

COMUNE DI PAOLA (Provincia di Cosenza)

VARIANTE AL PIANO DI SPIAGGIA (PCS)



Elaborato RELAZIONE ILLUSTRATIVA	STUDIO GEOMORFOLOGICO
Paola Novembre 2018	Geologi: Massimo Aita Beniamino Caira Giuseppe Melchionda

Sommario

Parte I°: Generalità.....	3
1. PREMESSA.....	3
Parte II°: Inquadramento Geografico - geomorfologico	9
2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO.....	9
3. AREA D'INTERVENTO.....	10
4. LINEAMENTI DI MORFOLOGIA DELLA SPIAGGIA	11
5. FATTORI METEO-MARINI E PROCESSI DEL MOTO ONDOSO.....	19
6. GEOLOGIA GENERALE	23
7 DESCRIZIONE CLIMATICO-AMBIENTALE.....	24
8 TEMPERATURA.....	25
9. VENTI	27
10. UMIDITÀ.....	28
10. PIOVOSITÀ.....	29
11. BREVE NOTA SUI BACINI IDROGRAFICI.....	32
12. SIMICITÀ.....	34
12.1 Dati storici	36
13. ASPETTI GEOTECNICI	40
13.1 Aspetti Fondazionali	42
13.2 Pressioni di carico ammissibili dei terreni di fondazione.....	42
13.3 Cedimenti del terreno di fondazione.....	43
13.4. Interazioni reti idriche e fognanti.....	44
14. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE.....	45
15. SEZIONE GEOLOGICA RAPPRESENTATIVA.....	49
16. FATTIBILITÀ	50

1. NORME DI ATTUAZIONE DI CARATTERE GEOLOGICO 53

Parte I°: Generalità

1. PREMESSA

Con determina n. 341 del 01.08.2018, il Responsabile del 2° Settore del Comune di Paola (CS), ha dato incarico ai sottoscritti geologi, dr. Massimo Aita, dr. Beniamino Caira e dr. Giuseppe Melchionda, iscritti rispettivamente, all'Ordine dei Geologi della Calabria ai numeri 212, 47 e 89, di redigere lo Studio Geologico-tecnico e Geomorfologico relativo alla Variante al PCS di Paola.

Tale studio, redatto secondo i contenuti minimi degli "*Studi Geologici*" per i differenti livelli di pianificazione, ai fini del rilascio del **Parere ex art. 13 Legge n° 64 del 02/02/1974 e art. 89 DPR 06/06/2001 n° 380**, previsti dalla circolare Prot. N. 16701 del 27.07.2009, aggiornata attraverso i Contenuti Minimi, emanati col Decreto n° 507 del Settore 2 del Dipartimento LL.PP. della Regione Calabria (BURC n°16 del 13/03/2015), riguarda il tratto costiero, ovviamente allargato all'immediato entroterra, compreso tra il torrente Laponte a nord e il torrente Deuda a sud. Più specificatamente, il tratto costiero esaminato si estende per circa 7 km, ed è attualmente interessato da diverse opere a mare.

Con la realizzazione di tali opere è stata profondamente modificata l'originaria direzione della corrente litoranea.

Quando non esistevano opere a mare la corrente litoranea, prodotta dai venti dominanti provenienti da SW (libeccio), si spostava da nord verso sud sempre in prossimità della linea di costa. Con le opere di difesa realizzate, essa viene, in parte deviata, permettendo così la deposizione dei sedimenti che vengono intrappolati e in parte distribuiti lungo la costa, tali da non essere più ripresi dall'azione delle onde.

Per la definizione degli elementi e per la valutazione degli aspetti di dinamica costiera, si è eseguito inoltre uno studio sull'evoluzione del tratto di costa

esaminato, procedendo non solo mediante il confronto di carte topografiche risalenti ad anni diversi e alla cartografia recente della Regione Calabria, ma procedendo a sopralluoghi di verifica in loco, per la definizione delle situazioni di criticità in atto relativi ai processi di erosione.

Il presente studio fa particolare riferimento al nuovo Piano di Erosione Costiera, adottato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 4 del 11.04.2016, pubblicato sul BURC n. 79 del 22.07.2016.

