

	<b>COMUNE DI FANO</b> <b>PROVINCIA DI PESARO E URBINO</b>
<b>OGGETTO:</b>	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA RELATIVA AL PROGETTO DI RIFIORIMENTO DELLE SCOGLIERE SOFFOLTE E COSTRUZIONE SCOGLIERA EMERSA NEL TRATTO DI COSTA COMPRESO TRA IL PORTO DI FANO E BAI A METAURO.
<b>COMMITTENTE:</b>	COMUNE DI FANO - SETTORE 5 - LAVORI PUBBLICI ED URBANISTICA
<b>UBICAZIONE:</b>	TRATTO DI COSTA TRA IL PORTO DI FANO E BAI A METAURO
<b>ELABORATO:</b>	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
	<p>29/04/2015</p> <p><b>TECNICO:</b></p> <p><b>DOTT. GEOL. MARIA VITTORIA CASTELLANI</b> Via 2 GIUGNO 16 - FANO (PU) tel. 0721/804818 - 3355414295 e-mail :castellani.mv@libero.it</p> <p><b>Collaborazione:</b></p> <p><b>DOTT. GEOL. LAURA PELONGHINI</b> Via Alessandrini 3 - FANO (PU) tel. e fax 0721/1796562 cell 347/3212936 e-mail: laura.pelonghini@gmail.com</p> <div data-bbox="1005 1377 1436 1601"></div> <div data-bbox="1005 1657 1404 1904"></div>

## ***INDICE***

1. P R E M E S S A.....	3
2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO .....	6
5. INQUADRAMENTO LITOLOGICO DI DETTAGLIO .....	10
6. OPERE DI DIFESA ESEGUITE NEL TRATTO DI COSTA .....	12
7. ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	15
8. SISMICITÀ DELL'AREA (tratto da Stefano Mazzoli - Chiara Macchiavelli) .....	16
9. INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	18
10. INQUADRAMENTO DELLE CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE DELLA SPIAGGIA.....	22

## 1. PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico dell'Amministrazione Comunale di Fano, illustra i risultati dell'indagine geologica e geomorfologica eseguita nel tratto di costa compreso tra il Porto di Fano e Baia Metauro per il progetto di rifiorimento delle scogliere soffolte e la costruzione di scogliere emerse a corredo sia della Valutazione di Impatto Ambientale che del progetto definitivo di cui in oggetto.

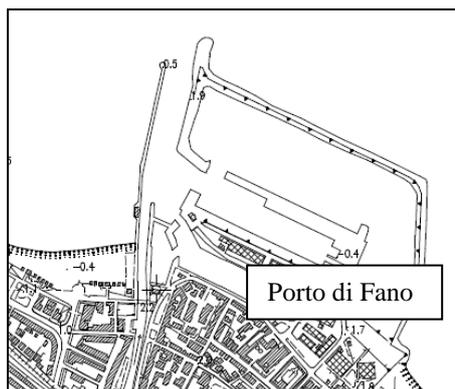
I dati bibliografici di riferimento utilizzati sono stati la carta geologica d'Italia scala 1:25000, la Carta Geologica Regionale edizione CTR scala 1:10.000, le carte geologiche redatte per il PRG del Comune di Fano, nonché pubblicazioni scientifiche a cura dei Dipartimenti Universitari ed Enti Pubblici e Privati; ci si è avvalsi inoltre dello Studio Geologico e Geomorfologico eseguito per l'area costiera in oggetto (Tesi di Laurea), dello Studio Generale per la Difesa della Costa, di Studi e Cartografie redatte dalla Regione Marche e da altre pubblicazioni i cui riferimenti sono riportati nella sintesi bibliografica.

Il tratto di litorale oggetto di intervento ha una lunghezza di 2.305 metri visibile nella seguente immagine.

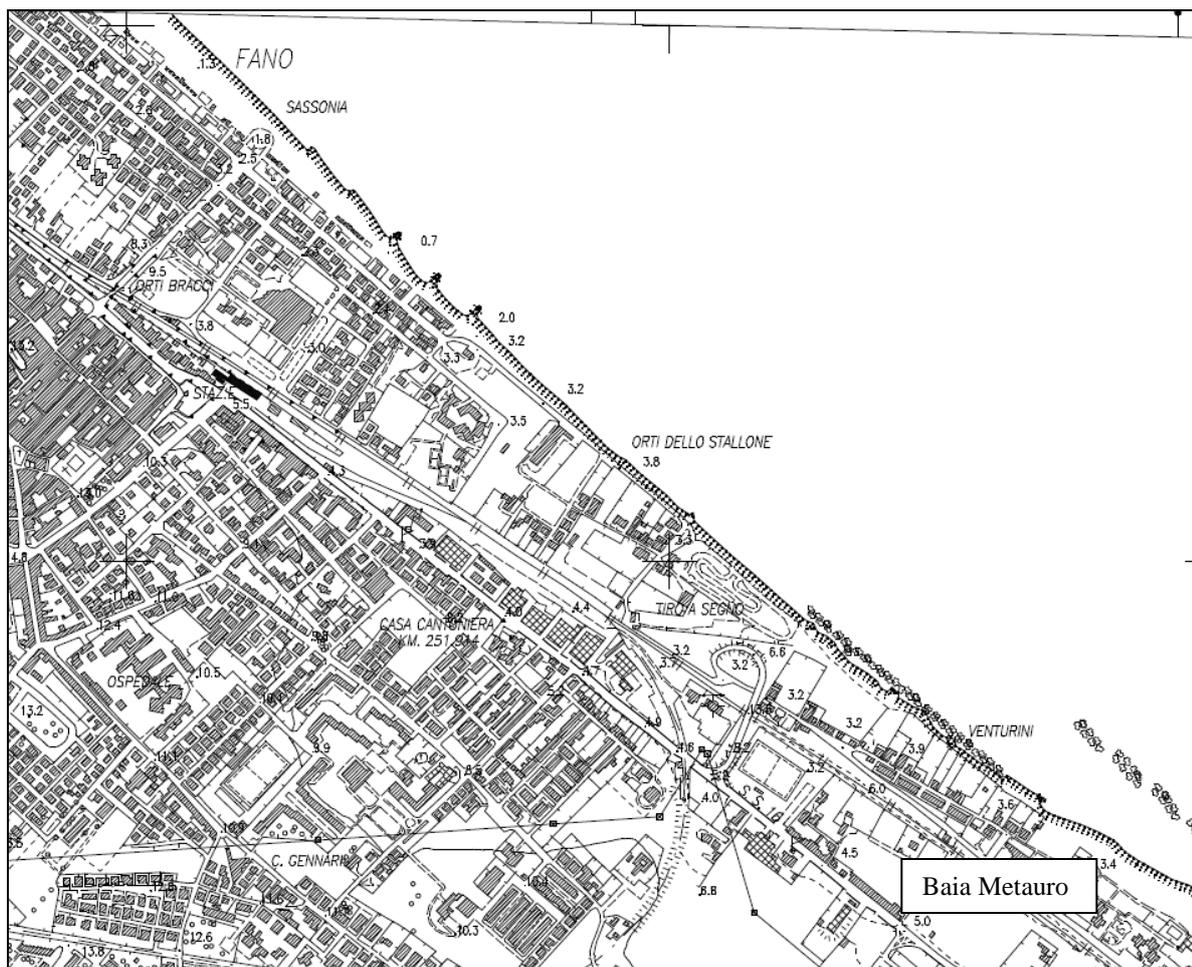


## 2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'area in studio è situata nel Comune di Fano (PU), sul tratto di costa che va dal Porto di Fano a Baia Metauro come rappresentato nella allegata Carta Tecnica Regionale, a scala 1:10.000, REGIONE MARCHE, sez. n° 269090 e sez. N° 269130.



sez. n° 269090



sez. N° 269130

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

L'area marchigiana è caratterizzata da una notevole complessità geologica, in quanto interessata da formazioni ed unità provenienti da domini paleogeografici e strutturali diversi; Si individuano due settori principali: l'Appennino Umbro-Marchigiano, in cui affiorano alcune tra le formazioni più antiche che si rinvencono nella catena appenninica, e l'Avanfossa Marchigiana.

L'Umbro - Marchigiano è un settore paleo-geografico che, a partire dal Giurassico, si è differenziato dalla Piattaforma carbonatica laziale - abruzzese in seguito all'azione di una importante fase tettonica distensiva.

L'Avanfossa è suddivisibile in Bacino Marchigiano Interno e in Bacino Marchigiano Esterno. Si è formata in seguito alle prime fasi di corrugamento mioceniche che hanno determinato l'individuazione di bacini di avanfossa orientati in senso appenninico e che sono migrati progressivamente verso est.

Le particolari caratteristiche della fascia di territorio in oggetto consentono di effettuare una distinzione in unità geologico - strutturali sulla base della litostratigrafia e dell'assetto tettonico.

Nel Tortoniano inizia una fase tettonica compressiva che ha determinato notevoli raccorciamenti ed ispessimenti in corrispondenza della catena appenninica, formando complessi edifici a *thrust* con vergenza orientale. Queste strutture compressive, accompagnate dalla formazione di bacini di avanfossa, si sono progressivamente spostate nel tempo da W verso E ed oggi si ritrovano, sepolte sotto i sedimenti marini, al largo della costa.

La fase compressiva termina nel Pliocene inferiore nell'ambito della porzione interna della catena (Calamita et alii, 1990), mentre continua lungo la costa adriatica (Dramis et alii, 2002), seguita a sua volta da una fase tettonica distensiva, che ha determinato lo sviluppo di faglie normali di notevole rigetto, a principale direzione appenninica e ribassanti verso W.

Nel Pleistocene inferiore un generale sollevamento ha determinato un forte approfondimento dei sistemi idrografici (Conti et alii, 1983; Gentili & Pambianchi, 1987); infine durante tutto il Quaternario domina la morfogenesi da parte degli agenti esogeni, che si sovrappone ai processi tettonici e sedimentari (Passeri, 1994).

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO**

La costa Marchigiana si sviluppa per circa 172 Km; la costa settentrionale, dove è ubicata l'area in studio, va da Gabicce ad Ancona con un orientamento WSW-ESE, è lunga circa 90 Km di cui 70 sono a costa bassa e caratterizzata da spiagge in parte ghiaiose e in parte sabbiose.

