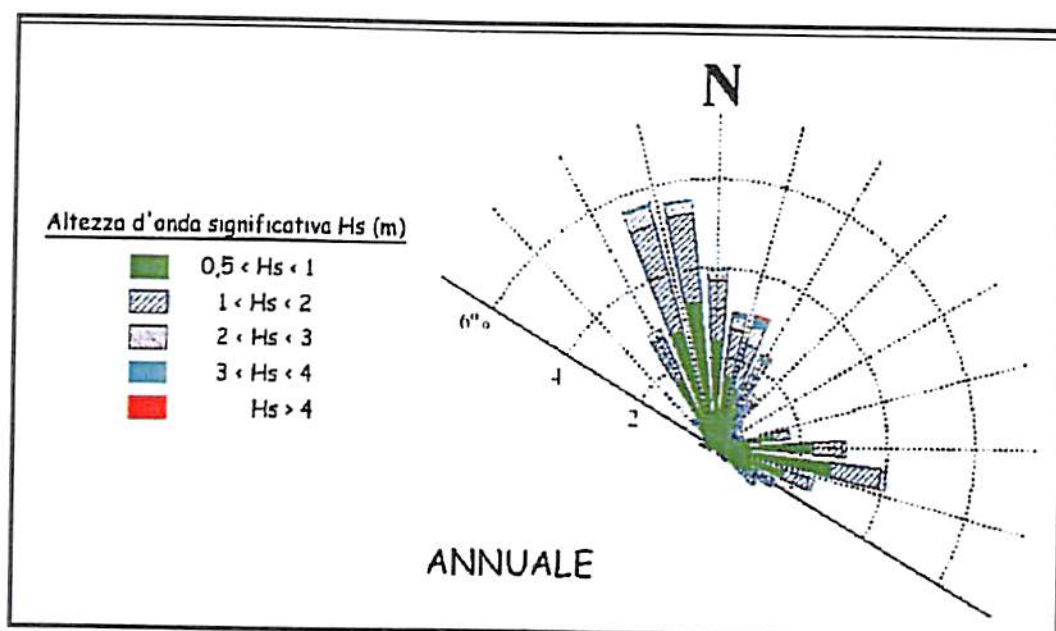


Fig 14: direzione del moto ondoso

Necessario poi per lo studio della vulnerabilità della costa è l'analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso, per eseguire tale analisi, requisito indispensabile, è importante che i dati devono risultare tra di loro statisticamente indipendenti ed omogenei. L'indipendenza statistica si raggiunge utilizzando il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche "della serie di durata parziale sopra soglia) che considera di prendere in esame il solo valore massimo che si verifica nell'ambito di ogni singola mareggiata. Risulta così che la mareggiata ha inizio quando l'altezza d'onda significativa supera per la prima volta il valore della soglia prestabilita e termina quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia, oppure quando si verifica un forte scarto nella direzione del moto ondoso. Selezionati gli "eventi di picco" l'omogeneità dei dati viene



assicurata raggruppando gli stessi dati in eventi caratterizzati da una simile genesi meteorologica, cioè separando i valori massimi di altezza d'onda registrati in diversi settori di provenienza degli stati di mare. I dati successivamente vengono elaborati statisticamente al fine di ricavare le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno (Beltrami *et alii*, 2001).

L'analisi del diagramma polare permette di trarre le seguenti conclusioni:

- 1) le mareggiate selezionate ricadono all'interno del settore di traversia compreso tra le direzioni 330°N e 140°N;
- 2) il settore di traversia principale (settore A) ricade tra le direzioni 330°N e 50°N. In tale settore ricadono gli stati di mare provenienti da maestrale fino a grecale che generano le massime altezze d'onda;
- 3) il settore di traversia secondario (settore B) ricade tra le direzioni 50°N e 140°N. In questo settore rientrano gli stati di mare provenienti da levante e scirocco, con altezze d'onda significative inferiori rispetto al settore A.

In base poi alla corrispondenza tra le direzioni del vento e le direzioni del moto ondoso generato, sono stati determinati (Beltrami *et alii* 2001) per i due settori di traversia i rispettivi settori di provenienza del vento.

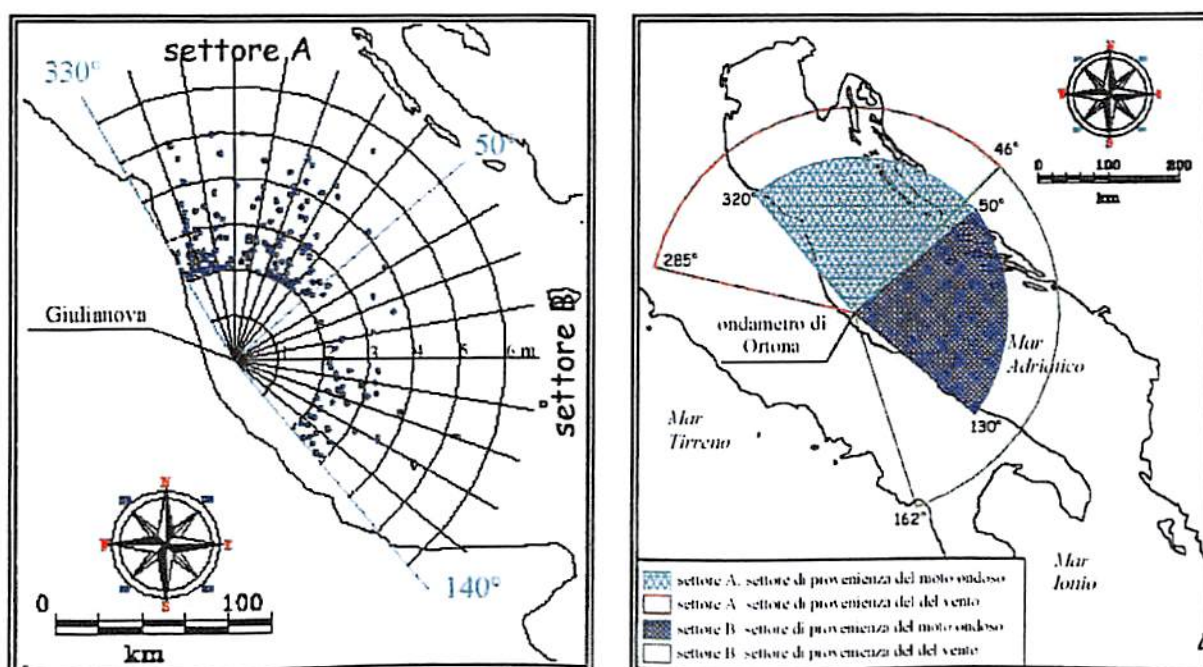


Fig 15: direzione prevalente del moto ondoso





L'analisi della distribuzione degli eventi di moto ondoso è di fondamentale importanza in molti campi di applicazione. Per quanto riguarda gli studi di morfologia costiera, dalla distribuzione degli eventi, si possono desumere le caratteristiche quantitative (altezza, periodo, durata e direzione) e qualitative (bidirezionalità, variazioni stagionali) delle onde di modellazione, o la larghezza della fascia attiva di una spiaggia. Dall'analisi dei risultati si evince che a largo di Giulianova, gli stati di mare più frequenti e caratterizzati da altezza d'onda più elevati, giungono dal settore di traversia N-O-N ( $320^{\circ}$ - $50^{\circ}$ N).

In particolare dal clima del moto ondoso annuale emergono le seguenti caratteristiche:

- 1) il moto ondoso più intenso ( $H_s > 3.5\text{m}$ ) proviene prevalentemente da un limitato settore di traversia ( $320^{\circ}$ - $50^{\circ}$ N) e gli eventi estremi con  $H_s > 2\text{m}$  sono caratterizzati da una frequenza di accadimento contenuta (inferiore al 5%);
- 2) il clima di moto ondoso non presenta sensibili variazioni stagionali per quanto riguarda la direzioni prevalenti del moto ondoso;
- 3) tra gli stati di mare "significativi" (altezza d'onda  $> 0.5\text{m}$ ) quelli più frequenti (circa il 37% degli eventi), sono caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 2m.

In conclusione possiamo affermare per le caratteristiche del moto ondoso in Abruzzo che:

- allo stato attuale risulta che il settore di traversia compreso tra  $320^{\circ}$ N e  $50^{\circ}$ N è caratterizzato dagli eventi di moto ondoso più intensi sia dal punto di vista medio climatico, sia da quello degli eventi estremi;
- l'analisi del clima a livello stagionale ha dimostrato che non vi sono sensibili variazioni tra il clima di moto ondoso annuale e quello stagionale;
- il trasporto solido costiero su scala regionale è diretto prevalentemente da Nord verso Sud.



## TRASPORTO SOLIDO LONGITUDINALE

La valutazione dei valori estremi di sovrizzo del livello del mare a riva appare un elemento di fondamentale importanza per la definizione dei parametri che definiscono il rischio idraulico a cui è soggetto un litorale, come ad esempio la larghezza di una spiaggia (fig. 16).

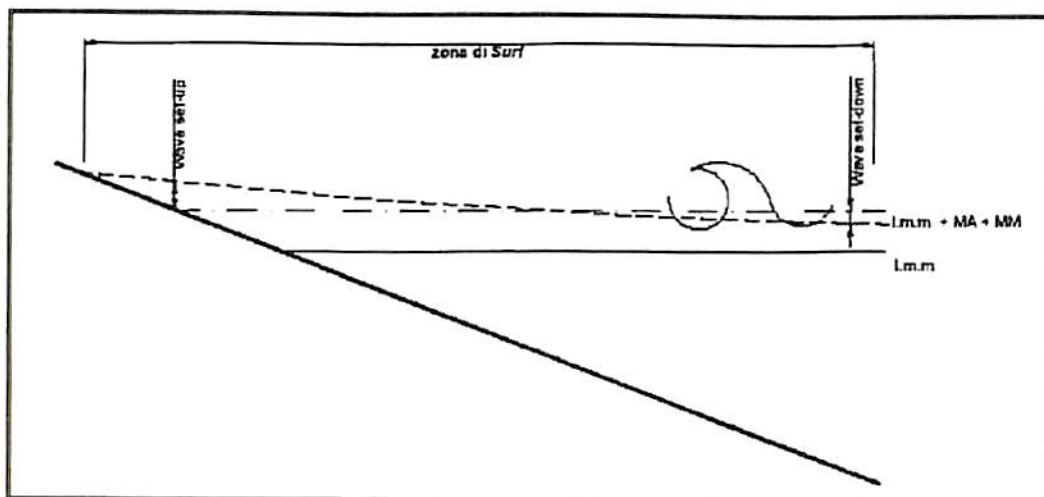


Fig 16: direzione del moto ondoso

Lo studio effettuato da Mancinelli (1996) ha evidenziato che, una volta individuato il moto ondoso a largo, è necessario trasferirlo sulla costa. Il trasferimento delle onde dal largo verso terra viene indicato sotto il nome di rifrazione, o costruzione dei piani d'onda. Nella zona indagata il trasporto ha direzione prevalente dal fiume Tronto verso il Vibrata (da nord verso sud) ed il valore netto (differenza tra il trasporto verso nord e quello verso sud) è stato stimato (Aguater, 1984) in circa 20.000 m<sup>3</sup>/anno. Il trasporto potenziale è in realtà modificato dalla presenza di opere di difesa e dalla mancanza di fonti di alimentazione poiché i fiumi non svolgono più questo compito.





## BATIMETRIE DEI FONDALI

Le campagne batimetriche sono state effettuate nel periodo compreso tra il Marzo 2000 e il Giugno 2001 dalla società G.P.S. s.r.l. di Rimini, incaricata dalla regione Abruzzo, servizio Opere Marittime di Pescara. In particolare il tratto di costa investigato va dalla foce del F. Tronto alla foce del F. Trigno. Il lavoro è stato svolto attraverso tre campagne di monitoraggio:

- 1° campagna dal 1° Maggio 2000 al 30 Giugno 2000.
- 2° campagna dal 1° Settembre 2000 al 10 Dicembre 2000.
- 3° campagna dal 1° Maggio 2001 al 25 Giugno 2001.

Le ricerche sono state svolte per soddisfare tre principali obiettivi:

- rilevamento di 90 capisaldi lungo il litorale abruzzese mediante il sistema di posizionamento satellitare GPS;
- rilevamento della linea di costa;
- rilevamento plano-altimetrico e batimetrico della spiaggia emersa e sommersa.

