



# COMUNE DI MONTEBELLO JONICO

CITTA' METROPOLITANA DI REGGIO CALABRIA

## PIANO COMUNALE SPIAGGIA (PCS) art. 24 L.R. 19/2002

### RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

CODICE ELABORATO

--

DATA DI EMISSIONE

Aprile 2026

AGGIORNAMENTO ELABORATO

--

SCALA

--

### SINDACO

Dott.ssa Maria Foti

### RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Antonino Pirrotta

Palazzo Comunale Piazza Municipio - 89064 Montebello Jonico (RC)

### RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (RTP)

Ing. Ernesto Mensitieri (capo gruppo)

Ing. Carmelo Calisto Leo Romeo (componente - giovane professionista)

Geom. Antonio Rodà (componente - Rilievi topografici)

Geol. Salvatore Maione (geologo)



## INDICE

|   |               |
|---|---------------|
| <b>PREMESSA</b>   | <b>Pag. 1</b> |
| ILLUSTRAZIONE ASPETTI METODOLOGICI SEGUITI                                  | Pag. 4        |
| <b><u>RELAZIONE GEOMORFOLOGICA</u></b>                                      |               |
| 1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED UBICAZIONE GEOGRAFICA                      | Pag. 7        |
| 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE                                      |               |
| 2.1 Caratteristiche Geologiche  | Pag. 9        |
| 2.2 Caratteristiche Geotettoniche e Geostrutturali                          | Pag. 13       |
| 2.3 Caratteristiche Sismotettoniche   | Pag. 16       |
| 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROLOGICO-IDROGEOLOGICO E METEO-CLIMATICO |               |
| 3.1 Caratteristiche Geomorfologiche   | Pag. 18       |
| 3.2 Caratteristiche Idrologiche ed Idrogeologiche                           | Pag. 20       |
| 3.3 Aspetti Meteo-Climatici   | Pag. 22       |
| 3.4 Analisi Litorale di Montebello Jonico                                   | Pag. 42       |
| 4. SISMICITÀ DELL'AREA  |               |
| 4.1 Sismicità Storica   | Pag. 46       |
| 4.2 Pericolosità Sismica di Base  | Pag. 49       |
| 5. MODELLO GEOTECNICO   | Pag. 52       |
| 5.1 Liquefacibilità dei Terreni   | Pag. 57       |
| 6. ANALISI DEI VINCOLI  | Pag. 61       |
| 7. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E FATTIBILITÀ GEOLOGICA AZIONI DI PIANO           |               |
| 7.1 Pericolosità Geologica  | Pag. 68       |
| 7.2 Fattibilità Geologica Azioni di Piano                                   | Pag. 71       |
| 7.3 Trasposizione della Fattibilità Geologica su Elaborato Pianificatorio   | Pag. 75       |
| 7.4 Proposta di Normativa Geologico-Ambientale                              | Pag. 75       |

### **ALLEGATI IN CALCE ALLA RELAZIONE:**

- All. GEOM\_01 NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA P.A.I.
- All. GEOM\_02 NORME DI ATTUAZIONE PIANO STRALCIO EROSIONE COSTIERA P.S.E.C.
- All. GEOM\_03 MISURE DI SALVAGUARDIA PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI P.G.R.A.
- All. GEOM\_04 NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DI CARATTERE GEOLOGICO

### **TAVOLE ALLEGATE ALLO STUDIO GEOMORFOLOGICO:**

- Tav. GEOM\_01 Stralcio Cartografia I.G.M. (Scala 1:25.000)
- Tav. GEOM\_02 Stralcio Aerofotogrammetrico (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_03 Carta Inquadramento Geologico e Strutturale (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_04 Carta Geomorfologica (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_05 Carta Clivometrica (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_06 Carta Idrogeologica e del Sistema Idrografico (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_07 Carta dei Vincoli (Scala 1:5.000)\*
- Tav. GEOM\_08 Carta delle Pericolosità Geologiche (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_09 Carta Fattibilità delle Azioni di Piano (Scala 1:5.000)
- Tav. GEOM\_10a Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione (Scala 1:2.000)
- Tav. GEOM\_10b Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione (Scala 1:2.000)

\*N.B.: La Tav. GEOM\_07 Carta dei Vincoli è composta da un totale di otto diverse carte tematiche (7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g, 7h) in modo da non ingenerare confusione tra i diversi vincoli rappresentati.)



## PREMESSA

Il **COMUNE DI MONTEBELLO JONICO – SETTORE IV LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE**, ha incaricato, il RTP di professionisti di cui fa parte il sottoscritto Geologo Maione Salvatore, iscritto all’Ordine dei Geologi della Calabria con n. 799, per la redazione dello Studio Geomorfologico relativo alla progettazione del **“PIANO COMUNALE DI SPIAGGIA (P.C.S.)”**.

Il presente Studio Geomorfologico si inserisce in un programma di studi che ha come obiettivo la predisposizione del nuovo Piano Comunale di Spiaggia (P.C.S.) di Montebello Jonico (RC) così come definito dalla legislazione della Regione Calabria **L. R. n.° 19 del 16-04-2002** e relative Linee Guida – Legge urbanistica della Calabria “Norme per la tutela, governo, ed uso del territorio”, e successive integrazioni e modificazioni.

Esso costituisce la fase di lavoro finalizzata all’approfondimento delle conoscenze geomorfologiche dell’area di Piano ed alla redazione di quegli elaborati geologici che sono di supporto al Piano stesso.

A tal fine viene fornito un quadro geologico-tecnico di dettaglio, attraverso studi di carattere geologico-strutturale, geomorfologico-morfodinamico, idrologico-idrogeologico e sismico che si conclude con la definizione della Pericolosità Geologica, Geomorfologica, Idraulica, Costiera e Sismica dell’ambito di Piano. Quanto elaborato costituisce il punto di riferimento per giungere alla definizione della vocazione delle singole aree in modo da rendere le strategie di sviluppo il più possibile compatibili con l’assetto geologico-ambientale.

Inoltre, vengono qui forniti quegli elementi che costituiranno la base per la definizione della fattibilità degli interventi previsti. In tal senso, l’obiettivo principale dello studio geomorfologico di supporto alla pianificazione è di fornire un quadro del territorio mirato alla individuazione e localizzazione delle trasformazioni ammissibili o, meglio ancora, auspicabili e di ridurre al minimo l’impatto delle scelte urbanistiche effettuate per le singole aree, attraverso una adeguata regolamentazione.

Lo studio qui di seguito esposto è stato effettuato al fine di consentire una valutazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e delle dinamiche geomorfologiche in relazione alle ipotesi di progetto dei n. 3 Interventi.

Per avviare il lavoro sono stati effettuati dei sopralluoghi in loco anche allo scopo di verificare quanto riportato dalle diverse fonti bibliografiche analizzate:

- Corografia Città Metropolitana di Reggio Calabria (Cartografia I.G.M. Foglio n. 615 sez. IV scala 1:25.000);
- Aerofotogrammetria - Carta Tecnica Regionale Comune di Montebello Jonico scala 1:5.000;
- Carta Geologica della Calabria 1:25.000 Foglio n° 263 Sez. I N.O. Tavoleta “Melito Porto Salvo”;



- Cartografia Ufficiale PAI – Aree a rischio idraulico – Aree a rischio frana;
- Cartografia PSEC Erosione Costiera;
- Cartografia Piano Gestione del Rischio Alluvioni –Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale;
- Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio erosione costiera in Calabria;
- Rilievi celerimetrici effettuati nell’ambito della stesura del Piano Spiaggia;
- Materiale bibliografico vario riguardante l’area oggetto di studio ed il territorio circostante ad essa.

Relativamente alle normative che direttamente o indirettamente interessano la geologia applicata alla pianificazione urbanistica e territoriale, si riporta quanto d’interesse con specifico riferimento ai Piani Comunali di Spiaggia:

- **Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974 (art.13):** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **Decreto Presidente Repubblica n. 616/1977:** Attuazione della delega di cui all'art. 1 della legge 22 luglio 1975, n. 382 - Norme sull'ordinamento regionale e sulla organizzazione della pubblica amministrazione.
- **Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) – Linee Guida:** ai sensi dell’art. 1-bis della Legge n°. 365/2000, dell’art. 17 della Legge 18 Maggio 1989 n°. 183, dell’art. 1 della Legge 3 Agosto 1998 n°. 267. Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria approvato in data 28/12/2001.
- **Piano Stralcio Erosione Costiera (P.S.E.C.):** Norme di Attuazione approvate con Delibera di Comitato Istituzionale n. 4 del 11.04.2016.
- **Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni (P.G.R.A.) – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) – Ott. 2024.**
- **Aggiornamento “Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni (P.G.R.A.) – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L)” – Luglio 2025.**
- **D.lgs 31.03.1998 n° 112:** Decreto che conferite alle Regioni le funzioni relative al rilascio delle concessioni di beni del demanio marittimo e delle zone del mare territoriale.
- **Decreto Presidente Repubblica n. 380/2001:** Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- **Legge Urbanistica della Calabria n.19/2002:** Legge Urbanistica della Calabria.
- **Legge Regionale n. 17/2005 e succ. mod. e integr.:** Norme per l’esercizio della Delega di Funzioni Amministrative sulle Aree del Demanio Marittimo.
- **Del. Cons. Reg. 10 novembre 2006, n. 106 e s.m.i.:** Linee Guida della Pianificazione Regionale e Schema Base della Carta Regionale dei Luoghi.
- **Del. Cons. Reg. 12 giugno 2007, n. 147:** PIANO DI INDIRIZZO REGIONALE (P.I.R.).
- **Dipartimento 9 Settore 2 Regione Calabria Decreto Dirigente del Settore n.42 del 29.01.2015:** Contenuti minimi degli studi geomorfologici per i differenti livelli di pianificazione finalizzati al rilascio dei pareri di compatibilità geomorfologica.
- **Del. Cons. Reg. 1 Agosto 2016, n. 134:** QUADRO TERRITORIALE REGIONALE PAESAGGISTICO DELLA REGIONE CALABRIA (Q.T.R.P.).



- Del. Cons. Prov. 26 Maggio 2016, n. 39: PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.).
- Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Circolare 7 del 21 Gennaio 2019: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Legge Regionale n. 16/2020 e succ. mod. e integr.: Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica.
- Regolamento Regionale del 9 Novembre 2020: Regolamento di attuazione procedure L.R. n. 16/2020.



## **ILLUSTRAZIONE ASPETTI METODOLOGICI SEGUITI**

Per dare una risposta esauriente alla problematica geomorfologica e soddisfare i “*Contenuti minimi degli studi geomorfologici per i differenti livelli di pianificazione*” aggiornati dal **Settore n. 2 del Dipartimento LL.PP. della Regione Calabria, con Decreto n. 507(BURC n. 16 del 13/3/2015)**, per il rilascio del *Parere di Compatibilità Geomorfologica (ex art. 13 L. 64/74; DPR 380/01, art. 89)*, si è provveduto a:

- Illustrare gli aspetti metodologici seguiti per la realizzazione dello studio e della documentazione cartografica;
- descrivere le formazioni geologiche affioranti, i lineamenti del territorio e loro tendenza evolutiva, i caratteri strutturali, idrologici, idrogeologici e sismici;
- Descrivere i processi geomorfologici potenziali e in atto, con particolare riferimento ai processi di erosione/ripascimento con conseguente arretramento/avanzamento della linea di riva;
- Descrivere le singole aree per ogni Classe di Fattibilità con indicazione delle cautele e le precauzioni da osservare.

Il procedimento metodologico utilizzato per la definizione degli aspetti propedeutici alla definizione della fattibilità geomorfologica delle azioni di piano è stato sviluppato come segue.

Inizialmente è stato eseguito un rilievo geologico di dettaglio che ha permesso di determinare la natura e la tipologia dei litotipi affioranti, la cui distribuzione spaziale è riportata nella “*Tav. GEOM\_03 Carta Inquadramento Geologico e Strutturale*”. Successivamente sono stati analizzati i caratteri geomorfologici del sito in esame e sono state redatte la “*Tav. GEOM\_04 Carta Geomorfologica*” e la “*Tav. GEOM\_05 Carta Clivometrica*”, sulle quali sono state riportate le forme di erosione e di accumulo, l’evoluzione della linea di costa, i processi e i depositi rilevati per un intorno significativo all’area di progetto integrati con lo studio meteo marino che ha determinato il clima ondoso del litorale di Montebello Jonico.

Sono state esaminate le caratteristiche idrogeologiche e del sistema idrografico del sito così come riportate sulla “*Tav. GEOM\_06 Carta Idrogeologica e del Sistema Idrografico*”.

Per la redazione della “*Tav. GEOM\_07 Carta dei Vincoli*” suddivisa in otto differenti Cartografie contraddistinte dalla numerazione 7a-7b-7c-7d-7e-7f-7g-7h per non ingenerare confusione nell’utente finale, si è fatto riferimento ai vincoli di carattere Idrogeologico, con particolare riferimento al PAI, al PGRA e al PSEC, e Paesaggistico-Ambientale. Per l’elaborazione delle Tavole Grafiche sopra menzionate, inoltre, è stato condotto un complesso lavoro di raccolta della cartografia di base, delle foto aeree, dei dati meteo-climatici, dei dati idrogeologici e sono stati, inoltre, reperiti dati stratigrafici e geognostici sul sottosuolo in modo da definire un modello geologico-tecnico dell’area in esame, dati storici relativi ad eventi alluvionali e dati relativi all’erosione costiera.

A conclusione dello studio geomorfologico è stata redatta la documentazione **Cartografica di Sintesi**.



La “Tav. GEOM\_08 Carta delle Pericolosità Geologiche” contiene le aree classificate dal PAI, PGRA e PSEC e tutte le aree che potrebbero rappresentare un fattore di pericolo di natura geologica.

La “Tav. GEOM\_09 Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano” suddivide il territorio in Classi di fattibilità geologica. In particolare, sono state distinte le porzioni di territorio con grandi limitazioni (CLASSE 4), da quelle con consistenti limitazioni (CLASSE 3), con modeste limitazioni (CLASSE 2) e, infine, quelle senza particolari limitazioni (CLASSE 1).

A conclusione del presente studio sono state prodotte a firma congiunta con i Progettisti del Piano la “Tav. GEOM\_10a Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione” e la “Tav. GEOM\_10b Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione” entrambe in scala 1:2.000 che prevedono, appunto, la fedele trasposizione tra la Fattibilità Geologica e le scelte di Piano.

Infine, vengono allegate allo studio le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria e quelle del Piano Stralcio di Erosione Costiera (PSEC) elaborate nel corso degli anni dall'allora Autorità di Bacino Regionale della Calabria e le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni (P.G.R.A.) elaborate dall'odierna Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (*All. GEOM\_01 NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA P.A.I.; All. GEOM\_02 NORME DI ATTUAZIONE PIANO STRALCIO EROSIONE COSTIERA P.S.E.C. ; All. GEOM\_03 MISURE DI SALVAGUARDIA PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI P.G.R.A.*).

Vengono, inoltre, proposte delle **Norme Tecniche di Attuazione di Carattere Geologico** per la regolamentazione ed uso delle aree oggetto d'intervento di Piano. Tali norme trasmesse in allegato (*All. GEOM\_04 NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DI CARATTERE GEOLOGICO*) faranno parte integrante delle Norme Tecniche di Attuazione del P.C.S..

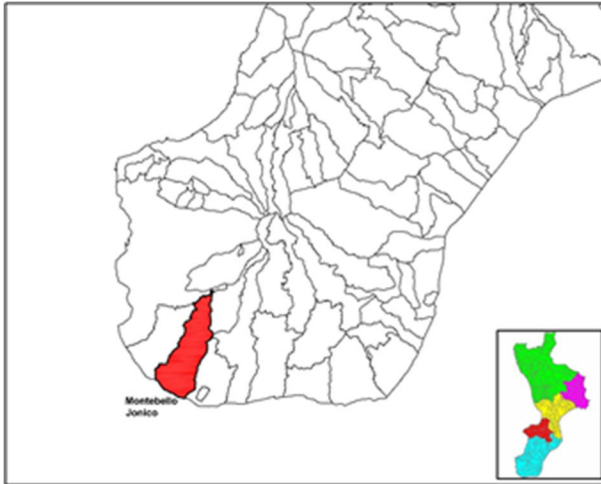


# RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

## 1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED UBICAZIONE GEOGRAFICA

Il territorio in esame si colloca sul versante meridionale della vetta aspromontana l'ambito territoriale osservato è di competenza del Comune di Montebello Jonico (RC).

La superficie comunale è di 56,45 km<sup>2</sup> ed è caratterizzata da una fascia montana e da un tratto collinare con uno sviluppo altimetrico che va da 0,00 metri s.l.m. (Saline Joniche) a 1.081 metri s.l.m. (Embrisi). A Montebello Jonico appartengono anche le frazioni di Fossato Jonico, Masella e Saline Joniche, ed altri piccoli agglomerati abitativi senza alcun rilievo giuridico (ad es. Caracciolino e Riace Capo); è posizionato al margine meridionale



dello spazio geografico che da secoli viene denominato con il toponimo di Locride, a fare da cerniera con l'area reggina. Il comune, situato nella parte sud della Provincia di Reggio Calabria, si sviluppa in direzione nordest sud ovest e confina ad est sud-est con Melito di Porto Salvo, ad est per pochi chilometri con San Lorenzo, a nord nord-est con Bagaladi, a nord con Reggio Calabria, a ovest con Motta San Giovanni.

Fig. 1 Inquadramento Territoriale Comune di Montebello Jonico

La linea Costiera del Comune di Montebello Jonico (RC), situato sulla costa tirrenica meridionale calabrese tra il Comune di Motta San Giovanni a Ovest e quello di Melito di Porto Salvo ad Est. Si tratta di una costa di circa 6,2 Km, che si sviluppa in direzione NW-SE con un arenile ad andamento irregolare di circa 2 km, mostrando una leggera convessità rivolta verso il largo, mentre la restante parte è costituita da scogliere artificiali; tutta l'area costiera è soggetta attualmente al fenomeno dell'erosione. Geograficamente il litorale è compreso tra l'agglomerato urbano di Riace Capo nei pressi della foce della Fiumara Molaro I a nord ovest e la foce della Fiumara Sant'Elia a sud est. L'ampiezza della piana costiera è variabile ed è compresa tra circa 600 - 1000 metri con una altezza variabile che raggiunge al massimo gli 18.0-20.0 metri s.l.m. con pendenze variabili tra 0-3°. Lungo il litorale o nel tratto di mare antistante sono presenti opere di difesa costiera (pennelli, barriere di massi ciclopici, ecc.) a protezione dell'agglomerato urbano di Saline Joniche, della SS 106 e della Rete Ferroviaria Jonica.



Fig. 2 Inquadramento Geografico Comune di Montebello Jonico

In particolare, lo studio interessa le aree poste all'interno del demanio marittimo, comprendendo la fascia di territorio delimitata dal SID (**escluse le aree del Porto di competenza dell'Autorità Portuale**); include, inoltre,

tratti di scogliere artificiali. Infine, le restanti superfici, pur rientrando nell'ambito del territorio comunale, non sono incluse nel SID e, pertanto non interessate da questo studio.



Fig. 3 Ortofoto Area di Piano

Una più precisa individuazione topografica dell'Area di Piano è riportata nella **Tav. GEOM\_01 Stralcio Cartografia I.G.M. (Scala 1:25.000)** e nella **Tav. GEOM\_02 Stralcio Aerofotogrammetrico (Scala 1:5.000)** e allegate allo Studio Geomorfologico.



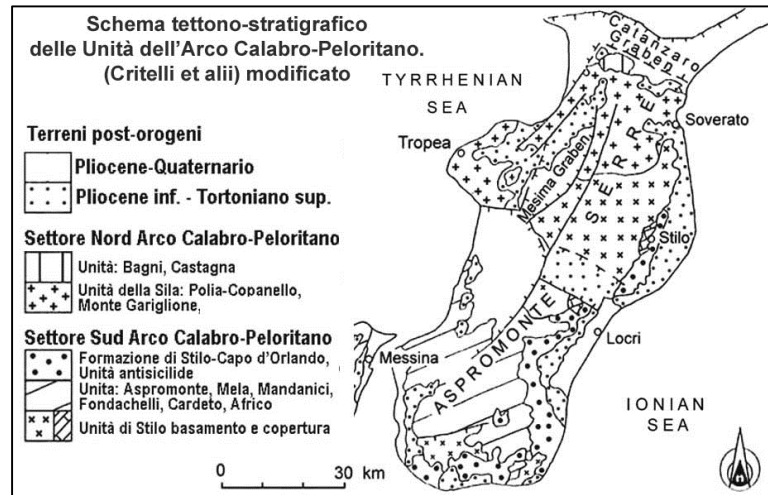
## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

### 2.1 Caratteristiche Geologiche

La geologia del versante ionico meridionale della Calabria è caratterizzata da affioramenti di terreni cristallini ignei e metamorfici, alloctoni, su cui poggiano lembi delle originali coperture sedimentarie, prevalentemente carbonatiche, passivamente trasportate insieme alle falde cristalline, seguiti, in sovrascorrimento tettonico, da terreni sedimentari alloctoni in facies di flysch più o meno caoticizzati e inglobanti livelli arenacei. A questo complesso alloctono seguono in discordanza stratigrafica i terreni tardo-orogeni e quelli plio-pleistocenici, sedimentati dopo la messa in posto delle falde di ricoprimento del Corrugamento alpino. Le condizioni lito-meccaniche dei terreni discendono dalla loro storia tettonica e, pertanto, si inquadrano nella storia geologica della Calabria. La costruzione del territorio calabrese è relativamente recente, malgrado si ritrovino materiali antichi sradicati dalla loro sede di origine, dislocati tettonicamente per centinaia di chilometri ed impilati in falde di ricoprimento sulle quali si sono depositati, durante e dopo le fasi di impilamento, depositi sedimentari da relativamente recenti ad attuali. Durante l'ultima fase di costruzione della struttura della Calabria, si è avuto un sollevamento generalizzato, ma non uniforme, che ha conferito alla Calabria meridionale il suo aspetto attuale, significativamente modificato dall'erosione. Il sollevamento ha portato ad oltre 1200m sul livello del mare attuale, un'antica superficie di sedimentazione e i rilievi che essa circondava: i Piani d'Aspromonte e la dorsale del Montalto. Il nucleo sollevato ha un'ossatura costituita dai terreni cristallini delle unità alloctone della Catena alpina. L'impilamento delle falde alloctone inizia nel Miocene medio, circa 16 milioni di anni fa, mentre risale a circa 1 milione di anni l'avvio della fase di intenso sollevamento tettonico di cui abbiamo prima indicato. Tale sollevamento, testimoniato dall'attività sismica e dai molteplici indizi geologici e geomorfologici, continua ancora oggi ed è accompagnato da un'intensa azione dei processi di smantellamento (erosione e movimenti in massa). I terreni cristallini ignei e metamorfici alloctoni sono rappresentati da:

- **Unità Alpine dell'Aspromonte** costituite da unità metamorfiche di basso-medio-alto grado e dai complessi plutonici delle Serre e dell'Aspromonte. Si tratta di terreni di provenienza continentale, con alcuni elementi che indicano probabilmente le prime fasi di apertura di una fossa oceanica (lave basiche), metamorfici o intrusivi, a composizione acida, derivanti dalla deformazione e trasporto di segmenti cristallini in parte già metamorfosati durante il Corrugamento Ercinico (fase Varisica o pre-Varisica), e rimetamorfosate durante il corrugamento alpino.
- **Unità di Stilo** caratterizzata da: un Complesso di rocce metamorfiche di basso-medio-alto grado costituite da filladi, metacalcari a trilobiti devoniane, porfiroidi, metabasiti, micascisti a granato, gneiss a granato e gneiss occhialini; Il Batolite di Stilo (MESSINA et al., 1993) che costituisce il nucleo principale dell'Unità omonima è costituito da molte unità intruse in una fase post-tettonica.

Alle unità cristalline seguono le **unità Sedimentarie Tardorogene** costituite da varie formazioni di età compresa tra l'Oligocene Superiore e l'Olocene: Conglomerati, arenarie ed argilliti della F.ne di Stilo-Capo d'Orlando (Oligocene sup. – Burdigaliano); Calcareniti di Floresta (Langhiano); Complesso anticiclidico fortemente tettonizzato delle Argille Varicolori (Cretaceo) con la copertura di



Quarzareniti numidiche (Oligocene) in falda sulla formazione precedente; Sabbie conglomerati ed arenarie a Clypeaster dell'Unità silicoclastica Serravalliano-Tortoniano; Siltiti, argille diatomitiche, calcari evaporitici gessi e gessareniti della F.ne Evaporitica (Messiniano); Conglomerati e sabbie dell'Unità silicoclastica tardo messiniana; Alternanze di marne calcaree e calcari marnosi della F.ne dei Trubi (Pliocene); Conglomerati, sabbie ed argille della F.ne di Monte Narbone (pliocene sup.- pleistocene inf.); Depositi calcarenitici, sabbiosi, conglomeratici di Terrazzi marini pleistocenici; Depositi recenti dei fiumi e delle piane alluvionali fluviali e costiere.

L'area oggetto di studio dal punto di vista geologico ricade nel **Foglio n. 615 “Melito di Porto Salvo”** (Progetto CARG aggiornato al 2017 - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000).

Il territorio comunale di Montebello Jonico, in particolar modo la porzione che si affaccia lungo la costa, insiste su un complesso sedimentario alluvionale olocenico che costituisce il top di un cuneo sedimentario costituito da conglomerati e sabbie pleistoceniche sopra le argille plioceniche e l'alternanza di sabbie, argille siltose e silts miocenici. Queste poggiano sul basamento di scisti filladici nerastri. Le fasi tettoniche hanno determinato e prodotto sistemi di faglie, rinvenibili in tutto il sistema aspromontano. In questa porzione di territorio tali sistemi di faglie dirette, hanno un andamento preferenziale che va da nord-nord-est verso sud-sud-ovest con lato ribassato a sud-est; e da nord-nord-ovest verso sud-sud-est con lato ribassato a sud ovest. Tutto il sistema geologico e geomorfologico dell'area è influenzato da tale andamento. Oltremodo la direzione di scorrimento delle Fiumare e degli altri fossi presenti su di essa risulta essere sub-perpendicolare all'allungamento del massiccio cristallino, con direzione Nord-Sud; tagliando di netto, dopo una lunga azione incisiva costante, il complesso sedimentario e rappresentando il principale veicolo di trasporto delle alluvioni a valle.