L'area in studio è rappresentata da 2,3 Km di costa bassa a morfologia ghiaiosa su cui sono presenti numerosi fattori di variabilità soprattutto di origine antropica, quali scogliere emerse e soffolte, pennelli, moli portuali e barriere radenti che, insieme agli effetti dell'urbanizzazione, arrivata talora fino a pochi metri dalla linea di riva (Via Ruggeri), alle alterazioni dell'equilibrio idrogeologico che ne consegue, hanno implicato una notevole modificazione di tutto il litorale. La foce del fiume Metauro, al quale è imputata la composizione geomorfologia della spiaggia e le cui dinamiche influenzano direttamente quelle del litorale stesso, ha forma tricuspidale e si presenta in maniera più o meno irregolare con l'ala sinistra più sviluppata della destra, il che dimostra la dipendenza dell'assetto della foce dalle dinamiche costiere. La componente marina infatti fa sì che i materiali alluvionali sollecitati dalla traversia prevalente vengano trascinati verso nord (Buli e Ortolani, 1947).

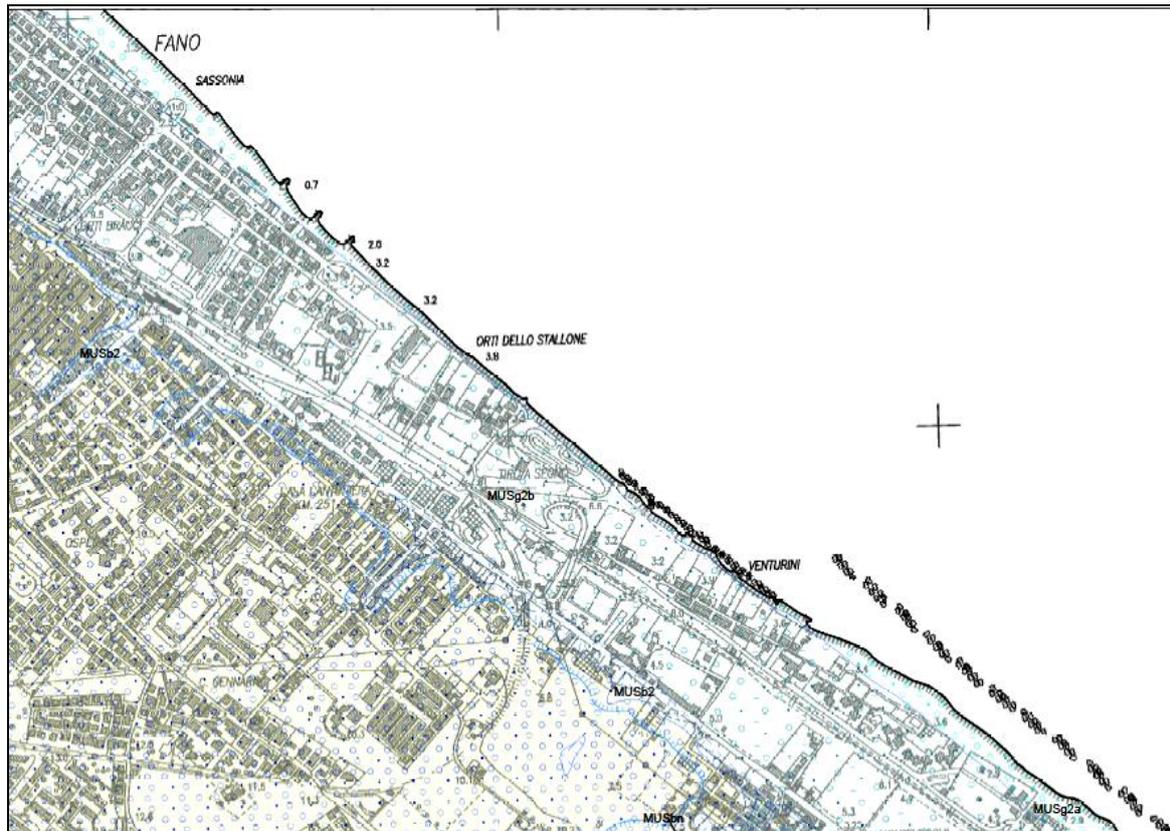
La geomorfologia della spiaggia è subordinata pertanto a due fattori principali: quello fluviale e quello marino. Il primo provvede all'apporto dei materiali, il secondo alla distribuzione e al relativo assetto degli stessi lungo le spiagge. La costituzione dei materiali di spiaggia è quindi strettamente legato al regime torrentizio del fiume Metauro come del resto la natura fisica dei materiali fluviali apportati. Le grandi portate autunnali e primaverili, la forte pendenza anche nel tratto terminale fanno sì che nei periodi di morbida il fiume trasporti a mare le ghiaie trascinate dalla corrente fluviale che verranno poi ridistribuite lungo il litorale. La spiaggia, nel tratto di costa in oggetto, si presenta costituita per tutta la sua larghezza da una successione di dossi ghiaiosi paralleli tra loro che segnano le varie fasi della costruzione deltizia.

Tutte le coste marchigiane sono di recente formazione geologica, infatti ancora durante la fase tettonica plio-pleistocenica si verificò, in un quadro generale di attività distensiva, il collassamento di gran parte dell'area con il ripristino di condizioni di sedimentazione marina. A questa fase deposizionale sono da ricollegare gli affioramenti delle argille limose marine, le cosiddette "argille azzurre", che affiorano in tutta la fascia costiera delle Marche e nell'entroterra, ricoperte a loro volta da formazioni quaternarie di facies litorali come da figure pagine seguenti (Ambiente Fisico delle Marche - Carta Geologica Regionale -Edizione CTR - Sezione 269130 - Fano - Sezione 269090 - Torrente Arzilla).

Queste formazioni rappresentano la parte terminale del ciclo sedimentario autoctono e neoautoctono padano-adriatico che ha caratterizzato la cosiddetta avanfossa Marchigiano-Abruzzese.

Le formazioni Plio-Pleistoceniche sono caratterizzate da assetto strutturale sub orizzontale o monoclinale, immergente verso NE e N con inclinazione variabile, in modo tale che la direzione degli strati risulta obliqua alla costa adriatica (Cancelli et al, 1984).





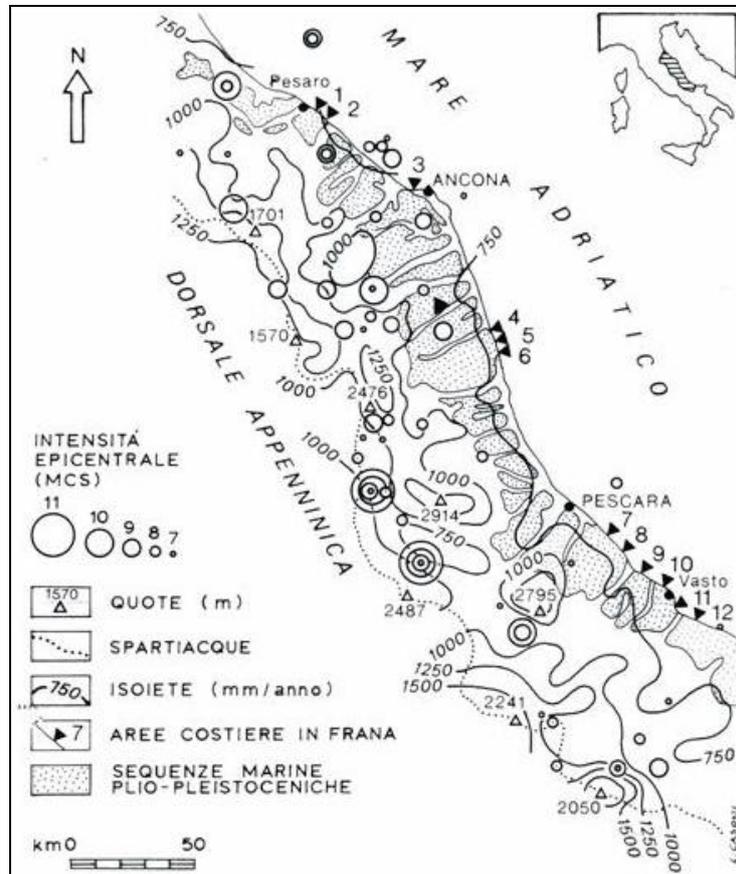
Sezione 269130 - Fano



Con il Pleistocene inferiore, associato ai fenomeni di sollevamento tettonico regionale, inizia il sollevamento del bacino quaternario che, in più fasi, ha portato i sedimenti di chiusura della sequenza quaternaria a quote altimetriche variabili tra i 200 e i 500 m s.l.m. (Ambrosetti et al., 1982, Nanni et al., 1986, Nanni e Vivalda, 1987.).

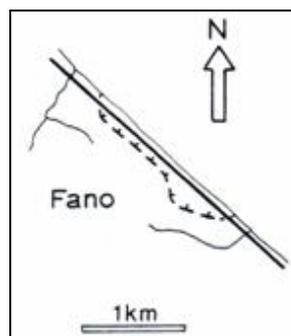
Tale sollevamento è stato controllato da un complesso sistema di faglie verticali e normali, nel quale sono riconoscibili due principali allineamenti: uno è caratterizzato da faglie aventi direzione compresa tra N-S e N 160°, cioè all'incirca parallelo alla linea di costa, e un secondo con faglie grosso modo perpendicolari al precedente. Questi intensi movimenti tettonici verificatisi nel Quaternario controllano evidentemente anche l'attività sismica che colpisce periodicamente le regioni costiere adriatiche (figura seguente) (Cancelli et al., 1984).

La tettonica quaternaria più recente, (Savelli et al., Borraccini et al.(2002) e Di Bucci et al. (2003)) ha evidenziato in aree limitrofe del basso bacino del Metauro faglie recenti, post-thrusting, appartenenti a un sistema consistente in segmenti orientati circa nord-sud (distensivi) e faglie di trasferimento con rigetto obliquo (sinistro-transtensivo) orientato nordest-sudovest (Vedi paragrafo 8. Sismicità dell'area).



Distribuzione delle formazioni plio-pleistoceniche marine, frane, isoiete e volumi focali ( da Cancelli et al.,1984).

Va infine ricordato come nell'area fanese sono stati registrati alcuni significativi movimenti franosi (figura seguente) che si estendono per un'ampiezza complessiva di circa 1900 m, con lunghezza massima della frana di 300m e altezza massima di 60 m (Cancelli et al.,1984).