Il rilievo altimetrico e batimetrico si è svolto lungo circa 452 sezioni trasversali alla costa lunghe 1 Km ove la distanza tra le sezioni era di circa 250 m, e lunghe 500 m ove tale distanza era di circa 50 m. I transetti si sviluppano in un continuo da quota +2 m a profondità -8 m, nel caso di sezioni lunghe un Km, ed a profondità -6 m nel caso di sezioni lunghe 0.5 Km. Tali quote si riferiscono allo zero IGM. Il rilevamento di tali sezioni è stato eseguito attraverso l'uso del GPS differenziale e di un ecoscandaglio per i transetti in mare, i dati sono riportati in termini di coordinate piane x-y e di profondità z.

Per assicurare l'esatto posizionamento del mezzo navale è stato installato a bordo un sistema GPS differenziale (DGPS). Allo scopo di determinare la profondità dei punti determinati lungo i transetti è stato eseguito un rilievo batimetrico con un ecoscandaglio idrografico di precisione. Il rilievo batimetrico è stato effettuato in condizioni di mare poco mosso (massimo forza 2). Le imbarcazioni utilizzate hanno navigato lungo tracciati prestabiliti in modo da collegarsi alla porzione finale dei transetti battuti a terra. I valori di profondità acquisiti con l'ecoscandaglio sono stati successivamente corretti per le variazioni di marea riferendoli allo zero IGM.



Sono riportati qui di seguito i risultati della campagna batimetria per quel che riguarda i litorali di Martinsicuro ed Alba Adriatica.

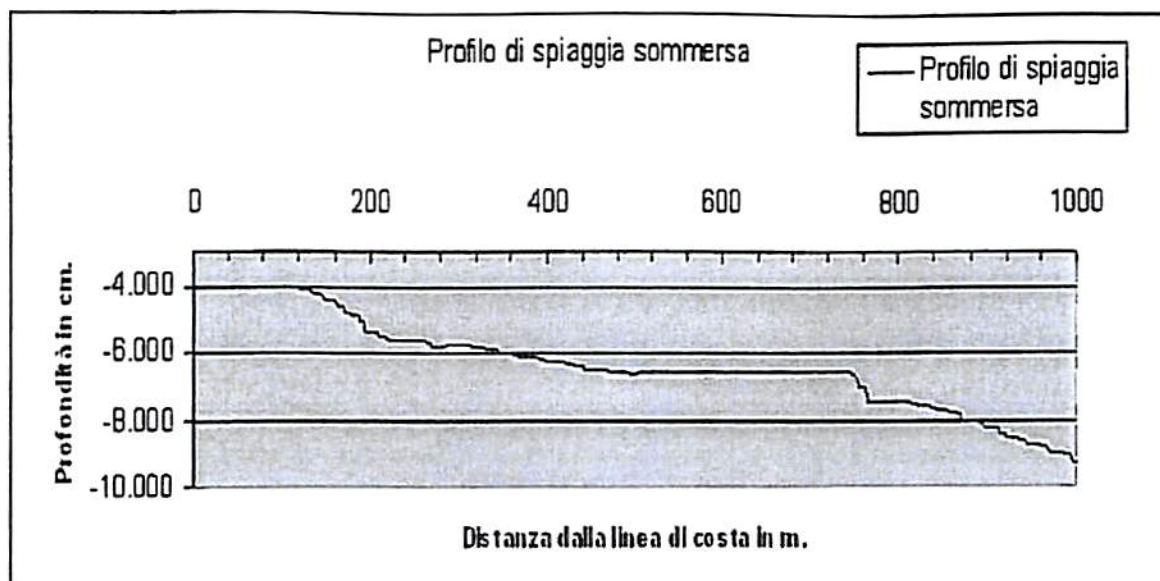


Fig 17: profilo di spiaggia sommersa

Dall'analisi relativa ai 79 transetti utilizzati per rilevare il profilo della spiaggia sommersa, per i litorali di Martinsicuro ed Alba Adriatica, si evince che la spiaggia ha un profilo regolare e raggiunge una profondità massima di 9,3 m ad una distanza di 1,5 Km dalla linea di costa. Infatti i transetti, posizionati ortogonalmente alla linea di riva, hanno una lunghezza di circa 1,250 Km e le misure della profondità sono state effettuate ogni 3 m per un totale di circa 300 misurazioni per ogni transetto.





## ANALISI GRANULOMETRICA E MINERALOGICA DEI SEDIMENTI

L'analisi granulometrica è uno dei principali criteri di classificazione dei terreni e il suo obiettivo è quello di raggruppare, in diverse classi di grandezza, le particelle costituenti il terreno e di determinare le percentuali in peso di ciascuna classe, riferendole al peso secco del campione iniziale.



Figura 18. Localizzazione punti di prelievo dei campioni.

L'analisi effettuata si è basata su cinque campioni di sabbia prelevati sulla battigia, in punti rappresentativi dell'unità fisiografica (punti sulla carta), è questa infatti la parte più dinamica della spiaggia emersa e quella che più risente dell'azione delle onde.

I campioni in laboratorio sono stati prima lavati in modo da eliminare la frazione limoso-argillose poi successivamente messi in forno ad essiccare per circa 24 ore ad una temperatura compresa tra i 60°C e i 110°C.

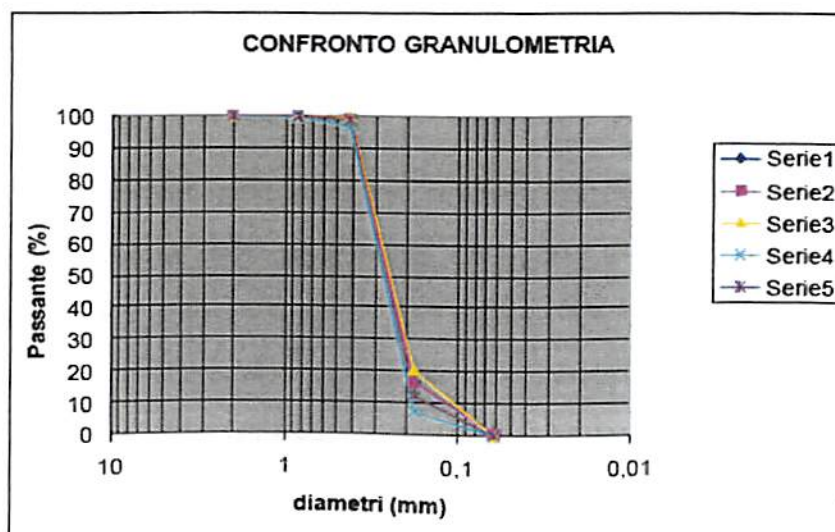


I campioni essiccati sono stati pesati singolarmente ed è stato poi scelto il diametro dei setacci da utilizzare, in funzione della quantità di materiale utilizzato, che dipende sostanzialmente dalle dimensioni massime delle particelle dei campioni in esame.

I setacci utilizzati, sono stati sistemati in successione, dall'alto in basso, partendo dal setaccio di apertura maggiore (maglie di 20 mm.), e terminando con il contenitore di fondo. Si è poi effettuata una setacciatura meccanica per una decina di minuti. La fase successiva è stata quella della pesatura di ciascuna frazione trattenuta e di quella passante ai vari setacci. Analizzando la percentuale passante ai vari setacci si sono ricavate le curve granulometriche relative ai diversi campioni.

## Analisi granulometrica

setaccio	diam mm	camp 1 gr.	% pass	camp2 gr.	% pass	camp 3 gr.	% pass	camp 4 gr.	% pass	camp 5 gr.	% pass
peso terreno		144,72		164,9		154,67		175,75		163,68	
10	2	0	100	0	100	0	100	0,26	99,84	0	100
20	0,85	0,1	99,9309	0,1	99,93	0	100	0,63	99,36	0,06	99,96
40	0,425	1,03	99,2192	1,03	99,31	0,62	99,46	4,99	96,52	1,43	99,07
60	0,18	119,09	16,9292	136,72	16,4	122,54	20,24	155,85	7,17	142	12,37
230	0,062	22,79	1,18156	26,5	0,33	31,27	0,026	12,73	0,036	20,07	0,1
più 230		0,1	1,11246	0,06	0,29	0,06	0,004	0	0,036	0,04	0,082







Il passo successivo dell'analisi è stato il calcolo del diametro medio, della classazione e dell'asimmetria.

Il diametro medio calcolato con la formula di Folk & Ward (1957), dà valori quasi uniformi che oscillano tra i 0,25-0,28 mm, con questa formula l'approssimazione al valore teorico è di circa 88%. I valori trovati sono quelli tipici di una sabbia media (0,50-0,20mm). Essendo un sedimento di spiaggia esso è per sua stessa natura uno dei più selezionati. Il grado di selezionamento (sorting) di un sedimento è un'importantissima proprietà tessiturale, esso indica il grado di selezionamento a cui è stato sottoposto un sedimento ed è in stretto rapporto con le modalità di trasporto. La deviazione standard grafica inclusiva ( $\sigma_\phi$ ) considera quasi l'intera curva cumulativa dove sono rappresentate le differenze tra sabbie di fiume, spiaggia e duna.

I valori oscillano tra 0,89 e 0,105 ed in base alla tabella sulla classificazione del selezionamento (Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F., 1989), le sabbie rientrano nel campo del moderatamente selezionato (0,80-1,40), i sedimenti di spiaggia normalmente si aggirano tra (0,25-0,35) va tenuto però conto che i campioni analizzati sono rappresentativi solo della battigia, e che ci troviamo vicino alla foce di un fiume e quindi si tratta di sedimenti meno selezionati rispetto a quelli di spiagge piate e stabili, lontane da importanti aree di apporto sedimentario.

Campione	Diametro medio (mm)	Classazione $\sigma_\phi$	Asimmetria $Sk_\phi$
N 1	0.27	0.095	0.0155
N 2	0.26	0.093	0.08
N 3	0.25	0.105	0.03
N 4	0.28	0.089	0.114
N 5	0.27	0.090	0.078

asimmetrica di una popolazione granulometrica, ciò si ottiene osservando se i valori sono distribuiti equamente da una parte e dall'altra rispetto alla posizione centrale della curva cumulativa. I limiti possono oscillare fino ad un valore massimo di + 1 per le positive e - 1



per le negative, i valori da me rilevati vanno da 0.0155 a 0.114. L'asimmetria è dovuta ad aggiunta e sottrazione di materiale nelle code delle curve granulometriche.

I cinque campioni analizzati sono rappresentativi di sabbie appartenenti alla linea di battigia, questo spiega la differenza nei valori del diametro medio, che oscilla nelle mie analisi tra 0,25–0,28mm, mentre abbracciava valori compresi tra 0,25–0,12 mm nell'analisi condotta da Adamoli. Infatti i sedimenti di battigia essendo posizionati nella zona di azione del moto ondoso sono privi della frazione granulometrica più fine, mentre l'analisi eseguita da Adamoli considera la fascia che va dalla battigia fino a circa 10 m all'interno, con campioni prelevati lungo transetti ortogonali alla linea di costa. Lo studio dei parametri caratteristici delle sabbie di battigia è molto utile se relazionate a possibili opere di ripascimento morbido, poiché ci indica il tipo di sabbia da utilizzare, che è quella priva della frazione più fine, facilmente asportabile dall'azione dilavante del moto ondoso.