Dai rilievi geologici di dettaglio effettuati sull'Area presa in esame e nella porzione di territorio immediatamente circostante ad essa risulta la presenza di tre litologie predominanti, di età recente, denominate: **Depositi Alluvionali attuali (b)**, **Depositi di Spiaggia (g<sub>2</sub>)** e **Depositi Alluvionali terrazzati (b<sub>n1</sub>)** di origine continentale e transizionale.



La descrizione della successione litostratigrafica sopra indicata a partire dalle formazioni recenti fino a quelle via via più antiche risulta essere la seguente:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| ➤ <i>Depositi Alluvionali attuali</i>    | <b>ATTUALE</b>         |
| ➤ <i>Depositi di Spiaggia</i>            | <b>OLOCENE-ATTUALE</b> |
| ➤ <i>Depositi Alluvionali terrazzati</i> | <b>OLOCENE</b>         |

#### **A. Depositi Alluvionali attuali (b)**

Le alluvioni sono costituite quasi esclusivamente da ghiaie grossolane negli alvei delle fiumare e da ghiaie, sabbie e argille nei modesti settori di piana costiera. Il materiale detritico è prevalentemente rappresentato da rocce cristalline, con una netta prevalenza di termini filladici con ciottoli appiattiti, a contorno sub-ellittico, di dimensioni variabili. Gli affioramenti sono confinati all'interno degli alvei fluviali e raramente risultano terrazzati. Costituiscono il materiale dell'alveo attuale in continua elaborazione da parte dei corsi d'acqua, in particolare durante gli eventi alluvionali più intensi

#### **B. Depositi di Spiaggia (g<sub>2</sub>)**

Si tratta di litotipi costituiti da ghiaie sciolte con ciottoli di quarzo, di granito e di metamorfiti di vario grado, distribuiti lungo costa dalle correnti. A tratti sono prevalenti le sabbie grossolane quarzose e a volte si rinvengono fenomeni locali di cementazione (dovuta alla presenza di carbonati) che danno origine a crostoni conglomeratici, conosciuti come beach-rock. L'ampiezza delle spiagge è variabile e può subire modificazioni nell'arco di una sola stagione. Gli aspetti tessiturali dei depositi di spiaggia sono disomogenei in funzione soprattutto dei notevoli apporti delle fiumare maggiori che hanno formato ampie piane costiere con lobature e insenature caratterizzate da depositi prevalentemente sabbioso - ghiaiosi verso riva e ciottoloso - sabbiosi verso monte.

#### **C. Depositi Alluvionali terrazzati (b<sub>n1</sub>)**

Questi depositi sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, arrotondati e ben elaborati, con diametro che va da qualche centimetro a diversi decimetri.

Talvolta i clasti dei livelli ghiaiosi hanno struttura embriata, mentre nei livelli limoso - sabbiosi la stratificazione è poco evidente. Questi depositi, talora terrazzati, sono fissati da vegetazione ad arbusti e sono ampiamente coltivati e solo eccezionalmente possono essere rielaborati da piene torrentizie; sovente si uniscono ai corpi detritici posti alla base delle pareti rocciose mentre in altri casi si sovrappongono ai sedimenti alluvionali dei corsi tributari minori, da questi reincisi e sospesi rispetto all'alveo attuale.

Costituiscono anche il deposito di conoidi alluvionali più o meno estese dei principali corsi d'acqua; in questo caso il litotipo prevalente è rappresentato da ghiaie poligeniche ed eterometriche in abbondante matrice sabbiosa, con blocchi angolosi e con intercalazioni sabbioso - ghiaiose. Nel tratto terminale delle valli questi depositi si collegano direttamente a quelli presenti lungo la costa, che costituiscono le piane costiere attuali, immediatamente alle spalle dei litorali. Il profilo della linea di costa è molto articolato, con ampie sporgenze formatesi per i cospicui apporti solidi trasportati dalle fiumare che, dalle pendici aspromontane verso la piana, attraversano terreni facilmente erodibili.

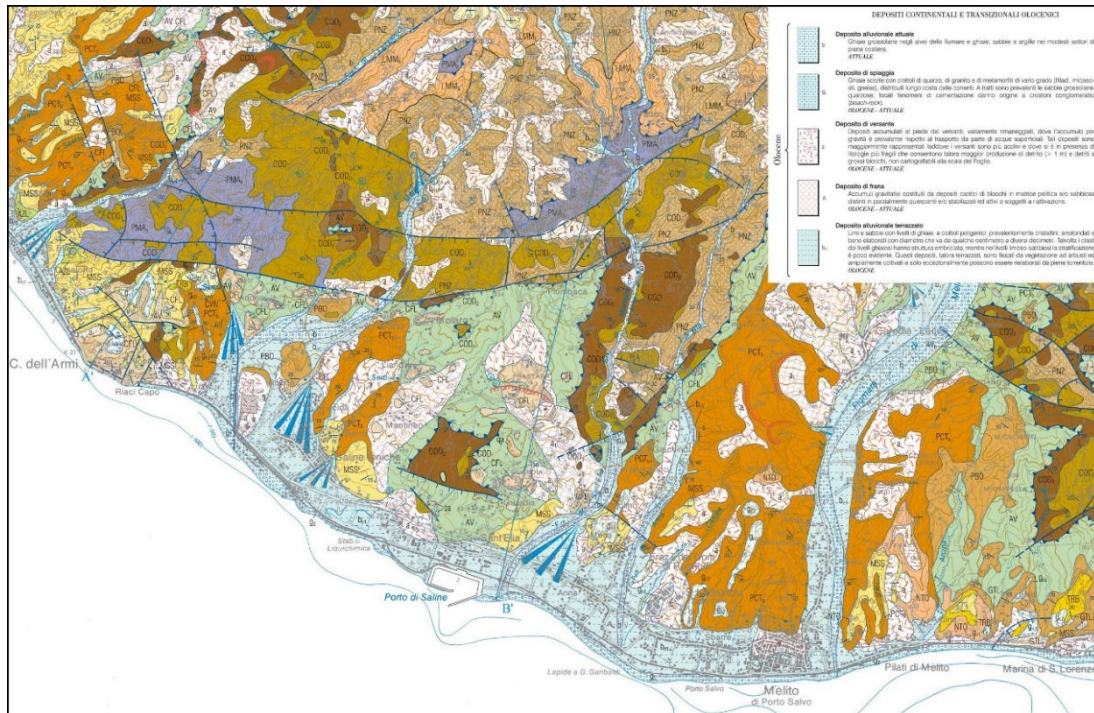
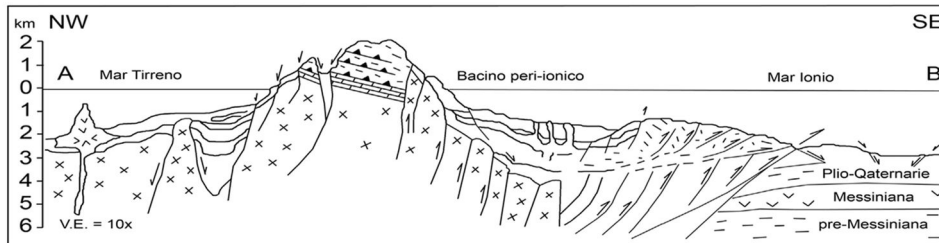


Fig. 4 Stralcio Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio n. 615 Melito di Porto Salvo

Una più precisa individuazione geologica dell'Area di Piano è riportata nella **Tav. GEOM\_03 Carta Inquadramento Geologico e Strutturale (Scala 1:5.000)** allegata allo Studio Geomorfologico.

## 2.2 Caratteristiche Geotettoniche e Geostrutturali

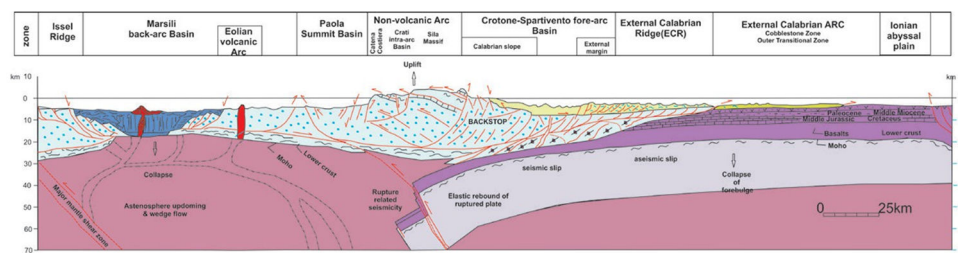
All'interno dell'area di studio, affiora la porzione prossimale del bacino di arco esterno ionico (vedi Fig. in basso) visibile a terra grazie all'intenso sollevamento dell'Arco Calabro verificatosi a partire dal Pleistocene medio (Tortorici et Alii, 1995).



Sezione geologica schematica dell'Arco Calabro Meridionale (CAVAZZA & DE CELLES, 1998).

L'evoluzione del settore meridionale dell'arco è stata controllata da due sistemi di faglie che si intersecano tra loro (Meulenkamp et alii, 1986; Weltje, 1988, 1992; Van Dijk & Okkes, 1991): un sistema con orientazione NO-SE e ONO-ESE e un altro sistema orientato NE-SO, parallelo ai sovrascorrimenti della parte esterna del prisma di accrezione (Finetti, 1985). Durante la sua strutturazione oligo-miocenica, si verificava un'attività tettonica estensionale alternata a retro-sovrascorrimenti obliqui e sviluppo di spinte verticali collegate a transpressioni destre lungo i sistemi di faglia orientati NO-SE, con cinematiche trascorrenti destre legate a una compressione da N-S a NO-SE (Montigny et alii, 1981; Rehault et alii, 1984, 1985; Dewey et alii, 1989; Boccaletti et alii, 1990; Weltje, 1992). I depositi torbiditici dell'Oligocene superiore - Miocene inferiore (Bonardi et alii, 1980; Cavazza 1989; Cavazza & De Celles, 1993) venivano depositati durante l'ultimo stadio del rifting lungo il margine provenzale e la susseguente apertura del bacino algerino - provenzale (Cavazza & Ingersoll, 2005). Le formazioni di Palizzi e di Pignolo in Sicilia sono interpretate come due sequenze deposizionali trasgressive, mentre la sedimentazione della Formazione di Stilo - Capo d'Orlando si verifica all'interno di un accavallamento sulla parte sommitale del bacino (thrust-top basin) (Bonardi et alii, 2003). Vai (1992) ritiene che la Formazione Stilo - Capo d'Orlando sia il riempimento clastico, molto irregolare, di un bacino episuturale sviluppatosi in condizioni trascorrenti e transtensive (movimento destro della piattaforma africana), complicate da sforzi transpressivi concomitanti o di poco successivi (rotazione antioraria della Sardegna). Secondo Vai ed in riferimento alla teoria della frammentazione in vari blocchi dell'ACP, il bacino di Capo d'Orlando si alimenta dal substrato utilizzando le porzioni dei vari blocchi presenti che sono stati rialzati in seguito a fenomeni transpressivi. L'evoluzione del bacino di Capo d'Orlando veniva controllata da due sistemi di faglie: uno avente orientazione NO-SE e ONO-ESE che delimitava una serie di sub-bacini e determinava la posizione dei canali di alimentazione e dei canyon sottomarini ed uno orientato NE-SO, parallelo ai sovrascorrimenti della parte esterna del prisma di accrezione, che controllava la dispersione assiale dei sedimenti (Meulenkamp et alii, 1986; WELTJE, 1988; VAN DIJK & OKKES, 1991) (vedi Figura sotto).

Durante questo intervallo temporale (Oligocene superiore - Miocene inferiore), si verificava un'attività tettonica estensionale alternata, con retro-sovrascorrimenti obliqui, collegati a transpressioni destre lungo i sistemi di faglia orientati NO-SE. Vari Autori (*Montigny et alii, 1981; Rehault et alii, 1984, 1985; Dewey et alii, 1989; Boccaletti et alii, 1990*) individuano, su larga scala, la presenza di movimenti trascorrenti destri lungo faglie trasversali orientate NO-SE. Le osservazioni di campagna fatte da *Weltje (1992)* in Aspromonte non confermano tali dati ma riconoscono una serie di faglie trascorrenti minori destre. Lungo le faglie trasversali maggiori, nell'area aspromontana, tali osservazioni giustificerebbero anche la presenza di retro-sovrascorrimenti (*back thrusting*) e scivolamenti (*tilting*). *Weltje* individua due tipi di faglie trasversali o zone di faglie trasversali: una, di entità maggiore, che ha agito ad intermittenza sia come trascorrente destra che come trascorrente sinistra almeno dal Neogene ed una, di entità minore, rappresentata da faglie trasversali che bordano piccoli blocchi che controllano il flusso dei sedimenti all'interno del bacino. I bacini oligo-miocenici sono trasportati al tetto dell'unità del basamento calabro durante i fenomeni di migrazione dello stesso. Secondo *Weltje* vi sono notevoli differenze tra i bacini aspromontani e i classici bacini di *piggy back* in quanto all'evoluzione di questi ultimi sono associati fenomeni di propagazione in sequenza dei sovrascorrimenti (in-sequence thrust propagation) (*Ori & Friend, 1984; Ricci Lucchi, 1986*).



Sezione geologica dell'Arco Calabro Meridionale (*VAN DIJK et alii, 2000*).

Nel caso dei bacini aspromontani, questi sono associati ad episodi di sovrascorrimenti e retro-sovrascorrimenti (out of sequence thrusting and back thrusting), deformazioni lungo trascorrenti e tettonica estensionale, considerati come esempi di mixed mode basins (sensu *GIBBS, 1987*). Secondo *Van Dijk & Sheepers (1995)* la parte esterna del bacino ionico è il risultato di un'evoluzione, dall'Oligocene medio ad oggi, caratterizzata da fenomeni di sono notevoli differenze secondo tra i bacini aspromontani e i classici bacini di piggy back in quanto all'evoluzione di questi ultimi sono associati a fenomeni di in-sequence thrust propagation (*Ori & Friend, 1984; Ricci Lucchi, 1986*). Nel caso dei bacini aspromontani, questi sono associati ad episodi di out of sequence thrusting e back thrusting, strike slip deformation e tettonica estensionale, considerati come esempi di mixed mode basins (sensu *GIBBS, 1987*). Secondo *VAN DIJK & SHEEPERS (1995)* l'onshore del Bacino di forearc ionico mette in evidenza uno sviluppo dello stesso, dall'Oligocene medio ad oggi, caratterizzato da fenomeni di pulsazione e di inversioni verificatesi durante il tardo Burdigaliano, il Piacenziano ed il Pleistocene medio, con la formazione di bacini di pull apart presenti all'interno di segmenti aventi andamenti NO- SE (*Moussat, 1983; Boccaletti et alii, 1984; Van Dijk & Okkes, 1988, 1990, 1991*).



Sul margine esterno i bacini sono rappresentati da piggy back basins e da harmonica basins ubicati sul prisma di accrezione (*Van Dijk & Okkes, 1988, 1990; Van Dijk, 1994*). Durante il tardo Miocene si registra la ben nota crisi di salinità associata alla tettonica intramessiniana. In particolare, secondo *De Celles & Cavazza (1995)*, l'essiccazione regionale causò il rimbalzo isostatico della litosfera ionica cambiando le condizioni d'equilibrio della catena che rispose con un sovrascorrimento, erosione diffusa e generazione di grossi spessori di sedimenti conglomeratici. Attualmente, nel complesso, domina un andamento di tipo estensionale (*Ghisetti & Vezzani, 1981, 1982*).



### **2.3 Caratteristiche Sismotettoniche**

La storia sismotettonica del Comune di Montebello Jonico non è diversa da quella di quasi tutti i centri della Calabria e copre a fatica gli ultimi tre o quattro secoli dell'ultimo millennio, riportati anche in *Boschi et Alii (1995)*. La Sicilia nord-orientale e la Calabria meridionale sono probabilmente tra le regioni più sismiche dell'intero territorio nazionale. Il quadro cinematico dell'area si presta a numerose interpretazioni, anche fortemente discordanti, e nessun modello dinamico deformativo è ancora riuscito a far quadrare le numerose evidenze strutturali e tettoniche della regione.

Gli studi sull'argomento esistenti in letteratura riportano lineamenti strutturali e direzioni di faglia prevalentemente lungo le direttrici NE-SW, NW-SE, WSW-ENE, E-W e N-S, con datazioni delle fasi tettoniche estremamente diversificate, a seconda che si consideri o meno la riattivazione dei lineamenti più antichi. Le strutture tettoniche post-orogene presentano direzioni ricadenti negli intervalli N5-30, N40-60 e N90-120; si tratta di faglie a componente principale normale, con evidenze cinematiche di trascorrenza sinistra per le strutture N40-60 (*Gargano, 1993*). Malgrado ciò, gli studi per l'individuazione delle strutture sismogenetiche dei principali eventi che hanno interessato l'area risultano non ancora perfettamente congruenti. La zonazione sismotettonica proposta nel novembre 1994 dal Gruppo nazionale Difesa dai Terremoti del C.N.R. (*in Stretto di Messina S.p.A., 1995*) individua per il settore di Messina le seguenti aree sismogenetiche: lo Stretto di Messina; L'Etna; l'Arco Calabro meridionale; il settore Isole Eolie-Patti; la fascia Kumeta-Alcantara; il siracusano; la Calabria centrale; l'Arco Calabro settentrionale; la fascia dalla Piana di Catania alla Piana di Gela; il Belice. La sismicità caratteristica dello Stretto di Messina è associata agli eventi del 1853 (IX-X grado della scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg), del 6 febbraio 1783 (VIII-IX) e del 1908 (X-XI), con magnitudo comprese fra 6.1, per l'evento del 1853, e 7.2, per quello del 1908 (*Boschi et Al., 1995*). Il tempo di ricorrenza di un evento simile, sulla base della teoria del terremoto caratteristico, è dell'ordine dei mille anni (*Valensise E Pantosti, 1992*). Gli studi condotti sul meccanismo focale del terremoto del 1908 associano il sisma ad una faglia a componente prevalentemente diretta, variamente orientata NE-SW: secondo alcuni Autori (*Riuscietti e Schick, 1975 E Schick, 1977*) sarebbe una N15, immergente 70° con settore ribassato ad ovest; secondo *Gasparini et Al., (1982)*, sarebbe una normale N28, immergente di 55° verso ovest, con leggera componente sinistra; per *Bottari et Al 1986 e 1987*, la struttura sismogenetica sarebbe una normale N42 del sistema NE-SW immergente a NW. Altri Autori (*Boschi et Al., 1989*) hanno elaborato un modello secondo il quale la faglia, estesa per circa 40 km al di sotto dello Stretto ed allineata con esso (NNE-SSW), avrebbe provocato un movimento normale puro di 1,5 metri, determinando abbassamenti massimi di 75 cm sul lato messinese e di circa 55 cm sul lato calabrese. Studi successivi (*Valensise e Pantosti, 1992 e 1993*) sulla topografia e l'assetto geomorfologico dei terrazzi marini pleistocenici hanno confermato l'andamento della deformazione superficiale osservata nel 1908, evidenziando il basculamento degli orizzonti marini in corrispondenza dello Stretto.



L'area mesosismica dell'evento del 1908 sarebbe confermata dal meccanismo focale del sisma di Reggio Calabria del 1975, associato ad una N40 sinistra con componente normale (Lo Giudice e Rasà, 1986), oppure ad una N62 trascorrente sinistra (Gasparini et Al., 1982). Lo sciame sismico del maggio 1985 ha localizzato due aree epicentrali nello Stretto (Bottari et Al., 1985), con profondità ipocentrali maggiori per l'area calabra ( $h > 15$  km) rispetto all'area siciliana ( $h < 15$  km). Tale ipotesi confermerebbe il modello a faglie a geometria listrica dello Stretto (Ghisetti, 1984), secondo il quale le faglie del settore siciliano sarebbero le antitetiche, meno profonde rispetto alle faglie principali del settore calabro.

L'area etnea, ritenuta una delle zone a più elevata sismicità d'Italia, ha registrato due dei maggiori eventi mai verificatisi nella regione italiana: il sisma del 1169, con magnitudo ipotizzata 7,5 e intensità epicentrale del X grado MCS, e l'evento del 1693, con magnitudo stimata 7,5 e intensità epicentrale dell'XI grado MCS (Boschi et Al., 1995). Entrambi gli eventi determinarono la distruzione di Catania e produssero a Messina effetti pari all'VIII grado MCS. L'Arco Calabro meridionale (l'area a sud della “stretta” di Catanzaro, comprendente le sottozone “Mesima-Mileto” e “Ferruzzano”) rappresenta probabilmente la regione italiana soggetta al maggior numero di risentimenti sismici: nella sola “crisi sismica del 1783” tale area fu colpita nell'arco di due mesi da ben cinque eventi catastrofici, di magnitudo compresa tra 5.6 e 7, con intensità epicentrali tra l'VIII e l'XI grado MCS (Boschi et Al., 1995). Per fortuna, tale sequenza rappresenta un episodio eccezionale nella storia sismica della penisola.

La magnitudo massima associata a tale sismicità è 7.1 (evento del 1638); l'intensità epicentrale più alta riscontrata è l'XI grado MCS (1638, 5/2/1783 e 28/3/1783).

La zona sismica “Isole Eolie-Patti” è caratterizzata da eventi a magnitudo compresa tra 4,5 e 6, con intensità epicentrali massime del IX grado MCS (evento del 10 marzo 1786). La fascia Kumeta-Alcantara, parzialmente sovrapposta alla zona sismica etnea, presenta una sismicità caratterizzata da eventi frequenti di magnitudo intermedia; il massimo evento riscontrato è quello del 5 marzo 1823, di magnitudo 5,8, con intensità epicentrale dell'VIII grado MCS. L'area del siracusano e della Val di Noto presenta una sismicità con magnitudo massime tra 6 e 6,9 ed intensità epicentrali fino al X grado MCS (evento del 10 dicembre 1542).

La sismicità della Calabria centrale, legata essenzialmente alle strutture della “stretta” di Catanzaro, è caratterizzata da eventi notevoli, con magnitudo massima 6,9 e intensità epicentrali fino al X grado MCS (terremoto dell'8/9/1905). L'Arco Calabro settentrionale è contraddistinto da eventi sismici frequenti di notevole entità (magnitudo attorno a 6 e intensità epicentrali fino al X grado MCS). Lo stesso dicasi per le rimanenti aree, quali la fascia dalla Piana di Catania alla Piana di Gela, il Belice e gli altri distretti sismogenetici dell'Appennino centro-meridionale, che, pur rappresentando zone ad elevata sismicità, non hanno mai prodotto danni di rilievo nell'area di interesse. La sismicità del Basso Ionio, invece, pur interessando un'area molto distante dal sito in esame, può provocare effetti di una certa entità: nel corso dell'evento del 20 febbraio 1743, culmine del periodo sismico del 1741-1743, i danni nell'area dello Stretto raggiunsero il VII grado MCS (Boschi et Al., 1995).



### **3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

#### **3.1 Caratteristiche Geomorfologiche**

Dal punto di vista geomorfologico l'Area oggetto del Piano si trova morfologicamente sulla Pianura Costiera, caratterizzata da una stretta fascia sub-pianeggiante, costituita da depositi alluvionali e da depositi di litorale, che lascia subito il posto verso l'interno a una topografia più irregolare, profondamente modellata e incisa dalle acque meteoriche e dai corsi d'acqua che scendono lungo le pendici Aspromontane.

Sono presenti nel territorio comunale di Montebello Jonico importanti aree soggette a movimenti gravitativi che si estendono fino alla fascia litoranea, in modo particolare quella perimetrata in alto nella zona ad est (movimento franoso di tipo complesso). La Linea di Costa considerata da “Riace Capo” fino alla “Fiumara Sant'Elia” fa parte del cosiddetto biotopo denominato “Stretto di Messina”, il cui assetto geologico strutturale risulta influenzare gran parte della costa calabra ionica con una serie di fenomenologie oceanografiche e biologiche molto peculiari, tra cui sicuramente il più importante è il regime idrodinamico.

I litorali sabbiosi rappresentano l'elemento più sensibile alle variazioni (anche piccole) degli equilibri costieri e del bilancio sedimentario, che è alla base della possibilità di esistenza della costa deposita. La perpetua movimentazione dei sedimenti a opera del mare (correnti, maree, moto ondoso, tempeste) sottopone i territori costieri a continui cambiamenti, che si evidenziano con nuovi assestamenti della linea di riva e con superfici territoriali emerse e sommerse dal mare, riscontrabili anche nell'arco di una stagione. L'azione del mare è contrastata principalmente dall'apporto fluviale di materiale detritico, che costituisce la principale fonte di alimentazione della fascia litoranea, essendo riutilizzato per il naturale ripascimento dei litorali ghiaiosi o sabbiosi, e da tutti quegli interventi, come opere idrauliche e marittime, che costituiscono uno sbarramento al progressivo apporto di sedimenti alla foce dei fiumi e un ostacolo al loro flusso litoraneo.

La fascia litoranea è caratterizzata da una linea di costa dove ampie baie si alternano a sporgenze lobate in corrispondenza dello sbocco delle fiumare e dalla completa assenza di depositi litoranei; in molti tratti i depositi delle conoidi sono inglobati nella stessa piana costiera con passaggi laterali a serie di dune costiere appena accennate e allungate parallelamente alla linea di costa. L'ampiezza della piana litorale-spiaggia varia mediamente da 0 a più di 70 m; la riduzione della fascia litorale si presenta in tutto il tratto che va dal Porto di Saline fino a Riace Capo. Negli ultimi decenni il litorale oggetto di studio ha subito significative evoluzioni geomorfologiche ed è ormai nota una predominanza dei fenomeni di erosione costiera di origine spesso antropica. L'arretramento della Linea di Costa è imputabile alla notevole riduzione dell'apporto solido delle fiumare ed alla realizzazione di infrastrutture portuali, pertanto, risulta esserci un'estesa fascia litoranea in cui l'effetto combinato tra antropizzazione e diminuzione dell'apporto solido ha ridotto sensibilmente, ed in alcuni tratti annullato, la presenza della spiaggia.



Da un punto di vista morfologico, l'area costiera in esame si inserisce in un territorio dall'andamento come abbiamo anzi detto subpianeggiante ed è caratterizzata da uno sviluppo clivometrico debolmente degradante da Nord-Nord Est verso Sud-Sud Ovest. L'ambiente costiero considerato è caratterizzato quasi esclusivamente da costa bassa ed è solo parzialmente interessato da modeste scogliere per lo più ubicate ad est di esso e rappresentando la fascia di transizione tra le terre emerse e il mare, risulta diversificato da un forte dinamismo.

Ciò ha portato la nascita di una spiaggia ciottoloso-sabbiosa ristretta, alle cui spalle si estende una piana alluvionale caratterizzata dalla presenza di valli ampie e profonde.