Rappresentazione planimetrica schematica dell'area franosa

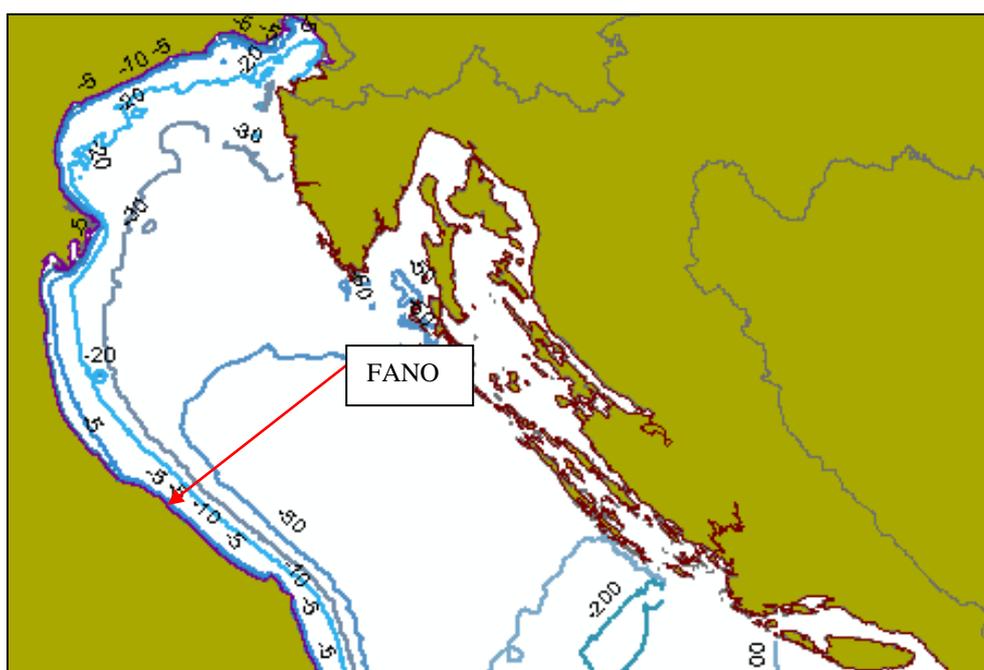
## 5. INQUADRAMENTO LITOLOGICO DI DETTAGLIO

L'abbassamento del livello del mare ha portato la linea di riva al bordo della Depressione Mesoadriatica (DMA) e ha aumentato il potere erosivo dei fiumi che trasportavano così una notevole quantità di alluvioni sabbiose.

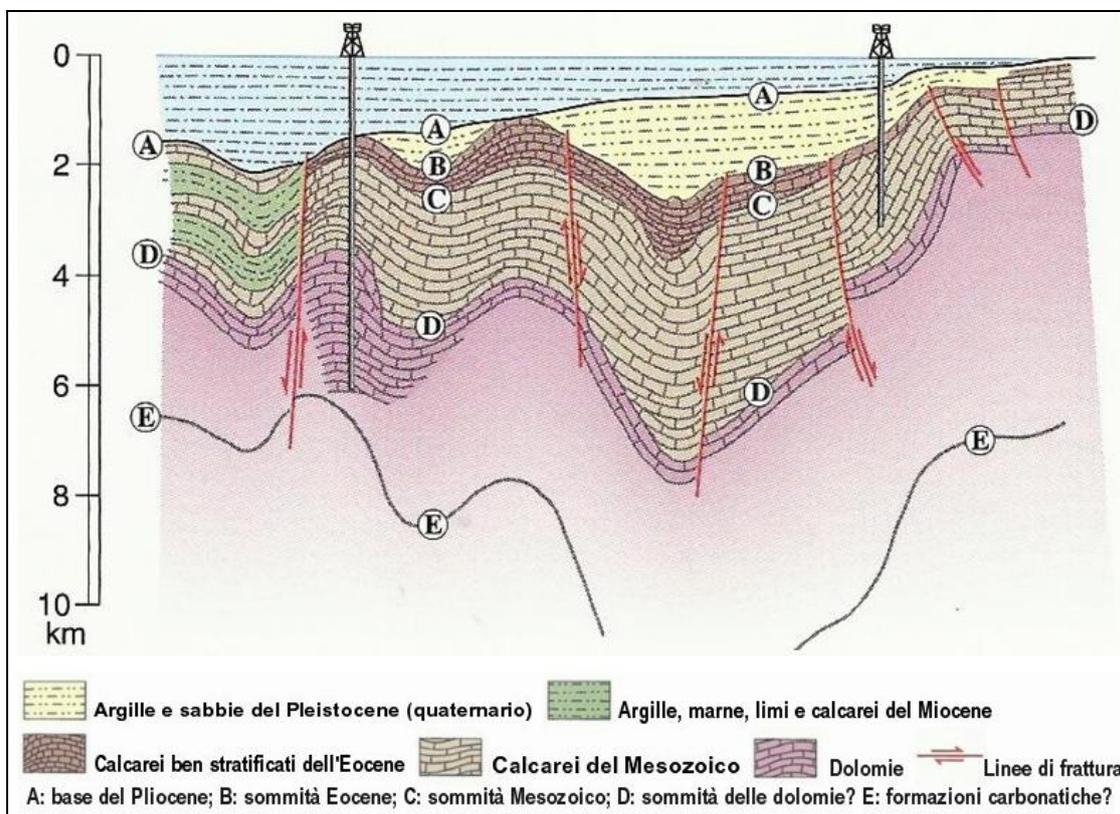
Al largo quindi vi erano ambienti palustri e deltizi, dove la sedimentazione era caratterizzata da limo argilloso e torba. Con lo scioglimento dei ghiacciai e la conseguente trasgressione venne ridistribuita la sabbia precedentemente depositata, dando luogo a una copertura di sabbia relitta. Al termine di questa trasgressione versiliana iniziò l'attuale sistema di sedimentazione controllato dagli apporti fluviali e dalla redistribuzione selettiva dei sedimenti da parte delle correnti marine e del moto ondoso. I sedimenti fini olocenici ed attuali costituiscono pertanto un drappo pelitico sovrastante le sabbie relitte e progredente verso il largo (Curzi e Tonnarelli, 1991) (vedi paragrafo 10. Inquadramento delle caratteristiche geomorfologiche e sedimentologiche della spiaggia).

Per quanto riguarda la costituzione litologica delle ghiaie litorali, si tratta in generale di ciottoli di calcare compatto, frammisti a ciottoli di arenaria e scarsi elementi silicei (diaspro). (Buli e Ortolani, 1947)

Per quanto riguarda i fondali, costituiscono parte della piattaforma continentale adriatica, vi è un aumento della profondità sia dalla costa verso il largo che da nord verso sud. Al largo, l'isobata dei -20 m (circa 7 miglia marine dalla costa) rappresenta il limite che separa i fondali sottocosta caratterizzati da un andamento pressoché pianeggiante, ovvero con acclività di soli 0.25 m/km, da quelli con pendenza maggiore (che si estendono fino a circa 10 miglia marine) con acclività di circa 3 m/km (Curzi, 1986).



Batimetrie Adriatico - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia



Sezione trasversale del fondale del mare Adriatico lungo la direttrice Ancona-Zara, ottenuta grazie alle prospezioni sismiche petrolifere. L'immagine è tratta dal testo di Eugenio Turri. Notare le numerose linee di frattura (linee rosse). Originale: Finetti et al., Geophysical study of the Adriatic plate. Mem. Soc. Geol. Ital. volume 40, 1987.

Si riporta di seguito la stratigrafia per la costruzione del Laboratorio di Biologia Marina (Dott. Gori U.)



Da 0,0 m a 3,0 m	Ghiaia con matrice sabbiosa
Da 3,0 m a 6,0 m	Ghiaia e sabbia
Da 6,0 m a 10,0 m	Sabbie limose grigie
Da 10,0 m a 17,0 m	Argille ed arenarie
Da 17,0 m a 18,0	Sabbie gialle umide
Da 18,0 a 19,0 m	Argille grigie

## 6. OPERE DI DIFESA ESEGUITE NEL TRATTO DI COSTA

Il tratto di costa preso in esame cioè dal porto di Fano a Baia Metauro è lungo circa 2,3 Km e, a conferma del marcato regime erosivo in atto, attualmente è interessato da opere di difesa, di diversa natura, per l'intera lunghezza. Di queste opere 2,3 Km sono scogliere sommerse, circa 800 m scogliere radenti a cui si aggiungono n° 6 pennelli. A seguire, al di fuori dell'area d'intervento, in direzione della foce del Fiume Metauro si aggiungono circa 1.000 m di scogliere emerse. (vedi fotografie seguenti).