Le finalità dello studio sono le seguenti:

- a) descrivere gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici dell'ambiente di spiaggia, evidenziando alcune emergenze ambientali, anche attraverso la ricostruzione dell'evoluzione della linea di costa, dopo gli interventi di difesa. Nel particolare, i contenuti minimi per quanto riguarda gli interventi di difesa costiera eseguiti, sia lungo l'arenile che nello specchio di mare antistante (scogliere, barriere soffolte, etc), prevedono di indicare la tendenza evolutiva del tratto di costa, secondo le previsioni riportate nel "Master Plan della fascia costiera calabrese" approvato dall'ABR con delibera del C.I. n°2 del 22/07/2014 e dall' Atlante delle Spiagge Italiane;

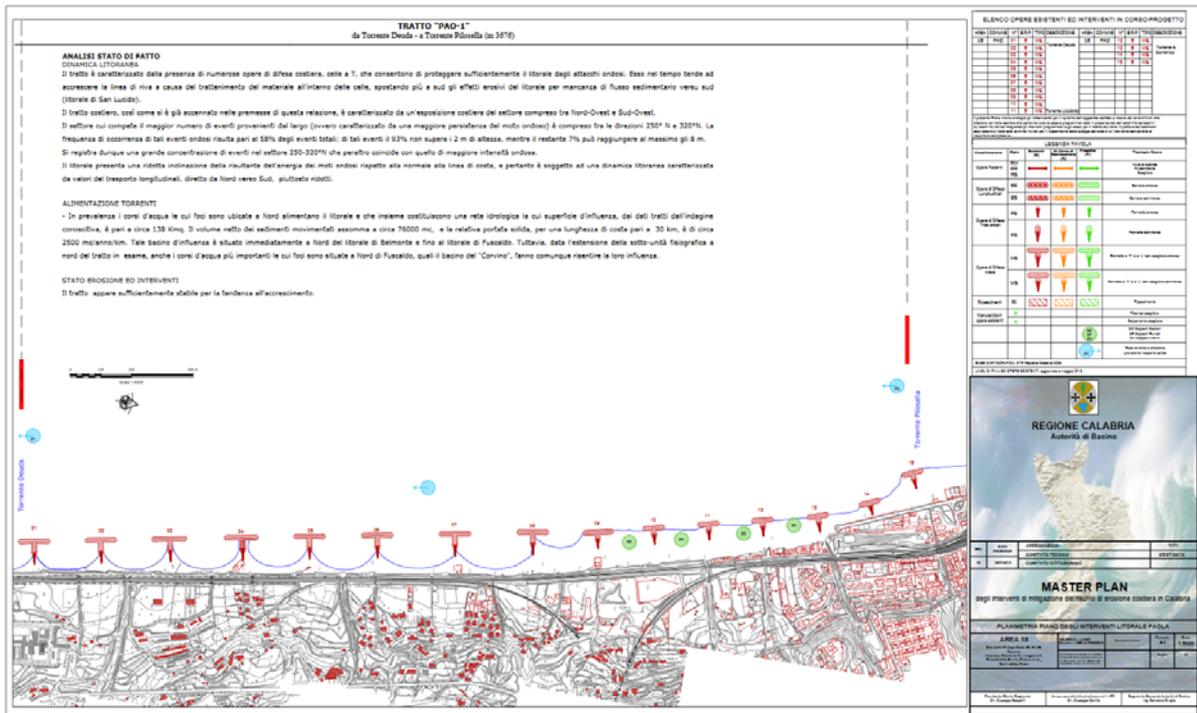


Fig. 1 Master Plan della fascia costiera calabrese 100A

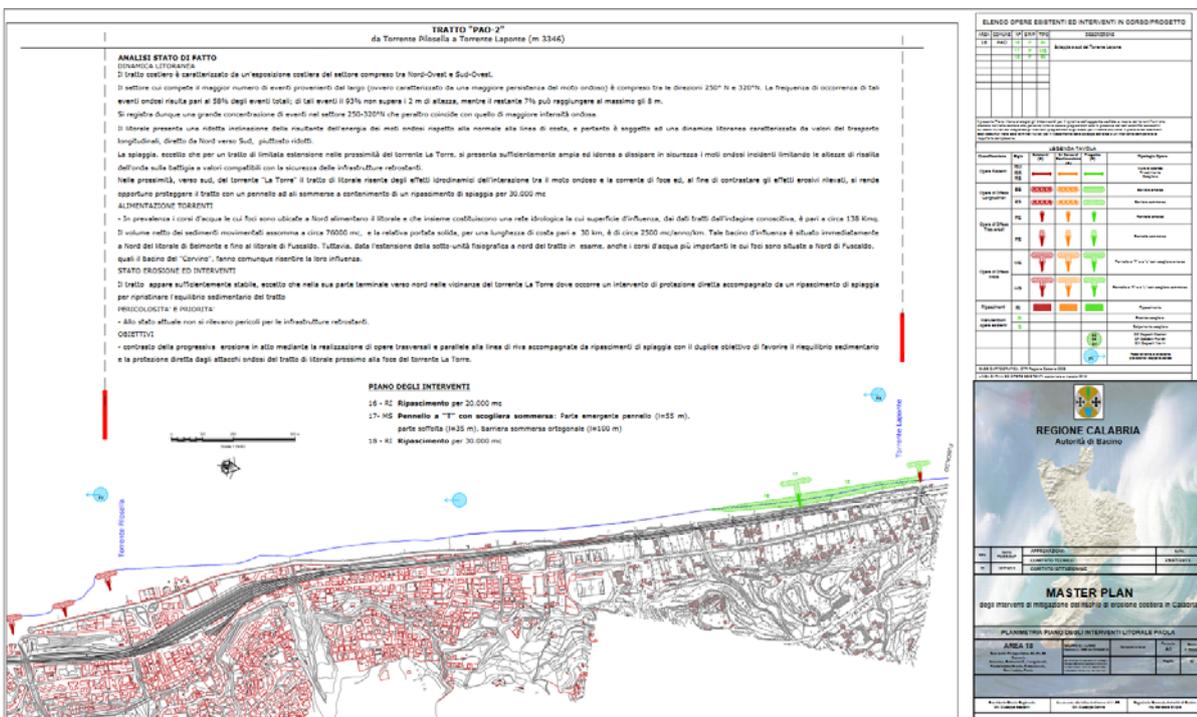


Fig. 2 Master Plan della fascia costiera calabrese 100B

- b) descrivere e ricostruire la sismicità storica che ha interessato il territorio (catalogo sismico INGV DBMI04), anche in funzione di eventuali tsunami, verificatisi in passato;
- c) ricostruire l'assetto stratigrafico, il più possibile di dettaglio, nella fascia costiera di intervento;
- d) determinare le caratteristiche geotecniche, dei terreni di fondazione degli interventi proposti, indispensabili alla loro progettazione;
- e) delineare i criteri costruttivi più idonei, per le opere proposte, in relazione alle caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche delle zone di intervento;
- f) profilare il rischio sismico, procedendo al calcolo della verifica della liquefazione dei terreni incoerenti, in linea generale e del tutto indicativo.