La **composizione mineralogica** delle sabbie comprese nella zona in questione è stata studiata da Bertolucci (1982) prelevando diversi campioni rappresentativi:

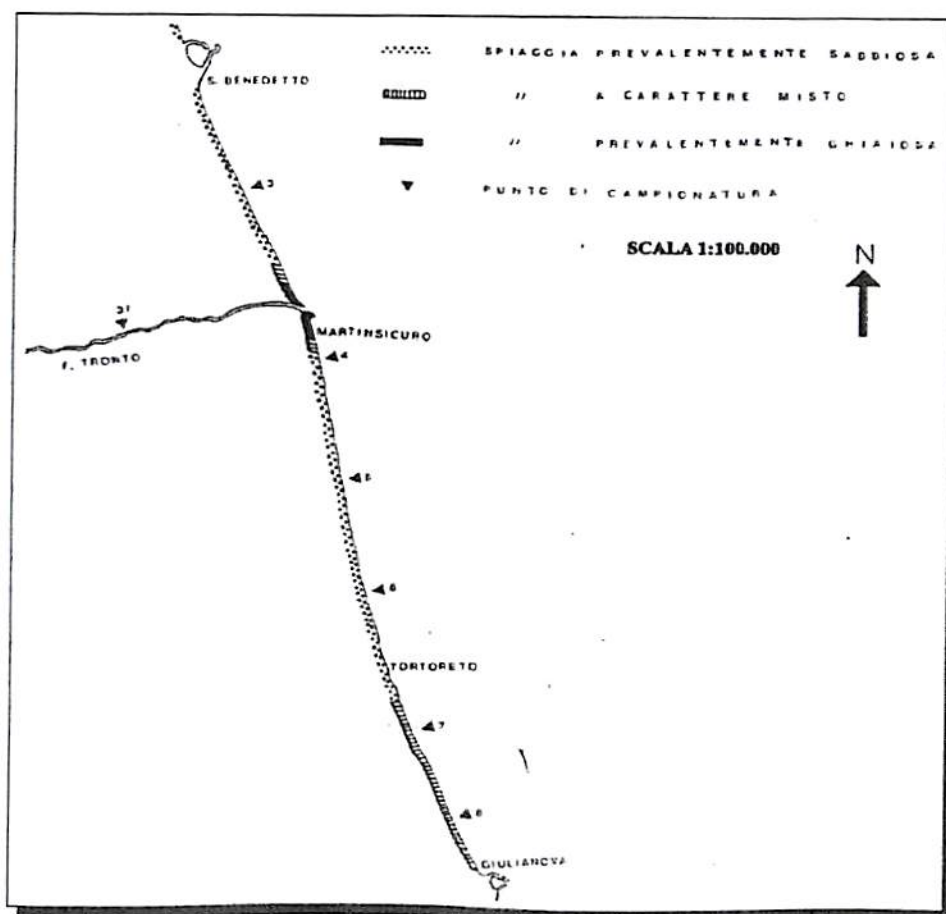


Figura 29. Localizzazione punti di prelievo dei campioni.





- (N 3) Porto D'Ascoli: campione raccolto di fronte al lungomare di Porto d'Ascoli a 0,5 Km a Sud del Torrente Ragnola.
- (N 3F) Fiume Tronto: campionatura effettuata a 4 Km dalla foce, ovvero a 1,5 Km dalla parte dell'autostrada.
- (N 4) Martinsicuro: la raccolta è avvenuta a 1,2 Km a Sud del fiume Tronto di fronte al lungomare di Martinsicuro.
- (N 5) Villa Rosa: campionatura effettuata a 1 Km a Nord del Torrente Vibrata.
- (N 6) Alba Adriatica: campionatura effettuata a 1,2 Km a sud del Torrente Vibrata.
- (N 7) Tortoreto Lido: campionamento a 1 Km a nord del torrente Salinello.
- (N 8) Giulianova: campione raccolto a 2 Km a nord del porto di Giulianova.

Per studiare quantitativamente la composizione principale si è considerato solo la frazione terrigena, extraformazionale che di regola rappresenta almeno il 95% dell'intero campione di spiagge qui studiate (per le metodologie di studio di campioni si rimanda alla tesi di Bertolucci, 1982).

La Tabella n° 1 ci dà la composizione principale di ogni campione e le rispettive composizioni in percentuale (tab. 1).

	Campione 3	Campione 3F	Campione 4	Campione 5	Campione 6	Campione 7	Campione 8
Quarzo	34,5	41,3	35,8	31,9	38,9	39,7	41,1
K-feldspato	7,0	4,5	5,3	4,0	8,3	8,5	7,3
Albite	1,5	1,0	3,0	1,6	1,3	0,6	0,6
Plagioclasti	5,7	3,0	4,3	2,1	5,6	6,8	4,8
Vulcaniti acide	2,6	1,5	1,5	1,4	0,9	0,8	1,0
Vulcaniti basiche	-	-	-	-	-	-	-
Filladi	3,0	2,5	3,0	4,0	2,7	2,6	2,3
Siltiti	3,5	1,7	1,7	1,4	1,1	1,1	1,5
Selci	4,6	3,4	6,6	6,4	2,4	3,3	5,4
Carbonati	36,0	36,4	37,4	46,6	36,8	35,1	34,8
Miche & Cloriti	1,0	2,8	0,8	0,4	1,8	1,5	1,0
Serpentinocisti	0,4	0,9	0,4	0,2	0,2	-	-
Altri	0,2	1,0	0,2	-	-	-	0,2
TOTALE	100	100	100	100	100	100	100
Q	34,9	42,8	36,2	32,1	39,6	40,2	41,5
F	14,3	8,8	12,7	7,7	15,4	16,1	12,9
R	14,3	10,6	13,3	13,4	7,6	8,1	10,4
C	36,5	37,8	37,8	46,8	37,4	35,6	35,4

TAB 1 - Tabella riassuntiva delle composizioni principali e dei parametri Q, F, R e C. da: (Bartolucci, 1982)



Alcuni dati ottenuti con l'analisi modale e chimica sono stati elaborati per la costruzione di diagrammi che hanno lo scopo di dividere la costa in esame in unità fisiografiche distinte.

I campioni presi in considerazione appartengono alla provincia abruzzese settentrionale che ha come confini il porto di San Benedetto del Tronto a nord e il porto di Pescara a sud. Questa provincia è riconoscibile da un'improvvisa diminuzione del contenuto di selci e da un aumento del contenuto di quarzo.

All'interno di questa provincia sono state distinte due sottoprovince; quella che interessa i nostri studi è la 2° sottoprovincia che va fino al porto di Giulianova.

La distinzione è basata sulla variazione del contenuto in quarzo, più abbondante nel 1° sottoprovincia, rispetto alla seconda e dai carbonati più abbondanti nella 2° rispetto alla 1°.

La composizione della 1° sottoprovincia appartenenti alla provincia Abruzzese Settentrionale presenta una forte coerenza con la composizione del campione 3F raccolto sul fiume Tronto che sottende questo tratto di costa. Il Tronto può essere perciò considerato come fonte delle sabbie della 1° sottoprovincia.

In molte spiagge è stata osservata la presenza, sulla parte alta della battigia, di lamine sabbiose composte prevalentemente da minerali pesanti. Queste lamine sono presenti solo sulle spiagge soggette ad intense erosioni. Il fatto può essere spiegato considerando che i minerali pesanti, proprio per l'elevato peso specifico che li caratterizzano, rappresentano i depositi residuali. Per quanto riguarda la composizione di queste concentrazioni di minerali, si può notare che le spiagge tra il Tronto ed Ortona prevalgono minerali provenienti da rocce metamorfiche (Parea G.C., 1978).





## DINAMICA EVOLUTIVA DEL LITORALE DI ALBA ADRIATICA

L'ampiezza del litorale di Alba Adriatica, si è mantenuta stabile fino alla fine degli anni '90, successivamente ha subito le conseguenze delle opere di difesa effettuate sul litorale di Martinsicuro. A partire dal 1954 sono state realizzate, a partire dalla foce del Tronto verso sud, fino ad arrivare attualmente in corrispondenza dell'abitato di Villa Rosa, una serie di opere di difesa consistenti inizialmente in scogliere foranee e solo nell'ultima fase in scogliere soffolte, pennelli e ripascimenti artificiali. Negli ultimi decenni il litorale a sud di Martinsicuro ha subito problemi di erosione anche a causa del porto di Martinsicuro che intrappola circa 15.000-20.000 m<sup>3</sup> di sedimenti all'anno.

La realizzazione di strutture rigide, limitatamente ai segmenti protetti, ha determinato, in un primo momento, in corrispondenza di tali aree l'arresto della fase erosiva e l'avanzamento della spiaggia ma, a causa dell'interruzione completa, del seppur debole transito sedimentario verso sud, ha anche innescato processi erosivi nelle spiagge stabili sottovento (Alba Adriatica), cioè nella direzione del trasporto dei sedimenti.

A causa di questa serie di modificazioni a catena si è assistito nel tempo alla migrazione verso sud del "gradino di erosione" il quale ha ormai raggiunto i primi 1800-2000 metri del litorale di Alba Adriatica (Massi, Elmi, Marrone, 2003).

In base all'analisi della documentazione cartografica dal 1935 al 2000, Adamoli ha schematizzato l'evoluzione morfologica della linea di riva come segue:

- **1940-1970:** in questo periodo si è avuto un avanzamento della linea di riva da 40 ad 80 m e l'arenile ha raggiunto un'estensione di 174.390 m<sup>2</sup>.
- **1970-1981:** la spiaggia ha continuato ad accrescersi passando ad una superficie di 259.000 m<sup>2</sup> e l'avanzamento della linea di battigia da 15 a 60 m.
- **1981-1983:** la linea di riva fa registrare avanzamenti massimi di 15 m e locali arretramenti che presso la foce possono raggiungere valori di 18 m.



- **1983-1984:** la linea di costa continua a subire oscillazioni con avanzamenti ed arretramenti rispettivamente di 20 e 8 m; nel complesso la spiaggia si accresce raggiungendo un'estensione pari a 262.630 m<sup>2</sup>.
- **1984-1994:** l'arenile raggiunge la massima estensione (302.527 m<sup>2</sup>) e la linea di riva avanza fino ad un massimo di 30 m.
- **1994-2000:** per la prima volta la superficie della spiaggia diminuisce, in concomitanza con le opere di difesa rigide lungo il litorale di Villa Rosa, passando a 291.157 m<sup>2</sup> e l'arretramento della linea di riva è osservabile nel primo tratto di 700 m dalla foce del Vibrata, dove si registra un arretramento massimo di 30 m. Era facile prevedere che la tendenza evolutiva negativa del litorale, se non fossero stati attivati adeguati interventi di difesa, potevano permanere nel tempo e interessare progressivamente anche gli altri settori posti più a meridione con effetti sempre più consistenti.
- **2000-2003:** l'arretramento della linea di riva già registrato nel 2000 si è ulteriormente accentuato per il tratto di litorale a sud del torrente Vibrata, raggiungendo in alcuni tratti i 50 metri di spiaggia erosa e si è evidenziata una migrazione verso sud del fenomeno erosivo (Massi, Elmi, Marrone, 2003).
- **2003-2012:** nel mese di novembre 2012, per verificare lo stato dei luoghi, si è provveduto alla misurazione della profondità della spiaggia nel tratto che va dalla rotonda di via Filzi a Villa Rosa fino alla fine del lungomare di Alba Adriatica. I dati hanno confermato che la tendenza evolutiva all'arretramento della linea di costa è tuttora in atto. Il tratto finale del lungomare di Villa Rosa verso sud mostra un arretramento della linea di riva generalizzato che va dai 20 m ai 50 metri. Per quanto riguarda il lungomare di Alba Adriatica si assiste, per il tratto più a Nord, ad un arretramento della linea di costa di circa 15-20 m dalla Bambinopoli alla rotonda di via Mazzini, in corrispondenza dello chalet Fiko D'India abbiamo un arretramento della linea di riva di circa 35 metri, il tratto di spiaggia verso sud si presentava stabile con variazioni in negativo di circa 5 metri.



**MISURAZIONI MARTINSICURO E VILLA ROSA 2003-2012**

(distanza in metri stazione fissa-linea di battigia)

Punti	Riferimento	Direzione	Autunno 2003 metri	Autunno 2012 metri	Differenze tra le 2 campagne metri
17	Rotonda 1 via Filzi	75° N	26,2	33,0	+ 6,8
18	Olimpic	90° N	48,2	22,3	- 25,9
19	Edicola 2	80° N	63,9	13,3	- 50,6
20	Rotonda 2	75° N	66,3	13,6	- 52,7
21	Miami	75° N	87,2	65,6	- 21,6
22	Vibrata	90° N	76,2	46,8	- 29,4

**MISURAZIONI ALBA ADRIATICA 2003-2012**

(distanza in metri stazione fissa-linea di battigia)

Punti	Riferimento	Direzione	Autunno 2003 metri	Autunno 2012 metri	Differenze tra le 2 campagne metri
1	Rotonda 1	75° N	63	48	- 15,0
2	Rotonda 2	75° N	78,4	58	- 20,4
3	Fiko D'India	75° N	120,7	86,6	- 34,1
4	Pineta 2	75° N	95,6	88,3	- 7,30
5	Rotonda 3	75° N	125	126	+ 1,0

- **2012-2015:** nel mese di giugno 2015 è stata effettuata una misura in continuo, attraverso strumentazione GPS, della linea di costa dal confine tra Tortoreto e Giulianova (fiume Salinello) fino al porto di Martinsicuro, per una lunghezza indicativa di circa 15 Km, i risultati della misurazione, messi in relazione con le linee di costa del 2010, 2003 e 1984 mostrano attualmente l'accentuarsi del fenomeno erosivo nel litorale nord di Alba Adriatica, nonostante il riporto di enormi quantitativi di sabbia effettuato con idrovora tra il 2004 ed il 2006 da parte della Regione Abruzzo a Villa Rosa sud.