*Scogliere emerse fuori dell'area d'indagine*



*Pennelli*



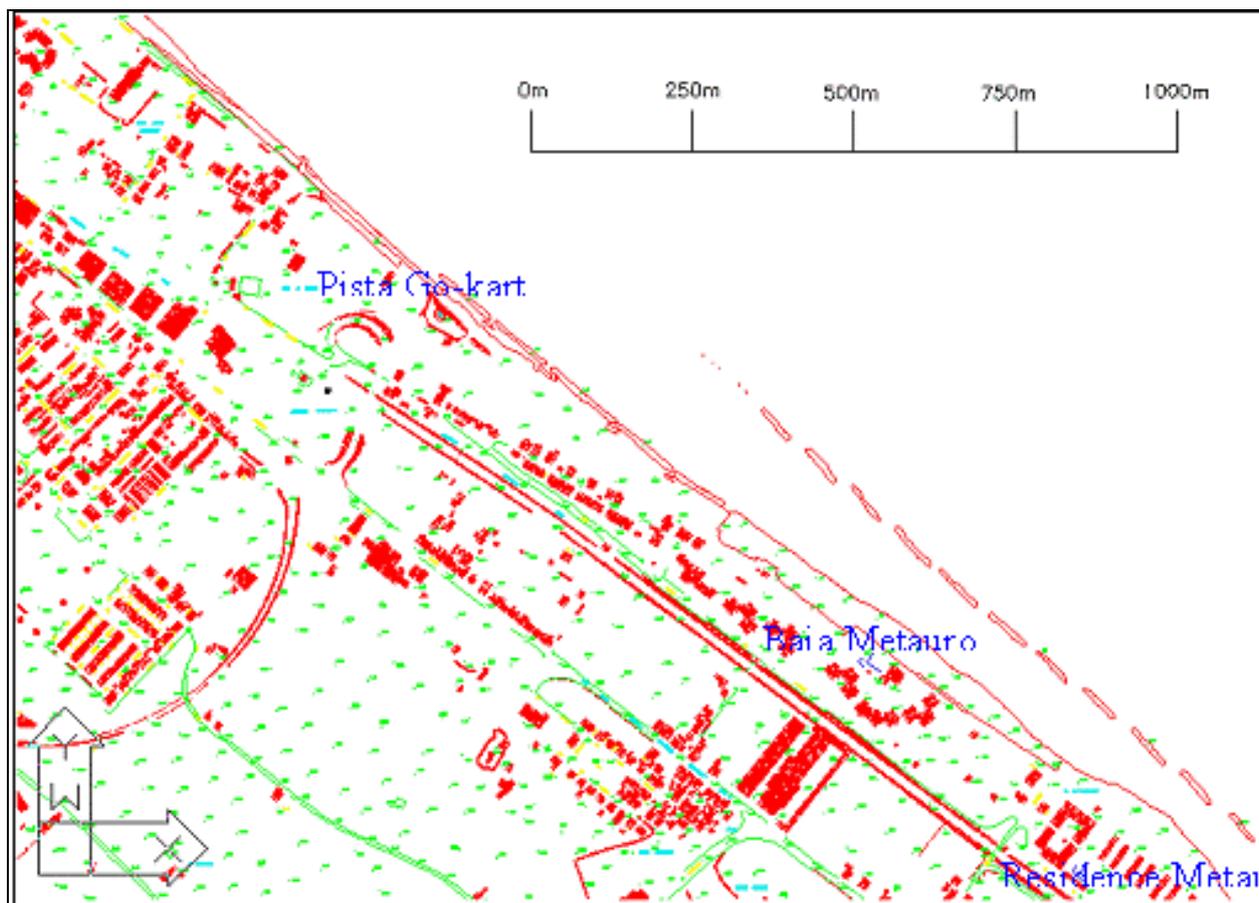
*Scogliere radenti*



*Scogliere sommerse*

Nel 1928 il Genio Civile realizzò le prime strutture costiere artificiali, sei pennelli posti in località Sassonia (vedi fotografia a lato), a ridosso del molo di levante del porto di Fano, i quali sono rimasti attivi fino agli anni '60. Nel 1977 il Genio Civile per le OO. MM. di Ancona realizzò il primo tratto di scogliera radente in zona Baia Metauro. Successivamente nel 1981/82 il litorale fu difeso da una batteria di 11 scogliere emerse che non sufficienti furono potenziate da una scogliera radente nel 1983 e prolungate in seguito. Nel 1987 iniziò la costruzione di una serie di barriere sommerse (le prime tre) che solo nel 1988/89 fu completato dalla Regione con la costruzione delle successive sette.





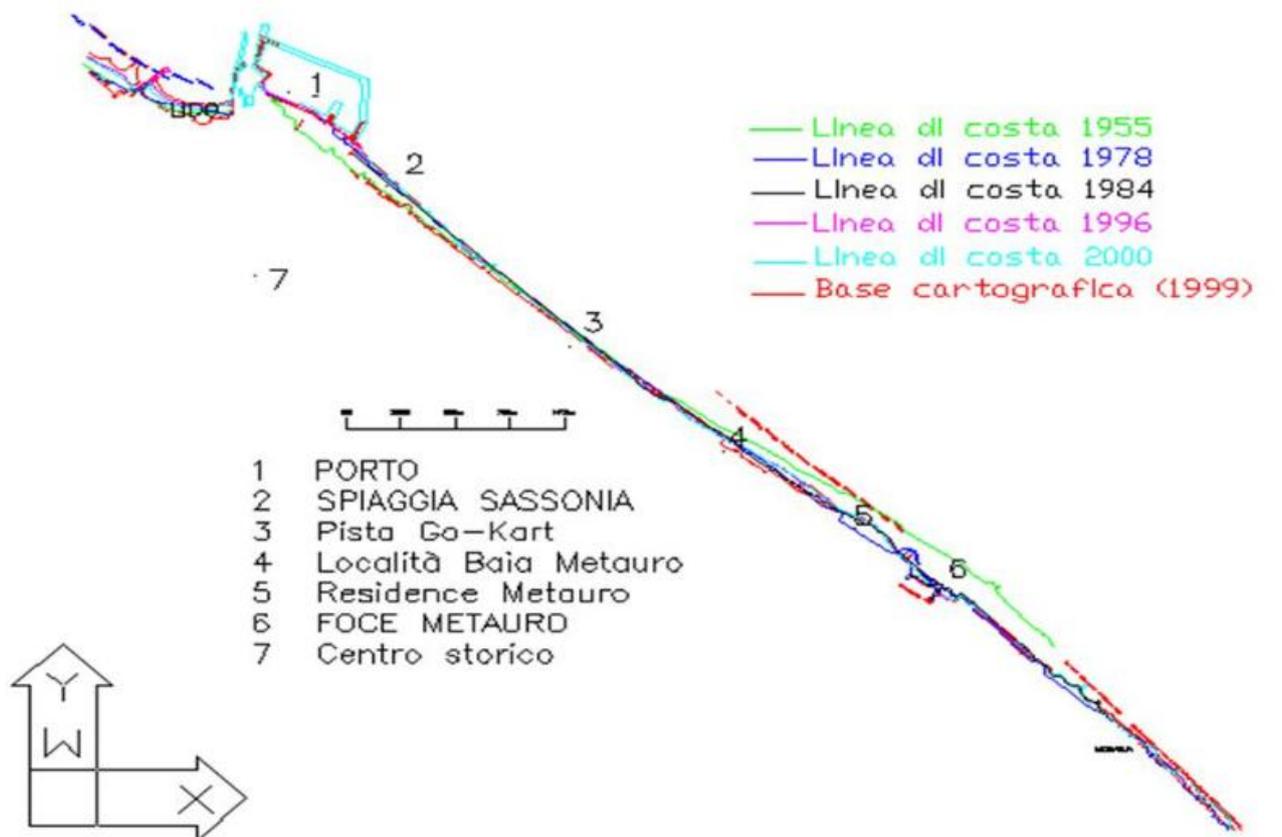
Negli anni seguenti si rese necessario un intervento urgente del Genio Civile per le OO MM di Ancona a difesa dell'ex pista dei "go-kart" e del lungomare Ruggeri adiacente alla spiaggia di sassonia che intervenne con la costruzione di altre scogliere radenti in direzione Nord Ovest.

Nel 1998 la stessa Regione ha provveduto alla risagomatura e rifiorimento degli ultimi sei tratti di scogliera sommersa e ha realizzato cinque nuovi pennelli in località Sassonia.

### ***Evoluzione della linea di costa dal 1955 al 2000***

La linea di costa ha variato il suo profilo nel corso degli ultimi 60 anni numerose volte. Da studi citati in bibliografia si è notato come ci sia stato un progressivo avanzamento nell'area studiata in prossimità del porto corrispondente ad un sostanziale assottigliamento della spiaggia nella porzione più meridionale dell'area in studio.

## Variazioni della linea di costa dal 1955 al 2000



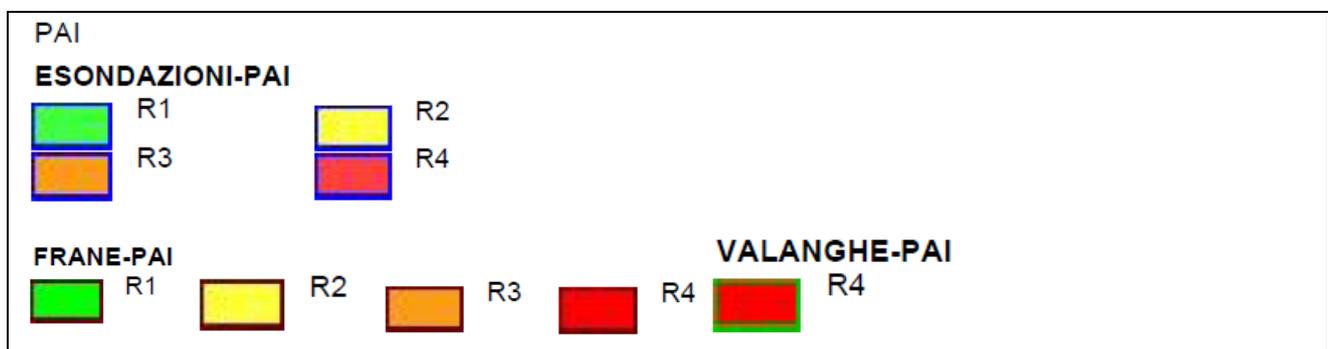
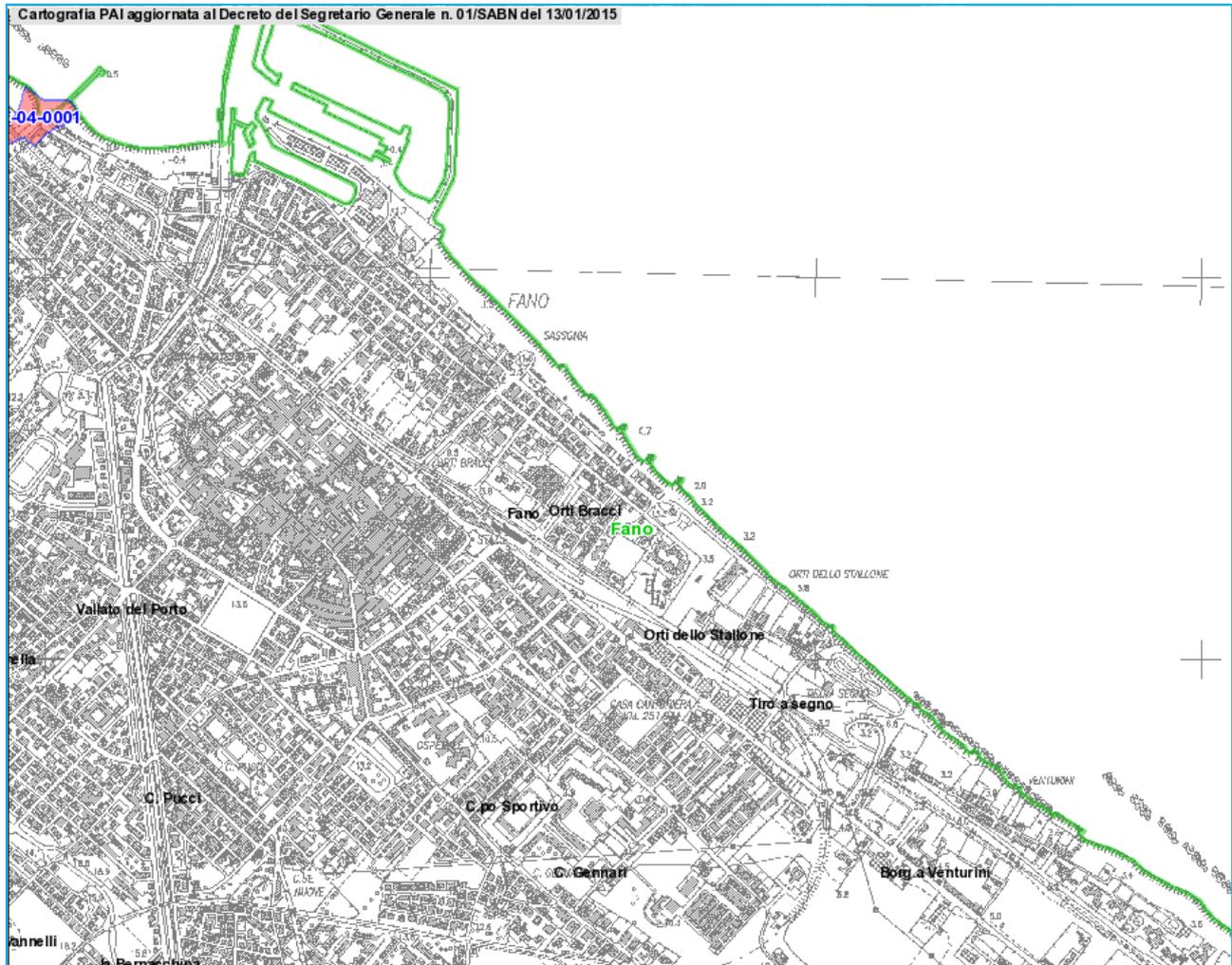
E' possibile suddividere la costa, va dal porto alla foce del Metauro, in due zone, la prima zona considerata è quella più settentrionale, fino circa in prossimità della pista Go-kart, dove si può notare, a conferma della direzione del trasporto, un progressivo avanzamento della spiaggia soprattutto in prossimità del porto.