Per perseguire le finalità proposte dallo studio, l'indagine è stata condotta col metodo seguente:

- g) ricerca bibliografica degli aspetti geologici, geomorfologici, idrologici, idrogeologici e meteomarinari dell'ambiente di spiaggia;
- h) raccolta dati idrologici e climatico-ambientali;
- i) raccolta delle campagne di indagini eseguite nell'area di studio;
- j) interpretazione dei dati al fine di ricostruire l'assetto stratigrafico di massima nella fascia di intervento e di determinare le caratteristiche geotecniche dei litotipi di spiaggia;
- k) prima valutazione dei criteri costruttivi più idonei per le opere proposte nelle varie zone di intervento;
- l) determinazione della categoria di suolo attraverso le V_{seq} . (NTC 2018).

Il presente lavoro si compone oltre che della Relazione Geomorfologica Illustrativa anche di una serie di Tavole e Allegati previsti dai Contenuti Minimi del Piani di Spiaggia e precisamente:

- Tav. 1 Carta di Inquadramento Geologico-Strutturale;
- Tav. 2 Carta Geomorfologica;
- Tav. 3 Carta dei Vincoli;
- Tav. 4 Carta delle Pericolosità Geologiche;
- Tav. 5 Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano;
- Tav. 6 Trasposizione della Fattibilità Geologica su elaborato pianificatorio.

Sono state inoltre redatte le seguenti carte:

- Tav. 7 Carta delle Unità di Paesaggio;
- Tav. 8 Carta dei Bacini Idrografici;
- Tav. 9. Carta delle Pericolosità Sismiche;
- Tav. 10. Carta di Ubicazione delle Indagini Geognostiche.

È altresì allegato il Report delle Indagini Geognostiche e Geofisiche.