**STUDIO di GEOLOGIA "PEGASO"**

**PROF. GEOL. GIOVANNI MARRONE**

Via Adige 22, 63082 Castel di Lama (AP)  
Via Eduardo De Filippo 5 - 64014 Villa Rosa di Montorio (TE)  
Tel. 360843807 - 3367066300 fax 1782278811  
e\_mail: [info@geopegaso.it](mailto:info@geopegaso.it)



*Fig 19: rilievo linea di costa 1984-2003-2010-2015*

**LEGENDA**

--- limiti comunali

**Linee di costa**  
anno di riferimento

--- 2015

--- 2003

--- 1984

Base cartografica: ortofoto 2010 1:5'000





L'estratto cartografico a pag. 38 (fig. 19) evidenzia per il litorale di Alba Adriatica l'avanzamento del gradino di erosione, con un arretramento della linea di costa per i primi 1500 m del litorale nord, in particolare si osserva:

- Area Bambinopoli-Via Mazzini: il raffronto tra le linee di costa del 2003 e del 2015 mostra un arretramento variabile di 10-15 metri per l'area nord, 5-10 metri per l'area di via Mazzini. Il raffronto tra le linee di costa del 1984 e del 2015 mostrano un arretramento della linea di costa variabile i 65-70 metri per l'area nord ai 45-50 metri per l'area di via Mazzini.



*Fig 20: rilievo linea di costa 1984-2003-2010-2015 area Bambinopoli via Mazzini*

- Area Via Mazzini-prima Pineta: il raffronto tra le linee di costa del 2003-1984 e del 2015 mostra un arretramento della linea di costa variabile di 30-35 metri per l'area che va da via Mazzini al FiKo D'India, per poi tornare in equilibrio nell'area della pineta.





Fig 21: rilievo linea di costa 1984-2003-2010-2015 area via Mazzini-pineta.

E' quindi inevitabile che la tendenza evolutiva di accrescimento del litorale di Alba Adriatica dal dopoguerra al 1994 è legata ai fenomeni di erosione presenti sulla spiaggia di Martinsicuro. In termini di tendenza evolutiva, dal 1994 ad oggi, si è registrata una tendenza all'arretramento, le cui cause sono da attribuite a tre fattori:

1. minore apporto solido da parte dei corsi d'acqua, a causa dello sfruttamento degli inerti ed alle opere presenti sul comune di Martinsicuro, primo tra tutti il porto che con la sua apertura verso nord intercetta gran parte dei sedimenti trasportati dal fiume Tronto;
2. progressivo esaurimento dei fenomeni di erosione del litorale di Martinsicuro che si è tradotto in una riduzione di apporti solidi al litorale di Alba Adriatica;
3. l'insieme delle opere realizzate lungo il litorale di Martinsicuro ha prodotto la fuga dei sedimenti verso il largo a discapito del flusso litoraneo altrimenti destinato ad alimentare le spiagge di Alba Adriatica posta sottoflutto (Mondini & Venturini, 2001).





## **ANALISI DELLO STATO ATTUALE**

Il litorale di Martinsicuro e di Alba Adriatica può considerarsi una sub-unità fisiografica chiusa a nord dal porto di San Benedetto ed a sud da quello di Giulianova.

La spiaggia, sia emersa che sommersa, è formata da sabbia medio-fine e la costa, pressoché rettilinea, è orientata secondo la direzione 340°-160° N.

Il litorale di Martinsicuro è, allo stato attuale, quasi interamente protetto da barriere distaccate emergenti realizzate tra la fine degli anni '70 e l'inizio degli anni '80.

Il litorale di Villa Rosa è, allo stato attuale, protetto da barriere sommerse e pennelli realizzati dalla metà degli anni '80 e finiti di realizzare intorno al 2006.

Le ultime opere realizzate nel 2014 sul litorale di Martinsicuro sono consistite nel rinfoltimento delle barriere emerse esistenti, nella realizzazione di barriere soffolte di collegamento tra le barriere emerse e la realizzazione di tre pennelli ortogonali alla costa, tali lavori sono stati realizzati per un tratto di 1500 metri a Martinsicuro nord, in corrispondenza del centro abitato.

Le analisi morfologiche effettuate fino al 2015 hanno evidenziato che la zona critica per quanto riguarda l'erosione è quella di Martinsicuro Nord, Villa Rosa Sud ed Alba Adriatica Nord per un tratto di litorale di 1.700 metri.

Tutte le opere d'arte realizzate nel tempo a difesa dell'arenile di Martinsicuro-Villa Rosa non hanno prodotto i benefici attesi, ma hanno invece spostato il gradino di erosione più a sud verso Alba Adriatica. Continuando in questo modo, ne risentirà anche Tortoreto fra pochi anni.

Le immagini delle pagine seguenti mostrano i risultati delle misurazioni in continuo della linea di costa, dal confine tra Tortoreto e Giulianova (fiume Salinello) fino al porto di Martinsicuro, realizzate nel mese di giugno 2015 attraverso l'utilizzo di strumentazione GPS. I risultati della misurazione del 2015 sono stati messi in relazione con le linee di costa del 2010, 2003 e 1984.



## **CAUSE DELL'EROSIONE**

Individuare le cause che hanno determinato l'attuale fase erosiva della costa abruzzese non risulta difficile, tuttavia risulta più impegnativo stabilire un ordine di importanza da attribuire a questi fenomeni, siano essi di origine naturale o antropica.

### **CAUSE NATURALI**

I fattori naturali che possono influire sulla dinamica costiera sono principalmente di origine geologica e meteomarina di ordine locale, regionale o globale. Tra i fattori di origine geologica sono da ricordare le caratteristiche sedimentologiche e geomorfologiche della costa e dei fondali antistanti, la forma e l'orientamento dell'unità fisiografica, le caratteristiche geolitologiche e idrogeologiche dell'entroterra. Non meno importanti sono le condizioni meteomarine della zona e il relativo trasporto solido lungo costa. Tra i fattori che a scala globale o regionale possono influire sulla stabilità di una spiaggia, possiamo citare i fenomeni di subsidenza ed eustatismo, così come le condizioni climatiche.

I fattori naturali brevemente accennati hanno regolato la dinamica e l'equilibrio del litorale in esame fino ad alcuni decenni addietro, fino a quando l'avvento del fattore antropico, con massicci interventi sia sulla fascia costiera che nell'entroterra, soprattutto lungo i bacini fluviali, ha alterato la normale evoluzione dei processi naturali (Massi, Elmi, Marrone, 2003).

### **CAUSE ANTROPICHE**

Si può affermare che, nel processo erosivo tuttora in corso lungo il litorale abruzzese, l'uomo, consapevolmente o inconsapevolmente, ha dato il suo contributo condizionando negativamente l'equilibrio dei litorali attraverso interventi sulla costa stessa, con la costruzione di opere marittime come pennelli trasversali, moli e scogliere, e attraverso interventi nell'entroterra in corrispondenza dei bacini fluviali.

L'antropizzazione dei settori costieri ha subito, in questi ultimi decenni, un incremento sempre più marcato passando da una concentrazione di tipo puntiforme ad una quasi lineare e determinando il costipamento dei terreni incoerenti a causa dei carichi anomali delle costruzioni, nonché un aumento, anche se difficile da quantificare, del fenomeno della subsidenza (Adamoli, 1979). Inoltre, la distruzione di alcuni tratti del rilevato dunale (litorale





di Martinsicuro) ha favorito l'allontanamento della sabbia per trasporto eolico, oltre ad eliminare quel materiale che costituiva una specie di deposito temporaneo dal quale la spiaggia, durante le tempeste marine, poteva attingere la sabbia e rimetterla in circolo lungo riva. Le cause principali dell'arrestarsi della naturale tendenza all'avanzamento del litorale abruzzese sono da ricercarsi nei primi due punti analizzati ad inizio capitolo, vale a dire l'intervento lungo i bacini fluviale e i vari tipi di intervento lungo costa.

Gli interventi antropici effettuati nell'entroterra lungo i bacini fluviali, che rappresentano i principali apportatori di detriti nell'ambiente costiero devono essere considerati tra i fattori più importanti della morfogenesi delle coste. Essi hanno determinato una diminuzione della portata solida dei vari corsi d'acqua che sfociano nel tratto di litorale in questione.

Tale riduzione è da imputarsi principalmente alle seguenti opere:

- costruzione lungo il corso dei fiumi di sbarramenti artificiali a scopo idroelettrico ed irriguo. Queste opere non solo riducono il trasporto solido fluviale a valle dello sbarramento, ma modificano anche il regime dei fiumi a valle delle dighe di ritenuta;
- costruzione di canali di derivazione fluviali per mezzo di piccoli sbarramenti, che modificano il regolare svolgimento dei processi di erosione e sedimentazione;
- realizzazione di diversi laghetti collinari a scopo irriguo, che raccogliendo durante le piogge le acque meteoriche, riducono sensibilmente la portata liquida e solida dei corsi d'acqua;
- opere di consolidamento e di sistemazione idraulica forestale;
- interventi di risagomatura degli alvei fluviali;
- estrazione incontrollata e spesso abusiva di materiale ghiaioso e sabbioso dall'alveo dei fiumi (stimata da Aquater nel periodo 1966-1973 in 2.000.000 m<sup>3</sup> a fronte di concessioni per 580.000 m<sup>3</sup>), determinando una notevole riduzione del carico solido.

La progettazione e la realizzazione delle opere marittime è stata effettuata spesso senza tener conto della complessa dinamica costiera. Infatti il trasporto solido lungo costa è fortemente influenzato e penalizzato da opere come moli e pennelli che oltre a proteggere limitati tratti di spiaggia, accelerano l'erosione delle adiacenti spiagge situate sottoflutto (Parea, 1978).



## LITORALE DI MARTINSICURO ED INFLUENZE SUL LITORALE DI ALBA ADRIATICA

Attualmente il litorale di Martinsicuro si presenta nella seguente situazione:

- Alla foce del fiume Tronto è presente un pennello costruito negli anni 30 che distribuisce i sedimenti provenienti dal fiume in parte verso nord in parte verso il largo ed in parte verso sud. La quantità di sedimenti trasportata dal Tronto è stimata (Aguater) tra 20.000 e 30.000 m<sup>3</sup>/anno e si distribuisce come illustrato nell'immagine successiva.



Stima dei sedimenti trasportati dal Fiume Tronto

La costruzione del porto turistico nei primi anni 2000, con l'imboccatura verso nord, cattura i sedimenti provenienti dal Fiume Tronto, in quantità stimata intorno a 10.000-15.000 m<sup>3</sup>/anno, dei 20.000 - 30.000 m<sup>3</sup>/anno trasportati dal fiume Tronto, annullando quasi completamente quello che sarebbe il ripascimento naturale apportato dal fiume.