A partire dal Pliocene, l'area è stata soggetta ad una intensa attività tettonica che ha indotto forti dislocazioni verticali. In conseguenza di questo stile tettonico si è verificata una marcata ristrettezza (o addirittura assenza) della fascia litorale, un modesto sviluppo della piattaforma continentale, una notevole estensione del pendio, ed infine la presenza di scarpate di faglia sottomarine ed irregolarità della soglia rocciosa.

Il tratto di costa interessato è classificato morfologicamente come del tipo “**Pianura di Fiumara**”, in base alle seguenti caratteristiche:

- morfologia dell'entroterra: alvei alluvionali incisi in zone collinari e montuose;
- articolazione costiera: bassa o media
- granulometria del sottosuolo: grossolana
- granulometria dei fiumi e delle spiagge: grossolana
- profilo sottomarino: inclinato e con scarpata
- fondale: ciottoloso e sabbioso
- variazioni granulometriche: brusche
- deflusso fluviale: rapido
- deflusso freatico: rapido
- volume d'acqua subcostiero: grande
- zona di scambio in mare: media
- fascia di fondo soggetta a moto ondoso: media
- possibilità di accumulare inquinanti nei sedimenti costieri: bassa.

Una più precisa individuazione geomorfologica dell'Area di Piano è riportata di seguito nella **Tav. GEOM\_04 Carta Geomorfologica** e nella **Tav. GEOM\_05 Carta Clivometrica** entrambe in Scala 1:5.000 allegate allo Studio Geomorfologico.

### 3.2 Caratteristiche Idrologiche ed Idrogeologiche

L'assetto geomorfologico dell'area, descritto nel paragrafo precedente, condiziona in misura rilevante l'assetto idrografico e idrogeologico del territorio oggetto di studio, caratterizzato da bacini idrografici di modeste dimensioni e corsi d'acqua con aste di lunghezza relativamente ridotte. Le formazioni litologiche affioranti nell'area collinare e pedemontana sono fortemente erodibili e soggette in maniera diffusa ai processi di dilavamento del suolo. Ne scaturisce un quadro complesso dal punto di vista del dissesto idrogeologico, malgrado una idrografia di superficie non particolarmente accentuata. L'intera zona è interessata dalle fiumare, corsi d'acqua caratteristici, con ampia sezione d'alveo, corso relativamente breve, e fortissima escursione delle portate tra i periodi piovosi e i periodi di secca. Nell maggior parte dei casi le fiumare presentano il letto completamente secco, ma possono, in corrispondenza di eventi meteorici anche non particolarmente eccezionali, diventare dei veri e propri fiumi in piena. Tale elemento è anche confermato dalla notevole capacità erosiva e di trasporto sedimentario di questi corsi d'acqua, capaci di dare origine sulla costa a spiagge e conoidi deltizi di notevoli dimensioni. Il litorale del Comune di Montebello Jonico intercetta le foci di corsi d'acqua principali come le **Fiumare di Sant'Elia, Monteneo, Molaro I e Molaro II**, nonché di una serie di Fossi secondari: **Fosso La Guardia, Pulica, Pantano, Saline, Ambro e Riace Capo**. Il bacino idrografico principale presente sull'Area di Piano è quello della Fiumara di Sant'Elia (codice 545), che ha una estensione planimetrica complessiva di 28.951 km<sup>2</sup> con sezione di chiusura coincidente con la foce nel Mar Ionio. Il perimetro dell'intero spartiacque è pari a 31,79 km e la lunghezza della sua asta principale è di circa 14,2 km con una pendenza media del 6.64 %.

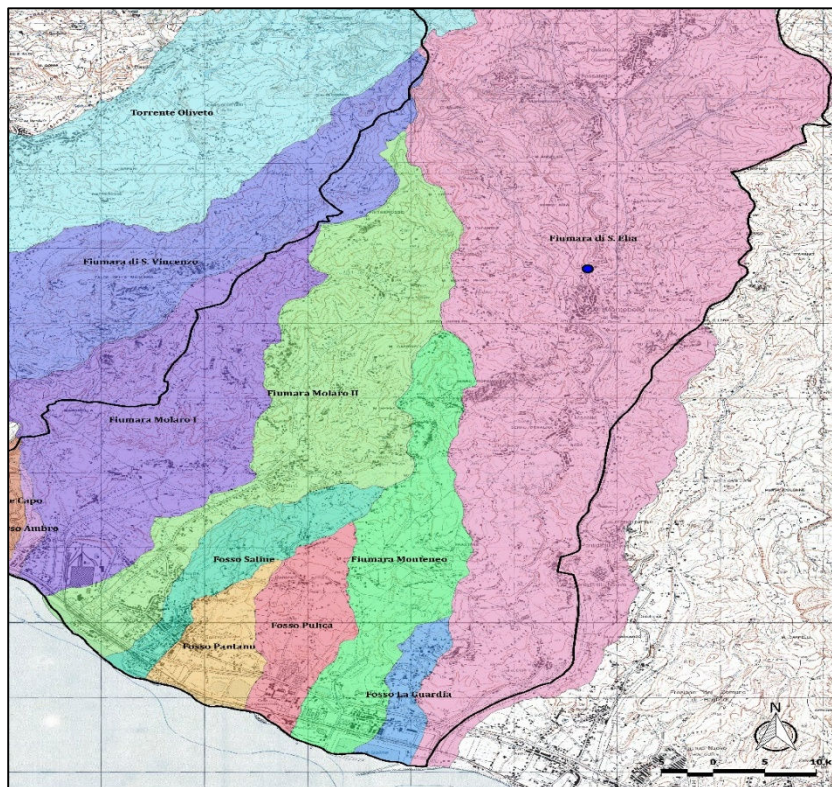


Fig. 5 Carta Bacini Idrografici

Nello schema che segue, estratto dalla Cartografia ufficiale redatta da Arpacal e Regione Calabria, sono riportate solo le aste idrografiche più competenti fra quelle effettivamente presenti e, le stesse, sono organizzate secondo il sistema proposto da Horton che le distingue in relazione al proprio ordine gerarchico.

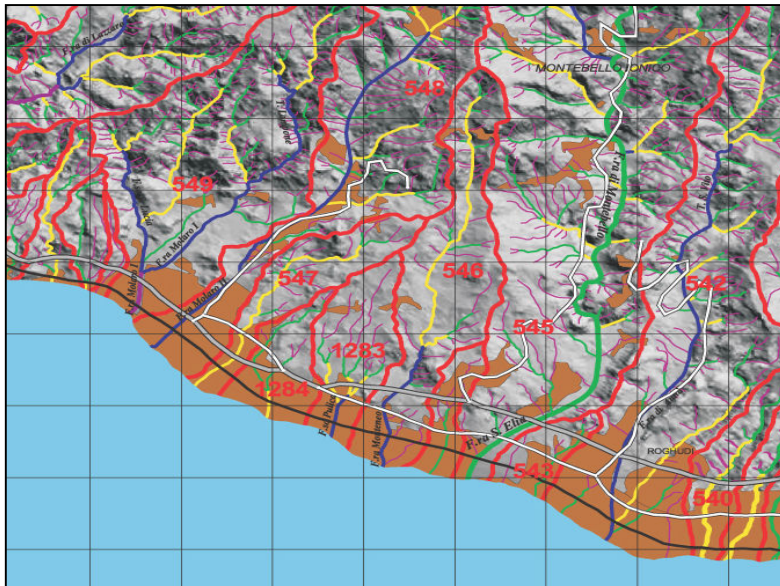


Fig. 6: Stralcio Carta Idrografica della Calabria n. 615 (Scala 1:50.000)

Lo schema evidenzia in ordine di grandezza che la **Fiumara di Sant'Elia** è di VI Ordine (in verde grassetto), la **Fiumara Molaro I** è di V Ordine (in viola grassetto), la **Fiumara Monteneo**, la **Fiumara Molaro II** e il **Fosso di Pulica** sono di IV Ordine (in blu), il **Fosso Saline** e il Fosso Pantano sono di III Ordine (in giallo), il **Fosso La Guardia** è di II Ordine (in verde) ed, infine, il **Fosso Ambro** e il **Fosso Riace Capo** sono di I Ordine (in viola).

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei complessi, esse sono state stimate sulla base delle osservazioni degli elementi litologici, sedimentologici e strutturali.

Sia le fiumare che i fossi sono stati in tempi storici e recenti oggetto di svariati interventi di canalizzazione e regimazione, al fine di limitare gli eventi di piena e canalizzare i flussi idrici al di fuori delle zone abitate, alcuni dei quali hanno anche contribuito ad alimentare da una parte e ad interrare, dall'altra, il sistema di stagni costieri di Saline, oggi ridotto a limitati specchi acquei.

Allo stato attuale, in attesa dell'attuazione dei Piani Regionali previsti a tale scopo, non sono reperibili dati e studi sulla qualità e le portate dei corpi idrici presenti nell'area.

L'alveo abbandonato della Fiumara Falcone attraversante l'area industriale (ex Liquilchimica) all'interno dei Bacini del Fosso La Guardia e la Fiumara Monteneo, anche se non più esistente in superficie, è con tutta probabilità interessato da significativi flussi idrici di subalveo aventi recapito in mare oltre la stessa area; la presenza di un flusso di subalveo è testimoniata altresì dalla distribuzione della vegetazione all'interno dell'Area Portuale in corrispondenza del vecchio corso d'acqua. Dai dati bibliografici rinvenuti riguardanti alcuni sondaggi effettuati lungo l'area costiera è stata riscontrata la presenza di una piccola falda freatica superficiale, di modesto interesse idrogeologico con un livello piezometrico raccordato al livello medio marino.

Una più precisa indicazione idrogeologica dell'Area di Piano è riportata di seguito nella **Tav. GEOM\_06 Carta Idrogeologica e del Sistema Idrografico** in Scala 1:5.000 allegata allo Studio Geomorfologico.

### 3.3 Aspetto Meteo-Climatico

La porzione meridionale della Calabria, in cui ricade il Comune di Montebello Jonico, è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo con inverni miti ed estati calde e spesso siccitose. I valori medi annui delle precipitazioni medie in tale porzione di territorio risultano comprese tra i 500 e i 1000 mm all’anno.



Fig. 7: Carta delle Isoiete della Calabria (CNR IRPI Cosenza)

Per l’area in esame sono stati adottati i dati termometrici e pluviometrici della Stazione di Montebello Jonico (cod. 2380) reperiti sul sito del Centro Funzionale Multirischi di Arpacal.

Mediamente la temperatura per il periodo analizzato (2002-2025) varia tra i 7°-12° del periodo invernale ed i 16,5°-25° del periodo estivo, con una media annuale di circa 16°.

| TEMPERATURE MEDIE MENSILI (T-°C)  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |     |
|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|
| (Stazioni Termometrica di Montebello Jonico ultimi 24 anni – cod. 2380) |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |     |
| Gen   | Feb  | Mar  | Apr   | Mag   | Giu   | Lug   | Ago   | Set   | Ott   | Nov   | Dic  | Med |
| 7,4°  | 7,5° | 9,3° | 12,3° | 16,5° | 22,1° | 24,8° | 24,6° | 20,2° | 16,7° | 12,7° | 9,1° | 16  |

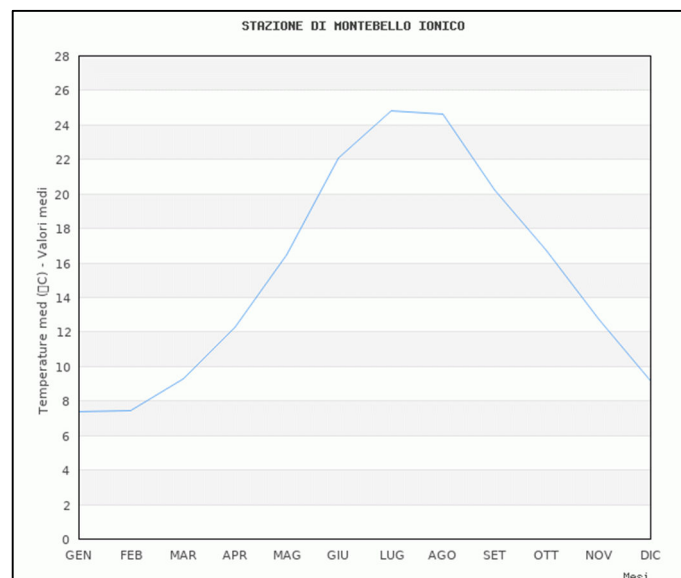


Fig. 8: Temperature Medie Mensili

I valori di precipitazione media annua, per il periodo analizzato (1940-2025), si attestano intorno ai 795 millimetri di pioggia, con picchi di pioggia più alti riscontrati nei mesi di gennaio e di dicembre.

| PIOGGE MEDIE MENSILI (P-mm/a)  |      |      |      |      |      |     |      |      |       |       |       |       |
|--|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|
| (Stazioni Pluviometrica di Montebello Jonico ultimi 86 anni – cod. 2380) |      |      |      |      |      |     |      |      |       |       |       |       |
| Gen  | Feb  | Mar  | Apr  | Mag  | Giu  | Lug | Ago  | Set  | Ott   | Nov   | Dic   | Med   |
| 133,4  | 79,7 | 88,4 | 46,7 | 28,5 | 10,1 | 5,4 | 12,8 | 54,1 | 109,5 | 108,0 | 117,7 | 794,3 |

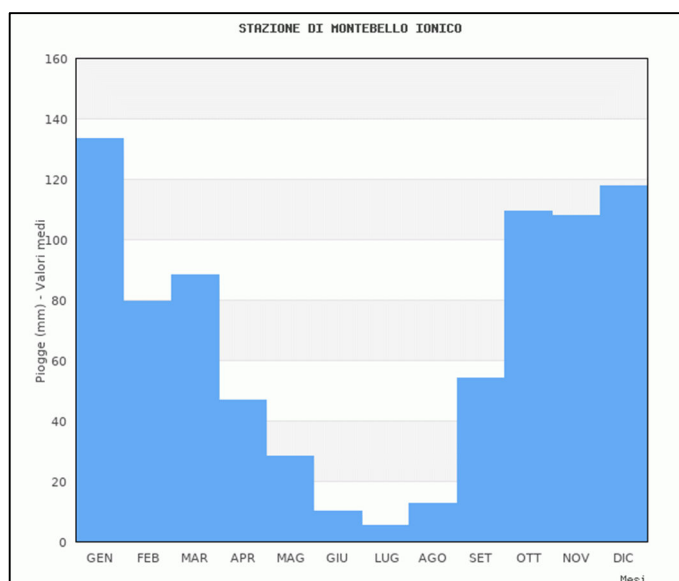


Fig. 9: Pioggie Medie Mensili

Una determinazione accurata del clima ondoso è fondamentale per una gestione efficace del territorio e per la difesa dei litorali. Comprendere le condizioni dell’onda sotto costa, dove risiedono la maggior parte delle strutture marittime e di difesa costiera, e quindi un obiettivo a medio/lungo termine per gli ingegneri costieri e per i ricercatori in genere. Questo anche per poter progettare correttamente interventi di mitigazione del rischio e di protezione dei litorali e/o infrastrutture marittime con lo scopo, in futuro, di poter anche prevedere la vita di un’opera sollecitata dalle condizioni di moto ondoso che si sono verificate in quel paraggio. Infatti, serie temporali delle condizioni di moto ondoso forniscono la base per le analisi statistiche dei parametri e consentono di calcolare con grande accuratezza le condizioni estreme (di progetto) del moto ondoso. In maniera simile, il trasporto a lungo termine dei sedimenti dipende dalla distribuzione dell’altezza delle onde frangenti, dal periodo delle onde e dalla loro direzione; questo fenomeno di trasporto dei sedimenti è importante possa basarsi su serie dati di moto ondoso il più lunghe possibili. L’Istituto Idrografico Italiano prima, ed ora il Ministero per l’Ambiente, hanno progettato ed installato la Rete Ondametrica Nazionale (RON), che gestiscono ormai da molti anni. Tale rete di monitoraggio ha portato a raccogliere numerose serie di dati sul moto ondoso a lungo termine, disponibili gratuitamente e senza alcun limite di licenza.

Il litorale calabrese si estende per circa 736 km. Si tratta di un territorio estremamente complesso dal punto di vista orografico, con alternanza di spiagge e coste alte (concentrate prevalentemente nei promontori di Capo Vaticano, Monte Sant’Elia e Capo Rizzuto), e fortemente antropizzato. All’interno dell’esteso litorale calabrese è possibile individuare tre macroaree: tirrenica (da Tortora a Scilla), ionica (da Rocca Imperiale a Motta San Giovanni) e dello Stretto di Messina (comprendente Reggio di Calabria e Villa San Giovanni).

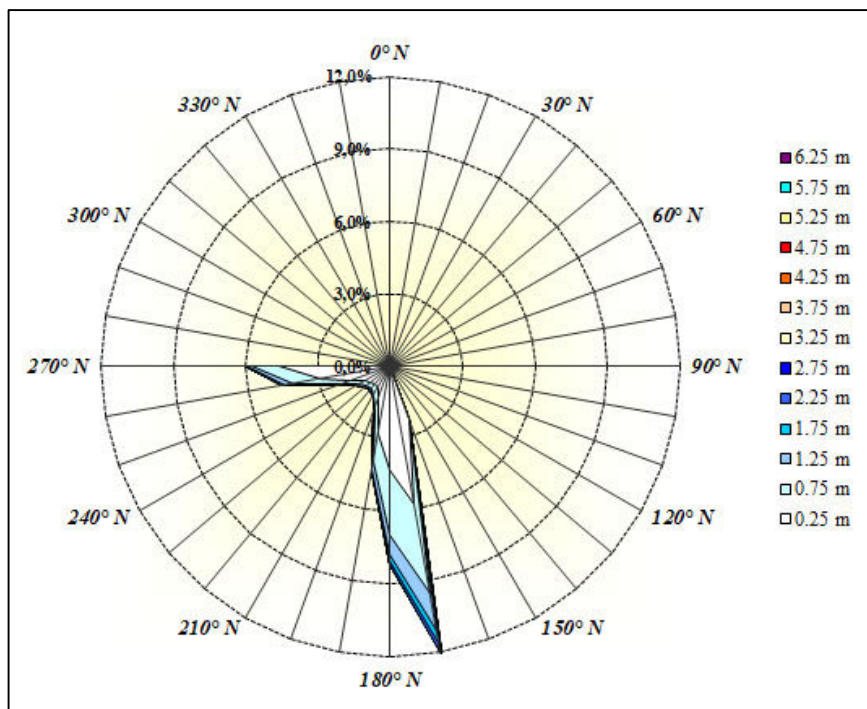
Il settore ionico si estende per oltre 400 km, in esso si inserisce l’area di studio, ed è caratterizzato da una bassa percentuale di costa alta (circa il 10% del totale), e da pianure alluvionali che hanno permesso la realizzazione di centri abitati a tergo della spiaggia per cui appena il 30% delle coste basse risulta antropizzato.

Anche una percentuale rilevante di litorali del settore ionico risulta esposta a moto ondoso agente su fetch di notevole estensione, superiore a 500 km con valori massimi di oltre 1000 km lungo le direzioni meridionali che raggiungono le coste nordafricane.

Per valutare il clima ondoso, il litorale calabrese è stato suddiviso in ventiquattro aree (AS1, AS2, etc.), delimitate da significative variazioni della morfologia costiera (presenza di promontori, foci di corsi d’acqua, opere portuali) e numerate procedendo in senso orario a partire dal confine con la Basilicata sul litorale ionico.

L’Area 12 del Master Plan ricade nella macroarea ionica dello studio meteomarinario e precisamente nelle Aree AS17 (da Fiumara Sant’Anna a Punta Pellarò), all’interno della quale rientra l’area d’interesse, e AS18.

Il Paraggio dell’area di studio su cui insistono gli stati di mare è il settore compreso tra le direzioni 50° N e 240° N. Per la generazione e l’analisi del clima ondoso a largo, a partire dai dati di vento della banca dati del Met Office, è stato utilizzato il modello HINDWAVE, definendo preliminarmente il bacino di generazione del moto ondoso a largo valutando le distanze di Fetch associate al punto a largo prescelto.

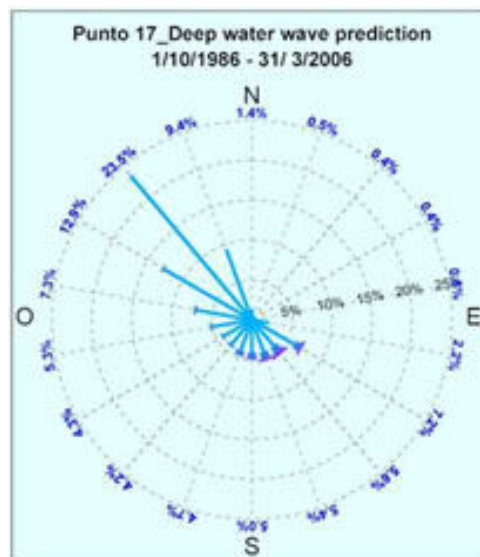




Il modello HINDWAVE è stato calibrato utilizzando i dati misurati alle boe della rete ondometrica nazionale (RON) e sono stati validati utilizzando le mareggiate più significative con serie temporale completa acquisite dalla rete ondometrica calabrese (ROR). L'input del modello è rappresentato da due serie di variabili: la prima permette di indicare le caratteristiche geometriche dell'area di generazione delle onde; con la seconda è possibile descrivere la variazione di velocità del vento nella stessa area. Il modello può essere utilizzato da solo per stimare una distribuzione di clima ondoso in funzione della direzione oppure insieme ai dati d'onda misurati in situ. Nel secondo caso, una volta calibrato rispetto ai dati registrati, il modello può essere usato, in modo affidabile, per previsioni in località vicine o con altri dati di vento. Questa procedura permette, per esempio, di estrarre dai dati di vento relativi ad un anno, una serie a più lungo termine o di prevedere le condizioni di moto ondoso in un punto vicino, ma orientato diversamente rispetto all'azione delle onde. Inoltre, con HINDWAVE è possibile stimare la direzione di provenienza del moto ondoso. Il modello può essere adoperato al largo in prossimità di diverse località costiere dove si desidera conoscere il clima ondoso direzionale e gli eventi estremi, siano state o no intraprese delle campagne ondometriche.

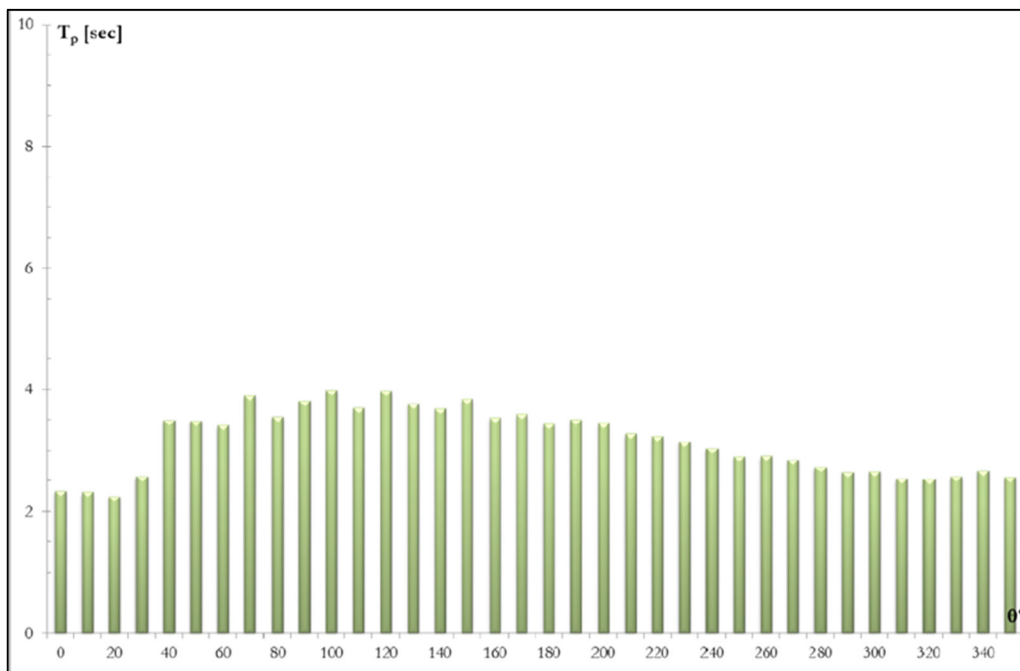
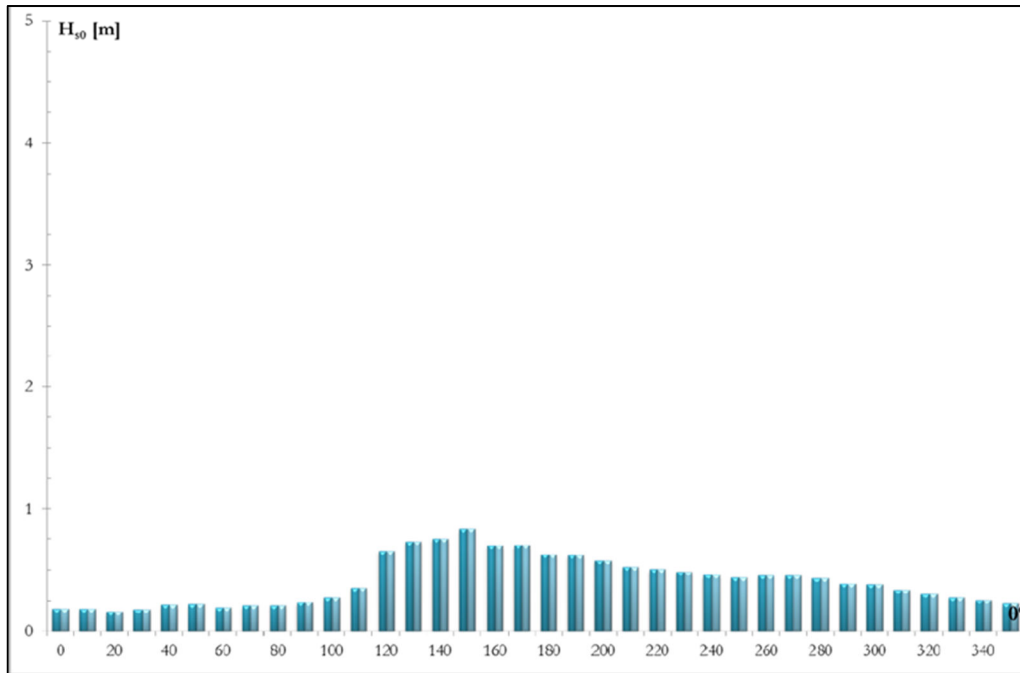
Le registrazioni sono state ripartite in gruppi d'altezza d'onda per ciascuna delle quali è stata definita la frequenza percentuale d'apparizione per settore. I livelli d'altezza significativa sono raggruppati per classi di 0.5 m, l'ampiezza dei settori direzionali è stata fissata pari a  $\Delta\theta = 10^\circ$ . Il valore della frequenza di apparizione relativa ad un fissato settore di provenienza dipende dal numero delle classi d'altezza significativa prese in esame, dal numero di registrazioni dell'i-esima altezza significativa per il settore di provenienza e dalla frequenza totale.