Nella seconda zona considerata, all'incirca compresa tra la pista Go-kart e la zona di Metaurilia si è notato una estensione massima della zona litorale nel 1955 e una netta retrocessione della linea di riva nel 1978. Dopo tale periodo è ripreso un graduale avanzamento di tale linea grazie alle opere di difesa della costa messe in opera.

Il progressivo avanzamento della linea di costa in prossimità del nuovo porto è testimoniato anche dal fatto che il posizionamento dei punti di prelievo dei campioni 1, ubicato a 100 m da strutture fisse sul retro spiaggia, e 3, ubicato a 21 m dalla rete di confine della ex pista di Go-Kart, e riportati sulla cartografia disponibile risulterebbero essere in mare contrariamente a quanto dimostrato dalla documentazione fotografica.

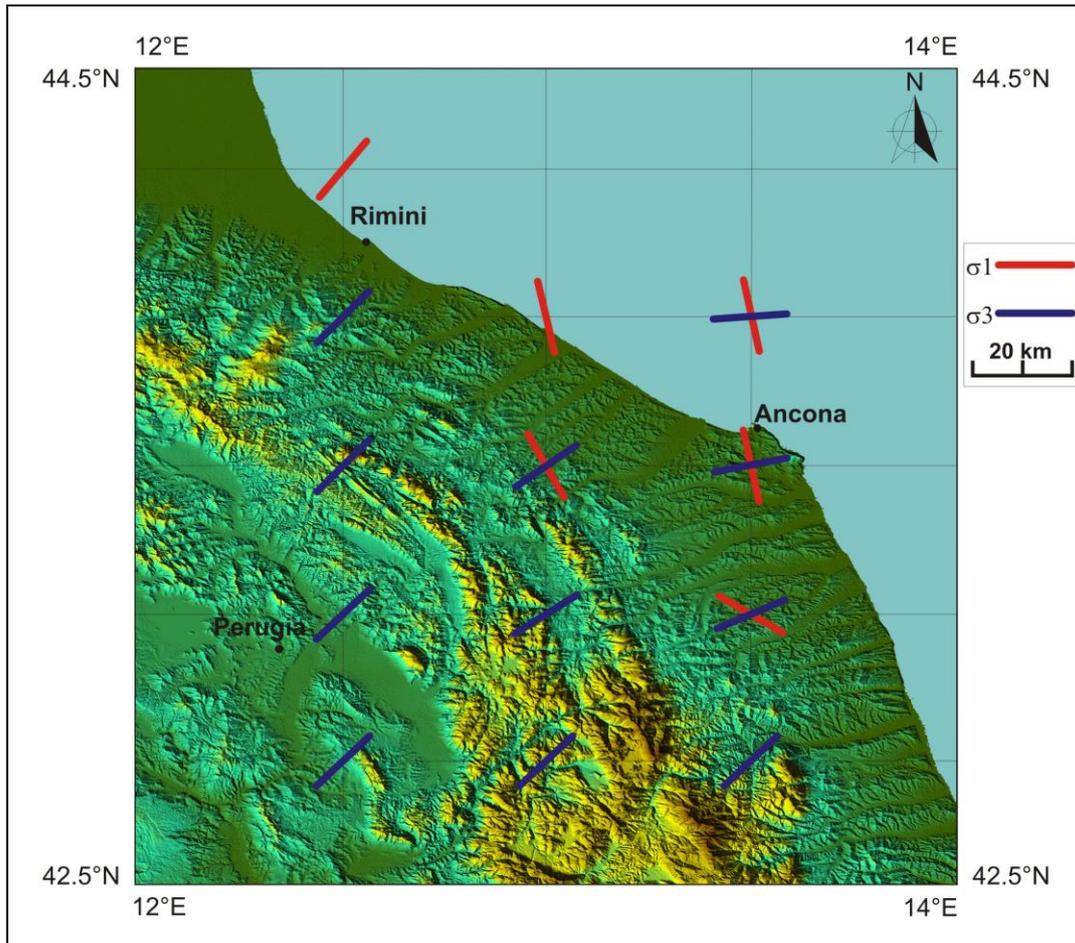
## 7. ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico non individua alcuna pericolosità come da stralcio allegato.



## 8. **SISMICITÀ DELL'AREA** (tratto da Stefano Mazzoli - Chiara Macchiavelli)

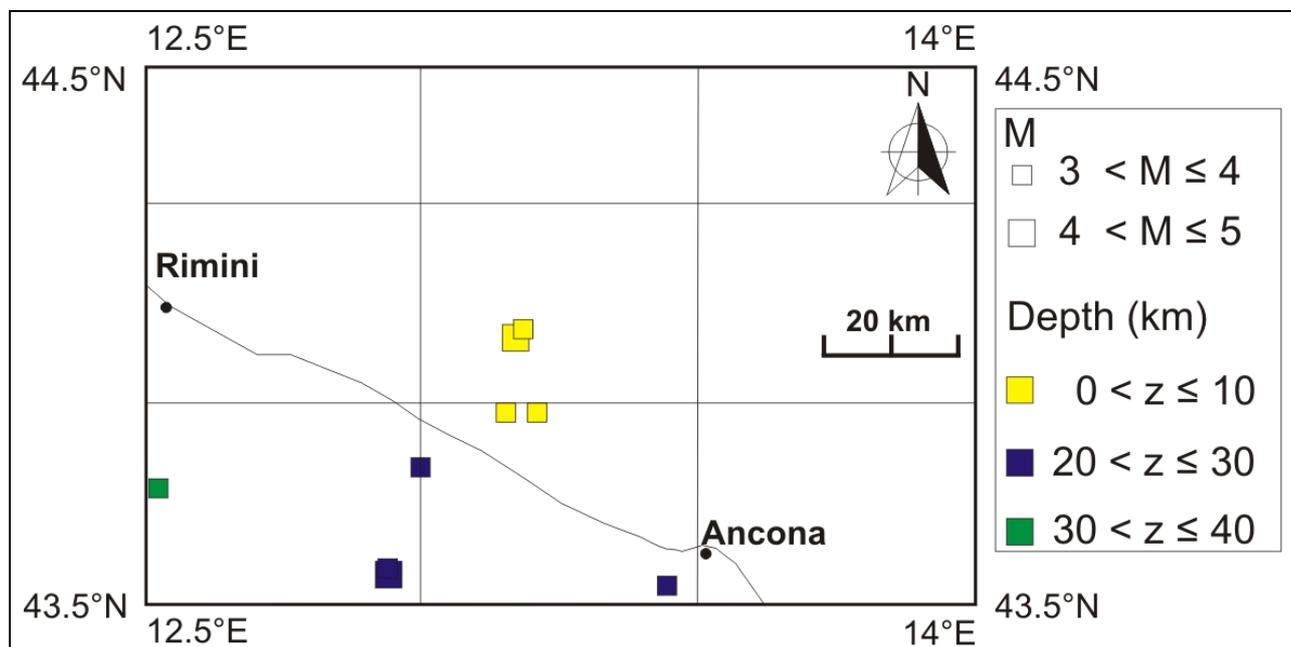
Studi effettuati in tempi recenti indicano che la sismicità della zona costiera delle Marche settentrionali mostra un comportamento complesso, caratterizzato da una notevole variabilità delle orientazioni degli assi di massima e minima compressione come da immagine seguente.



*Proiezione in mappa degli assi di massima compressione ( $\sigma_1$ ) e minima compressione ( $\sigma_3$ ) per l'area umbro-marchigiano-romagnola (da Macchiavelli et alii, 2012).*

Tale complessità è tipica delle zone esterne dell'Appennino, che sono caratterizzate da terremoti con soluzioni focali di vario tipo (da faglia inversa, da faglia trascorrente, da faglia normale, da faglia a scorrimento obliquo con variabili componenti laterali, normali o inverse) ed orientazione variabile degli assi di compressione (P) e di estensione (T).

Per quanto riguarda l'area costiera a nord di Ancona, i terremoti registrati strumentalmente dal 1976 (vedi figura seguente) sono prevalentemente localizzati nei primi dieci chilometri di profondità in mare, mentre terremoti caratterizzati da maggiori profondità ipocentrali sono stati registrati a terra.



Le faglie attive principali che controllano la sismicità dell'area siano rappresentate da strutture con direzione circa parallela alla costa e immersione dominante verso sudovest (costituite, almeno originalmente, da faglie inverse).

La costa adriatica marchigiana nel tratto compreso tra Ancona e Pesaro è caratterizzata da un'elevata densità di faglie attive e sorgenti sismogenetiche. Le faglie inverse presenti nel tratto di costa sarebbero responsabili dei più importanti terremoti dell'area costiera adriatica, cui sarebbero anche associati importanti fenomeni di deformazione superficiale.