Tutti gli elaborati di cui sopra, sono stati redatti in conformità a quanto previsto dalle vigenti Leggi, Normative e, contenuti minimi previsti per i Piani Attuativi, di seguito elencate:

- Legge Urbanistica Nazionale n°1150 del 17 Agosto 1942;
- Art. 13 Legge n°64 del 02/02/1974 (Legge Sismica) e art.89 DPR 06/06/2001 n°380;

- D.L.112/1998 (Art.93 - Ig) – *“Criteri Generali per l’individuazione delle zone ad elevato rischio sismico”*;
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria (art.1 bis della Legge 356/2000 - art. 7 della Legge 18/5 1989, n°183);
- Legge Regionale N°19 del 16 Aprile 2002: *“Norme per la tutela, governo ed uso del territorio”*, Legge Urbanistica della Calabria e relative Linee Guida del 2005;
- Ordinanza n°3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri, 20 Marzo 2003, (*“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*);
- D.M. 14.01.2008 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* e s.m.i.;
- Contenuti Minimi Strumenti Urbanistici particolareggiati;
- D.M. 17.01.2018 *“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”*.

Parte II°: Inquadramento Geografico - geomorfologico

2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il territorio del Comune di Paola, nella cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica della Calabria CASMEZ, in scala 1: 25.000), ricade nel Foglio 229 III SO Paola, nella cartografia topografica ufficiale (Carta Topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:10.000), all'interno dei Fogli 229 III SO Sez B Paola, III SO Sez A - D Fuscaldo, III SE Sez D Vaccarizzo, III SE Sez C Bucita e 236 IV NO Sez. A San Lucido, IV NE Sez D Monte Martinella, nonché nei Fogli Elementi 559011, 559012, 559013, 559014, 559023, 559024, 559051, 559052, 559054, 559063 e 559064 della nuova Carta Tecnica Regionale in scala 1: 5.000.

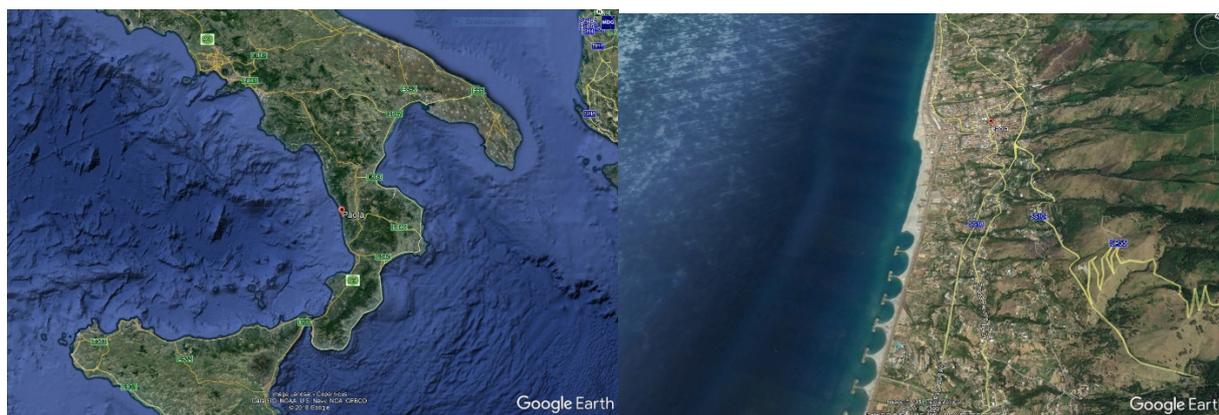


Fig. 3 - Ubicazione del territorio Comune e spiaggia di Paola "CS" da Google Earth

3. AREA D'INTERVENTO

Come detto, l'area di intervento è compresa tra il torrente Laponte a nord e il torrente Deuda a sud, ed occupa una fascia media di circa 100 m. tra la passeggiata del lungomare ad est e la battigia ad ovest.

Nelle varie zone di intervento è prevista una riqualificazione e redistribuzione delle attrezzature di spiaggia e la realizzazione di manufatti leggeri amovibili alla fine di ogni stagione balneare.