Tratto da:  
**STUDI, INDAGINI, MODELLI MATEMATICI FINALIZZATI ALLA  
REDAZIONE DEL PIANO DI DIFESA DELLA COSTA - REGIONE MARCHE**

Tabella 3 - Stima del trasporto solido al fondo dei corsi d'acqua marchigiani (Aguater, 1982)

Fiume	Superficie (km <sup>2</sup> )	Trasporto solido di fondo potenziale (m <sup>3</sup> /anno)		Trasporto solido di fondo a mare prima del 1960 (m <sup>3</sup> /anno)			Trasporto solido di fondo a mare dopo il 1960 (m <sup>3</sup> /anno)		
		min	max	%	min	max	%	min	max
Foglia	701	42000	78000	60	25000	50000	40	15000	35000
Arzilla	104	12100	20400	60	7000	12000	60	7000	12000
Misano	1405	85000	172000	40	35000	65000	10	10000 <sup>(1)</sup>	20000 <sup>(1)</sup>
Cesano	413	46300	85400	50	30000	50000	40	20000	35000
Misa	376	47700	74600	20	10000	20000	20	8000	15000
Eano	1203	87500	162000	50	40000	80000	15	18000	26000
Monte	642	55200	92600	50	25000	45000	50	25000	45000
Potenza	775	80000	151500	40	35000	60000	10	10000 <sup>(2)</sup>	20000 <sup>(2)</sup>
Chienti	1297	104500	185500	40	40000	70000	20	25000	40000
Tenna	457	38500	71500	60	25000	45000	40	15000	30000
Ete vive	180	12500	25500	40	5000	10000	40	5000	10000
Aso	278	41700	77400	60	25000	55000	10	5000 <sup>(2)</sup>	10000 <sup>(2)</sup>
Messiccia	94	8200	14000	70	5000	10000	70	5000	10000
Tesino	114	24400	39000	70	15000	25000	-	0 <sup>(3)</sup>	0 <sup>(3)</sup>
Tronto	1192	95000	185000	60	35000	50000	30	30000	50000





**STUDIO di GEOLOGIA "PEGASO"**

**PROF. GEOL. GIOVANNI MARRONE**

Via Adige 22 - 63082 Castel di Lama (AP)  
Via Eduarda De Filippo, 5 - 64014 Villa Rosa di Martinsicuro (TE)  
Tel. 360843807 - 3387086300 fax 1782278811  
e\_mail: [info@geopegaso.it](mailto:info@geopegaso.it)



*Sedimenti trasportati dal Fiume Tronto*



*Insabbiamento del Porto di Martinsicuro*



*Sedimenti asportati dal porto di Martinsicuro*



*Sedimenti asportati dal porto di Martinsicuro*





- Gli aspetti negativi legati alla realizzazione del porto con imboccatura verso nord sono molteplici:
  1. inagibilità del porto dall'anno di costruzione ad oggi a causa dell'insabbiamento, privando la cittadinanza di un'opera strategica dal punto di vista turistico e lavorativo.
  2. erosione della linea di costa lungo il litorale di Martinsicuro a causa del mancato apporto sedimentario da parte del fiume Tronto, che è catturato per 80% dal porto stesso.
  3. danni economici ingenti alle strutture turistiche e ricettive che si vedono private di una risorsa indispensabile, il litorale.
  4. danni economici ingenti alle casse comunali, quindi ai cittadini, che ogni anno si trovano costretti a dragare il porto e a trasportare la sabbia, di scarsa qualità, con camion che poi la distribuiscono lungo il litorale creando un ripascimento artificiale, con un impegno economico stimato in circa 50.000-80.000 euro annui, lavori che nelle migliori condizioni hanno la durata di una stagione.

La situazione sopra descritta è ormai diventata paradossale, quindi qualsiasi intervento che si voglia realizzare non potrà prescindere dalla sistemazione dell'imboccatura attuale del porto, al fine di ristabilire e di favorire al massimo, il ripascimento naturale dato dall'apporto sedimentario da parte del fiume Tronto .



L'immagine precedente descrive la situazione 2014 della dinamica costiera presente sul litorale di Martinsicuro. Nei pressi della foce del fiume Tronto, il trasporto solido è distribuito a ventaglio, in tutte le direzioni. Nel tratto compreso tra la foce del Tronto e la foce del Vibrata il trasporto solido è diretto verso Sud. Partendo da questo dato dividiamo il settore della foce in tre parti uguali stimando che 10.000 m<sup>3</sup> di sabbia siano destinati alla Sentina di Porto d'Ascoli, altri 10.000 m<sup>3</sup> di sabbia siano destinati a Martinsicuro e i rimanenti 10.000 m<sup>3</sup> in dispersione verso mare aperto. Buona parte della quota dei 10.000-15.000 m<sup>3</sup> di sabbia destinata a Martinsicuro ad oggi va a finire all'interno del porto. Per la stagione estiva 2014 sono stati prelevati dal porto e accantonati nella zona approdo 20.000 m<sup>3</sup> di sabbia.





### Progetto realizzato per il litorale di Martinsicuro 2014-2015

I lavori di sistemazione del litorale di Martinsicuro sono consistiti nel rinfoltimento delle barriere esistenti la realizzazione di barriere soffolte e di pennelli ortogonali alla linea di costa. Lo scopo del presente lavoro è di bloccare il fenomeno erosivo tuttora in atto sul litorale, ma ci sono delle osservazioni da fare:

- Se non si ristabilisce l'apporto sedimentario da parte del fiume Tronto, ricordiamo che si tratta di circa 10.000-15.0000 m<sup>3</sup>/anno di materiale sabbioso, i lavori in corso avranno la sola funzione di stabilizzare il fenomeno erosivo, a meno che non si voglia continuare a dragare il porto ogni anno, riportando sabbia di scarsa qualità con le spese per le casse comunali che abbiamo precedentemente illustrato.
- Lasciare il porto nella situazione in cui si trova sarebbe un vero e proprio delitto, continuerebbe ad essere inagibile, continuerebbe ad accumulare sabbia togliendola al litorale, renderebbe inefficaci i lavori che si stanno realizzando nonostante l'ingente impegno di fondi pubblici.
- Per quanto riguarda la realizzazione di pennelli ortogonali alla linea di costa occorre precisare che se da un lato hanno la funzione di intrappolare i sedimenti sabbiosi (sedimenti che ricordiamo verranno per la maggior parte intrappolati dall'attuale porto), dall'altro presentano diversi aspetti negativi:
  1. Impediscono il trasporto solido lungo costa, che per il litorale oggetto di studio, ha direzione prevalente Nord-Sud, con le conseguenze che si avrà lo spostamento del fenomeno erosivo verso sud (Villa Rosa ed Alba Adriatica).
  2. Favoriscono il ristagno delle acque nei periodi estivi con conseguente formazione di alghe e mucillagine.

Per queste ragioni la Regione Marche ha impedito, nei lavori che si stanno realizzando sul loro litorale, la realizzazione di nuovi pennelli. Nel Piano di Gestione Integrata delle aree costiere-Norme Tecniche di Attuazione Art. 6 (REGIONE MARCHE-DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE-SERVIZIO PROGETTAZIONE OPERE PUBBLICHE DI INTERESSE REGIONALE, V.I.A. E GESTIONE INTEGRATA DELLE AREE COSTIERE )-Art. 6: Opere trasversali alla linea di costa .



1. *"È sconsigliata la realizzazione di nuove opere marittime trasversali, compresi i prolungamenti dei moli foranei dei porti esistenti, in considerazione dei comprovati effetti negativi sulla linea di costa."*
2. *"È sconsigliata la realizzazione di porti canale, qualora non vengano previste adeguate misure ambientali compensative."*
3. *"Sono fatti salvi gli interventi previsti dai Piani regolatori dei porti già adottati prima della adozione definitiva di codesto Piano (gestione integrata delle aree costiere)".*

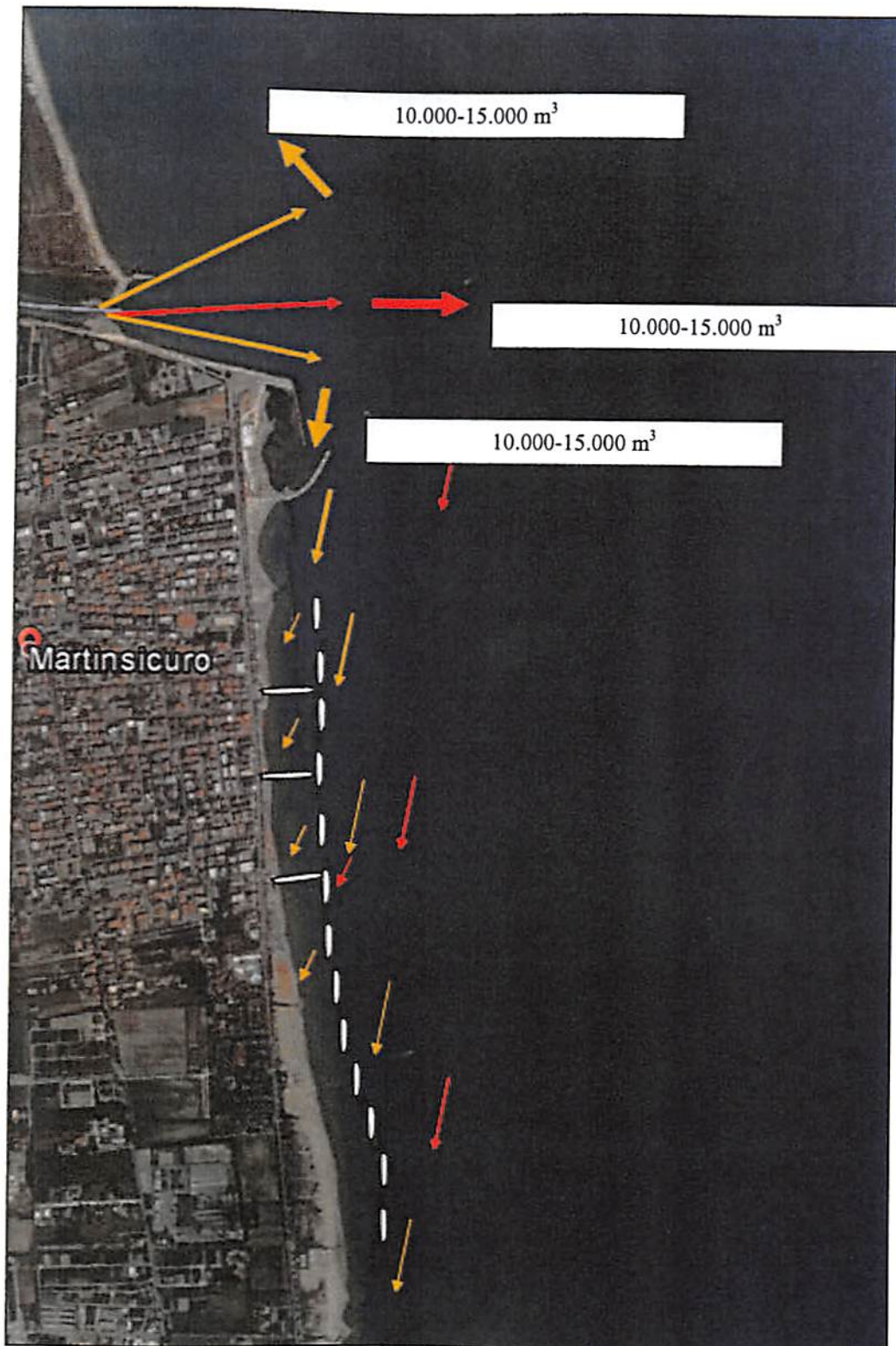
A titolo di esempio si riporta un'immagine satellitare del comune di Roseto in cui appare evidente l'effetto negativo dei pennelli sulla linea di costa e l'effetto positivo delle sole scogliere parallele alla linea di costa.







INTERVENTO REALIZZATO A MARTINSICURO NEL 2014-2015





## **INTERVENTI DA REALIZZARE**

E' doveroso evidenziare che per la costa abruzzese non esiste una tipologia ottimale di intervento. Ogni tratto di litorale costituisce un caso a sé per il quale è necessario stabilire quale sia la tipologia di intervento da adottare in relazione alle condizioni locali e agli obiettivi che si vogliono conseguire"

Attualmente gli strumenti adottati per la salvaguardia e la manutenzione dei litorali possono essere classificati in due categorie:

- interventi indiretti (disposizioni legislative per la gestione delle risorse del territorio);
- interventi diretti di difesa sul litorale (pennelli, barriere distaccate emergenti e sommerse, ripascimenti).

Tra gli interventi diretti alcuni hanno un impatto ambientale decisamente limitato rispetto agli altri.

Nelle pagine successive cercheremo, alla luce della situazione attuale, di proporre alcune tipologie di intervento realizzabili per i litorali di Martinsicuro ed Alba Adriatica.