Qualsiasi sia il campo di stress attivo nell'area nord-marchigiana gli studi effettuati, da parte degli autori, hanno fornito un contributo fondamentale alla definizione delle faglie inverse presenti nella zona costiera tra Ancona e Pesaro, in particolare, l'interpretazione di profili sismici a riflessione e la costruzione di sezioni geologiche bilanciate hanno permesso l'individuazione di faglie profonde che coinvolgono il basamento, interessando tutta la crosta superiore, pertanto con un potenziale sismogenetico ben diverso da quello comportato dalla presenza di faglie pellicolari suggerite in studi precedenti. Gli studi pertanto hanno permesso l'individuazione di un sistema di faglie estensionali attive, presenti in superficie nell'area della bassa valle del Fiume Metauro (Savelli et alii, 2002; Di Bucci et alii, 2003).



Sorgenti sismogenetiche individuali (DISS) dell'INGV mostrandole le faglie attive della zona costiera delle Marche settentrionali.

## 9. INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'area è collocata nel bacino idrografico del Fiume Metauro. Sulla base del sistema di classificazione dei climi proposto da Wladimir Köppen, che è certamente il più condiviso dai climatologi moderni, il clima della zona rientra nella classe C (clima temperato), che comprende i climi con temperature medie annue inferiori a 20°, nei quali la temperatura del mese più caldo supera i 10° e quella del più freddo è compresa fra 18° e -3°.

La classe C, individuata dal Köppen sulla base di criteri termici, si suddivide in tre gruppi, indicati dalle lettere s, w e f, in base a precise caratteristiche pluviometriche, il gruppo d'interesse è:

- "f" (iniziale della parola tedesca fehlt = manca) indica la mancanza di un mese arido.

In questo terzo gruppo il nostro sito (Cf), in cui in nessun periodo dell'anno si registra un elevato grado di aridità.

Una ulteriore specificazione del clima sulla base della temperatura del mese più caldo ci porta ad aggiungere alla sigla precedente (Cf) la lettera "a", se questa è superiore a 22° o la lettera "b" se è inferiore a 22°, ma almeno cinque mesi hanno una temperatura media superiore a 10°.

Pertanto il clima della zona è identificabile con la sigla Cfa.

In dettaglio il clima Cfa è caratterizzato da una temperatura media annua intorno ai 14°- 13°, da un'escursione termica moderata (circa 6°-7°) e da precipitazioni annue comprese fra i 737 mm di Fano ed i 988 di Fossombrone.

Si riporta di seguito l'andamento climatico dell'anno 2014 e del primo trimestre 2015 da Servizio Agrometeo Regionale "Assam".

## ANNO 2014

### Temperatura

Anno record il 2014, il più caldo per la nostra regione dal 1961, con una temperatura media di 14,5°C che supera di ben +1,3°C la media storica 1961-2000; battuto quindi il precedente record di 14,3°C appartenente agli anni 1994, 2007, 2012. Con il 2014 sale a nove il numero di ultimi anni consecutivi più caldi della norma (l'ultimo anno più freddo, il 2005, -0,5°C rispetto al quarantennio), a conferma del progressivo riscaldamento che la nostra regione sta subendo da qualche decennio a questa parte così come dimostra anche l'andamento crescente delle temperature trentennali a partire dal 1961:

Trentennio	Media (°C)	Anomalia (°C)
1961-1990	13,1	-
1971-2000	13,3	+0,2
1981-2010	13,6	+0,5
1985-2014	13,7	+0,7

A livello mensile, tutti i mesi tranne luglio e settembre, hanno fatto registrare temperature medie in eccesso specie in febbraio il quale, con un valore di 9,3°C ed un'anomalia di +3,8°C, ha stabilito il nuovo record per lo stesso mese, sempre a partire dal 1961. Più contenute le anomalie degli unici due mesi più freddi: luglio con -0,6°C e settembre con -0,8°C. Ne consegue che tutte le stagioni del 2014 si sono rivelate più calde rispetto alla norma, passando dai +0,2°C della stagione estiva (la più fredda degli ultimi otto anni) ai +2,3°C di quella invernale (la terza più calda dal 1961).

Stagione	Media (°C)	Anomalia (°C)
Inverno (dic. 2013 - feb. 2014)	7,6	+2,3
Primavera (mar. - mag.)	13,0	+1,1
Estate (giu. - ago.)	21,8	+0,2
Autunno (set. - nov.)	15,3	+1,2

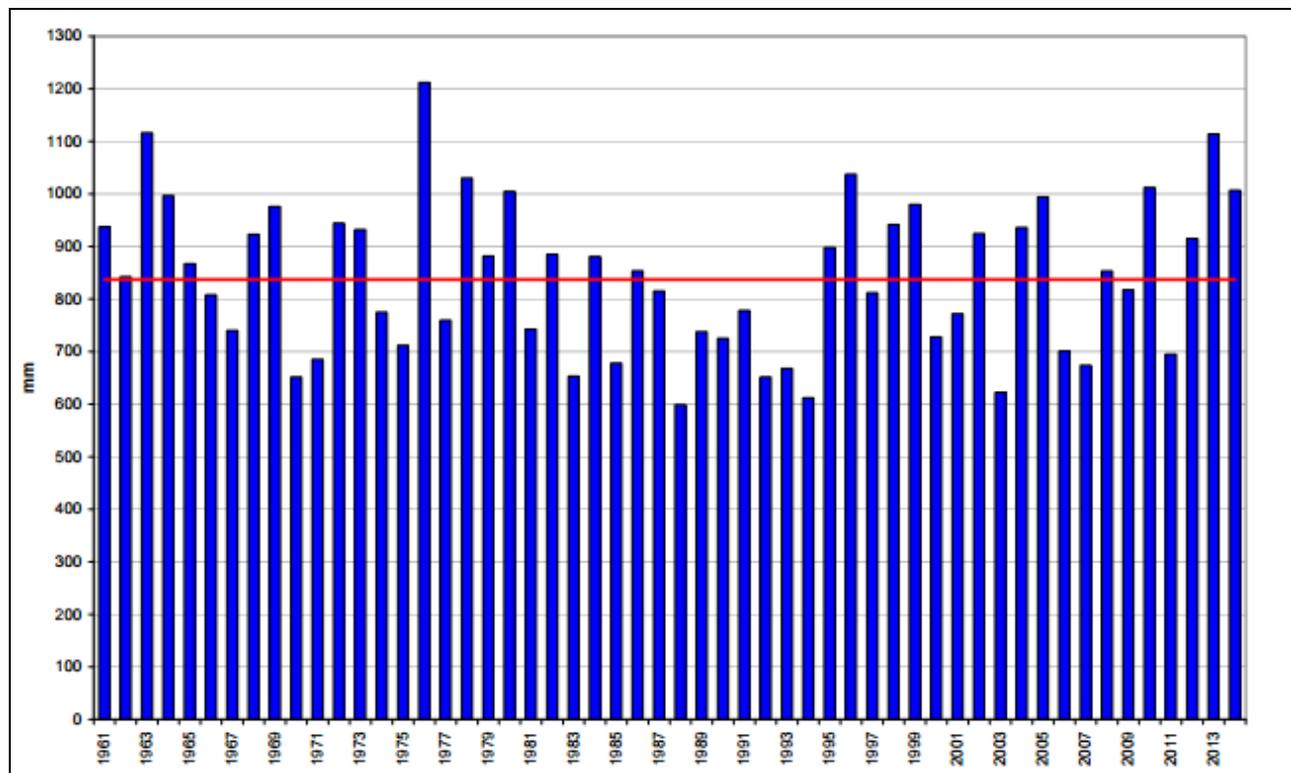
### Precipitazione

Così come gli ultimi due anni, il 2014 è stato più piovoso rispetto alla norma, con un totale medio regionale di precipitazione di 1007 mm ed un incremento del +20% rispetto al valore del quarantennio; il 2014 è stato quindi il settimo anno più piovoso dal 1961 (il record spetta ancora al 1976 con 1212 mm). A differenza delle temperature dunque, la precipitazione in questi ultimi anni sembra subire un assestamento dopo una graduale tendenza alla diminuzione:

Trentennio	Prec. totale (mm)	Anomalia (mm)
1961-1990	845	-
1971-2000	820	-25
1981-2010	799	-46
1985-2014	818	-27

Nel dettaglio mensile, si nota una prima parte dell'anno particolarmente piovosa. Fino a luglio infatti, le precipitazioni si sono mantenute ben al di sopra della norma, raggiungendo un quantitativo di pioggia pari al 80% del totale che in regione di solito cade in un intero anno, con il particolare della provincia di Pesaro Urbino che ha addirittura raggiunto il 90% del totale. I maggiori accumuli si sono raggiunti nei mesi di marzo e maggio pari rispettivamente a 121 mm e 130 mm, ma mentre il primo è corrisposto ad un incremento del +78%, il secondo è stato pari ad un'anomalia del +112%, terzo valore record per maggio dal 1961. Luglio con 94 mm è il valore più alto per lo stesso mese dal 1989. Ma l'anomalia più accentuata risiede nella frequenza delle piogge; i giorni di pioggia sono stati infatti in media 10 (in pratica, ha piovuto un giorno su tre) quando di solito in luglio piove per circa 5 giorni. Questo è stato il secondo valore più alto per le Marche dal 1961. Da agosto in poi, tutti i mesi tranne settembre hanno fatto registrare valori inferiori alla media.

Ne segue che solo l'autunno ha fatto registrare una (lieve) diminuzione delle precipitazioni (232 mm) mentre nelle altre stagioni le differenze sono risultate essere tutte positive; in particolare la primavera con un totale medio di 342 mm ed un incremento del +73% è stata la più piovosa dal 1961, condizionata fortemente dagli eventi intensi di fine marzo ed inizio maggio.