**Dal grafico seguente si ha un massimo di frequenza per onde provenienti da Area AS17-NO con percentuale del 23,5%; si osserva che le onde più alte provengono grosso modo dalla direzione S-SE.**



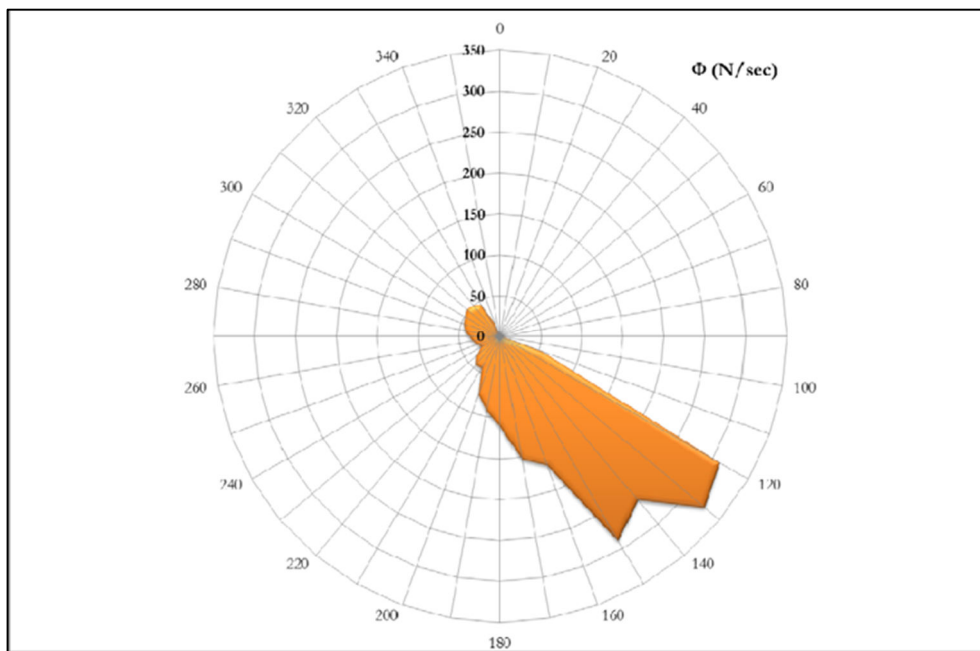


Nota la frequenza per settore di provenienza, si è proceduto al calcolo dell'altezza significativa media al largo  $H_{s0}$  ed il periodo di picco  $T_p$  al largo per ogni settore e si sono ottenute le seguenti distribuzioni  $H_{s0}/\theta$  e  $T_p/\theta$ , da cui si evince che i settori con altezza significativa media e periodo di picco medio più rilevante sono quelli: **Area AS17 - tra le direzioni S e SE, con un massimo a  $150^\circ$  N pari a circa 0.85 m. Si osservano periodi di picco medio con un massimo a  $100^\circ$  N, con  $T_{pmax}$  pari a circa 3,9 s.**



L'energia associata al moto ondoso di largo dipende da vari fattori quali l'altezza significativa, la celerità dell'onda al largo e il peso specifico dell'acqua di mare. Per l'Area AS17 si è ottenuto un valore massimo del flusso di energia del moto ondoso dal settore (135°N - 165°N) pari a 718 N/s. Il Settore di traversia principale, che comprende le direzioni delle agitazioni ondose più intense, è individuato da una direzione 90° N.

| FLUSSO DI ENERGIA - Area di studio AS17 |        |       |       |        |         |                |         |         |         |         |         |         |
|---|--------|-------|-------|--------|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Settori [°N]                            | 345-15 | 15-45 | 45-75 | 75-105 | 105-135 | <b>135-165</b> | 165-195 | 195-225 | 225-255 | 255-285 | 285-315 | 315-345 |
| Flusso(N/s)                             | 22     | 2     | 2     | 9      | 691     | <b>718</b>     | 357     | 167     | 93      | 115     | 149     | 114     |



Avendo determinato, per ogni direzione di provenienza del moto ondoso, le serie storiche delle mareggiate e le relative grandezze caratteristiche medie e significative (altezze d'onda e periodi), viene eseguita un'analisi statistico - probabilistica di tali dati, tesa essenzialmente a valutare i massimi valori delle caratteristiche del moto ondoso associati a fissati periodi di ritorno. La probabilità di superamento omnidirezionale è rappresentata da una legge tipo “Weibull” che dipende dai parametri  $u$  (adimensionale) e  $w$  (espressa in metri).

**Per l'Area AS17 tali parametri valgono:  $u=0.908$  e  $w=0.3888$ .**

Dal punto di vista fisico  $w$  è il fattore scala, caratterizza i livelli di agitazione ondosa ed aumenta con l'aumentare dell'altezza delle onde. Il parametro  $u$ , invece, regola il rapporto tra le altezze significative a diversi livelli di probabilità, tale rapporto è tanto più grande quanto più  $u$  è piccolo.

La probabilità di superamento direzionale può essere rappresentata dalla differenza di due “Weibull” (Boccotti, 1997) e fornisce lo stesso parametro  $u$  della probabilità di superamento omnidirezionale e due parametri  $w\alpha$ ,  $w\beta$  caratteristici del settore.

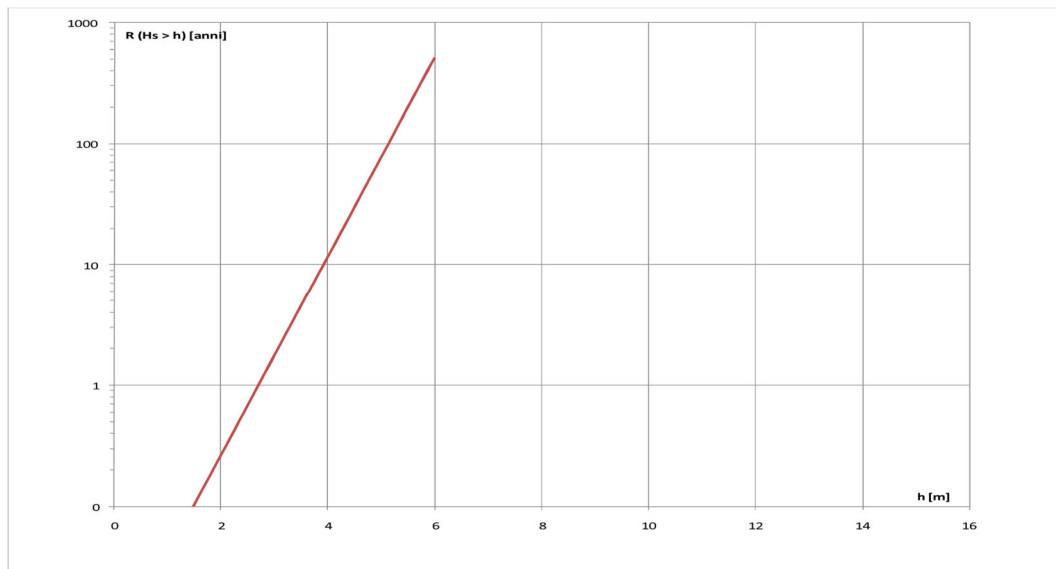
I valori massimi  $w\alpha$  e  $w\beta$  da considerare sono quelli evidenziati nella Tabella sottostante. Il valore di  $u$  invece è lo stesso per tutti i settori ed è pari a valore ottenuto dall’analisi omnidirezionale. Da ricordare che il settore di traversia dal quale proviene il mare più forte, e quello caratterizzato dal valore più alto di  $w\alpha$ , se esistono più settori con lo stesso valore di  $w\alpha$  allora il mare più forte, e quello che presenta il valore minore di  $w\beta$ .

| PARAMETRI DIREZIONALI |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |         |        |
|-----------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------|--------|
| Area di studio AS17   |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |               |              |         |        |
| 345-15                |              | 15-45         |              | 45-75         |              | 75-105        |              | 105-135       |              | 135-165       |              | 165-195       |              | 195-225       |              | 225-255       |              | 255-285       |              | 285-315       |              | 315-345 |        |
| $w\alpha$ [m]         | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] | $w\alpha$ [m] | $w\beta$ [m] |         |        |
| n.v.                  | n.v.         | n.v.          | n.v.         | n.v.          | n.v.         | 0.381         | 0.380        | 0.291         | 0.254        | 0.336         | 0.292        | 0.257         | 0.221        | 0.174         | 0.136        | 0.147         | 0.119        | 0.143         | 0.101        | 0.224         | 0.223        | 0.147   | 0.1468 |

Il periodo di ritorno omnidirezionale  $R$  rappresenta il periodo di ritorno di una mareggiata in cui l’altezza significativa massima supera una soglia  $h$ .

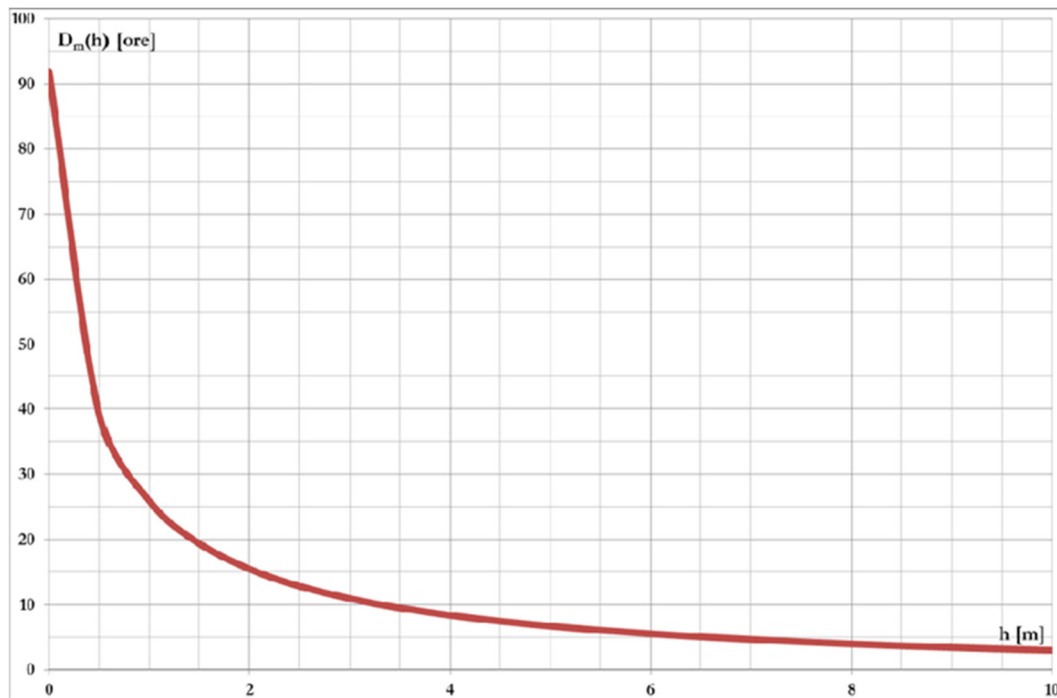
| AS17 - LIVELLI DI ALTEZZA SIGNIFICATIVA EGUAGLIATI O SUPERATI MEDIAMENTE OGNI R ANNI. |             |             |              |              |              |               |               |               |              |
|---|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| $h$ (0.1) [m]   | $h$ (1) [m] | $h$ (5) [m] | $h$ (10) [m] | $h$ (20) [m] | $h$ (50) [m] | $h$ (100) [m] | $h$ (200) [m] | $h$ (500) [m] | $\Delta$ [m] |
| 1.69  | 3.11        | 4.08        | 4.50         | 4.92         | 5.47         | 5.90          | 6.32          | 6.88          | 5.19         |

Il diagramma sottostante evidenzia il legame  $R/h$  e si può osservare come per un periodo di ritorno pari a 10 anni il valore di soglia è pari a 4,50 m, mentre a un periodo di ritorno di 50 anni corrisponde una soglia di altezza d’onda pari a 5,47 metri.



La persistenza media  $D$  al di sopra di una certa soglia  $h$  rappresenta la durata di tempo media in cui l’altezza significativa si mantiene al di sopra della soglia fissata.

Dal diagramma sottostante si può notare che all'aumentare del valore di soglia la persistenza diminuisce rapidamente: ad esempio a una soglia di altezza significativa di 6,5 metri corrisponde una persistenza media di circa 5 ore.



L'analisi dei risultati ottenuti dallo studio meteomarinò è uno strumento utile a comprendere quali siano i litorali maggiormente esposti al moto ondoso. Per descrivere e classificare il moto ondoso di un tratto di litorale con caratteristiche omogenee (transetto) si usa un parametro che viene definito come: **Indice caratteristico del moto ondoso I**. Tale indice tiene conto delle caratteristiche meteomarine e morfologiche quali: flusso, inclinazione settore traversa principale, pendenza della spiaggia emersa e sommersa, etc.

Di seguito, si riporta (contrassegnato in grassetto) l'indice caratteristico dell'intero litorale di Montebello Jonico (area di studio).

| AS17 | MOB-1 | MONTEBELLO IONICO  | 0,29 | 0,04 | 0,30 | 0,26 | 0,34 |
|------|-------|--------------------|------|------|------|------|------|
| AS17 | MSG-1 | MOTTA SAN GIOVANNI | 0,33 | 0,04 | 0,30 | 0,26 | 0,34 |
| AS17 | MSG-2 | MOTTA SAN GIOVANNI | 0,29 | 0,03 | 0,26 | 0,25 | 0,34 |

In sintesi, si può concludere che il territorio comunale di Montebello Jonico (RC) è essenzialmente privo di costa alta, ed è caratterizzato da modesti valori del flusso di energia, che si concentrano intorno alle direzioni provenienti da sud-est, caratterizzate da fetch di notevole estensione (lungo alcune direzioni superiori a mille chilometri). L'analisi probabilistica ha confermato che il settore di traversa principale proviene da sud-est, ma i settori adiacenti sono caratterizzati da valori dei parametri omnidirezionali di poco inferiori.



Riguardo tali parametri, è possibile osservare che il valore del “fattore scala”  $w$  è modesto ma la presenza di un valore poco elevato del parametro  $u$  comporta variazioni dell’altezza significativa al variare del periodo di ritorno di significativa entità: in particolare per periodi di ritorno pari a 0.1 anni si ottiene un’altezza significativa di 1.69 m mentre, per periodi di ritorno di 500 anni, si ottiene un’altezza significativa di 6.88 m, con una variazione di 5.19 m.

L’area è caratterizzata da fondali di pendenza molto elevata, superiore a 12% con valore massimo pari a circa 20%. L’indice caratteristico del moto ondoso risulta scarsamente variabile ed assume valori compresi tra 0.29 e 0.33. La scarsa variabilità dell’indice è correlata alla similare esposizione al moto ondoso proveniente da sud-est.

La corretta definizione del campo di moto ondoso sottocosta è una delle fasi più delicate degli studi di dinamica costiera. Un’errata valutazione dei parametri di moto ondoso, soprattutto in termini di direzione e di altezza d’onda, può alterare e sviare i successivi studi di dettaglio dei fenomeni di evoluzione costiera strettamente legati all’azione diretta del moto ondoso lungo il litorale. Pertanto, l’analisi del moto ondoso relativa al sito in esame (Area SID di Montebello Jonico) comprende il trasferimento delle caratteristiche ondometriche dal largo sottocosta sino a profondità prossime a quelle che confinano la fascia litoranea. Osservando il diagramma polare del flusso di energia riportato precedentemente è possibile stabilire quale sia il settore di traversia principale, vale a dire quello dal quale provengono le onde più forti. L’altezza e la direzione delle onde in prossimità della costa non sono eguali a quelle al largo a causa delle trasformazioni che esse subiscono nel movimento verso i bassi fondali. Il fenomeno continua fin quando non si raggiunge una condizione di instabilità e l’onda frange: si verifica cioè una forte dissipazione di energia e il movimento perde il suo carattere regolare “*alla Stokes*”. Da questo punto in poi, le caratteristiche dell’onda non solo non sono più riconducibili alla teoria lineare, e non si può forse neanche parlare di onde in senso stretto. Si ricorre quindi a equazioni diverse e più complesse o a criteri empirici o sperimentali.

La zona di spiaggia interessata da tali condizioni è quella compresa tra il punto di rottura delle onde e la porzione emersa fino alla massima risalita dell’acqua.

Si ha frangimento (rottura) delle onde quando queste perdono le proprie caratteristiche di regolarità (traslazione nel tempo e nello spazio) e di moto essenzialmente non dissipativo (senza dissipazione di energia - moto non viscoso) il frangimento è comunque spesso facilmente identificabile per l’intensa formazione di schiuma, derivante dalla formazione di moto turbolento. I meccanismi che danno origine al frangimento sono vari: l’azione del fondo (ampliamento dello strato limite); la formazione di gradienti o pendenze eccessivi sulla cresta; l’interazione con correnti o onde riflesse. Alcuni di questi meccanismi sono presenti anche su alti fondali (“cavalloni”, “whitecaps”); nel seguito, tuttavia si descrive esclusivamente la rottura su bassi fondali.

Esistono differenti forme di rottura dipendenti sia dalle caratteristiche dell’onda (altezza e lunghezza) che dalla pendenza del fondale.

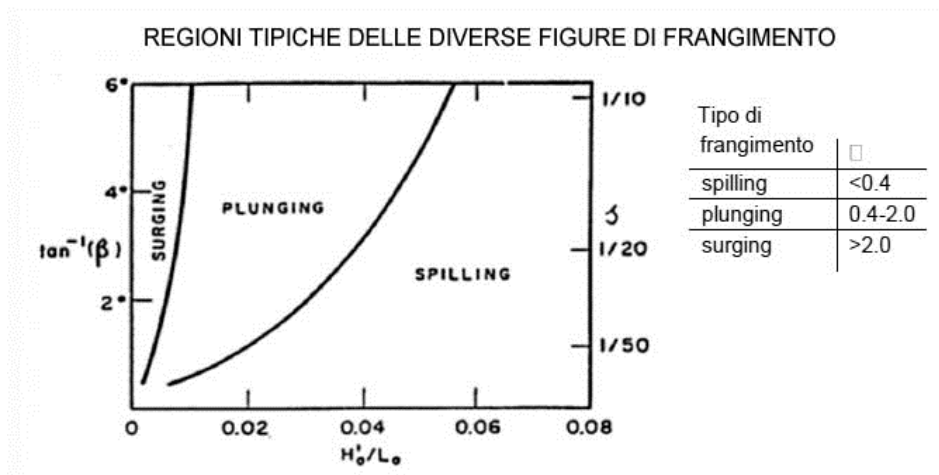
I meccanismi stessi del frangimento sono complessi e non ben classificabili; si utilizzano indici empirici, tra i quali è importante quello di *Iribarren (I)*, che è sostanzialmente la pendenza del fondo  $\tan(\beta)$  rapportata alla radice quadrata della pendenza dell'onda ( $H_0/L_0$ )

$$I_0 = \frac{\tan(\beta)}{\sqrt{H_0/L_0}}$$

con  $H_0$  altezza dell'onda in acque profonde,  $\tan(\beta)$  pendenza del fondo e  $L_0$  lunghezza dell'onda in acque profonde che si ricava dalla seguente espressione:

$$L_0 = \frac{g}{2\pi} T_0^2$$

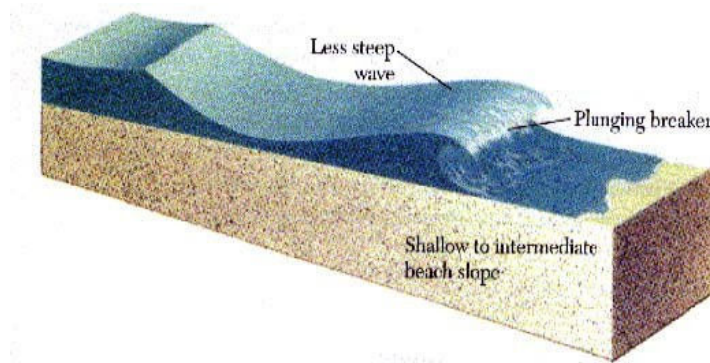
A seconda del valore di questo indice, si hanno diversi tipi di frangimento, classificati solitamente con i termini "spilling", "plunging", "surging". È importante comprendere che le caratteristiche del fenomeno sono legate, secondo la tabella e la figura seguente, al parametro  $I_0$ , che compare in molte formule relative alla verifica delle opere marittime.



Il frangimento spilling ( $I_0 < 0.4$ ) è un comportamento "dissipativo" (Molta energia viene dissipata mentre l'onda procede, e quindi riflette una bassa percentuale dell'energia in arrivo). Esso: è caratterizzato da una cresta abbastanza simmetrica rispetto all'asse verticale; presenta schiuma sul lato della cresta dalla parte del verso di propagazione del moto ondoso (la schiuma "spilla"); è associato a fondali orizzontali o a modesta pendenza (spiagge).



Il frangimento plunging ( $0.4 < I < 2$  - comportamento "intermedio" rispetto alla riflessione dell'energia) è caratterizzato da una cresta non simmetrica rispetto al punto più alto della cresta stessa, con la presenza di un "getto" e di una successiva "caduta" (tuffo, "plunging") dalla parte del verso della propagazione del moto ondoso. Esso è associato a fondali a media pendenza.



Il frangimento surging ( $I > 2$  - Comportamento "riflessivo", Riflette una percentuale importante dell'energia in arrivo) è caratterizzato da un innalzamento ("surging") della superficie dell'acqua prima della rottura. Esso è associato a fondali a forte pendenza ed è quindi tipico di coste rocciose o opere marittime



Il punto esatto dove avviene il frangimento non è facilmente stimabile o prevedibile, e per la sua determinazione esistono vari criteri empirici più o meno complessi.

È importante comunque comprendere che il fenomeno del frangimento avviene in maniera ripetuta per una considerevole lunghezza, specialmente nel caso di frangimento "spilling"; una volta rotta l'onda, e dissipata una parte dell'energia, il moto ondoso riprende con altezza ridotta per poi rompersi ulteriormente, e così via. È sufficiente guardare una spiaggia durante una mareggiata per convincersene. Sperimentalmente, quindi, si osserva che un'onda non riesce a sopravvivere se la sua altezza è maggiore dell'80% circa della profondità del fondo. L'eccessivo rapporto tra altezza cresta-cavo e profondità dell'acqua non è però l'unica causa di frangimento.



L'altra possibile causa è l'eccesso di ripidità: l'onda frange se la ripidità  $H_s/L$  supera una soglia critica pari a  $0.14 \tanh(Kd)$ ; (Miche, 1944). Facendo riferimento all'altezza significativa  $H_s$  nel caso di onde di mare si ha:

$$\text{Frangimento plunging} \Rightarrow \frac{H_s}{H_{s0}} = \frac{0.8}{H_{s0}/Lp_0} \cdot \frac{d}{Lp_0}$$

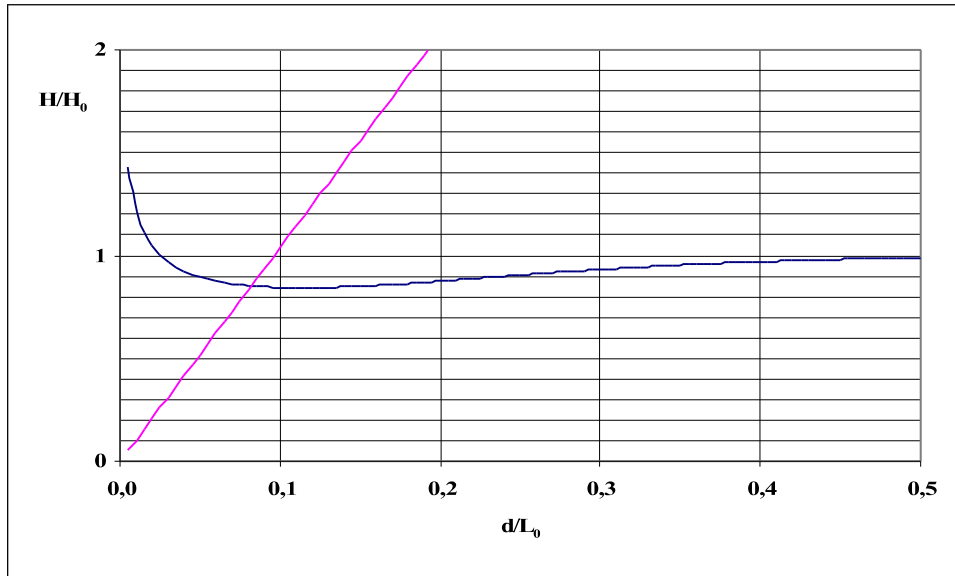
$$\text{Frangimento spilling} \Rightarrow \frac{H_s}{H_{s0}} = \frac{0.14}{H_{s0}/Lp_0} \cdot \tanh^2\left(\frac{2\pi d}{lp_0}\right)$$

dove il termine  $H_{s0}/Lp_0$  rappresenta la ripidità dell'onda al largo che, per spettri caratteristici di onde di vento (spettro JONSWAP), è pari a 0.035. Nel caso di frangimento plunging la distanza tra linea di battigia e quella di frangimento è piccola e l'onda collassa bruscamente ed il moto dell'acqua nella zona di dissipazione non assume le fattezze di un'onda ma di un getto che risale la spiaggia. Nel caso di frangimento spilling la distanza tra linea di battigia e quella di frangimento è grande e l'onda si spegne gradualmente fino ad arrivare ad una altezza nulla in corrispondenza della nuova linea di spiaggia. Quando un'onda si avvicina verso la linea di riva, con direzione non ortogonale alla linea di costa, a causa della diminuzione progressiva del fondale interagisce con il fondo subendo il fenomeno della rifrazione. Tale fenomeno è chiamato shoaling-rifrazione e rappresenta l'evoluzione di un'onda dal largo (vale a dire su una profondità  $d > 0.5Lp_0$  verso riva). Fissata una profondità di arbitraria l'altezza significativa su tale profondità risulta legata all'altezza significativa al largo  $H_{s0}$  in funzione dello spettro direzionale  $S(w\theta)$  dalla relazione:

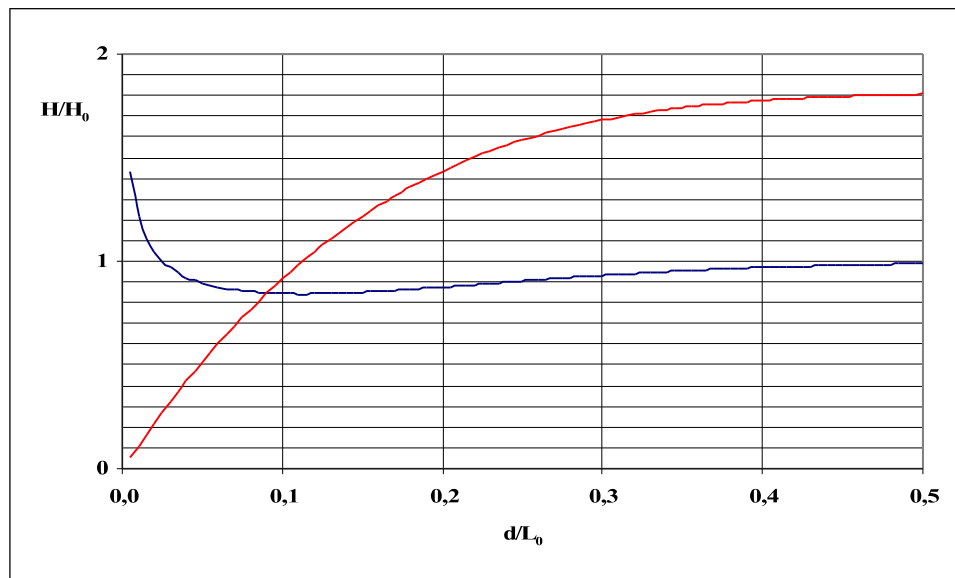
$$\frac{H_s}{H_{s0}} = \frac{\sqrt{\int_0^\infty \int_{-\pi}^\pi S(w, \vartheta) \left( \frac{\sinh(2kd)}{\tanh(kd) [\sinh(2kd) + 2kd]} \cdot \frac{\cos \vartheta}{\sqrt{1 - \sin^2 \vartheta \tanh^2(kd)}} \right) d\vartheta dw}}{\sqrt{\int_0^\infty \int_{-\pi}^\pi S(w, \vartheta) d\vartheta dw}}$$

dove  $k$  è il numero d'onda noto dalla legge di dispersione lineare e  $\theta$  è l'angolo che la direzione dominante forma con l'asse  $y$ . Rappresentando la relazione in un diagramma avente in ascissa la profondità relativa  $d/Lp_0$  ed in ordinata il rapporto  $H_s/H_{s0}$  si ricava, per un assegnata direzione dominante di largo  $\theta$ , la caratteristica di shoaling-rifrazione per le onde di mare. Individuando il punto d'intersezione tra la curva shoaling-rifrazione e la curva di frangimento è possibile determinare univocamente i valori dell'altezza d'onda significativa  $H_{sb}$  e della profondità  $d_b$  al frangimento.