### **Progetto alternativo per il litorale di Martinsicuro per influenzare positivamente i litorali sottoflutto**

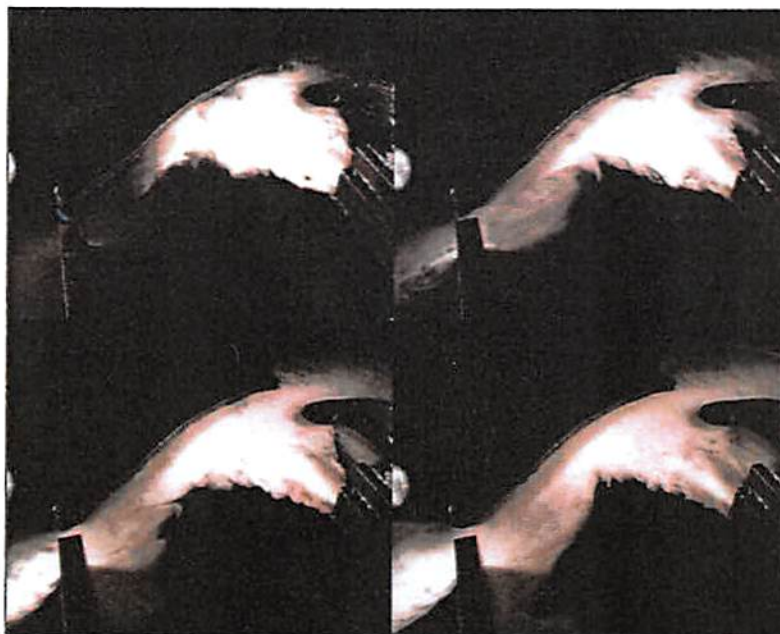
Viste le osservazioni riportate nei capitoli precedenti, considerati gli studi effettuati (Acquater, progetti Si.co.ra e R.i.c.a.m.a), sulla direzione ed intensità del moto ondoso, possiamo trarre le seguenti conclusioni: qualsiasi intervento che si voglia realizzare sul litorale di Martinsicuro ed Alba Adriatica, non potrà prescindere dalla sistemazione sull'imboccatura attuale del porto, al fine di ristabilire e di favorire al massimo, il ripascimento naturale dato dall'apporto sedimentario da parte del fiume Tronto, Vibrata e Salinello:

- realizzare in direzione della foce del fiume Tronto, a circa 750 m da essa, una barriera di forma arcuata, in modo da catturare tutti i sedimenti trasportati dal fiume e di distribuirli in modo uniforme sia sui litorali posti a nord che a sud impedendo che parte di essi si disperdano verso il largo. Questo intervento, realizzato per il porto di Pescara, porterebbe sui litorali posti a sud (Martinsicuro, Alba Adriatica, Tortoreto) circa 15.000 m<sup>3</sup>/anno di sedimenti sabbiosi, con il risultato che la linea di costa sottoposta a questo ripascimento naturale, vedrebbe un accrescimento stimabile in da 1 a 3 metri ogni anno per un tratto di litorale di circa 10 Km.





*Barriera a largo del fiume Pescara*



*Simulazione sull'andamento dei sedimenti barriera a largo del fiume Pescara*

- sistemare definitivamente l'imboccatura del porto esistente a Martinsicuro, utilizzando le scogliere presenti (quindi con il costo del solo pontone), questa opera necessaria avrebbe il doppio effetto di:
  1. rendere finalmente fruibile una struttura portuale inagibile da ormai 14 anni;
  2. impedire che i sedimenti portati dal fiume e necessari al naturale ripascimento dei litorali di Martinsicuro ed Alba Adriatica, vengano intrappolati dal porto;
- realizzare delle scogliere foranee emerse che hanno direzione ortogonale agli eventi di moto ondoso principale, evitando di realizzare i pennelli ortogonali, per gli effetti

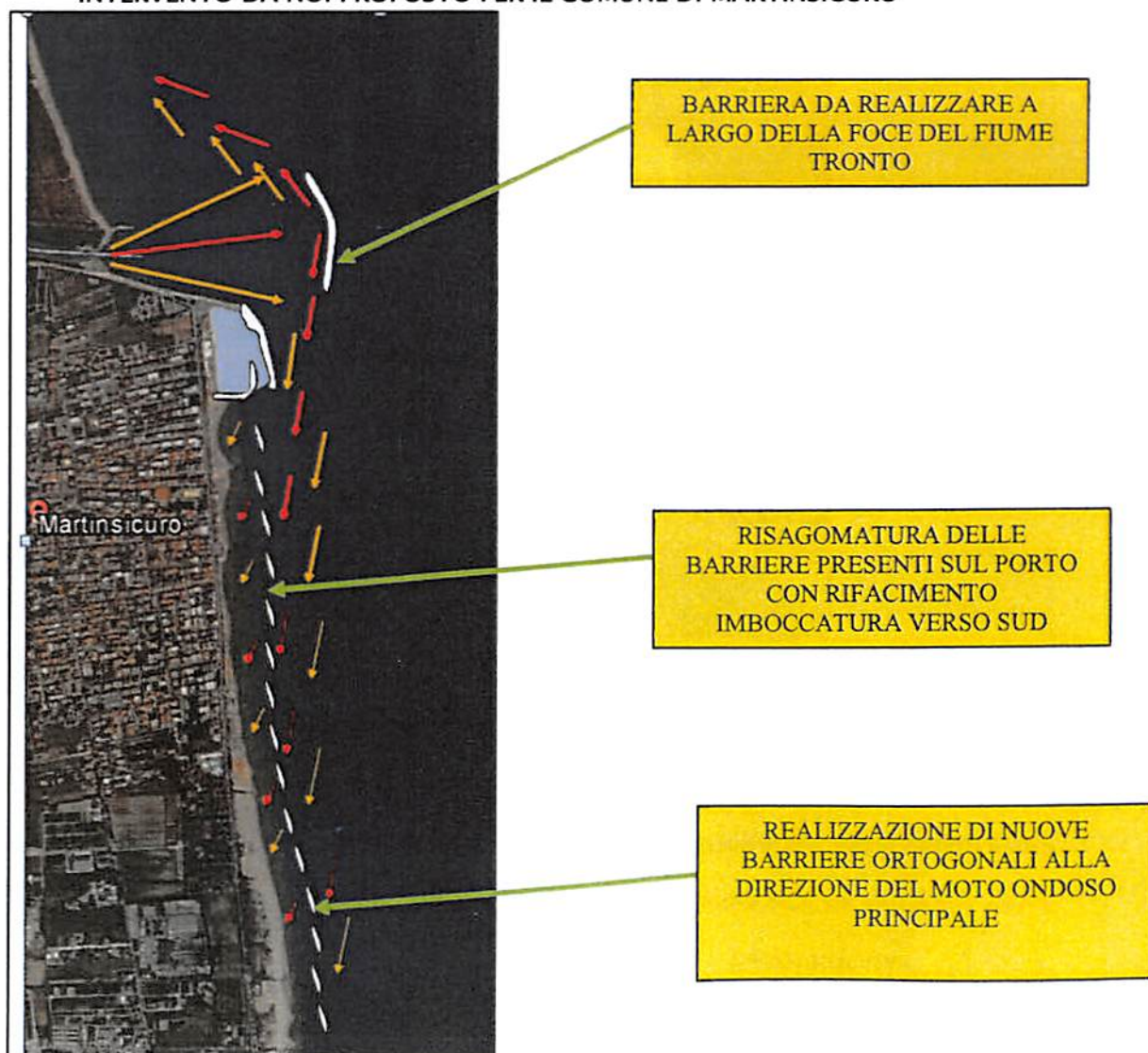


negativi illustrarti nei paragrafi precedenti, e comunque da realizzare fino al porto di Giulianova.

L'immagine successiva riporta in maniera schematica la serie degli interventi che sarebbe auspicabile realizzare al fine di mitigare il fenomeno erosivo, e di rendere agibile il porto, la realizzazione di scogliere foranee parallele alla linea di costa o in alternativa la creazione di secche artificiali (CURSA), dovranno proseguire per una lunghezza di circa 7 Km fino sia sul litorale di Villa Rosa che di Alba Adriatica, fino all'altezza della prima Pineta.

Questo tipo di intervento sarebbe anch'esso consigliabile, se non fosse per gli enormi costi che si dovrebbero supportare e per il fatto che deve avvenire in tempi ristretti e tutti contemporaneamente, per non permettere di subire effetti negativi alle aree posta a sud

#### INTERVENTO DA NOI PROPOSTO PER IL COMUNE DI MARTINSICURO







## INTERVENTO INDICATO DAL CURSA

(Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente).

L'intervento di protezione e consolidazione della spiaggia, del tutto innovativo per le coste italiane, ma già sperimentato con successo in alcuni altri ambiti internazionali, consiste nel rinforzare le secche, creando, dove necessario, delle secche artificiali ("artificial reef" nella denominazione inglese). Tra la singola secca e la spiaggia l'energia del moto ondoso è smorzata, a causa del frangimento delle onde indotto dalla secca medesima. Tale area diventa quindi una zona di deposizione e di stabilizzazione del naturale sedimento della spiaggia. Quand'anche sia necessario effettuare un ripascimento artificiale, per ripristinare la lunghezza desiderata della spiaggia affetta dall'erosione o, nel tempo, per ripristinare la quota parte di sedimento dispersa dal mare verso il largo e non sopperita dalle foci fluviali, le secche artificiali fungeranno da stabilizzazione del sedimento riportato sulla battigia.

Le secche artificiali sono realizzate normalmente in corrispondenza di una profondità dell'acqua di 4 o 5 m, innalzando il fondo fino a 1 o 2 m sotto la superficie del medio mare. Possono avere mediamente una larghezza della base di 50 m ed essere realizzate a "V rovesciata" con il vertice verso il largo, in modo da favorire il frangimento delle onde che arrivano da tutte le direzioni (sia da destra che da sinistra, per chi guarda il mare) abbattendone l'energia in modo continuo e progressivo (e non in modo impulsivo ed immediato come fanno le scogliere frangiflutti longitudinali, attorno alle quali si determinano indesiderati fenomeni di erosione localizzata con perdita di sabbia in sospensione verso il largo).

Un attento studio della dinamica litoranea, che è possibile realizzare, oggi, con i sofisticati modelli di simulazione numerica allo stato dell'arte resi disponibili dalla ricerca scientifico-tecnica, permette di ottimizzare forma, posizione e frequenza delle secche artificiali lungo il litorale di intervento, in funzione del clima caratteristico del moto ondoso, della batimetria della spiaggia, della tipologia del sedimento.

Riassumendo, le secche artificiali presentano queste caratteristiche positive: non si vedono (essendo realizzate al di sotto del livello del mare) e quindi non alterano l'aspetto paesaggistico della spiaggia; non intaccano la continuità della battigia dando modo ai



fruitori della spiaggia di correre o camminare come nelle condizioni naturali; non alterano la circolazione idrodinamica sotto riva, mantenendo il naturale ricircolo delle acque; tuttalpiù determinano la formazione di salienti nelle basse profondità, zone di acque basse dovute al deposito dei sedimenti che normalmente sono apprezzate dai bagnanti per i giochi d'acqua e il nuoto dei piccoli.

Ogni singola secca artificiale manifesta il suo effetto positivo in un tratto di circa 3-500 m di spiaggia. Per la protezione di un tratto esteso è da considerare la realizzazione di una batteria di secche, non necessariamente poste alla stessa distanza e con le medesime caratteristiche, ma ottimizzate in funzione delle caratteristiche locali. Inoltre, nel corso delle mareggiate le secche artificiali regolarizzano il frangimento delle onde, migliorandone il loro utilizzo per gli amanti degli sport acquatici.

Come sono realizzate le secche artificiali? Anche su questo tema la tecnologia di intervento costiera e marittima ha fatto significativi passi avanti, proponendo soluzioni meno invasive degli scogli e più "morbide". Si tratta dei cosiddetti "geotubi", calze di innovativi tessuti artificiali (i tessuti/non tessuti) resistentissimi e ormai lungamente collaudati all'aggressione marina, che vengono riempiti con la sabbia presa in posto.

Le moderne tecnologie di confezione, posa e riempimento, consentono di realizzare geotubi di grandi dimensioni, fino a 4/5 m di diametro, dando la possibilità di adattare la migliore soluzione geometrica alle caratteristiche locali della spiaggia. I geotubi sono flessibili, non rigidi, e pertanto si adattano alla conformazione dei fondali, seguendone l'evoluzione. La loro superficie, per quanto ruvida, non è dura come quella degli scogli. La realizzazione dell'intervento in geotubi, riempiti con sabbia locale (o presa dai fondali di poco più al largo per non sottrarre sedimento alla spiaggia attiva), risparmia al territorio e all'ambiente i notevoli costi di movimentazione dei massi dalle cave fino alla costa.