Stagione	Totale (mm)	Anomalia (%)
Inverno (dic. 2013 - feb. 2014)	229	+15
Primavera (mar. - mag.)	342	+73
Estate (giu. - ago.)	205	+13
Autunno (set. - nov.)	239	-5

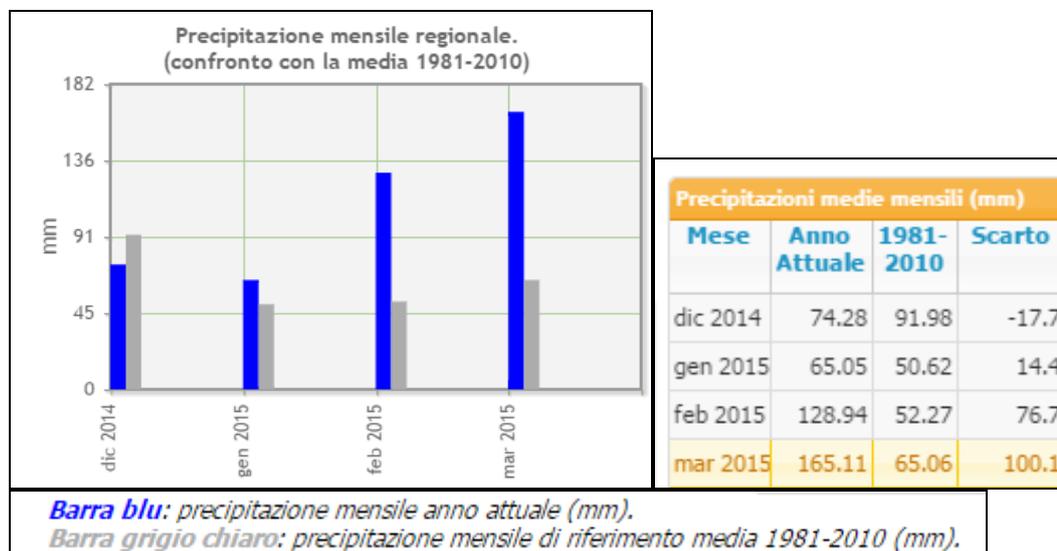
## ANNO 2015

**L'inverno 2015**, nel suo complesso, è stato caratterizzato da una anomalia negativa del geopotenziale a 500 mb sulla parte centro-occidentale del Mediterraneo, contrapposta a frequenti condizioni di alta pressione sia sull'Atlantico che sul comparto est-europeo e russo. Ciò ha favorito la penetrazione di depressioni settentrionali, spesso di origini artico marittima, verso la nostra penisola che nella maggior parte dei casi hanno assunto una posizione decentrata verso ovest provocando quindi un clima piuttosto mite e piovoso; solo in alcuni casi, a fine dicembre e ad inizio febbraio, l'aria fredda settentrionale ha investito in pieno l'Italia provocando condizioni più prettamente invernali.

## Precipitazione

E' dal 2009 che l'inverno risulta più piovoso della norma, il 2015, con una precipitazione totale media regionale pari a 268 mm, fa registrare un incremento del +39% rispetto al valore medio di riferimento 1981-2010, decimo inverno più piovoso dal 1961. Tutto è dovuto alle piogge del mese di febbraio in quanto le anomalie di dicembre e gennaio, la prima negativa, la seconda positiva, si sono grosso modo compensate fra loro mentre febbraio, appunto, dall'alto dei suoi 129 mm ha fatto segnare il notevole incremento del +151%, secondo valore record per il mese dal 1961 (preceduto dai 137 mm del 1979).

Le piogge di febbraio si sono presentate con buona frequenza visto che il numero di giorni di pioggia, pari a 12, ha fatto registrare un incremento del 64% rispetto alla media; del resto, l'intera stagione invernale è stata caratterizzata da piogge piuttosto frequenti, con una media di giorni piovosi pari a 30 corrispondente ad un incremento del 28% rispetto al 1981-2010.

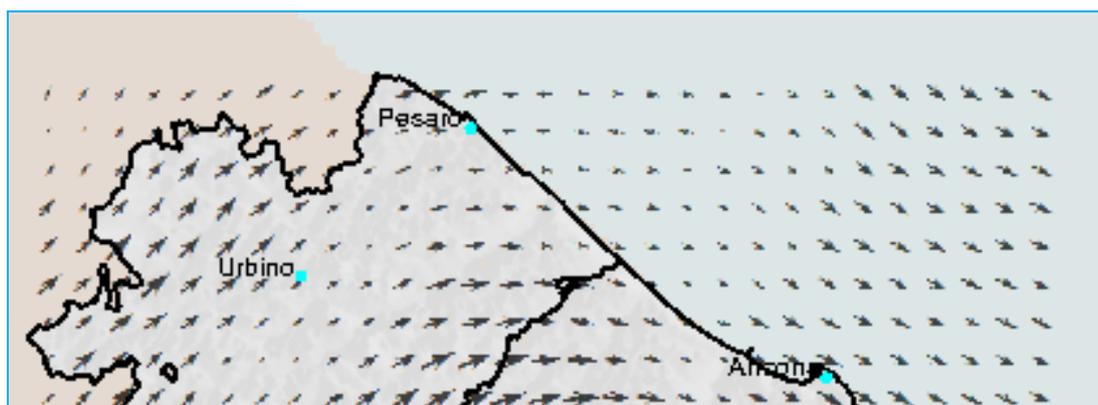


## Vento

*Andamento venti costieri (Portolano dell'I.I.M..)*

Anzitutto sembra utile richiamare le osservazioni sui venti nei paraggi costieri marchigiani riportate sul Portolano dell'I.I.M. "Per la zona di Fano venti di traversia e violentissimi sono la Tramontana ed il Greco. In primavera ed in estate predominano la Bora e quelli del II quadrante; in autunno ed in inverno quelli del III e IV quadrante. Il Greco-Levante solleva mare altissimo".

*Andamento vento annuale ("Assam")*



Vettore medio (1999 - 2010) (gradi m/s)

I venti dominanti sono quelli provenienti dai quadranti occidentali Libeccio o "Garbino" da Sud-Ovest, raramente di forte intensità e durata media settimanale. La Tramontana o "Bora" da Nord/Nord-Est, si presenta con frequenza irregolare, anche se sistematicamente ricorrente e con notevole intensità e persistenza (in genere di tre giorni). In assenza di perturbazioni, il "giro" quotidiano delle brezze, si presenta normale: dalla terra verso il mare di notte (brezza di "terra"), parallela alla costa da NW a SE (Riminese) il mattino, con direzione mare - terra (brezza di "mare") in pieno giorno, da Est ad Ovest (Scirocco o Grecale) il pomeriggio fino a dopo il tramonto.

## **10. INQUADRAMENTO DELLE CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE DELLA SPIAGGIA**

Nella fascia costiera esaminata le litologie presenti sono costituite da sedimenti grossolani di origine alluvionale costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie grossolane.

La composizione mineralogica dei sedimenti riflette la composizione carbonatico selcifera tipica dell'appennino marchigiano fonte di provenienza del sedimento presente.

Per correttamente classificare le granulometrie presenti e valutare eventuali fusi di progetto per un ripascimento si è proceduto al prelievo di campioni lungo la fascia costiera in studio sia sulla spiaggia emersa sia su quella sommersa, in allegato si riporta una planimetria esemplificativa dei punti di prelievo e dei prelievi medesimi.

I campioni sono stati sottoposti ad esami atti a stabilire la composizione granulometrica tramite il processo di setacciatura. Le curve granulometriche denotano una scarsa classazione in cui la frazione sottile è scarsissima o addirittura assente a causa dell'alta energia del moto ondoso incidente sulla fascia costiera.

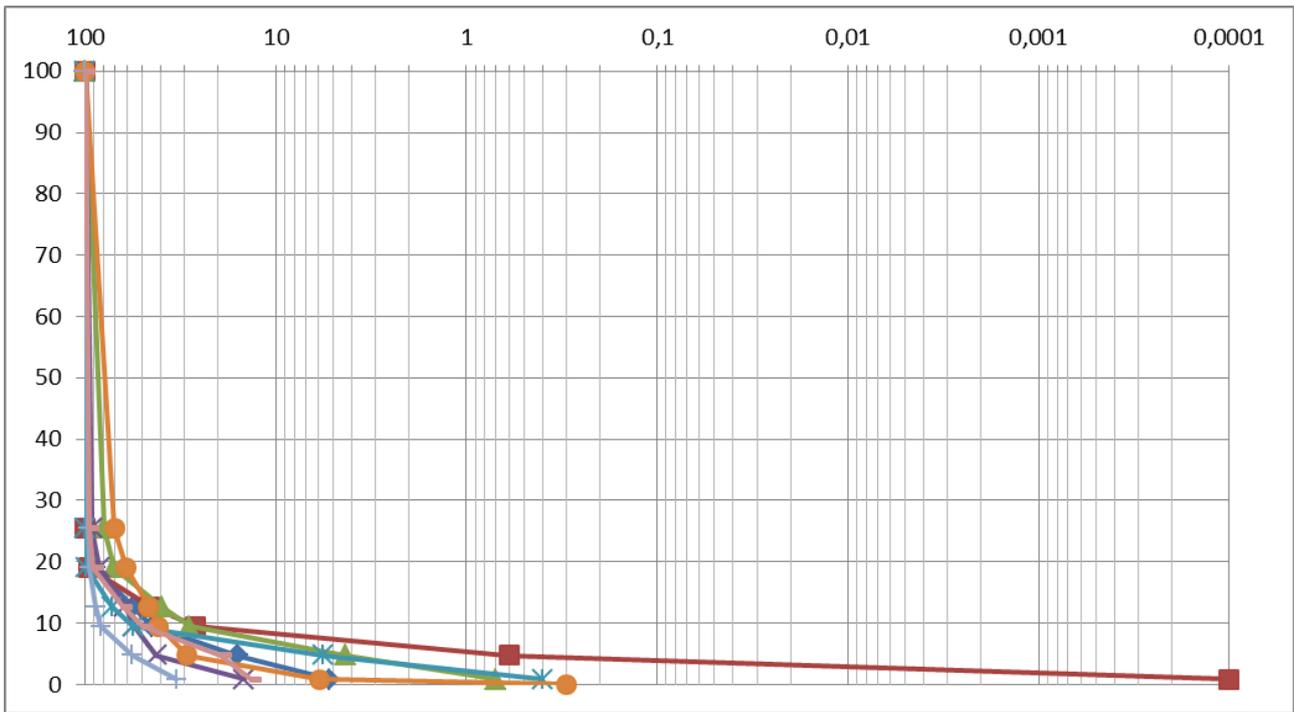
Sia la spiaggia emersa che quella sommersa sono costituite prevalentemente da ghiaie poligeniche con granulometrie tendenzialmente medie sino ad arrivare ai ciottoli veri e propri.

Si riscontra una lieve percentuale in sabbia maggiore nella spiaggia sommersa e, tendenzialmente, spostandosi dal porto verso sud, dove la presenza di scogliere radenti la costa e pennelli, limitano l'azione erosiva del moto ondoso e permettono la permanenza di una frazione granulometricamente più fine.