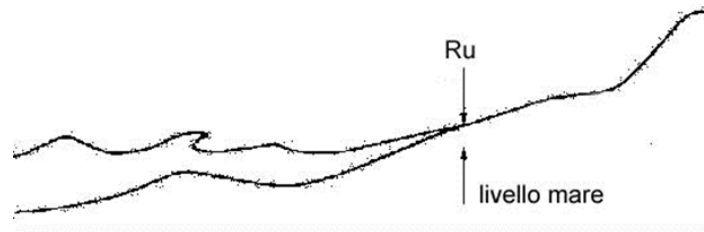
### Frangimento plunging



### Frangimento spilling



Nella zona di surf (frangimento) una parte del moto oscillatorio delle onde incidenti è convertita dal processo di frangimento in una traslazione in avanti della massa d’acqua. Ciò comporta la formazione di un risalto idraulico che “risale” la parete della spiaggia o il paramento esterno di una struttura costiera. Si tratta del noto fenomeno del *run-up*  $Ru$  (risalita), definito come massima elevazione verticale rispetto al livello marino in quiete raggiunta dall’acqua durante la sua risalita.



Il run-up di una singola onda appartenente ad un treno d’onde irregolari è di gran lunga influenzato dagli effetti delle onde precedenti e seguenti l’onda stessa. Tale processo rende lo studio assai complesso. Il Run up va peraltro studiato per sua natura con tecniche statistiche; esso è quindi caratterizzato da una funzione di distribuzione e dalla sua cumulata. Si dovranno dunque indicare valori di risalita che vengono superati una data percentuale di volte. Per determinare tali valori si usano formule empiriche, di cui ne esiste un’infinita varietà; hanno tutte struttura piuttosto simile. Nel nostro caso adottiamo la relazione di *Van der Meer e Stam (1992)*:

$$\frac{Ru_{2\%}}{Hs_0} = C_p I_b$$

dove:

$Ru_{2\%}$  è il valore di run up superato solo dal 2% delle onde;

$C_p$  è un coefficiente sperimentale che assume un valore pari ad 1,5;

$I_b$  è l’indice di Iribarren calcolato mediante la pendenza del fondale e l’altezza e la lunghezza d’onda al frangimento.

Per le esigenze del nostro studio si è calcolato il run-up sulle altezze d’onda significativa (riferita ai diversi periodi di ritorno) previste dallo studio ondometrico per il settore AS17 che comprende la nostra area di studio.

Di seguito vengono riportati i risultati di tali elaborazioni, cautelativamente adoperando i valori massimi dell’area.

| Altezza significativa - Area di studio AS17 |              |              |               |               |               |                |                |                |                 |
|---|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| h (0.1)<br>(m)                              | h (1)<br>(m) | h (5)<br>(m) | h (10)<br>(m) | h (20)<br>(m) | h (50)<br>(m) | h (100)<br>(m) | h (200)<br>(m) | h (500)<br>(m) | $\Delta$<br>(m) |
| 2.21  | 4.00         | 5.23         | 5.75          | 6.28          | 6.97          | 7.50           | 8.02           | 8.72           | 6.51            |



| $l_b$  | Hb/Hs <sub>0</sub> | d/Lp <sub>0</sub> |
|--------|--------------------|-------------------|
| 0,65   | 0,697              | 0,104             |
| Ru (m) | Hs0 (m)            | T (anni)          |
| 2.18   | 2.21               | 0.1               |
| 3.84   | 4.00               | 1                 |
| 5.10   | 5.23               | 5                 |
| 5.60   | 5.78               | 10                |
| 6.10   | 6.32               | 20                |
| 6.90   | 7.05               | 50                |
| 7.40   | 7.61               | 100               |
| 8.00   | 8.16               | 200               |
| 8.70   | 8.90               | 500               |

Per la determinazione numerica dell'area di possibile inondabilità annuale e stagionale (giugno-settembre) si può far riferimento, rispettivamente, ai valori di run-up per tempi di ritorno di 50 e 0.1 anni.

In generale, si evidenzia una condizione di criticità diffusa lungo l'intero territorio comunale, a causa di due fattori concomitanti:

i) la dinamica della linea di costa, che evidenzia forti variazioni della stessa, con significativi arretramenti in diverse località;

ii) i significativi valori del run-up, risalita dell'acqua lungo la linea di costa, in particolare nell'arco dell'anno (analisi annuali).

Il risultato è la raccomandazione di valutare con attenzione eventuali richieste di concessioni annuali: in tal caso sarà necessario corredare le richieste di un documento di dettaglio, che tenga conto della batimetria reale, delle caratteristiche della linea di costa, nonché della proposta progettuale presentata. Tale documento dovrà dimostrare la compatibilità delle opere da eseguire con i fattori meteorologici locali.

In ogni caso lo studio meteorologico qui sinteticamente riportato fornisce gli strumenti per il calcolo del run-up sulle diverse aree del litorale, disponendo di informazioni dettagliate sulla batimetria e sulla sedimentologia relative a specifiche aree lungo il litorale.

*Nel Master Plan degli Interventi di Mitigazione del Rischio di Erosione Costiera in Calabria, per la progettazione di interventi omogenei, sono state suddivise in 21 Aree omogenee d'intervento (Area1, Area 2, etc.).*

L'area di studio (Area SID del Comune di Montebello Jonico), nel Master Plan, ricade all'interno dell'**AREA 12**.

Il litorale dell'Area 12 ricade nel territorio della Città Metropolitana di Reggio Calabria, si affaccia lungo il litorale Tirrenico e raggiunge lo Stretto di Messina fino ad arrivare a Montebello Jonico ed ha una lunghezza complessiva di circa 62,33 km con sviluppo da Montebello Jonico a Scilla.

Negli ultimi anni, alcune importanti attività di studio sono state finalizzate alla conoscenza della dinamica dei litorali calabresi.



Nello specifico per il tratto di costa di interesse, sono da sottolineare:

1. Il Piano Stralcio Per l'Assetto Idrogeologico della Calabria, Erosione Costiera (PAI, 2001);
2. Una "Indagine conoscitiva dello stato delle coste calabresi con la predisposizione di una banca dati dell'evoluzione del litorale e l'individuazione delle aree a rischio e delle tipologie di intervento, con studi di dettaglio su venti aree campione e la previsione delle relative opere di difesa", (Maggio 2003);
3. L'allestimento di una "Rete di monitoraggio dei parametri meteo-oceanografici lungo il perimetro costiero calabrese" (Maggio, 2003).

Sulla base delle suddette indagini/studi, per la zona costiera in esame sono stati utilizzati i dati di clima ondoso relativi a un primo punto è posizionato all'imboccatura meridionale dello Stretto di Messina.

Partendo dai climi di moto ondoso nel punto sopra individuato (in termini di caratteristiche ondose al largo), può essere enucleato un settore costiero "omogeneo" equivalente **ad una unità fisiografica principale** in funzione della propagazione del moto ondoso sottocosta:

✓ **UNITÀ FISIOGRAFICA: Stretto di Messina: settore costiero da Capo Spartivento a Punta Pezzo.**

I Comuni rientranti in tale unità fisiografica sono Montebello Jonico, Motta S. Giovanni, Reggio Calabria e Villa S.G. Per l'Area 12, le informazioni e i dati raccolti negli studi pregressi hanno permesso di individuare 12 tratti (o unità sub-fisiografiche da 32 a 44) caratterizzati da **peculiarità fisiche e di dinamica litoranea omogenee**, secondo i seguenti criteri:

- omogeneità della morfologia costiera (costa alta, costa bassa);
- presenza di elementi morfologici caratteristici (punte, capi, foci di fiumi);
- omogeneità di orientamento ed esposizione della costa;
- presenza di strutture particolarmente influenti sulla dinamica litoranea (porti, opere di difesa);
- lunghezza media del tratto costiero di -10 km.

Limitatamente all'area in esame, sono stati considerati i tratti di costa numerati da **32 a 33** e sono graficamente indicati nella figura 10 sottostante.

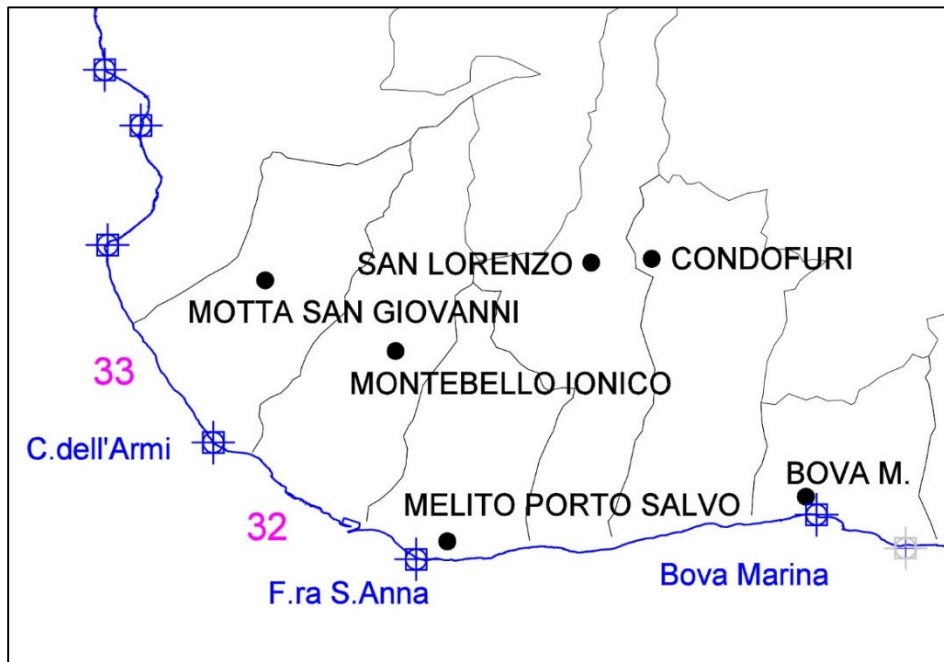


Fig. 10: Tratto litorale in esame

Sul versante ionico, dalla catena principale, si staccano una serie di brevi dorsali che scendono ripide e perpendicolari alla linea di costa, lungo le quali si formano delle spiagge piuttosto estese, costituite per lo più da sabbia, a granulometria media o anche grossa.

Sul litorale tra Montebello Jonico- Punta di Pellaro, ricade un'area di altissima valenza storico–archeologica, denominata “area grecanica”. La costa si presenta molto frastagliata, a tratti bassa e sabbiosa in altri alta e rocciosa. Lungo il litorale si alternano più o meno in ugual misura tratti a granulometria sabbiosa medio–fine e tratti a granulometria grossolana o ciottolosa, come quelli in corrispondenza delle coste alte; in qualche altro caso la costa alta degrada fino al mare, sprofondando in esso: tipica è la morfologia particolarmente acclive ad esempio di Capo dell'Armi.

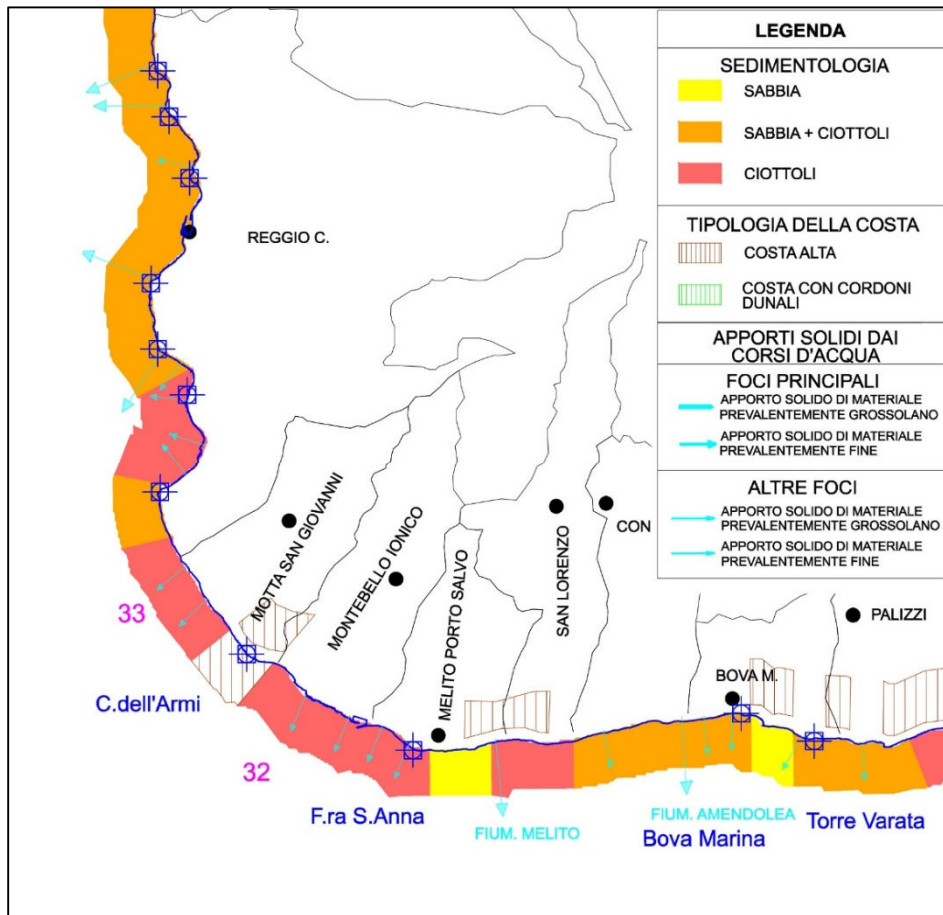


Fig. 11: Tipologia di Costa

In linea generale, il trasporto solido fluviale è prevalentemente grossolano ed è comunque scarso e alterno e non contribuisce ad alimentare e tenere in equilibrio il litorale come, invece, avveniva in passato.

Nella figura 12 vengono riportate le stime degli apporti solidi dei principali corsi d'acqua per la porzione di costa che si sviluppa da Capo Spartivento (nello specifico Montebello Jonico) a Punta di Pellaro.

Per l'area in esame le caratteristiche principali del **trasporto litoraneo** vengono di seguito descritte:

- per tutto il tratto tra Montebello e Punta Pellaro, il trasporto prevalente netto mantiene la direzione da est verso ovest. Il trasporto solido litoraneo potenziale possiede valori calcolati con entità dell'ordine di 20-40.000 m<sup>3</sup>/anno. La stima dei quantitativi di sedimenti che prendono parte ai processi di evoluzione costiera si riduce sensibilmente rispetto ai valori ottenuti dai calcoli eseguiti lungo il litorale jonico. Tale differenza è dettata sostanzialmente dalla diversità della composizione granulometrica delle spiagge, che nel tratto in esame risulta più grossolana, oltre che dalla conformazione geomorfologica dei fondali ed all'esposizione della costa.

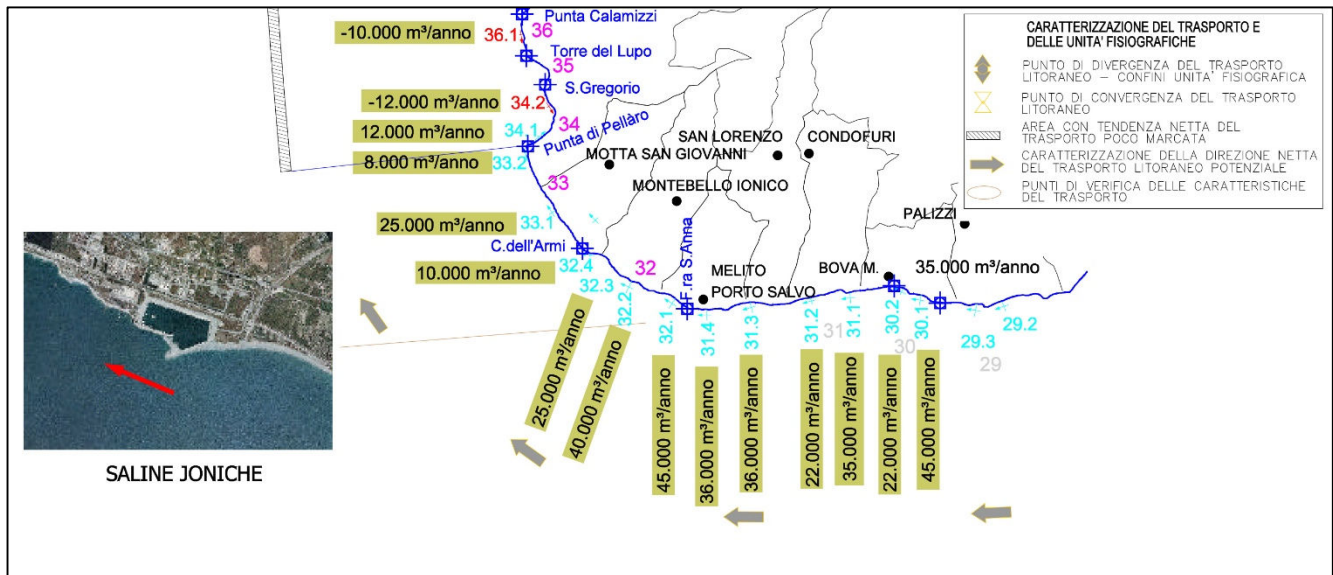


Fig. 12: Stime Trasporto Solido

Le caratteristiche discontinue dell'apporto solido hanno creato uno squilibrio e da circa 40 anni il litorale di questo tratto è in costante erosione. Il fenomeno erosivo è stato inizialmente lento in quanto la dinamica litoranea si è rifornita della spiaggia accresciuta nei decenni precedenti per poi procedere velocemente una volta terminato il serbatoio naturale. Il litorale è, infatti, negli ultimissimi anni arrivato al collasso ed ogni mareggiata è stata in grado di produrre modificazioni significative alla costa riducendo la spiaggia.

In merito all'evoluzione della linea di riva, nella **Tabella 2** vengono riportati i risultati del PAI fino al 1998.

| TABELLA 2- CONFRONTO TRA LE LINEA DI COSTA DEL 1954 E QUELLA DEL 1998 |         |                        |                        |                       |                                     |                          |                      |                                     |
|---|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| COMUNE  | Rischio | Lunghezza litorale (m) | Lungh. in erosione (m) | Sup. in erosione (mq) | % lunghezza di litorale in erosione | Lunghezza in avanzam (m) | Sup. in avanzam (mq) | % Lunghezza di litorale in avanzam. |
| Montebello Jonico   | R3      | 5.273                  | 3.390                  | 180.293               | 64%                                 | 400                      | 24.954               | 8%                                  |
| Motta San Giovanni  | R3      | 6.572                  | 2.020                  | 73.818                | 31%                                 | 630                      | 27.248               | 10%                                 |

Nella **Tabella 3** si riportano, inoltre, le località di Montebello Jonico dove sono stati registrati i maggiori Focus erosivi.

| TABELLA 3 - MAGGIORI FOCUS EROSIVI NEL PERIODO ESAMINATO 1954-1998 |                                       |       |
|--|---------------------------------------|-------|
| Montebello Jonico  | Foce fiumara Molaro II                | 32 m  |
| Montebello Jonico  | Pantano                               | 88 m  |
| Montebello Jonico  | Stazione di Saline                    | 160 m |
| Montebello Jonico  | A monte della foce della F. Molaro II | 134 m |



I risultati dell'analisi dell'evoluzione del litorale consistono nella stima delle superfici delle aree di spiaggia in erosione e in accrescimento derivanti dal confronto delle linee di costa e della lunghezza di spiaggia caratteristica per ogni singola area osservata, nei tre periodi di riferimento. Questi parametri permettono di ottenere le informazioni necessarie per determinare la tendenza evolutiva, in termini di arretramento o avanzamento della linea di riva e di velocità media annua di variazione della linea di riva, per ciascuna area risultante dal confronto delle linee di costa. Sono stati successivamente calcolati i valori rappresentativi dei parametri indicativi dell'evoluzione del litorale per ogni tratto costiero e per ogni periodo di riferimento, accorpando tutte le singole aree ottenute dall'analisi delle linee di costa ricadenti all'interno dei diversi tratti costieri.

Per il tratto costiero esaminato, si osserva che:

- nel **periodo 1958-1985** si ha una tendenza netta all'erosione piuttosto uniforme e con velocità inferiori a 1 m/anno in tutto l'arco di costa da Montebello Jonico a Punta di Pellaro;
- nel periodo più recente, **dal 1985 al 1998**, la dinamica si accentua e la tendenza netta all'erosione si riscontra praticamente lungo tutto l'arco di costa in esame e sono particolarmente intensi i fenomeni evolutivi.

Il confronto tra la linea di costa di Montebello Jonico del **1998** e quella stimata/rilevata per il **2025/2026** mostra un'evoluzione complessa e molto differente rispetto al passato, dove a fenomeni di erosione cronica si sono sovrapposti segnali di stabilità o leggero avanzamento in settori specifici, grazie a interventi di difesa e dinamiche locali di deposito (vedi **Tabella 4** riportata in basso).

Mentre il periodo 1954-1998 è stato dominato da un arretramento drammatico, l'ultimo venticinquennio presenta un quadro più eterogeneo:

- Avanzamento localizzato: Rapporti recenti dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) hanno inserito Montebello Jonico tra i comuni che, pur in un contesto critico, hanno registrato tratti di **costa in avanzamento** (superiore all'80% della linea di competenza in alcune analisi statistiche). Questo è spesso dovuto all'accumulo di sedimenti ridosso delle grandi infrastrutture come il porto di Saline Joniche o per l'effetto di pennelli e barriere soffolte.
- Settore di Saline Joniche: L'area portuale continua a rappresentare un punto di discontinuità. Se a nord della struttura si può verificare un accumulo di sabbia, il lato sud (sottoflutto) rimane vulnerabile all'erosione differenziale, poiché il porto impedisce il naturale rifornimento di sedimenti lungo la riva.

| TABELLA 4 - Sintesi dei cambiamenti 1998 - Attuale |   |  |
|--|---|--|
| Parametro  | Situazione 1998 (IT2000)                                | Situazione Attuale (Stima/Rilievi PCS)                         |
| <b>Configurazione</b>                              | Costa "irrigidita" e porto di Saline in forte degrado.  | Introduzione di nuove opere di difesa e aggiornamento del PCS. |
| <b>Tendenza</b>                                    | Erosione cronica post-industriale.                      | Segnali di stabilizzazione e avanzamento in tratti specifici.  |
| <b>Rischio PAI</b>                                 | Prevalenza di classi R3 (elevato) e R4 (molto elevato). | Integrazione con scenari di innalzamento del mare al 2050.     |

### 3.4 Analisi Litorale di Montebello Ionico

Il litorale di MONTEBELLO JONICO ha una lunghezza complessiva di 5,27 chilometri.

Il tratto fiumara S. Elia- Capo Riace comprende a est l'area del porto S. Elia e del SIC Saline Ioniche (IT9350143) che si estende dalla Fiumara S. Elia al Fosso Pantano (circa 40 m in destra idrografica) per una lunghezza di circa 3 Km. Ad ovest il tratto è, invece, largamente urbanizzato (abitato, FS e SS106) per una lunghezza di circa 2,273 Km. Il tratto è caratterizzato da costa bassa con una larghezza della spiaggia ciottolosa da media ( $20m < L < 50m$ ) a ristretta ( $L < 20m$ ), interessata dalla foce di diversi fossi con apporto solido prevalentemente grossolano.

Il tratto è orientato a circa  $205^\circ N$ ; la pendenza della spiaggia sommersa, entro la batimetrica di  $- 10 m$ , è mediamente del 16%. Il rifornimento del litorale avviene dalle foci dei torrenti presenti, alcuni dei quali hanno subito modifiche per la realizzazione dell'area portuale che oggi è completamente insabbiata.