Veniamo quindi, infine, anche all'aspetto sociale di questa proposta: il mare e lo sport; in questo caso il surf. La pratica del surf sta prendendo sempre più piede in Italia. E' uno sport bellissimo, perfettamente integrato nella natura, non impattante, ambientale, sano. E' un nuovo modo per avvicinare i giovani al mare, per far loro apprezzare la bellezza delle coste e la necessità di salvaguardarle. Ed è anche un modo per prolungare la stagionalità





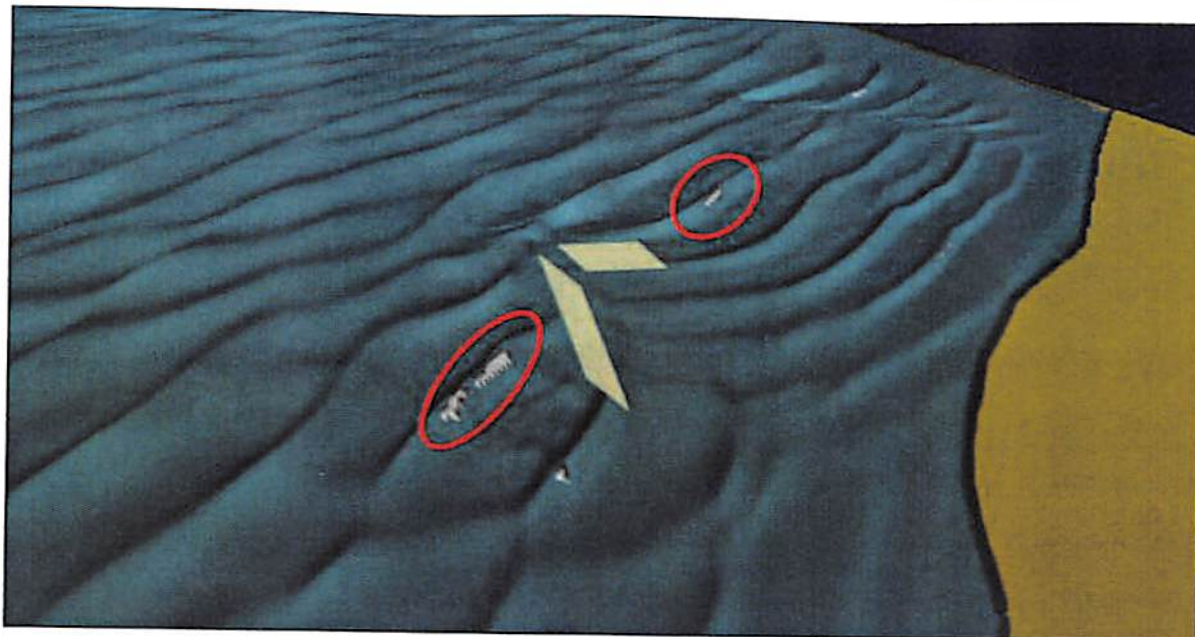
dell'economia balneare: le onde migliori si hanno con maggior frequenza in inverno, a seguito delle mareggiate.

Poter prolungare, anche solo parzialmente, la stagionalità delle infrastrutture balneari può avere un riflesso positivo sull'economia locale. Se un sito diventa uno "spot" da onda ottimale e riconosciuto dalla comunità dei surfisti, durante un fine settimana invernale, molto spesso di brutto tempo, esso può essere frequentato da diverse decine di praticanti che assicurano un presidio alla spiaggia che, usualmente, è abbandonata a se stessa nei mesi freddi. Si tenga conto che nella filosofia del surf c'è il massimo rispetto dell'ambiente: quando si va a surfare in gruppo su una spiaggia non presidiata, la prima cosa che si fa è raccogliere i rifiuti antropici (plastiche, bottiglie ecc.) portati dal mare nel proprio "spot" e conferirli a discarica. Le secche artificiali possono considerevolmente migliorare la surfabilità delle onde. Opportunamente conformate secondo la direzione d'attacco delle onde più frequenti (in base a parametri tecnici quali "l'angolo di peel" o "il numero di Irribarren") le secche artificiali possono migliorare e allungare il frangimento dell'onda, migliorandone la fruibilità per i surfisti.

Come prima accennato, nel mondo ci sono diversi esempi di secche artificiali realizzate anche per la finalità della protezione della spiaggia, come documentato nelle foto seguenti. In Italia sono stati proposti "reef" artificiali a Varazze, in Liguria, a Marina di Carrara e a Marina di Massa, in Toscana.

Ogni intervento è stato giustificato con una duplice finalità: la protezione della spiaggia contro l'erosione e la pratica dello sport, con i positivi rivolti socio-economici descritti.

Si confida che il litorale di Alba Adriatica e di Tortoreto possa diventare un sito di intervento sperimentale per la messa in pratica di questa innovativa tecnica di stabilizzazione della spiaggia, ambientalmente sostenibile e non invasiva, con l'obiettivo futuro di considerarne l'applicazione anche ad altri tratti della costa abruzzese, nell'ambito di una auspicabile revisione e di un opportuno aggiornamento del piano di protezione delle coste regionale.



*Verifica su modello numerico della secca artificiale proposta a Marina di Massa  
(si notano i frangenti surfabili delle onde e la formazione del saliente a riva)*



*L'effetto, sulla linea di riva, prodotto da una secca artificiale ("reef").*

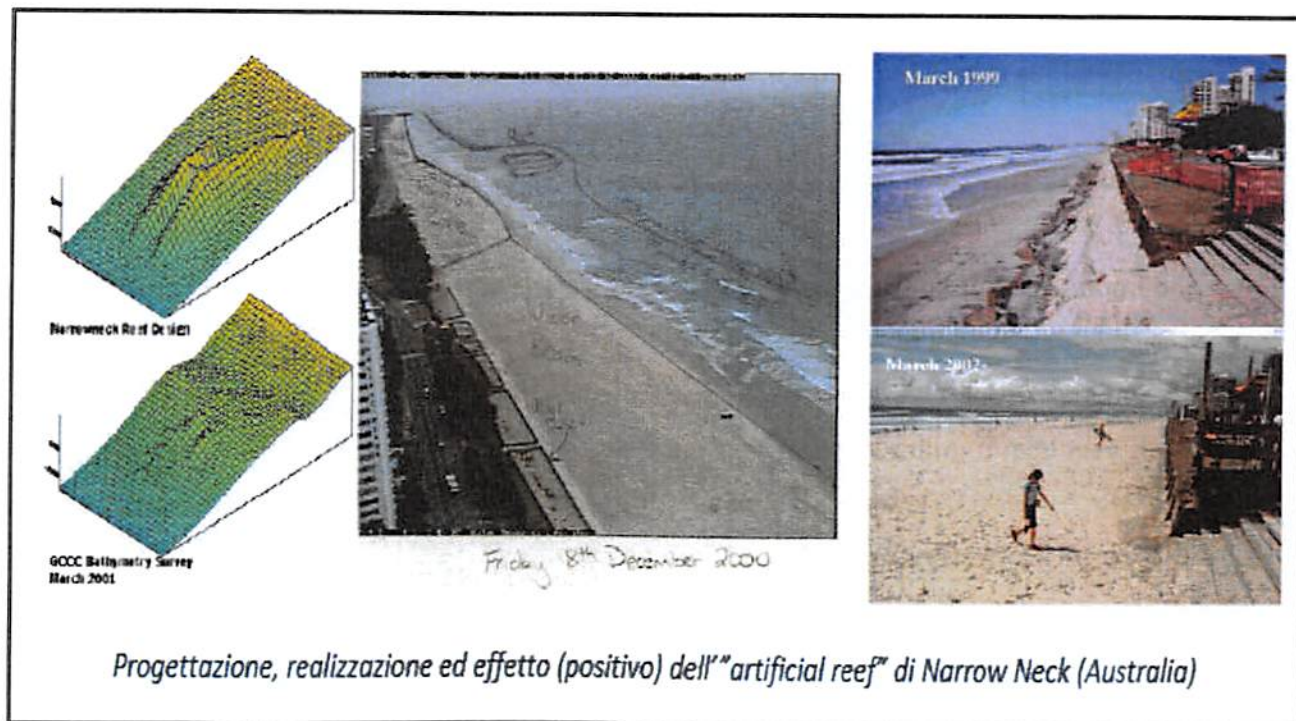
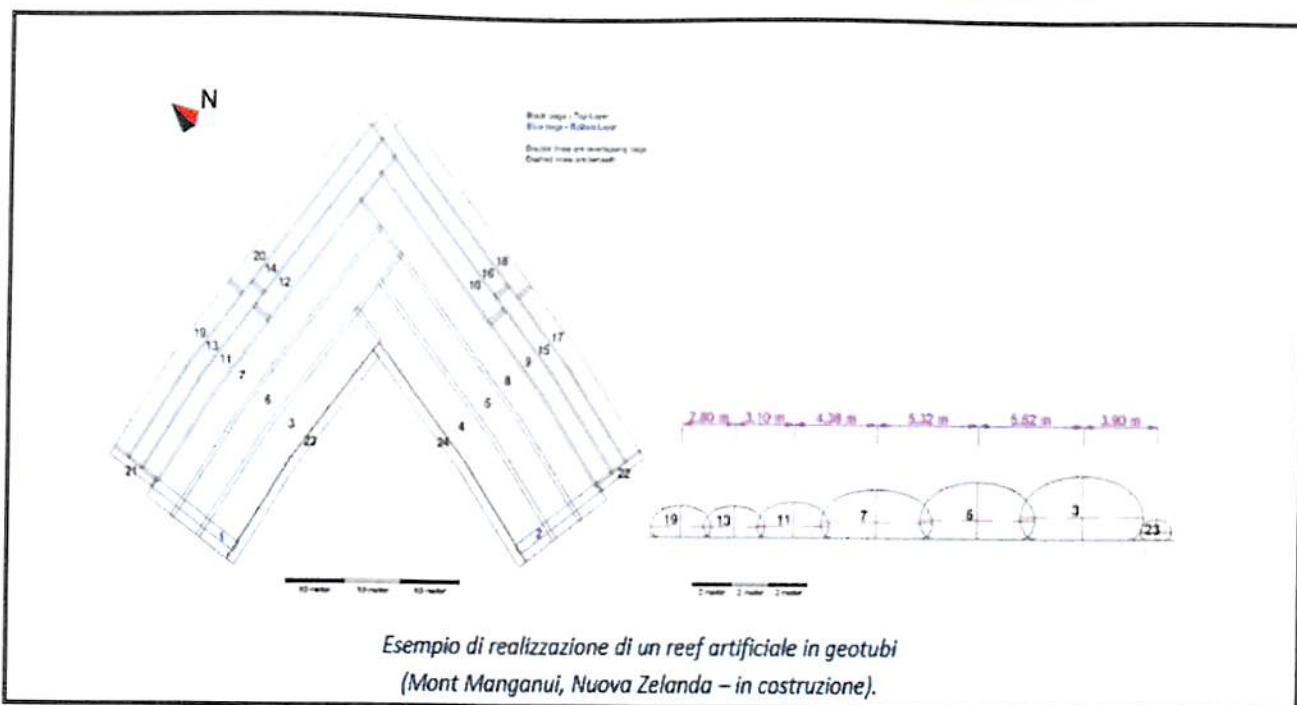




**STUDIO di GEOLOGIA "PEGASO"**

**PROF. GEOL. GIOVANNI MARRONE**

Via Adige 22, 63082 Castel di Lama (AP)  
Via Eduardo De Filippo, 5 - 64014 Villa Rosa di Martiniscura (TE)  
Tel. 360843807 - 3387086300 fax 1782278811  
e-mail: [info@geopegaso.it](mailto:info@geopegaso.it)





## RIPASCIMENTO

I ripascimenti consistono in versamenti di sabbia e/o ghiaie lungo il litorale in quantitativi tali da fornire un contributo positivo sul bilancio solido litoraneo, al fine di indurre un ampliamento artificiale della spiaggia.

I ripascimenti richiedono una preventiva indagine delle caratteristiche mineralogiche e granulometriche delle sabbie per definire le possibili differenze, tra il materiale solido presente sul litorale e quello di ripascimento.

Le caratteristiche mineralogiche che devono essere verificate per il materiale da ripascere sono:

- resistenza a fenomeni chimico-fisici che possono determinare una diminuzione dei volumi di ripascimento (necessita di analisi mineralogica e petrografica);
- consistenza strutturale dei granuli che compongono i volumi di ripascimento al fine di garantire che l'intervento duri nel tempo (necessita di analisi granulometrica).

Per rispondere ai requisiti di impatto ambientale è bene che vi sia una buona corrispondenza mineralogica tra il sedimento di ripascimento e quello naturale, bisogna poi verificare l'assenza di sostanze organiche, anche l'impatto visivo impone un materiale con caratteri cromatici simili a quelli della spiaggia nativa (Mondini & Matteotti, 2001).

Nei ripascimenti artificiali anche i valori del diametro medio e della deviazione standard sono importanti. Molto importante è il confronto tra le varie frazioni granulometriche.