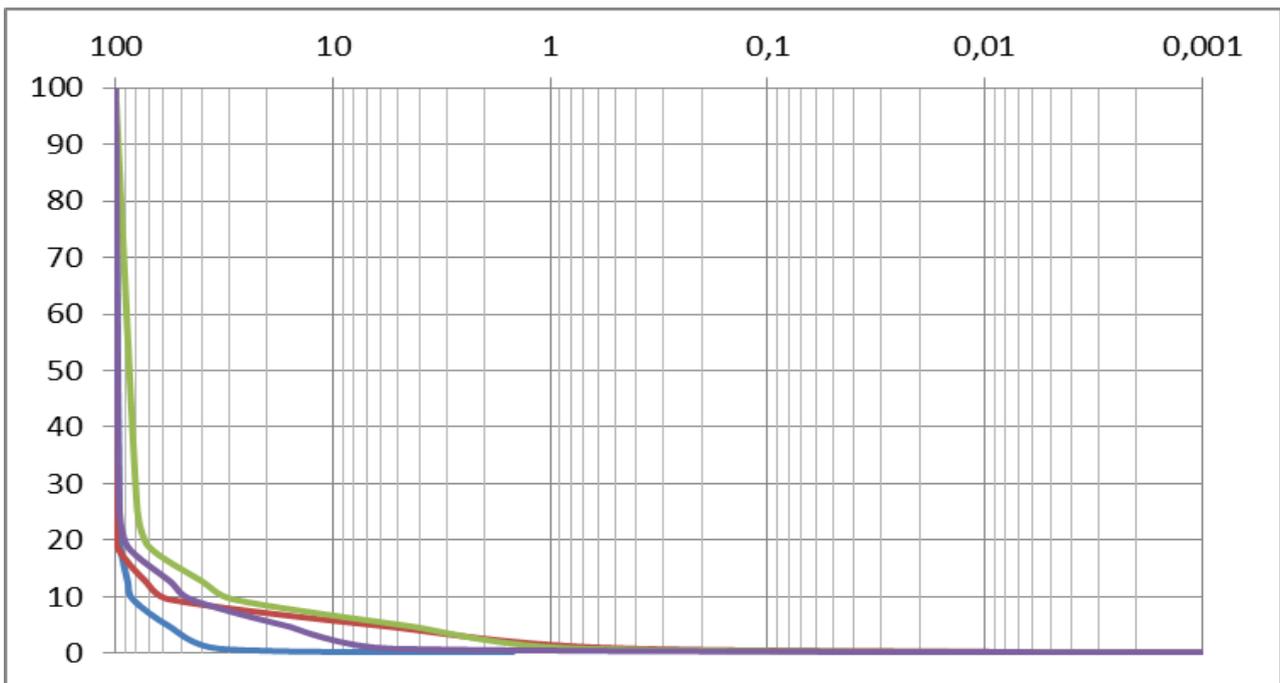
Nel complesso i fusi granulometrici sono comunque ben confrontabili in tutta l'area indagata come emerge dal grafico riassuntivo degli otto campioni prelevati di seguito riportato. Per una visione di dettaglio di ciascun campione si rimanda ai rapporti di prova delle granulometrie allegati al presente lavoro.

Diametro mm	Percentuale passante							
	1E	1S	2E	2S	3E	3S	4E	4S
100	100	100	100	100	100	100	100	100
25,4	95,9	100	79,4	92	100	69,9	96,2	95,4
19	88,4	95,1	70,7	83,9	98,5	60,9	94,9	90,7
12,7	55,9	45,8	39,7	61,9	72,5	46,4	87,9	63,8
9,51	44,6	26,3	28,3	55,5	55,9	41,3	82,8	49,8
4,76	15,9	0,6	4,3	42,2	5,6	29,3	56,3	19,3
0,841	5,2	0	0,7	14,7	0,4	5,9	33,2	13,5
0,063	0	0	0	0,7	0	0,3	1,5	0,4

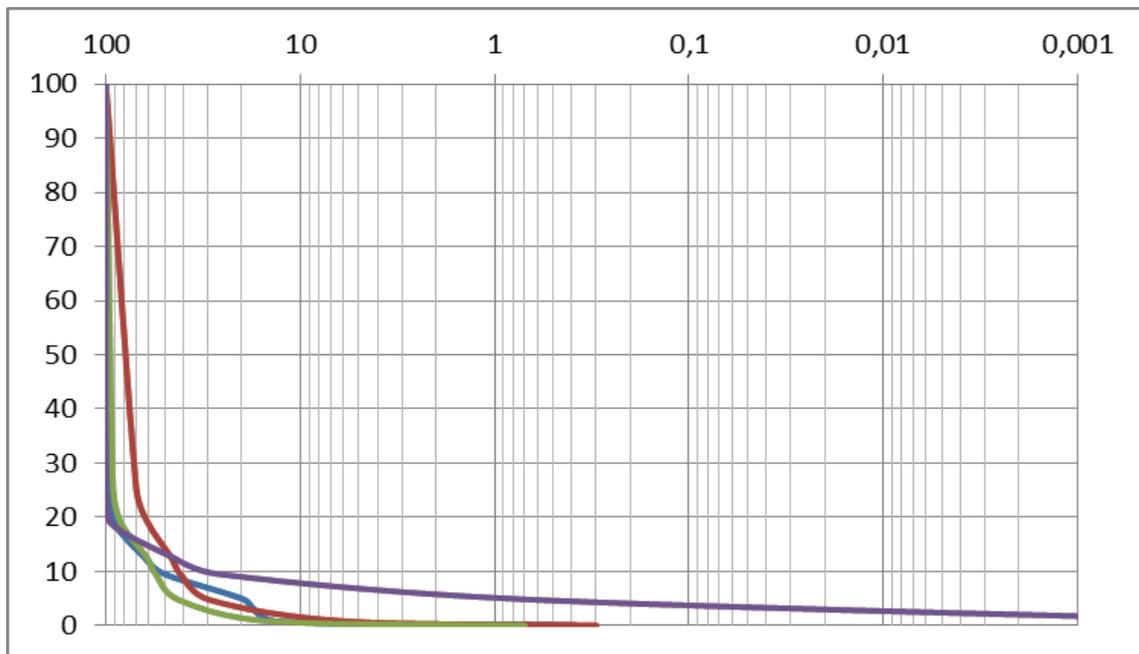
Emerge facilmente, dalla mancanza di materiale fine, come gli apporti sedimentari siano piuttosto limitati e dovuti al solo trasporto di materiale lungo costa, in occasione di episodi erosivi connessi a forti mareggiate; la stessa forma dei grani, fortemente smussati ed appiattiti, indica un sedimento fortemente rielaborato dal moto ondoso e non connesso con il trasporto fluviale recente.



*Fusi granulometrici dei campioni prelevati*



*Fusi granulometrici dei campioni prelevati sulla spiaggia emersa*



*Fusi granulometrici dei campioni prelevati sulla spiaggia sommersa*

**ALLEGATI:**

- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AREA DI STUDIO
- PLANIMETRIA CON UBICAZIONE PRELIEVI DI CAMPIONI
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAMPIONI
- ANALISI GRANULOMETRICHE

Fano, 29/04/2015



Geol. Maria Vittoria Castellani



Geol. Laura Pelonghini

## BIBLIOGRAFIA

- BULI U. E ORTOLANI M. (1947) Le spiagge marchigiane. Coop. Tipografica Azzoguidi Bologna.
- SELLI R. (1954) - Il bacino del Metauro - Giorn. Geol. (2), 1-268
- AQUATER (1982) - Studio generale per la difesa della costa - Prima fase, Vol. 2, 90-196.
- AMBROSETTI P., DEIANA G., DRAMIS F., CARRAIO A. (1982) Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio. Contributi conclusivi alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia. Pubbl. n.513 del P.F.Geodinamica. CNR.
- CANCELLI A., MARABINI F., PELLEGRINI M. E TONNETTI G. (1984) Incidenza delle frane sull'evoluzione della costa adriatica da Pesaro a Vasto. Atti del convegno " La geologia marina. Aspetti di ricerca pura ed applicata" S.Benedetto del Tronto, 16-17 Aprile 1984 Ascoli Piceno 18 Aprile 1984. Da Memorie della Società Geologica Italiana vol XXVII.
- NANNI T. PENNACCHIONI E. RAINONE M.L. (1986) – Il bacino pleistocenico marchigiano, Atti Riunione Gruppo Sedimentologia CNR, Ancona.
- DRAMIS F., BISCI C. (1986) - Aspetti geomorfologici del territorio marchigiano- St. Geol. Camerti Vol. spec. "La Geologia delle marche"- 99-103
- CIABATTI M., CURZI P.V., e RICCI LUCCHI F., 1986. Sedimentazione quaternaria nell'Adriatico centrale. Atti Riunione Gruppo Sedimentologia C.N.R., Ancona
- P.V. CURZI e P. GIORDANI, 1989. "Geomorfologia e Sedimentologia". In: "L'eutrofizzazione nel Mare Adriatico". Atti del Convegno Nazionale "Per la difesa dell'Adriatico". A cura di P.V. Curzi e F. Tombolini. Ancona, Ottobre 1989, pp. 32-43, 6 ff.
- COLANTONI M., ASIOLI A., BORSETTI A.M., 1990. Evoluzione morfo-sedimentaria recente del Mare Adriatico. Istituto di Geo-dinamica e Sedimentologia (Università di Urbino); Istituto per la Geologia Marina del C.N.R. (Bologna).
- AUTORI VARI (1991) - L'ambiente fisico delle Marche - Carta Geologica delle Marche- Regione Marche-S.E.L.C.A. s.r.l. Firenze, 255 pp.
- DRAMIS F., NESCI O., PAMBIANCHI G. & CONSOLI M. (1991) - Il ruolo di elementi strutturali trasversali nell'evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica della regione marchigiana. St. Geol. Camerti, Vol. Speciale CROP,11, 287-293.
- P.V. CURZI e D. TONNARELLI, con il contributo di N. FRONTINI e L. POLONARA, 1991. "I litorali marchigiani". In: "L'ambiente fisico delle Marche". Regione Marche, 213-226.
- BORRACCINI, F., DE DONATIS, M., DI BUCCI, D., MAZZOLI, S., MEGNA, A., NESCI, O., SANTINI, S., SAVELLI, D., TRAMONTANA, M., TRIGGIANI, P., 2002. Analisi della tettonica quaternaria nel basso bacino del F. Metauro (Marche settentrionali) e nell'adiacente offshore adriatico attraverso l'integrazione di dati sismici, geomorfologici, stratigrafici e strutturali.
- KATIUSCIA CECCHINI - Tesi di laurea - Lineamenti geomorfologici e recente evoluzione del tratto di costa dal porto di Fano alla foce del fiume Metauro(2003)
- COLANTONI P., MENCUCCHI D. 2001. Some remarks on sediment dispersion in the Central-western Adriatic continental shelf – GeoActa, special Publication 3 (2010), pp 57-87
- ISPRA-Servizio Geologico d'Italia.
- "Carta Geologica dei Mari Italiani scala 1:250.000" del Servizio Geologico d'Italia.
- STEFANO MAZZOLI, CHIARA MACCHIAVELLI - La sismicità della zona costiera adriatica nord-marchigiana