Esso è esposto alle mareggiate di scirocco e mezzogiorno con intensità significativa e complessivamente il trasporto solido longitudinale di questo tratto è da est verso ovest.

La Fiumara S. Elia, la Fiumara Monteneo, il Fosso Pulica, il Fosso Pantano, il Fosso Pantano, Fosso Saline, Fosso Molaro I e II, Fosso Ambro e Fosso Capo Riace alimentano attualmente in maniera minima il litorale con apporti prevalentemente grossolani.

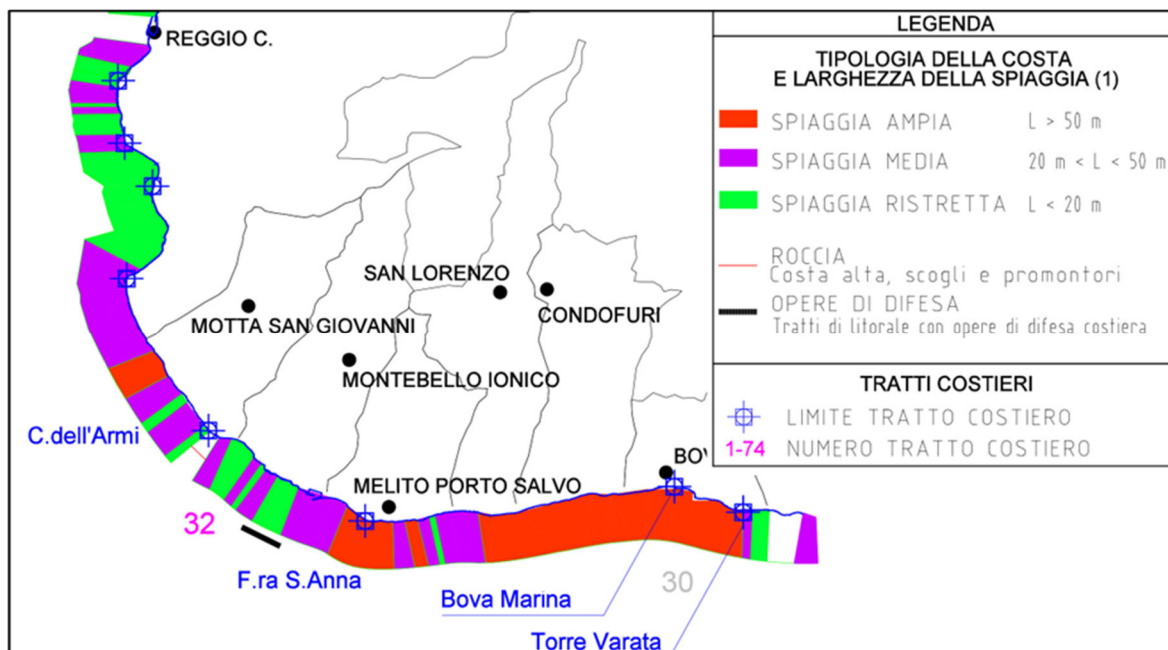


Fig. 13: Tipologia di Spiaggia

Nel tratto in esame spicca nella porzione ad est il Porto di S. Elia, costituito da un molo di sopraflutto realizzato con strutture a cassoni cellulari di lunghezza pari a 700 metri e da un molo di sottoflutto realizzato con gettata di massi di lunghezza pari a 400 metri. L'imboccatura del porto ha una larghezza pari a 160 metri e nei pressi di essa i fondali non possiedono profondità adeguate, in quanto l'imboccatura è insabbiata. I muri di sponda sono realizzati con strutture a giorno così come pontili.



L'area dello specchio portuale è all'incirca pari a 155.000 mq. con una profondità all'interno del porto di 3,00-8,00 metri. Attualmente il porto è impraticabile, in quanto l'imboccatura è completamente insabbiata non consentendo né l'entrata, né l'uscita delle imbarcazioni. Tale problema è presente da diversi anni, fin dalla costruzione, ed ha creato notevoli problemi relativi al suo utilizzo ed al suo sviluppo in quanto il porto era nato con funzioni commerciali.

Il molo portuale ha agito da pennello di accumulo, percorso verso ovest dai sedimenti con conseguenti problematiche di insabbiamento dell'imboccatura portuale e della stessa struttura portuale.

Allo stato attuale, il trasporto lungo riva risulta in buona parte ripristinato sia per effetto dell'insabbiamento dell'imboccatura del porto e del ripascimento in corrispondenza del molo di sopraflutto, sia per il danneggiamento del molo di sottoflutto; fenomeni che nel loro insieme hanno determinato la naturale ricostituzione della linea di costa precedente l'insediamento portuale.

Al largo del molo portuale ed in continuità verso est, attualmente, sono presenti notevoli depositi sottomarini di accumulo (risorsa preziosa per il ripascimento delle spiagge).

Nella porzione ad est a ridosso dell'area urbanizzata, a seguito degli intensi processi erosivi sono stati realizzati negli ultimi anni diversi interventi quali varie scogliere foranee e radenti, tutte in massi artificiali.

In corrispondenza della fermata ferroviaria di “Saline - Officine Grandi Riparazioni”, per difendere le pile del viadotto ferroviario di accesso alle suddette officine le Ferrovie dello Stato s.p.a. è stata realizzata una scogliera radente, lunga circa 100 metri, che protegge in modo diretto il piede delle pile. L'opera è stata realizzata, a ridosso della scarpata naturale della costa esistente, con un nucleo centrale in massi naturali ed una mantellata in due ordini di massi artificiali in calcestruzzo delle dimensioni 135x135x135 cm per il primo ordine e 150x150x150 cm per il secondo ordine.

Il piano di berma, data l'altezza considerevole delle onde, è di 6,00 metri ed impostato ad una altezza di 5,00 metri, mentre la scarpa è 2/3. I massi artificiali formano un piano non uniforme e i vuoti tra di loro sono stati intasati con massi e massotti naturali in modo da formare insieme al nucleo centrale un filtro per le onde. Le Ferrovie dello Stato s.p.a. han fatto realizzare, a protezione del rilevato ferroviario, anche una scogliera costituita da una mantellata di massi artificiali al cui piede è stata costruita una struttura costituita da una doppia fila di pali.

Sul litorale sono presenti, inoltre, una serie di opere di difesa della costa a carattere organico in quanto realizzati, per stralci successivi, sulla scorta di un progetto generale di difesa e riqualificazione costiera. La tipologia d'intervento è stata il ripascimento protetto. Il ripascimento libero, pur consentendo di ottenere ottimi risultati in termini di riqualificazione ambientale e di fruizione delle spiagge, è stato scartato in quanto le condizioni locali meteomarine e di dinamica del litorale impongono volumetrie rilevanti di materiale da mettere in opera e la necessità di svolgere una manutenzione frequente.



La soluzione d'intervento individuata per queste aree ha previsto l'esecuzione di un ripascimento artificiale contenuto longitudinalmente da pennelli semi-sommersi e trasversalmente da una barriera longitudinale sommersa. Un recente intervento è stato realizzato in continuità alle opere già realizzate (barriere emergenti e/o soffolte e pennelli) e si è sviluppato lungo la porzione di litorale posta tra il torrente “Molaro I” e il torrente “Molaro II” ed ha previsto:

- la costruzione di un sistema di opere che realizza sul litorale una cella protetta lateralmente attraverso il prolungamento di un pennello emergente e parallelo alla linea di costa, congiunto a una scogliera soffolta posta a quota – 3 m dal livello medio del mare e la costruzione, sul fronte di spiaggia opposto, di un pennello emergente curvo, che si sviluppa per circa 170 m, anch'esso congiunto a un tratto di scogliera soffolta;
- il salpamento di massi esistenti fuori sagoma con integrazione e collocazione sulle scogliere esistenti situate in località Molaro II e Orsa Maggiore.

Il tratto costiero è stato soggetto all'attacco del moto ondoso con danneggiamenti alle infrastrutture e strutture. Le spiagge più importanti sono state oggetto di una lenta ma intensa erosione a causa dell'insufficiente alimentazione.

La recente realizzazione di alcune opere non solo ha controllato l'erosione ma ha aiutato anche l'avanzamento tanto da garantire la presenza di una spiaggia abbastanza significativa, nonché a ridosso dell'area portuale si registra un cospicuo ripascimento. Meno significativo rispetto al passato risulta essere il livello di pericolosità da erosione nel tratto dell'area SIC, dove l'elevato rischio è associato alla presenza del tracciato ferroviario, delle Officine Grandi Riparazioni e alla risorsa naturalistica.

L'Area SID si sviluppa longitudinalmente per il tratto costiero oggetto della Pianificazione ed è inserita in una piana costiera, caratterizzata dalla presenza di una costa bassa e sabbiosa, con spiagge di sabbia chiara o mista con ghiaia e ciottoli di media dimensione. La differenza di quota tra la linea di riva e il punto più distante della piana costiera è di circa 8.0-9.0 metri nella zona di Saline Joniche, la pendenza mediamente è di circa 0,2%.

La continuità morfologica della linea di riva è interrotta nella parte meridionale della costa, all'esterno dell'area di studio, dalla presenza di una serie di opere di difesa costiera (pennelli ortogonali, scogliere e barriere soffolte) e del Porto di Sant'Elia.

Le caratteristiche generali della spiaggia sommersa sono state esaminate in termini di fondali esistenti lungo la costa.

Dallo studio dei dati batimetrici del litorale preso in esame, effettuato con i dati reperiti sulla **Piattaforma EMODnet Map Viewer**, si evidenzia la presenza di un fondale, tipico della costa ionica reggina, caratterizzato da un'elevata pendenza e da fenomeni di insabbiamento significativi in corrispondenza delle infrastrutture. Le sue principali caratteristiche sono le seguenti:

- Nell'area portuale, attualmente inagibile e chiuso al traffico, i fondali oscillano tra i 4,00 e gli 8,00 metri, tuttavia, l'imboccatura è quasi completamente ostruita da un accumulo di sabbia che ha ridotto drasticamente il battente d'acqua utile.
- Il fondale è prevalentemente sabbioso e digradante verso il largo. Come tipico del margine ionico calabrese, la piattaforma continentale è molto stretta e il fondale raggiunge rapidamente profondità elevate (circa il 60%) superata la fascia costiera (oltre la quota batimetrica di -5 m).
- La zona è soggetta a un forte trasporto solido longitudinale da levante verso ponente, alimentato principalmente da onde di Scirocco. Questo processo ha causato, nel corso degli ultimi vent'anni, il deposito di ingenti quantità di sabbia lungo il molo di sopraflutto.

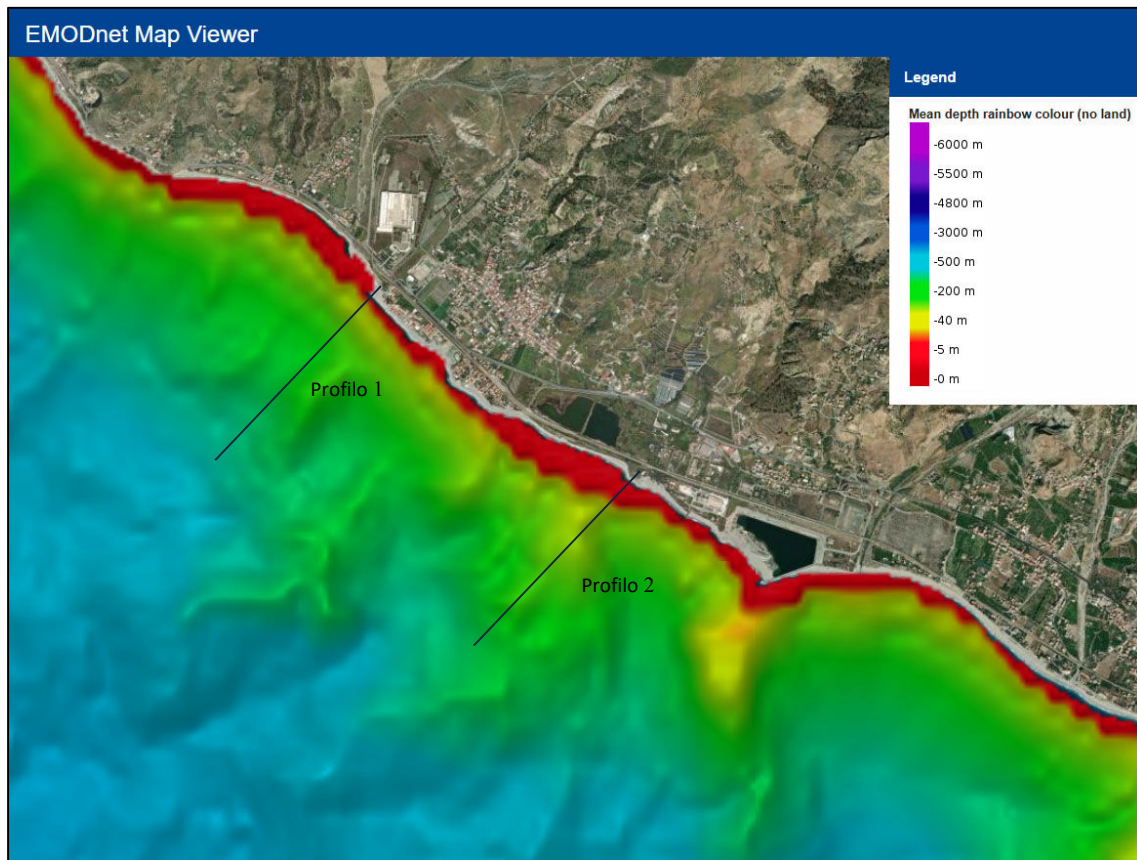
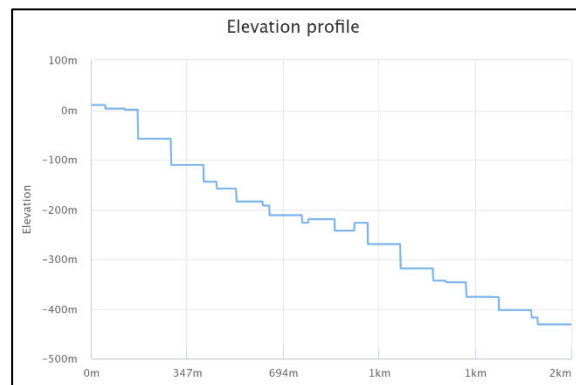
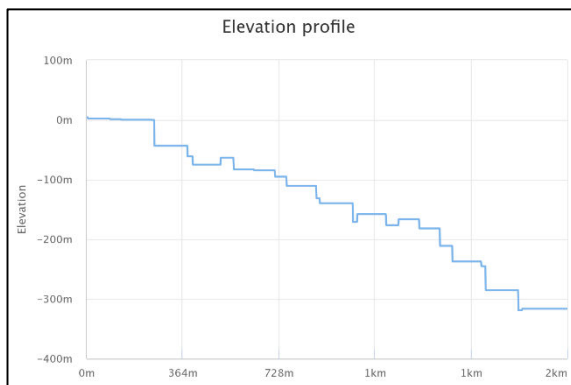


Fig. 14: Carta Batimetrica a profondità media e Profili





#### 4. SISMICITÀ DELL'AREA

##### 4.1 Sismicità Storica

Nell'area di studio, il catalogo parametrico dei terremoti in Italia non contiene epicentri di terremoti significativi; la storia sismica di Montebello Jonico non è diversa da quella di quasi tutti i centri della Calabria e copre a fatica gli ultimi tre o quattro secoli dell'ultimo millennio, riportati anche in *Boschi et alii (1995)*.

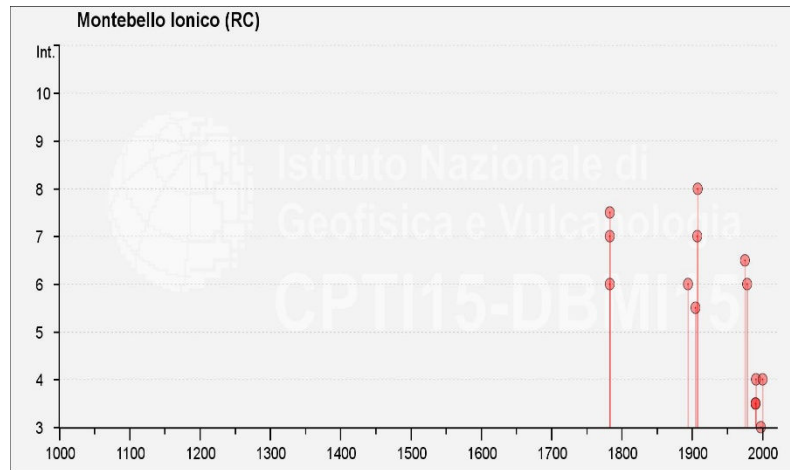
La Sicilia nord-orientale e la Calabria meridionale sono probabilmente tra le regioni più sismiche dell'intero territorio nazionale. Il quadro cinematico dell'area si presta a numerose interpretazioni, anche fortemente discordanti, e nessun modello dinamico deformativo è ancora riuscito a far quadrare le numerose evidenze strutturali e tettoniche della regione. Gli studi sull'argomento esistenti in letteratura riportano lineamenti strutturali e direzioni di faglia prevalentemente lungo le direttrici NE-SW, NW-SE, WSW-ENE, E-W e N-S, con datazioni delle fasi tettoniche estremamente diversificate, a seconda che si consideri o meno la riattivazione dei lineamenti più antichi.

La sismicità del Basso Ionio, invece, pur interessando un'area molto distante dal sito in esame, può provocare effetti di una certa entità: nel corso dell'evento del 20 febbraio 1743, culmine del periodo sismico del 1741-1743, i danni nell'area dello Stretto raggiunsero il VII grado MCS (*Boschi et al., 1995*).

Nella **Tabella I** sono riportati i maggiori terremoti storici, i cui effetti macrosismici sono stati risentiti nel Comune di Montebello Jonico (Lat. 37°.982, Long. 15°.758); per ognuno di essi si indicano la data, l'orario (ridotto al Greenwich Mean Time - GMT), la latitudine e la longitudine dell'epicentro, l'intensità ( $I_0$ ) all'epicentro e la Magnitudo ( $M_w$ ) risentita nel comune.

| Intensity | Year Mo Da Ho Mi Se    | Epicentral area       | NMDP | $I_0$ | $M_w$ |
|-----------|------------------------|-----------------------|------|-------|-------|
| 7-8       | 1783 02 05 12          | Calabria meridionale  | 356  | 11    | 7,1   |
| 7         | 1783 02 07 13 10       | Calabria centrale     | 191  | 10-11 | 6,74  |
| 6         | 1783 03 28 18 55       | Calabria centrale     | 323  | 11    | 7,03  |
| 6         | 1894 11 16 17 52       | Calabria meridionale  | 303  | 9     | 6,12  |
| 5-6       | 1905 09 08 01 43       | Calabria centrale     | 895  | 10-11 | 6,95  |
| 7         | 1907 10 23 20 28 19.00 | Aspromonte            | 274  | 8-9   | 5,96  |
| 8         | 1908 12 28 04 20 27.00 | Stretto di Messina    | 772  | 11    | 7,1   |
| 6-7       | 1975 01 16 00 09 45.00 | Stretto di Messina    | 346  | 7-8   | 5,18  |
| 6         | 1978 03 11 19 20 48.41 | Aspromonte            | 126  | 8     | 5,22  |
| 3-4       | 1990 12 13 00 24 25.68 | Sicilia sud-orientale | 304  |       | 5,61  |
| 3-4       | 1990 12 16 13 50 28.68 | Ionio meridionale     | 105  |       | 4,38  |
| 4         | 1991 09 25 14 53 44.71 | Aspromonte            | 23   | 5     | 3,92  |
| 3         | 1998 02 08 01 12 35.63 | Aspromonte            | 39   | 5     | 3,91  |
| 4         | 2000 03 17 03 52 44.05 | Calabria meridionale  | 52   | 5     | 4,05  |

**Tabella I:** Terremoti ricadenti nella Zona Sismogenetica n° 929 [Da "INGV - Database Macrosismico Italiano 2015"]



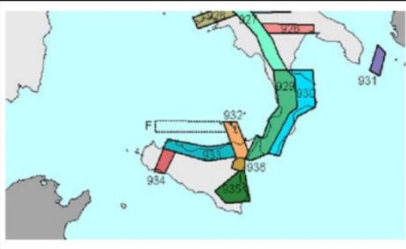
Per determinare la magnitudo attesa in un'area non esiste nella normativa un metodo univoco. Le Linee guida “Indirizzi e criteri per la zonazione sismica” (ICMS) della Protezione Civile (unico documento ufficiale in tema) indica due strade: La zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo; La disaggregazione della pericolosità sismica: un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La zonizzazione sismogenetica contenuta nell'Ordinanza n° 3274/03 denominata “ZS9” propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche. Una base essenziale per la zonazione del territorio è rappresentata dal modello sismotettonico dell'area italiana, e contributi rilevanti per la definizione delle singole zone sono forniti dai cataloghi sismici disponibili.

In particolare, ZS9 è costruita facendo riferimento al modello sismotettonico di Meletti et al. (2000), rivisto ed integrato negli anni successivi alla sua formulazione. Inoltre, ZS9 è definita sulla scorta delle informazioni disponibili dai cataloghi CPTI2 (catalogo parametrico dei terremoti italiani) e DISS (database delle sorgenti sismogenetiche). L'elemento di novità è rappresentato dall'impiego di un catalogo sismico più aggiornato (CPTI2) e dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (database DISS). Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che per quanto attiene al loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. Tali conoscenze rappresentano uno degli elementi chiave per il tracciamento delle nuove zone. Nella nuova zonazione la Calabria è suddivisa in due zone sismogenetiche: una sul lato tirrenico della regione (Zona 929) ed una sul versante ionico (Zona 930). L'esistenza di queste due distinte zone rispecchia livelli di sismicità ben differenti. I terremoti con più elevata magnitudo (1783, 1905, 1908) hanno infatti interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina (Zona 929). In questo territorio diversi eventi hanno raggiunto un valore di magnitudo pari a 7, tra questi i terremoti del 1894, 1904, 1905 e 1907 appaiono come gli eventi più forti.

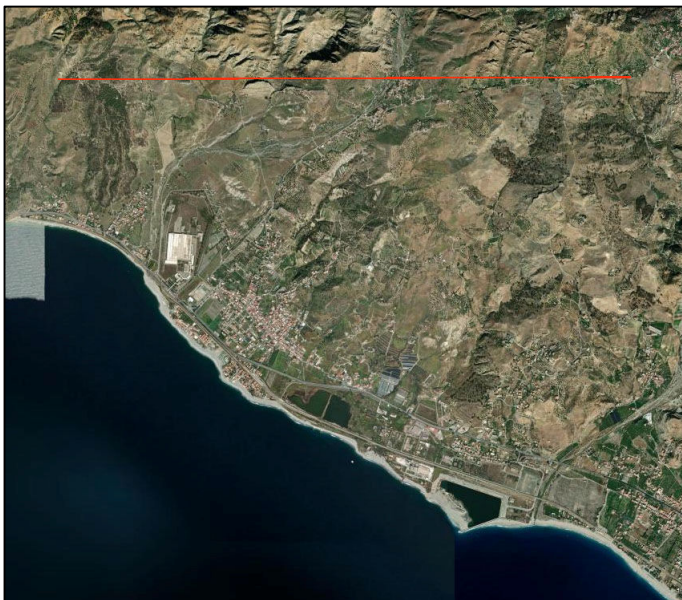
Nella tabella seguente si riporta la magnitudo momento massima “ $M_w^{\max}$ ” rispettivamente per la Zona Sismogenetica denominata “Calabria Tirrenica 929” e “Calabria Ionica 930”.

**In Particolare, le Aree di Intervento ricadono nella ZS n. 929, che prevede una  $M_w^{\max} = 7,29$**

| Valori della Magnitudo momento massima “ $M_w^{\max}$ ” per le Zone Sismogenetiche ZSg<br><small>(estratto dal “Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa della Pericolosità Sismica” - 2004)</small> |                |              |
|---|----------------|--------------|
| Zona Sismica - ZSg  | N Zona Sismica | $M_w^{\max}$ |
| Calabria Tirrenica  | 929            | 7.29         |
| Calabria Ionica   | 930            | 6.60         |



In particolare, nei pressi dell’area di studio, il sistema sismogenetico considerato attivo e caratterizzato da una notevole “freschezza morfologica” è il *Sistema Molaro-Zurca* costituito, nello specifico, dalla **Faglia Zurca (codice 34110)**, lunghezza circa 5.4 Km, direzione W-E, inclinazione del piano di faglia verso S. Il cinematismo di questa faglia è di tipo normale, l’ultima attività nota risulta nel tardo Pleistocene. La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie attive, in special modo di quelle stimate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d’Italia - ISPRA ha sviluppato il **Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults)**, che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.



Stralcio Cartografia Progetto ITHACA

ITHACA è uno strumento fondamentale per:

- a) analisi di pericolosità ambientale e sismica;
- b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio;
- c) pianificazione territoriale;
- d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Come già detto la zona del territorio di Montebello Jonico, neotettonicamente, rientra nell’influenza delle strutture tettoniche potenzialmente attive e capaci suddette. In ogni caso, data la distanza media di 3,5 km (2,0-4,0 Km, l’area di studio può considerarsi non a pericolosità sismica per effetti coosismici dovuti alla presenza di faglie attive e capaci.



#### **4.2 Pericolosità Sismica di Base**

Dalla bibliografia esistente il Comune di Montebello Jonico per la normativa antisismica, *Ordinanza del P.C.M. del 28-06-1998 “Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale”*, era classificato come Zona sismica di prima categoria  $S=12$  con  $k=0,10$ . Con l’Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modificazioni, viene riclassificato come Zona sismica I con  $ag=0,35$ . Di seguito viene riportato il record afferente al Comune di Caulonia (Elenco dei Comuni ad elevato rischio sismico ai sensi dell’art. 12 della Legge 27.12.1997, n. 449 contenuto nell’*Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 “Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale”*).

| Codic e ISTAT | Regione  | Provincia       | Comune            | Popolazione residente (1991) | Abitazioni (1991) | Grado di Sismicità | Data di classificazione | Intensità massima osservata (MCS) |
|---------------|----------|-----------------|-------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 80053         | CALABRIA | REGGIO CALABRIA | MONTEBELLO JONICO | 5575                         | 2600              | 12                 | 18/04/09                | 9                                 |

Dal Rapporto Conclusivo (aprile 2004) per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall’*Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*, nell’ Allegato 1B “*Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale*”, riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s). In tale elaborato l’area di sedime è compresa nel tratto di territorio comunale di Caulonia ricadente nella fascia di accelerazione massima:  $0,125 < a_{max} < 0,150$ . Il *D.M. del 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”*, nell’*Allegato B: “Tabelle dei parametri che definiscono l’azione sismica”*, la Tabella 1 fornisce, per 10.751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), i valori dei parametri  $ag$ ,  $F_0$ ,  $T^*c$  da utilizzare per definire l’azione sismica nei modi previsti dalle NTC.