Circa le percentuali di fango, le spiagge emerse e quelle dei fondali mostrano piccolissime differenze, le prime hanno una percentuale media del 2%, le seconde intorno al 5% (Dal Cin, 1989). I sedimenti utilizzati per il ripascimento possono essere reperiti sia sulla terra ferma, ma anche, e questa sembra la soluzione più appropriata, nei fondali marini a profondità e distanze tali da rendere conveniente il loro utilizzo.

Anche nelle Marche settentrionali (Dal Cin & Simeoni; 1987) e nell'Abruzzo settentrionale (Dal Cin, 1989), sono stati individuati sotto costa ad una distanza di riva 500-1500 m ed a una profondità di 5-8 m, depositi sabbiosi che potrebbero essere utilizzati per ripascimenti artificiali.

L'asportazione di questa sabbia non dovrebbe procurare sulle spiagge ripercussioni negative a patto che si rispetti una distanza di sicurezza dalla linea dei frangenti (Viguiet *et Alii*, 1984).





Si è calcolato di prelevare dei sedimenti dai fondali con scavi di opportuna forma, non provoca conseguenze sulla spiaggia, qualora i prelievi siano effettuati a 400-500 m oltre la linea dei frangenti, tali distanze sono calcolate per onde alte 7 m (Dal Cin & Simeoni, 1994).

Anche per quanto riguarda i tempi di esecuzione, la tecnica più rapida e più efficace di ripascimento è quella con draghe, che scaricano sedimenti prelevati in fondo al mare, in quantità variabili dai 20.000 ai 30.000 m<sup>3</sup> al giorno.

Per calcolare il dimensionamento del ripascimento è necessario sapere quali sono i valori del trasporto solido trasversale.

Nel primo anno di esercizio il profilo trasversale è destinato a modellarsi sotto l'azione delle mareggiate con un inevitabile e consistente arretramento della linea di riva, che però poi tenderà a stabilizzarsi.

Le opere di ripascimento realizzate sui litorali di Villa Rosa non hanno tenuto conto delle caratteristiche mineralogiche e granulometriche delle sabbie utilizzate, in effetti erano presenti frazioni fini in quantità maggiori di quelle naturalmente presenti.



## CONCLUSIONI

In conclusione da quanto riportato nelle pagine precedenti, possiamo affermare che:

- tutti gli interventi effettuati a Martinsicuro, dalla realizzazione del porto alle opere di difesa costiere realizzate nel 2014, hanno interrotto l'apporto sedimentario da parte del fiume Tronto ed hanno pressoché annullato il trasporto solido dei sedimenti lungo costa, creando problemi di forte erosione nei litorali posti sottoflutto, quindi a Villa Rosa e ad Alba Adriatica.
- nonostante il massiccio riporto di sabbia effettuato a Villa Rosa tra il 2004 ed il 2006 il fenomeno erosivo, a causa dei pennelli realizzati, ha subito un'accelerazione nei litorali posti a sud, infatti si veda la carte dell'evoluzione della linea di costa nel tempo.
- A maggior ragione si può sottolineare che quanto veniva espresso nel comunicato stampa del 21 agosto 2004, dopo un incontro svoltosi a Martinsicuro tra i tecnici dei due comuni confinanti ed i tecnici della Regione Abruzzo è stato smentito dai fatti:

*"L'intervento di ripascimento della costa di Martinsicuro non avrà conseguenze negative per il comune di Alba Adriatica. E' quanto emerso nell'incontro di ieri mattina organizzato dalla Regione Abruzzo, servizio opere marittime, e dall'assessorato ai lavori pubblici del comune vibratiano, per rassicurare gli albergatori albensì che nei mesi scorsi avevano espresso diverse perplessità sul progetto. Questi ultimi, infatti, temevano che il progetto di ripascimento della costa di Martinsicuro finanziato dal Cipe potesse in qualche modo aggravare il fenomeno erosivo ad Alba".*

- Per il litorale in oggetto non esiste un sistema di intervento ottimale ma una serie di interventi che messi insieme possano ristabilire il trasporto dei sedimenti da parte dei fiumi, favorire al massimo il trasporto solido lungo costa ed infine opere di ripascimento mirate e opere di difesa non rigide. Per quanto riguarda le opere di difesa si ritiene di intervenire come consigliato dal Cursa, con la creazione di secche artificiali (vedi pag.57-61).



Geol. Giovanni Marrone





## BIBLIOGRAFIA

- Adamoli L. (1979) - Dinamica del litorale abruzzese dal Tronto al Pescara. *Notizie Economia Teramana*, 3-4, 84-98.
- Adamoli L. (1979a) - Le cause dell'erosione del litorale abruzzese dal Tronto al Pescara e criteri di intervento per la sua difesa. *Notizie Economia Teramana*, 11-12, 26-41.
- Adamoli L. (1991) - La costa abruzzese: dinamica del litorale, processi erosivi, degrado ambientale e possibili strategie di intervento. 3° geological day.
- Aquater (1982) - Regione Marche. Studio generale per la difesa delle coste: prima fase. 1-2, S. Lorenzo in Campo.
- Aquater (1982 a) - Regione Abruzzo. Studio generale per la difesa della costa: prima fase. 0-8, S. Lorenzo in Campo.
- Aquater (1984) - Regione Marche. Studio generale per la difesa delle coste. Seconda fase. Analisi Del regime del trasporto litoraneo e bilancio dei sedimenti. *Snamprogetti*, pp. 188.
- Aquater (1985) - Regione Abruzzo. Studio generale per la difesa della costa: seconda fase. 0-7, S. Lorenzo in Campo.
- Bartolucci V. (1982) - Composizione, provenienza e dispersione delle sabbie del litorale abruzzese. Tesi di laurea inedita, Univ. Bologna.
- Beltrami G.M., Contini P., Mondini F., Venturini G. (2001) - Studio delle tendenze evolutive del litorale abruzzese. Analisi dei livelli di marea al largo delle coste abruzzesi - In: *Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Induzione delle aree vulnerabili e dei livelli di rischio attesi a scala regionale. Relazione interna 6-1. Direzione territorio, urbanistica, beni ambientali, parchi, politiche e gestione dei bacini idrografici. Regione Abruzzo*, 1-25.
- Beltrami G.M., Contini P., Mondini F., Venturini G. (2001) - Studio delle tendenze evolutive del litorale abruzzese. Analisi del clima meteomarinico al largo di Ortona - In: *Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Individuazione delle aree vulnerabili e dei livelli di rischio attesi a scala regionale. Relazione interna 6-2. Direzione territorio, urbanistica, beni ambientali, parchi, politiche e gestione dei bacini idrografici. Regione Abruzzo*, 2-49
- Beltrami G.M., Mondini F., Venturini G. (2001) - Classificazione della costa abruzzese in tratti a distinti livelli di vulnerabilità. Caratteristica del moto ondoso al largo delle coste



abruzzesi - In: Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Individuazione delle aree vulnerabili e dei livelli di rischio attesi a scala regionale. Relazione interna 9-1. Direzione territorio, urbanistica, beni ambientali, parchi, politiche e gestione dei bacini idrografici. Regione Abruzzo, 2-38.

Bici S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1995) - Evoluzione Messiniano-Pliocenica del sistema catena-avanfossa nell'area marchigiano-abruzzese esterna. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1995/1, 29-35.

Bici S., Cantalamessa G., Centamore E., Didaskalou P., Dramis F., Farabollini P., Gentili B., Invernizzi C., Micarelli A., Nisio S., Pambianchi G. & Potetti M. (1995a) - La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologia. Studi Geologici Camerti, VOLUME Speciale 1995/1, 37-49.

Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F. (1989) - Composizione e tessitura delle rocce terrigene. Da: rocce e successioni sedimentarie. UTET, 1989/2, 11-21.

Contini P., De Girolamo P. (1998) - Impatto morfologico di opere a mare: casi di studio. Convegno AIOM, Lerici.

#### **CURSA (CONSORZIO UNIVERSITARIO PER LA RICERCA SOCIOECONOMICA E PER L'AMBIENTE).**

Cuzzi D., Polidoro M. (2002) - Studio di fattibilità degli interventi sul litorale di Martinsicuro. Fattibilità economico finanziaria.- In: Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Progetti di fattibilità di opere di difesa, riqualificazione e manutenzione del litorale abruzzese. Relazione interna 16.b. Direzione territorio, urbanistica, beni ambientali, parchi, politiche e gestione dei bacini idrografici. Regione Abruzzo, 2-17.

Dal Cin R. (1989) - I litorali tra San Benedetto del Tronto e Ortona (medio Adriatico): sedimenti, degrado ambientale, zonazione costiera, possibili strategie d'intervento. Boll. Soc. Geol. It., 108 (1989), 649-686, 24 ff., 2 tab.

Dal Cin R. & Simeoni U. (1994) - Degrado, ricerche di sabbie in mare e possibili interventi nei Litorali fra Ancona e San Benedetto del Tronto (medio Adriatico). Boll. Soc. Geol. It., 113 (1994), 95-104, 4 ff., 1 tab.

Dal Cin R. & Simeoni U. (1987) - L'analisi multivariata applicata alla caratterizzazione ambientale dei litorali nord-Abruzzesi (medio Adriatico). Mem. Soc. Geol. It., 37 (1987), 379-389, 6 ff., 2 tab.





Elmi C. & Gori U. (1987) - Variazioni della morfologia costiera prodotte da opere di difesa sul litorale Pesarese. Mem. Soc. Geol. It., 37 (1987), 417-426, 6 FF., 1 tab.

Farabollini P. (1995) - Evoluzione geomorfologica quaternaria della fascia periadriatica tra Ancona e Vasto. Tesi di dottorando inedita, Univ. Perugia.

Folk R.L. & Ward W.C. (1957) - Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Jour. Sediment. Petr., 27, 3-36.

Foreman M.G.G. (1977) - Manual for tidal heights analysis and prediction. Institute of Ocean Sciences, Sydney.

Franco P., Jeftic I., Malanotte Rizzoli P., Michelato A., Orlic M. (1982) - Descriptive model of the northern Adriatic. Oceanologica Acta.

Godin G. (1972) - The analysis of tides. University of Toronto Press, Toronto.

Girardi A., Marabini F. & Zunica M. (1984) - Evoluzione delle coste abruzzesi-molisane ed analisi di alcuni paraggi significativi. Mem. Soc. Geol. It., 27, 569-577.

Giorni G., Girardi A., Marabini F., Secco G. & Zunica M. (1987) - Metodologie d'indagine sull'erosione costiera: il caso Abruzzo-Molise. Univ. Padova. Quad. Dip. Geogr., 8, 1-31.

Girardi A. (1982) - Sulle variazioni storiche recenti della linea di riva tra S. Benedetto del Tronto e Giulianova (Medio Adriatico). Cronache Adriatiche, 1-2, 146-149.

Mancinelli A. (1996) - Completamento delle opere di difesa del litorale di Martinsicuro. Relazione tecnico illustrativa. Progetto esecutivo, 7-38.

Mondini F. & Matteotti F. (2001) - Individuazione delle tipologie di intervento - In: Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Progetti di fattibilità di opere di difesa, riqualificazione e manutenzione del litorale abruzzese. Relazione interna 12. Direzione territorio, urbanistica, beni ambientali, parchi, politiche e gestione dei bacini idrografici. Regione Abruzzo, 2-21.

Mondini F. & Venturini G. (2002) - Studio di fattibilità dell'intervento sul litorale di Martinsicuro - In: Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Progetti di fattibilità di opere di difesa, riqualificazione e manutenzione del litorale abruzzese. Relazione interna 14.b. Direzione territorio, urbanistica, beni ambientali, parchi, politiche e gestione dei bacini idrografici. Regione Abruzzo, 1-18.

Parea G.C. (1978) - Trasporto dei sedimenti ed erosione costiera lungo il litorale fra il Tronto ed il Fortore (Adriatico centrale). Boll. Soc. Geol. It., 19, 361-367.



Pulini L. (1980) - Considerazioni sull'evoluzione storiche della linea di costa nel tratto compreso tra le foci del fiume Pescara e Saline in provincia di Pescara. Consorzio Bonifica Vestina, Pescara (relazione inedita).

Simeoni U. (1989) - Rapporti fra barre e caratteri idrodinamico-geomorfologici nei litorali nord abruzzesi (medio Adriatico). Boll. Soc. Geol. It., 108, 161-173.

Smith J. M. (1991) - Wind-wave generation on restricted fetch. Miscellaneous paper CERC-91-02, US Army Engineer Waterways Experiment Station.