Il moto generato da un terremoto in un sito come abbiamo visto dipende dalle particolari condizioni locali (topografia dell’area, stratigrafia del terreno, proprietà fisiche e meccaniche dei materiali). Alla scala della singola opera la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche dell’opera da verificare, in modo da determinare la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e sulla base della maglia interessata si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Sono di seguito riportati in tabella alcuni dei Parametri Sismici relativi a due punti indicanti i limiti dell'area di pianificazione. Le coordinate geografiche **PUNTO 1 LIMITE SE (Porto Sant'Elia)** sono le seguenti:

| Denominazione    | Latitudine | Longitudine |
|------------------|------------|-------------|
| COORDINATE WGS84 | 37°,926275 | 15°,738537  |
| COORDINATE ED50  | 37°,927321 | 15°,739341  |

| Sito | ID    | Lat. °  | Long. ° | Dist. mt |
|------|-------|---------|---------|----------|
| 1    | 46100 | 37,9124 | 15,7027 | 3617,36  |
| 2    | 46101 | 37,9111 | 15,7658 | 2942,02  |
| 3    | 45879 | 37,9611 | 15,7675 | 4495,12  |
| 4    | 45878 | 37,9624 | 15,7043 | 4963,16  |

|  |                            |                   |   |                   |                      |                      |
|--|----------------------------|-------------------|---|-------------------|----------------------|----------------------|
| Categoria Topografica: <b>T1</b>   |                            |                   |   |                   |                      |                      |
| Coefficiente di amplificazione topografica: <b>S<sub>T</sub>= 1,00</b>   |                            |                   |   |                   |                      |                      |
| Vita Nominale: <b>V<sub>N</sub> ≥ 50 anni</b>  |                            |                   |   |                   |                      |                      |
| Classe d'uso: <b>II</b>  |                            |                   | Coefficiente d'uso: <b>C<sub>U</sub>= 1</b> |                   |                      |                      |
| <b>Stati Limite</b>  |                            | <b>%<br/>Sup.</b> | <b>T<sub>R</sub><br/>(anni)</b>             | <b>ag<br/>(g)</b> | <b>F<sub>0</sub></b> | <b>T*c<br/>(sec)</b> |
| <b>Esercizio</b>   | SLO - operatività          | 81                | 30  | 0,056             | 2,359                | 0,272                |
|  | SLD - danno                | 63                | 50  | 0,075             | 2,319                | 0,292                |
| <b>Ultimi</b>  | SLV - salvaguardia vita    | 10                | 475   | 0,228             | 2,410                | 0,360                |
|  | SLC - prevenzione collasso | 5                 | 975   | 0,308             | 2,449                | 0,384                |
| T <sub>R</sub> = periodo di ritorno, ag= accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento, F <sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T*c= periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale |                            |                   |   |                   |                      |                      |

| <b>Stati Limite</b>  |                            | <b>S<sub>s</sub></b> | <b>C<sub>c</sub></b> | <b>K<sub>h</sub></b> | <b>K<sub>v</sub></b> | <b>β</b> |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| <b>Esercizio</b>   | SLO - operatività          | 1,500                | 1,610                | 0,017                | 0,008                | 0,200    |
|  | SLD - danno                | 1,500                | 1,550                | 0,022                | 0,011                | 0,200    |
| <b>Ultimi</b>  | SLV - salvaguardia vita    | 1,370                | 1,470                | 0,087                | 0,044                | 0,280    |
|  | SLC - prevenzione collasso | 1,250                | 1,440                | 0,108                | 0,054                | 0,280    |
| S <sub>s</sub> = coefficiente di amplificazione stratigrafica, C <sub>c</sub> = coefficiente di modifica di T*c, K <sub>h</sub> = coefficiente sismico orizzontale, K <sub>v</sub> = coefficiente sismico verticale, β= coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito. |                            |                      |                      |                      |                      |          |

| <b>Strati Limite</b> |                            | <b>A<sub>max</sub> (m/s<sup>2</sup>)</b> |
|----------------------|----------------------------|--|
| <b>Esercizio</b>     | SLO - operatività          | <b>0,821</b>                             |
|                      | SLD - danno                | <b>1,100</b>                             |
| <b>Ultimi</b>        | SLV - salvaguardia vita    | <b>3,058</b>                             |
|                      | SLC - prevenzione collasso | <b>3,771</b>                             |

Le coordinate geografiche **PUNTO 2 LIMITE NW (Riaci Capo)** sono le seguenti:

| Denominazione    | Latitudine | Longitudine |
|------------------|------------|-------------|
| COORDINATE WGS84 | 37°,949409 | 15°,696476  |
| COORDINATE ED50  | 37°,950455 | 15°,697282  |

| Sito | ID    | Lat. °  | Long. ° | Dist. mt |
|------|-------|---------|---------|----------|
| 1    | 45877 | 37,9637 | 15,6411 | 5137,71  |
| 2    | 45878 | 37,9624 | 15,7043 | 1463,81  |
| 3    | 46100 | 37,9124 | 15,7027 | 4257,00  |
| 4    | 46099 | 37,9137 | 15,6395 | 6510,50  |

|  |                            |           |   |           |                |              |
|--|----------------------------|-----------|---|-----------|----------------|--------------|
| Categoria Topografica: <b>T1</b>                                       |                            |           |   |           |                |              |
| Coefficiente di amplificazione topografica: <b>S<sub>T</sub>= 1,00</b> |                            |           |   |           |                |              |
| Vita Nominale: <b>V<sub>N</sub> ≥ 50 anni</b>                          |                            |           |   |           |                |              |
| Classe d'uso: <b>II</b>  |                            |           | Coefficiente d'uso: <b>C<sub>U</sub>= 1</b> |           |                |              |
| Stati Limite   |                            | %<br>Sup. | T <sub>R</sub><br>(anni)                    | ag<br>(g) | F <sub>0</sub> | T*c<br>(sec) |
| Esercizio  | SLO - operatività          | 81        | 30  | 0,059     | 2,356          | 0,271        |
|  | SLD - danno                | 63        | 50  | 0,080     | 2,306          | 0,289        |
| Ultimi   | SLV - salvaguardia vita    | 10        | 475   | 0,246     | 2,407          | 0,357        |
|  | SLC - prevenzione collasso | 5         | 975   | 0,333     | 2,445          | 0,383        |

T<sub>R</sub>= periodo di ritorno, ag= accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento, F<sub>0</sub>= valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T\*c= periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

| Stati Limite |                            | S <sub>s</sub> | C <sub>c</sub> | K <sub>h</sub> | K <sub>v</sub> | β     |
|--------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| Esercizio    | SLO - operatività          | 1,500          | 1,620          | 0,018          | 0,009          | 0,200 |
|              | SLD - danno                | 1,500          | 1,580          | 0,024          | 0,012          | 0,200 |
| Ultimi       | SLV - salvaguardia vita    | 1,350          | 1,480          | 0,093          | 0,046          | 0,280 |
|              | SLC - prevenzione collasso | 1,210          | 1,440          | 0,113          | 0,056          | 0,280 |

S<sub>s</sub>= coefficiente di amplificazione stratigrafica, C<sub>c</sub>= coefficiente di modifica di T\*c, K<sub>h</sub>= coefficiente sismico orizzontale, K<sub>v</sub>= coefficiente sismico verticale, β= coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

| Strati Limite |                            | A <sub>max</sub> (m/s <sup>2</sup> ) |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Esercizio     | SLO - operatività          | <b>0,869</b>                         |
|               | SLD - danno                | <b>1,176</b>                         |
| Ultimi        | SLV - salvaguardia vita    | <b>3,254</b>                         |
|               | SLC - prevenzione collasso | <b>3,953</b>                         |

## 5. MODELLO GEOTECNICO

In base ad indagini geognostiche e geofisiche correlate con il rilevamento geologico dell'area e di un suo ampio intorno e con bibliografia d'indagini eseguite nelle aree adiacenti, è stato possibile individuare per l'area in esame un modello geologico tecnico semplice che descrivesse spazialmente e verticalmente i litotipi presenti con le loro caratteristiche geotecniche e dinamiche. In particolare, partendo dal rilevamento geologico areale e con l'ausilio, nel dettaglio, delle indagini reperite è stato possibile raggruppare i terreni presenti in 5 litotipi fondamentali

Per quel che concerne la caratterizzazione geotecnica dell'Area Costiera, i parametri geotecnici vengono di seguito riportati.

| Litotipo                      | Spessore (m) | $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> ) | $\Phi$ (°) |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------|------------|
| Coltre Superficiale           | 2,0 – 6,0    | 18,5 – 21,0                   | 23 - 27    |
| Sabbie Limose                 | 1,5 – 3,0    | 17,8 – 19,0                   | 27 - 29    |
| Argilla con Limo Sabbiosa     | 4,0 – 6,0    | 19,0 – 21,0                   | 24 - 29    |
| Sabbia con Breccie e Ciottoli | 1,0 – 8,0    | 21,0 – 23,0                   | 35 - 38    |
| Sabbia Grossolana             | 4,0 -6,0     | 19,5 – 20,5                   | 30 - 33    |

Per le Zone stabili suscettibili di amplificazione locale ricadenti all'interno dell'area di studio, per quantificare numericamente l'amplificazione locale, sarà associato un fattore di amplificazione per come dettato dalle NTC2018 (livello II di analisi). L'analisi semplificata dell'azione sismica di progetto si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.II, Categorie di sottosuolo – NTC2018). La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{S,eq}$  di propagazione delle onde di taglio. Tale parametro viene calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

$h_i$  =spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{S,i}$  =velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

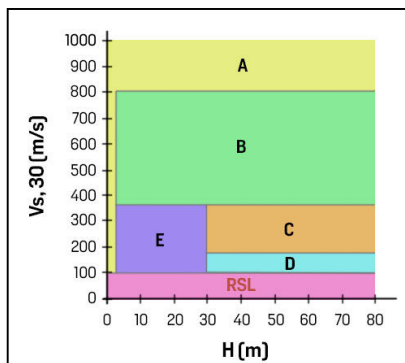
$N$  =numero di strati;

$H$  =numero profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $VS_{30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La classificazione dei terreni di sottofondo, fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $VS_{30}$  di propagazione delle onde di taglio.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono così definite:



| Categoria | Descrizione  |
|-----------|--|
| A         | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.   |
| B         | <b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</b>   |
| C         | <b>Deposit</b> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s        |
| D         | <i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s. |
| E         | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.   |

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC2018. Per qualsiasi condizioni di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.



Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per quelle semplici si può adottare la classificazione semplificata (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.III, Categorie topografiche – NTC2018). Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

Come su indicato, nelle NTC2018, a ciascuna categoria di sottosuolo è associato uno spettro di risposta elastico. La classificazione dei siti nasce a livello normativo per definire in maniera semplificata le azioni sismiche sui singoli edifici e, secondo la stessa norma, la costruzione dello spettro di risposta elastico dell'accelerazione, viene effettuata mediante espressioni matematiche in cui compaiono coefficienti tabellati legati alle diverse categorie di suolo. Le forme spettrali di una specificata area del territorio nazionale, su sottosuolo di categoria **A**, associate ai diversi tempi di ritorno (§ 3.2.3.2.1 NTC2018) vengono modificate attraverso il coefficiente stratigrafico  $S_s$ , il coefficiente topografico  $S_T$  ed il coefficiente  $C_c$  che modifica il valore del periodo  $T_c$ , indicati nelle tabelle.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono **1.0**. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni seguenti (Tab. 3.2.IV Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$  – NTC2018), nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo ( $T$ ) è espresso in secondi.

| Categoria sottosuolo | $S_s$   | $C_c$                        |
|----------------------|---|------------------------------|
| <b>A</b>             | 1,00  | 1,00                         |
| <b>B</b>             | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$ |
| <b>C</b>             | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$ |
| <b>D</b>             | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$ |
| <b>E</b>             | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$ |



Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati di seguito (Tab. 3.2.V Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  – NTC2018), in funzione delle categorie topografiche (§ 3.2.2 – NTC2018) e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento   | $S_T$ |
|-----------------------|---|-------|
| T1                    | -   | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio  | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°       | 1,4   |

Le espressioni che definiscono lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale e verticale (§ 3.2.3.2.1 e § 3.2.3.2.2 – NTC2018) sono di seguito riportate:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

nelle quali:  $T$  ed  $S_e$  sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale;  $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:  $S = S_s \times S_T$ ;  $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta = 10/(5 + \xi)^{1/2} \geq 0,55$ ;  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;  $F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;  $T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da  $T_c = C_c \times T_c^*$ , ( $T_c^*$  e  $C_c$  sono definiti in § 3.2 – NTC2018);  $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è definito come  $T_B = T_c/3$ ;  $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 + (a_g/g) + 1,6.$$



$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali: **T** ed **S<sub>ve</sub>** sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale verticale ed **F<sub>v</sub>** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno **a<sub>g</sub>** su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 * F_0 * \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di **a<sub>g</sub>**, **F<sub>0</sub>**, **S**, **η** sono definiti nel § 3.2.3.2.1 per le componenti orizzontali; i valori di **S<sub>s</sub>**, **T<sub>B</sub>**, **T<sub>C</sub>** e **T<sub>D</sub>**, salvo più accurate determinazioni, sono riportati di seguito (Tab. 3.2.VI Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale- NTC2018).

| Categoria di sottosuolo | S <sub>s</sub> | T <sub>B</sub> | T <sub>C</sub> | T <sub>D</sub> |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A, B, C, D, E           | 1,0            | 0,05 s         | 0,15 s         | 1,0 s          |



### **5.1 Liquefacibilità dei Terreni**

Gli effetti indotti da un determinato terremoto sui terreni di un determinato sito sono di natura molto varia ma possono essere ricondotti in due grandi categorie:

- effetti d'instabilità che determinano terreni instabili;
- effetti d'amplificazione che non determinano modificazioni permanenti nel suolo (terreni stabili).

Alla prima categoria appartengono quei terreni nei quali, durante un determinato evento sismico, si possono avere fenomeni d'instabilità, locali o generalizzati, come elevate deformazioni permanenti e cedimenti causati ad esempio dalla presenza di cavità, da fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi saturi, da cedimenti per densificazione di terreni granulari sopra falda, dalla dislocazioni di faglie attive, cedimenti differenziali nelle zone di contatto tra litotipi di caratteristiche molto diverse (incoerenti/coesivi), ecc. o associati a grandi movimenti di massa (movimenti franosi, lateral spread, crolli di roccia, ecc.).

Tali fenomeni causano immancabilmente il collasso delle sovrastanti strutture, anche se dimensionate con criteri antisismici.

#### **Suscettibilità del sito a instabilità per Effetti Coosismici**

La zona entro cui ricade l'Area oggetto di intervento è posta nella parte sommitale di un versante con un assetto morfologico che risulta essere caratterizzato da un andamento clivometrico degradante da Nord verso Sud.

All'atto dei sopralluoghi si sono registrati fenomeni erosivi e di dissesto in atto, pertanto, si è ritenuto necessario eseguire verifiche analitiche dell'equilibrio geostatico, che sono state eseguite dal progettista, in modo tale da progettare interventi di protezione fondate in profondità in modo da arrestare fenomeni di scivolamento superficiale e criticità ad essi collegati.

La storia sismica di Montebello Jonico non è diversa da quella di quasi tutti i centri della Calabria e copre a fatica gli ultimi tre o quattro secoli dell'ultimo millennio, riportati anche in Boschi et alii (1995) e il territorio esaminato rientra nell'influenza di una struttura tettonica potenzialmente attiva e capace denominata Faglia Zurca (da cui dista circa dai 2,00 ai 4,00 chilometri).

Data la distanza dell'Area di Piano da tale struttura distensiva si può concludere che essa è potenzialmente suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive e capaci.

#### **Suscettibilità del sito a Instabilità per Effetti Coosismici legati alla Liquefazione Sismica dei Terreni sotto Falda.**

La liquefazione è un fenomeno che comporta la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche e dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa.



Il fenomeno interessa i terreni incoerenti saturi, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito del quale il terreno può scorrere o fluire, nel caso di un pendio, o assestarsi, nel caso di una giacitura orizzontale. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende dalle proprietà geotecniche, dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso, nonché dalle caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa), tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Anche la distribuzione, la forma delle particelle e il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile ed omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità. In aree pianeggianti affinché abbia luogo il fenomeno della liquefazione occorre che gli strati saturi si trovino a profondità limitate, cioè dove le tensioni efficaci non sono elevate (Seed&Idriss, 1971; Crespellani et alii, 1987). Infatti, dalla letteratura disponibile risulta difficile, in aree pianeggianti, che le sovrappressioni indotte dall'evento sismico a profondità superiori a 15-25 metri possano dar luogo a fenomeni di liquefazione rilevabili in superficie.

Può accadere, infatti, che la zona superficiale, non soggetta a liquefazione, possieda rigidità sufficiente ad evitare che le conseguenze della perdita di resistenza in profondità si risentano in superficie.

Essendo presente nei primi 15 m di profondità alcuna Falda freatica, l'intera area di studio risulta suscettibile a instabilità per effetti coosismici legati liquefazione sismica.

### **Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione**

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. Distribuzione granulometrica tale da essere scevra dal rischio di liquefazione, per come definito nel paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC.

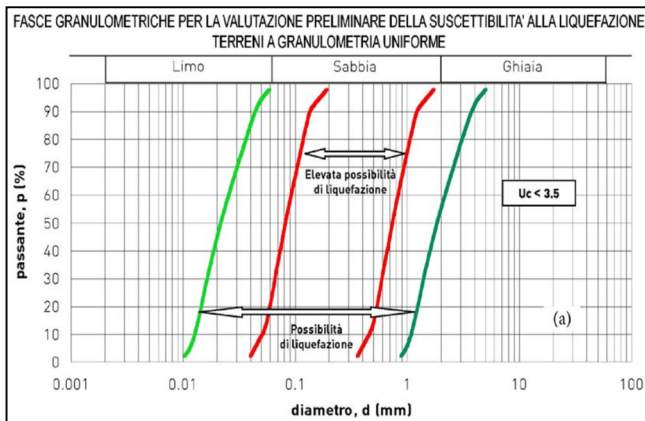


Figura (a)

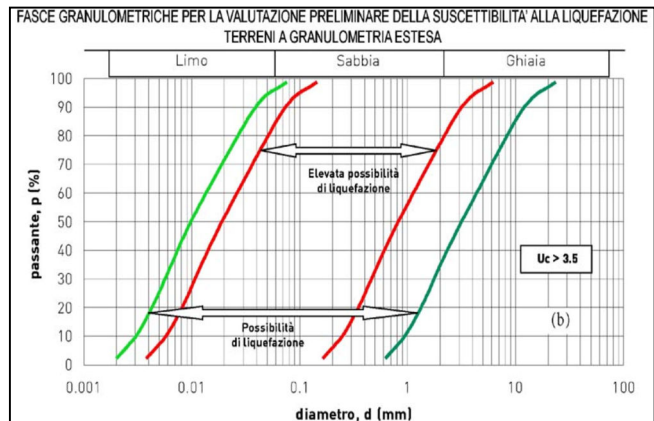


Figura (b)

Quando nessuna delle condizioni sopradette risulta soddisfatta ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili (il coefficiente viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto, la resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove geotecniche e geognostiche).

### Analisi delle condizioni

**Condizione 1** - Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.

Dalla zonazione sismica ZS9 e dalla disaggregazione della pericolosità sismica si evince che l'area è soggetta a terremoti di magnitudo fino a 7.29 Mw<sup>max</sup>

**L'accelerazione massima attesa è superiore a quanto previsto dalla normativa  
quindi tale condizione non è verificata**

**Condizione 2** - Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.

**La quota della falda è inferiore a quanto previsto dalla normativa  
quindi tale condizione non è verificata**



**Condizione 3** - Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

**Dalle indagini considerate non si può escludere, su tutta l'area di studio, la presenza delle litologie espresse da questa condizione, per cui la condizione non è verificata.**

**Condizione 4** - Distribuzione granulometrica tale da essere scevra dal rischio di liquefazione, per come definito nel paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC.

**Non avendo effettuato analisi granulometriche, non si può escludere con certezza di essere nei vincoli proposti da questa condizione**

In definitiva in queste condizioni è ragionevolmente prevedibile la possibilità che si verifichi, in condizioni dinamiche, il fenomeno di liquefazione dei sottofondi, e che le condizioni imposte dalla norma non risultano soddisfatte almeno nei **quattro punti** valutati e pertanto l'area in esame si può ritenere **liquefacibile**.



## 6. ANALISI DEI VINCOLI

Il **P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Calabria)** è lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione, mediante il quale l'Autorità di Bacino della Calabria norma la destinazione d'uso del territorio. Il Piano, il cui carattere è sovraordinato a qualsiasi altro strumento urbanistico, è adottato ai sensi dell'art. 1-bis della L. 365/2000 e dell'art. 17 comma 6-ter della legge 18 maggio 1989 n. 183 e successive modificazioni nonché ai sensi della legge 4 dicembre 1993 n° 493, dell'art.1 del D.L. 11 giugno 1998 n° 180 convertito con legge 3 agosto 1998 n° 267 e successive modificazioni, e della Legge Regionale n° 35/1996.

Nelle finalità del Piano, le situazioni di rischio vengono raggruppate in due categorie:

- Rischio di frana
- Rischio d'inondazione

Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al D.P.C.M. 29 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

**R4 - Rischio molto elevato:** quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche;  
**R3 - Rischio elevato:** quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici e infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;  
**R2 - Rischio medio:** quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche;  
**R1 - Rischio basso:** per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.

Le Linee Guida e Misure di Salvaguardia approvate dal Comitato Tecnico Istituzionale il 31/7/2002 la Giunta Regionale della Calabria, dettano i vincoli previsti dalle differenti classi di rischio e per le differenti tipologie (Frana e Idraulico). L'art. 5 delle Norme di Attuazione e delle Misure di Salvaguardia, prevede di verificare la compatibilità delle aree da edificare con le determinazioni del P.A.I..

Il **Piano di Bacino - Stralcio Erosione Costiera (P.S.E.C.)** dell'Autorità di Bacino della Calabria (ABR), coordinato con il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) relativo al rischio/pericolo di frana e inondazione, redatto ai sensi dell'art. 10 della L.R. n°13/2005, costituisce Stralcio del Piano di Bacino di cui all'art. 10 della L.R. n. 35/1996 e disciplinato dalle disposizioni di cui alla Parte III, Titolo II, Capo II del D.lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii. Le relative Norme di Attuazione, disciplinano le aree costiere soggette a pericolo di erosione/arretramento della linea di riva. Nel Piano non sono contemplate le aree costiere soggette a pericolo d'inondazione per mareggiata e quelle a pericolo di crolli da falesia o di frana in genere; queste ultime sono riportate nell'aggiornamento del PAI 2016.



Il Piano individua le aree soggette a pericolo di erosione costiera così come riportate nella “Carta della pericolosità” che distingue:

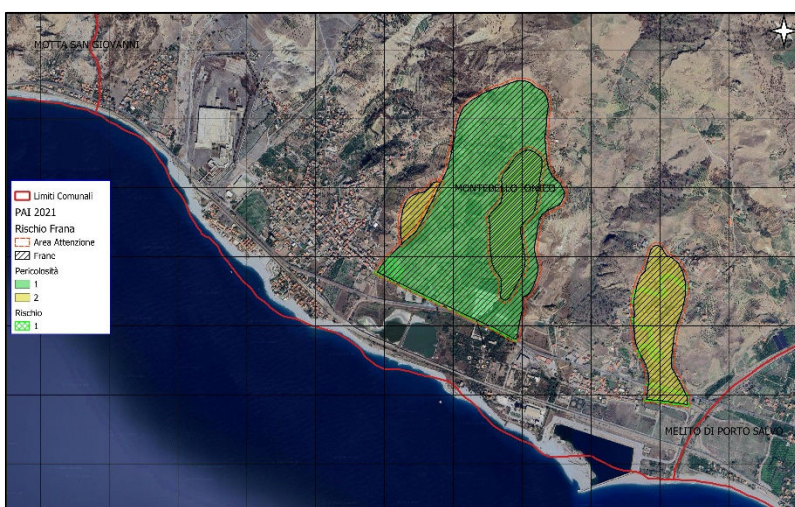
- a) aree con alta pericolosità (P3);
- b) aree con media pericolosità (P2);
- c) aree con bassa pericolosità (P1).

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) è un Piano introdotto dalla Direttiva Comunitaria 2007/60 (cd. ‘Direttiva Alluvioni’) con la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell’ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche.

Le fasi sostanziali, incluse nel secondo ciclo del PGRA, **Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L)** sono state le seguenti:

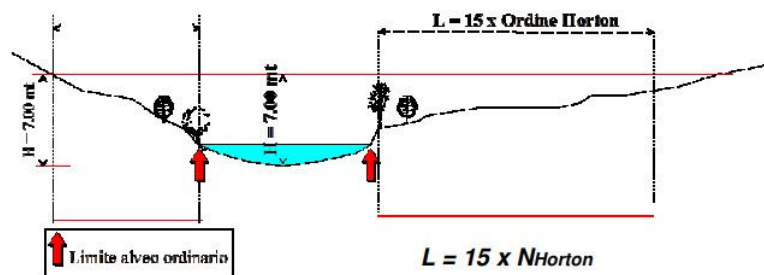
- 20/12/2019: primo riesame delle mappe della pericolosità e del rischio delle alluvioni del PGRA (delibera n.1 e n.2 della Conferenza Istituzionale Permanente) e applicazione delle relative Misure di Salvaguardia;
- 24/10/2024: adozione “Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate Misure di Salvaguardia”(Delibera n. 6 della seduta del 31.10.2024 della Conferenza Istituzionale Permanente).
- 31/07/2025: Aggiornamento “Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) Proposta Norme di Attuazione/Misure di Salvaguardia”(Delibera n. 6 della seduta del 31.07.2025 della Conferenza Istituzionale Permanente).

✓ **Rischio Frana**: si è proceduto a rappresentare il perimetro delle Aree a Rischio e le Aree di Rispetto associate alle frane cartografate oltre le Buffer Zone, nella “Carta dei Vincoli P.A.I.” allegate nello specifico

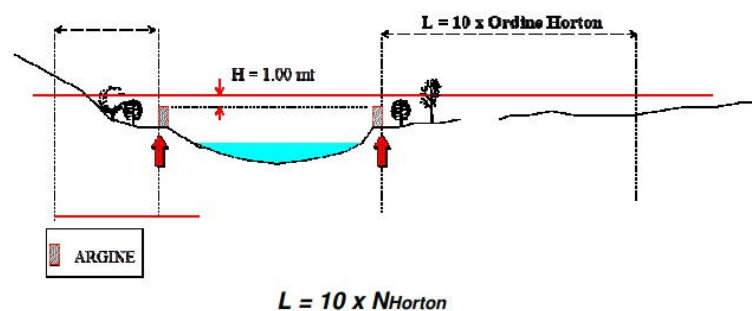


Shapefile tratto dal database del Distretto Appennino Meridionale – Cartografia Rischio Frana (P.A.I.) – Comune Montebello Jonico (RC)

- ✓ **Rischio Idraulico:** si è proceduto alla perimetrazione delle aree a rischio secondo i criteri riportati all'interno delle “Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica – Sezione appendice B – ABR Calabria”. Infatti, per le Aree di attenzione derivanti da Zone e Punti, in caso di alvei privi di argini, è stata considerata a rischio l'area comprendente il corso d'acqua delimitata dall'intersezione tra il terreno e un piano orizzontale tracciato a una quota superiore di 7 metri a quella del punto più depresso della sezione trasversale. L'area a rischio, in accordo con quanto stabilito dall'ABR, non è stata mai estesa per più di L metri, essendo L il prodotto dell'ordine di Horton dell'asta considerata per 15, a destra e a sinistra delle sponde dell'alveo ordinario.



Invece, nel caso di alvei con argini, è stata considerata a rischio l'area comprendente il corso d'acqua delimitata dall'intersezione tra il terreno e un piano orizzontale tracciato a una quota superiore di 1 metro a quella del punto più elevato delle arginature. L'area a rischio, in accordo con le indicazioni del PAI, non è stata estesa per più di L metri, essendo L il prodotto dell'ordine di Horton dell'asta considerata per 10, a destra e a sinistra delle sponde dell'alveo ordinario.



A vantaggio della sicurezza, nella prima tipologia (alveo senza argini) sono state considerate tutte le porzioni terminali dei corsi d'acqua a rischio, nella porzione in cui defluiscono liberamente sulla spiaggia. I corsi d'acqua intubati, invece, sono stati posti nella seconda tipologia (alveo con argini). Non avendo contezza dell'effettiva dimensione degli alvei intubati, si è considerata, sempre a favore della sicurezza, che l'ampiezza del talweg corrispondesse alla strada sotto cui defluiscono.

In ogni caso, le trasposizioni cartografiche dei vari tipi di rischio sono state eseguite ottemperando alle indicazioni di cui all'art. 5 comma 4 e comma 6 delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia che così recitano:

- “Eventuali problemi d’interpretazione derivanti da imprecisioni nelle rappresentazioni cartografiche, da scarsa definizione della rappresentazione o da incongruenze tra rappresentazione cartografica e stato dei luoghi sono risolti a vantaggio della sicurezza”
- “I manufatti lambiti o attraversati dal limite della perimetrazione delle aree a diverso grado di rischio e pericolosità sono compresi nei limiti della perimetrazione interessata dalle prescrizioni più restrittive”

Shapefile tratto dal database del Distretto Appennino Meridionale – Cartografia Rischio Idraulico (P.A.I.) – Comune Montebello Jonico (RC)



- ✓ **Rischio Alluvioni:** l’adozione delle norme transitorie con relativa variazione delle competenze, ora trasferite alle amministrazioni comunali e la verifica che conferma l’esclusione del rischio alle aree oggetto di perizia con i precedenti Piani, fanno ritenere il sito non soggetto a prescrizione.



WebGIS Autorità di Bacino – Cartografia Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) – Comune Montebello Jonico (RC)

- ✓ **Rischio Erosione Costiera:** si è proceduto alla fedele trasposizione delle Aree Vincolate dall'ABR nel P.A.I. (Aree a Pericolosità).



WebGis Autorità di Bacino – Cart. Rischio Erosione Costiera (P.S.E.C.) – Comune Montebello Jonico (RC)

I risultati di tale sovrapposizione vincolistica hanno dato, in particolare, le seguenti indicazioni:

- ✓ Per quanto riguarda il **Rischio Frana**, il tratto di costa di interesse non ricade in alcuna delle aree classificate a rischio.
- ✓ Per quanto riguarda il **Rischio idraulico** nel tratto di costa di interesse ricadono aree classificate a rischio **R4** e aree di attenzione perimetrare secondo le procedure dell'Appendice B delle Linee Guida, in assenza di studi di dettaglio di cui all'**art. 24 (Disciplina delle aree d'attenzione per pericolo d'inondazione) comma 1, 2 e 3**, che sono entrambe disciplinate dall'**art. 21 delle NAMS del PAI**.

In tutte le Aree a Rischio sopra menzionate, risulta che sono vietate tutte le opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di tipo urbanistico ed edilizio ad eccezione di quelle riportate nel **comma 2**.

Tra le opere consentite rientrano, però, le occupazioni temporanee con strutture removibili se non riducono la capacità di portata dell'alveo (**lettera j**). Per tali interventi non è previsto il Parere dell'ABR (**comma 5**) ma la progettazione presentata presso le Amministrazioni competenti all'approvazione, dovrà essere dotata di studio idrologico idraulico redatto in conformità alle specifiche tecniche e alle linee guida predisposte dall'ABR (**comma 4**).

Quindi, fermo restando l'assoluto divieto entro l'areale di rischio per opere di tipo edilizio, è consentita all'interno di quelle perimetrare in classe 1 e 2 (Fattibilità senza o con modeste limitazioni), la realizzazione di opere removibili a carattere stagionale eseguite con i materiali e le tecnologie previste dall'art. 8 del PIR.

Le aree inserite nell'areale R4 e perimetrare in classe 3 e 4 (Fattibilità con consistenti o gravi limitazioni), invece, risultano comunque interdette a qualsiasi utilizzo.



✓ Per quanto riguarda il **Rischio Alluvioni** nel tratto di costa di interesse ricadono aree classificate a pericolosità P2 e P3 ricadenti in subareali di rischio **R4**, che sono disciplinate dagli **artt. 4, 7 e 10 delle MS del PGRA**.

In tutte le Aree ad alta e media pericolosità idraulica P3 e P2 ricadenti in subareali di rischio R4, sono interdetti, secondo il **comma 1**, gli interventi riconducibili nel novero di quelli demoricostruttivi di cui all'articolo 3, lettera d) d.P.R. n. 380/2001 ed alle nuove costruzioni di cui alla lettera e) del medesimo articolo. Il **comma 5 alla lettera b** prevede per le preesistenze edilizie private ad uso produttivo, artigianale, industriale, turistico ricettivo, che siano ammessi - nei limiti di compatibilità con la locale pianificazione urbanistica e previa verifica del relativo stato legittimo - la realizzazione e l'ampliamento di strutture temporanee e amovibili, oltre che l'installazione di apprestamenti provvisori al fine di consentire la gestione delle aree balneari purché siano muniti di presidi di allertamento segnalanti le avverse condizioni meteorologiche e finalizzati alla gestione del rischio idraulico.

In tutte le Aree a bassa pericolosità idraulica P1 ricadenti in tutte le condizioni di rischio sono consentiti, in una agli interventi di cui ai precedenti articoli, tutti gli interventi conformi agli strumenti urbanistici vigenti ad esclusione della realizzazione di locali sotterranei e/o seminterrati ad uso abitativo e/o commerciale o che comunque prevedano la presenza continuativa di persone.

✓ Per quanto riguarda il **Rischio Erosione Costiera**, nel tratto di costa di interesse ricadono aree classificate a pericolosità **P3, P2 e P1** disciplinate rispettivamente dagli **artt. 9, 10 e 11 (Disciplina delle Aree con alta, media e bassa pericolosità di erosione costiera) delle NA del PSEC**.

In tutte le Aree con alta pericolosità di erosione costiera P3, risulta che sono vietate tutte le opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle elencate nel **comma 1**. Tra le opere consentite rientrano, però, realizzazione di nuove strutture esclusivamente amovibili e in conformità alla pianificazione comunale (**lettera b**). Per tali interventi non è previsto il Parere dell'ABR (**comma 2**).

Il **comma 7** però prescrive quanto segue:

a) L'utilizzo di strutture e complessi ricettivo-turistici, sia fisse che amovibili, è subordinato all'attuazione di un sistema di monitoraggio e di pre-allertamento per la salvaguardia dell'incolumità delle persone e dei beni. Tale sistema, a cura dei gestori e/o proprietari di dette strutture, dovrà essere coordinato con il Piano di Protezione Civile Comunale e dovrà essere attivato sulla base dei bollettini meteo diramati dagli Enti preposti.

b) Le strutture amovibili, di cui alla precedente lettera a), nei periodi in cui non vengono utilizzate, dovranno essere poste in condizioni di sicurezza e secondo le indicazioni previste dal Piano di Protezione Civile Comunale.



In tutte le Aree con media e bassa pericolosità di erosione costiera P2 e P1 è ammessa anche la realizzazione di opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, previo adeguato studio di compatibilità (a firma congiunta geologo - ingegnere) dell'intervento rispetto al pericolo di erosione costiera e di inondazione per mareggiata, redatto in conformità alle Linee Guida che saranno emanate dall'ABR, da presentare presso gli uffici competenti all'approvazione.

Si ricorda secondo quanto previsto dall'art. 5 comma 17 del PIR (Piano di Indirizzo Regionale per l'utilizzo del demanio marittimo) che *sono esclusi dalla possibilità di rilascio di nuove concessioni gli arenili realizzati o sottoposti a interventi mediante la realizzazione di "ripascimenti protetti", realizzati con l'ausilio di soffolta ed opere di difesa.*

Infine, suddetto Piano non sono contemplate le aree costiere soggette a pericolo d'inondazione per mareggiata e quelle a pericolo di crolli da falesia o di frana in genere.

La perimetrazione di tali vincoli, sull'area SID, è stata riportata nella **Tav. GEOM\_07 Carta dei Vincoli** in Scala 1:5.000 suddivisa in otto differenti Cartografie contraddistinte dalla numerazione 7a-7b-7c-7d-7e-7f-7g-7h per non ingenerare confusione nell'utente finale, si è fatto riferimento ai vincoli di carattere Idrogeologico, con particolare riferimento al PAI, al PGRA e al PSEC, e Paesaggistico-Ambientale e allegate allo Studio Geomorfologico.

Inoltre, nel presente piano attuativo si riportano i testi integrali delle norme sovraordinate:

- **AII. GEOM\_01 NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA P.A.I.**
- **AII. GEOM\_02 NORME DI ATTUAZIONE PIANO STRALCIO EROSIONE COSTIERA P.S.E.C.**
- **AII. GEOM\_03 MISURE DI SALVAGUARDIA PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI P.G.R.A.**



## **7. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E FATTIBILITÀ GEOLOGICA AZIONI DI PIANO**

A seguito dell'analisi, delle correlazioni e valutazioni dei dati raccolti per le singole criticità geologiche, litotecniche, morfometriche, morfodinamiche, idrologico-idrogeologiche, sismiche, evidenziate nelle varie fasi d'indagine e rappresentate nelle carte di base, è stato redatto l'elaborato di sintesi **Tav. GEOM\_08 Carta delle Pericolosità Geologiche** in scala 1:5.000. Per l'impatto della pericolosità geologica sulla pianificazione urbanistica è stata redatta la **Tav. GEOM\_09 Carta Fattibilità delle Azioni di Piano** sempre in scala 1:5.000, dove le varie classi di pericolosità sono trasformate in 4 classi di fattibilità con le eventuali sottoclassi da associare alla normativa geologica.

La lettura semplificata della compatibilità degli interventi pianificatori sia con la fattibilità geologica assegnata alle varie porzioni del territorio di studio sia con i vincoli derivanti dai piani sovraordinati (PAI, PGRA, PSEC), è sintetizzata nelle: **Tav. GEOM\_10a Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione** e nella **Tav. GEOM\_10b Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione** in scala 1:2.000 (a firma congiunta geologo-progettista di piano).

Tali elaborati cartografici, nel loro complesso, consentono una lettura sintetica ed abbastanza esauriente dello stato del territorio di studio (Area SID) di Montebello Jonico dal punto di vista geologico, geomorfologico, sismico, idraulico-costiero ed ambientale.

### **7.1 Pericolosità Geologica**

La sintesi degli studi discussi in precedenza è riportata nella **Tav. GEOM\_08 Carta delle Pericolosità Geologiche**. In tale elaborato sono riportate, per aree omogenee, le porzioni di territorio ricadenti nelle 4 classi di pericolosità per come prescrivono le Linee Guida alla L.R. n.19 del 16/04/2002 “*Legge Urbanistica della Calabria*” e sue successive modificazioni ed integrazioni. La sua costruzione si basa sulla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia di analisi ed è mirata ad evidenziare i diversi livelli e tipi di pericolosità riscontrata sfociando nella sintesi delle pericolosità geologiche. Dall'analisi dei dati è emerso che, fondamentalmente la pericolosità idraulica e costiera discende integralmente dai piani di Bacino:

- **P.A.I.** “Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico”;
- **PSdGDAM-RisAl-Cal/L** “Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao”;
- **P.S.E.C.** “Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera”.



Le 4 classi fondamentali di pericolosità in cui far confluire le pericolosità geologiche del sito di studio sono le seguenti e sono legate essenzialmente a pericolosità geomorfologiche e per effetti cosismici, ed a pericolosità idraulica e costiera:

- **PG01** – Pericolosità bassa o nulla – Zone non pericolose.
- **PG02** – Pericolosità moderata - Zone apparentemente non pericolose.
- **PG03** – Pericolosità alta - Zone pericolose.
- **PG04** – Pericolosità molto alta - Zone altamente pericolose.

La classificazione adoperata è la seguente:

#### **PERICOLOSITÀ BASSA O NULLA (PG01)**

- Zone stabili in cui non sono presenti pericolosità geologiche.

#### **PERICOLOSITÀ MODERATA (PG02)**

- Zone che si ritengono potenzialmente inondabili solo in casi eccezionali e per cui la pericolosità è riferita agli elementi vulnerabili posti al di sotto del piano campagna.
- Zone che si ritengono a pericolosità bassa per erosione costiera e potenzialmente inondabili da mareggiate solo in casi estremamente eccezionali.

#### **PERICOLOSITÀ ALTA (PG03)**

- Zone che si ritengono potenzialmente inondabili presumibilmente in un intervallo di tempo pluridecennale e per cui la pericolosità è riferita agli elementi vulnerabili posti al di sotto ed al piano campagna.
- Zone che si ritengono a pericolosità alta per erosione costiera e potenzialmente inondabili da eventi di mareggiata eccezionali presumibilmente in un intervallo di tempo da decennale a pluridecennale. La pericolosità è riferita alle strutture ed alle infrastrutture ivi presenti.
- Zone che si ritengono a pericolosità alta per erosione costiera e potenzialmente inondabili da eventi di mareggiata eccezionali presumibilmente in un intervallo di tempo da decennale a pluridecennale. La pericolosità è riferita alle strutture ed alle infrastrutture ivi presenti.
- Zone suscettibili d'instabilità per effetti coosismici legati a fenomeni di liquefazione. Sono zone i cui primi metri di terreno, dal p.c., presentano caratteristiche predisponenti alla liquefazione dovute alla litologia ed alla presenza della falda.



### **PERICOLOSITÀ MOLTO ALTA (PG04)**

- Zone di alveo perennemente inondabili o zone limitrofe che si ritengono potenzialmente inondabili periodicamente.
- Zone che si ritengono a pericolosità elevata per erosione costiera e potenzialmente inondabili da eventi di mareggiata nel periodo autunno inverno, anche nelle zone più distali, con cadenza annuale. La pericolosità è riferita alle strutture ed alle infrastrutture ivi presenti e non interessa le strutture temporanee stagionali e l'occupazione temporanea estiva (ombrelloni, sedie a sdraio, ecc.).
- Zone che si ritengono a pericolosità elevata per erosione costiera e potenzialmente inondabili da eventi di mareggiata sia nel periodo autunno-inverno, sia nel periodo primavera-estate (periodo di sfruttamento della concessione d'uso) con mareggiate e/o alluvionamenti di minore entità. La pericolosità è riferita alle strutture ed alle infrastrutture ivi presenti anche a carattere stagionale, e non interessa l'occupazione temporanea estiva (ombrelloni, sedie a sdraio, ecc.).

Per le porzioni di territorio che ricadono nell'arenile (spiaggia destinata alle attività di balneazione), dove al massimo è prevista la realizzazione di strutture stagionali, amovibili, di facile o difficile rimozione, che vengono allontanate al termine della stagione turistica o che hanno carattere di temporaneità anche se mantenute annualmente, tra le pericolosità geologiche non si è tenuto conto della liquefazione e del rischio sismico che, quantunque possibili, non interferiscono con le azioni che si svolgono nell'arenile, trattandosi di un utilizzo temporaneo e finalizzato alla sola fruizione turistica/balneare. Per tutte le altre attività che si svolgono fuori dall'arenile ma all'interno della linea SID, e pertanto che rientrano nella competenza del Piano Spiaggia, valgono le prescrizioni generali dettate dalle classi di fattibilità, mentre per l'edificazione necessiterà far riferimento alle NTC 2018 e ss.mm.ii per le quali è prevista, tra l'altro, la verifica a liquefazione e lo studio di risposta sismica locale



## **7.2 Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano**

L'analisi degli studi precedentemente indicati consente di definire le limitazioni all'uso del territorio derivanti dalle condizioni di pericolosità delle diverse aree. Tali limitazioni vengono sintetizzate nella **Tav. GEOM\_09 Carta Fattibilità delle Azioni di Piano**.

Nell'elaborato sono riportate per aree omogenee le porzioni di territorio ricadenti nelle 4 Classi di Fattibilità fondamentali per come prescrivono le Linee Guida alla L.R. n.19 del 16/04/2002 “*Legge Urbanistica della Calabria*”. Il processo è mirato all'associazione di limitazioni alla fattibilità delle azioni di piano da nulle a massime in base ai diversi livelli e tipi di pericolosità riscontrata. Tale carta applicativa è dunque mirata a dimostrare la fattibilità geologica, tenendo conto delle valutazioni critiche della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico-sismico-ambientale, attribuendo un valore di classe di fattibilità ai poligoni della pericolosità.

La classificazione fornisce inoltre indicazioni generali in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni in atto.

L'intero ambito indagato (comprese le fasce esterne al SID che direttamente o indirettamente possono interferire con le aree oggetto di studio), per come prescritto dalla normativa di settore e dalla Legge Urbanistica, è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità, tenendo conto delle valutazioni critiche della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico-ambientale.

Le quattro classi di fattibilità a cui si assegnano precise indicazioni e prescrizioni per la destinazione d'uso del territorio, come sintesi delle caratteristiche litologiche, idrologiche, morfologiche, geotecniche e sismiche dei terreni sono:

- **CLASSE 1 – FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI.**

Aree che non presentano specifiche controindicazioni di ordine idraulico, costiero e geomorfologico, e soggette a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PCS. In essa ricadono le Zone idonee all'utilizzazione urbanistica per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico-tecnico o geomorfologico (PG01 - Pericolosità geologica bassa o nulla).

- **CLASSE 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI.**

Aree con condizioni di pericolosità da bassa a moderata (PG02 - Pericolosità geologica moderata) nelle quali sono state rilevate modeste condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Sono zone idonee all'utilizzazione urbanistica previo accorgimenti ed interventi di sistemazione e bonifica di non rilevante incidenza tecnico-economica, precisabili in fase esecutiva sulla base di approfondimenti di carattere geologico-tecnico, idraulico, ambientale e sismico.



La fattibilità delle azioni di piano deve essere chiarita a livello di studio idraulico a supporto degli interventi di trasformazione, ed è soggetta a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PCS, che richiamano integralmente l'**Art. 11** “*Disciplina delle aree con bassa pericolosità di erosione costiera (P1)*” delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Erosione Costiera (PSEC) e l'**Art. 10** “*Interventi nelle aree a bassa pericolosità idraulica P1 in tutte le condizioni di rischio (R1, R2, R3, R4)*” delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L).

**In ogni caso, nelle aree di pertinenza di tutte le aste fluviali la realizzazione di strutture stagionali, laddove previsto, dovrà essere preceduta da uno studio idrologico/idraulico e geomorfologico di dettaglio a firma congiunta di un ingegnere idraulico e di un geologo.**

- **CLASSE 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI.**

Zone che presentano un grado elevato di pericolosità (PG03 - Pericolosità geologica alta) e nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all’utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d’uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

La fattibilità delle azioni di piano deve essere chiarita a livello di studio idraulico a supporto degli interventi di trasformazione, ed è soggetta a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PCS, che richiamano integralmente l'**Art. 10** “*Disciplina delle aree con media pericolosità di erosione costiera (P2)*” delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Erosione Costiera (PSEC) e gli **Art. 7** “*Interventi nelle aree a media pericolosità idraulica P2 ricadenti in subareali di rischio R4*”, **Art. 8** “*Interventi nelle aree a media pericolosità idraulica P2 ricadenti in subareali di rischio R3*” e **Art. 9** “*Interventi nelle aree a media pericolosità idraulica P2 ricadenti in subareali R1 - R2*” delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale per l’Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L). Inoltre, la fattibilità stessa è subordinata alla valutazione della suscettibilità e del potenziale di liquefazione dei terreni che devono essere verificati per come prescrive la normativa nazionale e regionale (tali terreni possono essere suscettibili di fenomeni di liquefazione a causa di caratteristiche predisponenti, come ad esempio le caratteristiche litologiche, o innescanti, come ad esempio la presenza della falda nei primi 15,00 metri dal p.c.. La fattibilità e le trasformazioni d’uso del territorio ammesse in tali aree possono essere modificate in base ad istanze di ripermetrore e/o riclassificazione approvate del PSdGDAM-RisAl-Cal/L e del PSEC o di aggiornamenti di tali piani.



L'utilizzo di queste zone, anche in modo temporaneo o stagionale, è subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine volti a meglio definire l'entità e la distribuzione dei fenomeni attraverso rilievi, studi idrologici, idrogeologici, geomorfologici, meteomarini e ogni altra attività che possa consentire di precisare le idonee destinazioni e le tipologie costruttive più opportune.

- **CLASSE 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI.**

Zone a pericolosità molto elevata (PG04 – Pericolosità geologica molto alta) in cui, il grado di pericolosità/vulnerabilità geomorfologica, idraulica e sismica è molto elevato ed in linea generale, preclude l'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso ad esclusione di opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti o opere pubbliche o di interesse pubblico non delocalizzabili.

Aree da escludere da nuova edificazione e soggette a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PCS, che richiamano integralmente l'**Art. 9** “Disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera (P3)” delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Erosione Costiera (PSEC) e gli **Art. 4** “Aree ad alta pericolosità idraulica P3 ricadenti in subareali di rischio R4. Interventi ammissibili e divieti”, **Art. 5** “Interventi nelle aree ad alta pericolosità idraulica P3 ricadenti in subareali di rischio R3” e **Art. 6** “Interventi nelle aree ad alta pericolosità idraulica P3 ricadenti in subareali di rischio R2-R1” delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L).

Si fa presente che tutto l'arenile rientra nella Classe di Fattibilità 4 in quanto l'intero litorale è gravato dalle limitazioni imposte dal pericolo di erosione costiera (P3 Alta pericolosità art. 9 delle Norme di Attuazione), pertanto in queste aree non vi è la possibilità di costruire strutture fisse.

Con riferimento al solo arenile, ovvero a quel tratto di territorio riconosciuto come spiaggia ed utilizzato ai fini della balneazione nel corso della stagione turistica, per aree il comma 7 dell'art. 9 delle Norme di Attuazione PSEC prescrive quanto segue:

a) L'utilizzo di strutture e complessi ricettivo-turistici, sia fisse che amovibili, è subordinato all'attuazione di un sistema di monitoraggio e di pre-allertamento per la salvaguardia dell'incolumità delle persone e dei beni. Tale sistema, a cura dei gestori e/o proprietari di dette strutture, dovrà essere coordinato con il Piano di Protezione Civile Comunale e dovrà essere attivato sulla base dei bollettini meteo diramati dagli Enti preposti.



**b) Le strutture amovibili, di cui alla precedente lettera a), nei periodi in cui non vengono utilizzate, dovranno essere poste in condizioni di sicurezza e secondo le indicazioni previste dal Piano di Protezione Civile Comunale.**

**Infine, con riferimento al reticolo idrografico si esclude la possibilità di realizzare qualsivoglia struttura fissa o amovibile (sia stagionale che annuale) a distanze inferiori a 10 mt dall'argine dei corsi d'acqua (fossi)**

Nella seguente valutazione della fattibilità non si è tenuto conto della pericolosità per eventi di Tsunami in quanto tale pericolosità è stata valutata per un tempo di ritorno di 2.500 anni, quindi non influente ai fini pianificatori di un piano di spiaggia.



### **7.3 Trasposizione della Fattibilità Geologica su Elaborato Pianificatorio**

Per una più chiara lettura della pianificazione urbanistica rispetto alle pericolosità geologiche esistenti ed ai vincoli normativi derivanti dalle Norme di Attuazione del: Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI); Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA); Piano Stralcio Erosione Costiera (PSEC); e per un maggior dettaglio cartografico, sono stati redatti gli elaborati **Tav. GEOM\_10a Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione** e nella **Tav. GEOM\_10b Carta di Trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione** (a firma congiunta geologo-progettista di piano).

In tali elaborati cartografici vengono riportate le diverse Classi di Fattibilità e, in modo sintetico e chiaro, le previsioni urbanistiche del Piano Comunale Spiaggia del Comune di Montebello Jonico.

Ciò consente una lettura sintetica ed abbastanza esauriente dello stato del territorio nei confronti della pianificazione prevista.

### **7.4 Proposta di normativa geologico-ambientale.**

Fermo restando la disciplina delle varie Norme sovraordinate che il PCS fa proprie e alle quali integralmente rimanda, le indicazioni inerenti alle Classi di Fattibilità sopra descritte sono correlate anche dalla **proposta di Normativa Geologico-Ambientale** riportata a parte nel **All. GEOM\_04 NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DI CARATTERE GEOLOGICO**.

Taurianova, Aprile 2026

Il Geologo

Dott. Salvatore Maione