Foto 1. Inquadramento generale linea di costa

4. LINEAMENTI DI MORFOLOGIA DELLA SPIAGGIA

Gli aspetti geomorfologici più salienti della spiaggia di Paola, sono qui di seguito elencati:

a. la spiaggia presenta una fisiografia omogenea e sub-pianeggiante, con una debole inclinazione verso mare nella zona sopratidale. La quota media sul livello del mare è di circa +2.00 metri, pur variando da zona a zona. L'ambiente di spiaggia attuale è stato interamente pareggiato per fini turistici, per cui, non si ha più alcuna traccia della fascia delle dune;

b. su tutta la lunghezza dell'arenile, gli elementi geomorfologici più salienti sono le foci dei vari torrenti, che intersecano perpendicolarmente il territorio paolano, in cui le numerose divagazioni d'alveo, rielaborano continuamente i depositi litoranei sabbiosi;

c. le zone dove sono in essere opere di difesa, rappresentano un forte avanzamento della linea di costa, con arretramento laddove le stesse non sono presenti e laddove, pur presenti, tendono esclusivamente alla salvaguardia della linea ferroviaria (zona Nord);

d. il confronto tra le cartografie storiche e le ultime rilevazioni in situ hanno evidenziato un arretramento della linea di costa che ha profondamente alterato l'ambiente litoraneo (forte arretramento della battigia, aumento delle batimetrie nella spiaggia sommersa, creazione di gradini di erosione in occasione di forti mareggiate, aumento delle pendenze nella spiaggia emersa, etc.). In seguito alle opere di difesa realizzate, consistenti in una barriera soffolta, nel tratto a sud del torrente Palumbo, il litorale è in netta ripresa, come evidenziato in apposito capitolo, cercando di recuperare in parte le proprie caratteristiche fisiografiche e naturali.

Per quanto concerne le variazioni della linea di costa e le evoluzioni del litorale comunale, ci si è attenuti ai dati della Regione Calabria e da misurazioni effettuate sui siti d'intervento. La fascia costiera è stata suddivisa in tre zone, la prima a nord fino al torrente Palumbo, la seconda a nord e a sud del torrente San Domenico, la terza a sud del torrente Licciardo.

Infatti, anche le opere di difesa realizzate nei comuni vicini al comune di Paola, hanno condizionato fortemente l'assetto morfologico di questa parte del territorio comunale, soggetta storicamente a continue trasformazioni. Anche oggi che l'assetto geomorfologico pare essere maggiormente consolidato, sono presenti fenomeni rilevanti di ripascimento e di erosione, tant'è che è difficile, determinare con certezza il limite della battigia.

Sono note le tendenze in atto che provocano un progressivo aumento della profondità della spiaggia, verso il centro e il sud del litorale di Paola e una diminuzione della profondità della stessa, fino a quasi zero, a nord, anche se eventi climatici eccezionali, facilmente alterano i nuovi equilibri raggiunti.

L'arenile sabbioso presenta pertanto una profondità variabile, che va dai quasi 0.00 metri in prossimità del Torrente Laponte, fino a circa 2.00 metri in prossimità del Torrente San Domenico.

In linea molto generale, in quanto esula dalle finalità di questo studio, si descrivono gli effetti sul litorale e le difese realizzate, in relazione al ripascimento e all'erosione degli ultimi 50 anni. Numerosi sono infatti gli studi che eminenti figure professionali hanno effettuato sull'area consentendo di pervenire ad un livello di informazioni tali che hanno permesso di progettare le opere di difesa necessarie a contrastare l'erosione.

A nord, nei pressi del confine con il comune di Fuscaldo fino al campo sportivo, è in essere una scogliera radente delle Ferrovie dello Stato, addossata al

rilevato ferroviario, in massi naturali, completata nel 1981. A sud di questa, in prossimità della parte centrale del rione Sant'Agata, è presente una difesa foranea soffolta, fin quasi allo sbocco del Torrente San Francesco, che difende il lungomare, realizzata a cura dell'Amministrazione Provinciale. In corrispondenza del confine con San Lucido, sono stati progettati e realizzati pennelli a T, a protezione del rilevato ferroviario, completati nel 1991.



Foto 2 e 3- Pennelli dall'alto e spiaggia intorno agli stessi

Nella zona nord, tra il Torrente Laponte e il Torrente Palumbo, le opere di difesa con scogliere realizzate, hanno ottenuto solo l'effetto di proteggere l'asse ferroviario e la spiaggia presenta un netto arretramento.



Foto 4. Si noti il totale arretramento della spiaggia

Nel tratto dopo il torrente Palumbo, le soffolte hanno permesso una estensione dell'arenile per circa 55.00 metri, in prossimità dello sbocco del Torrente Regina, con un ripascimento complessivo di circa 27.00 metri dal 2001.



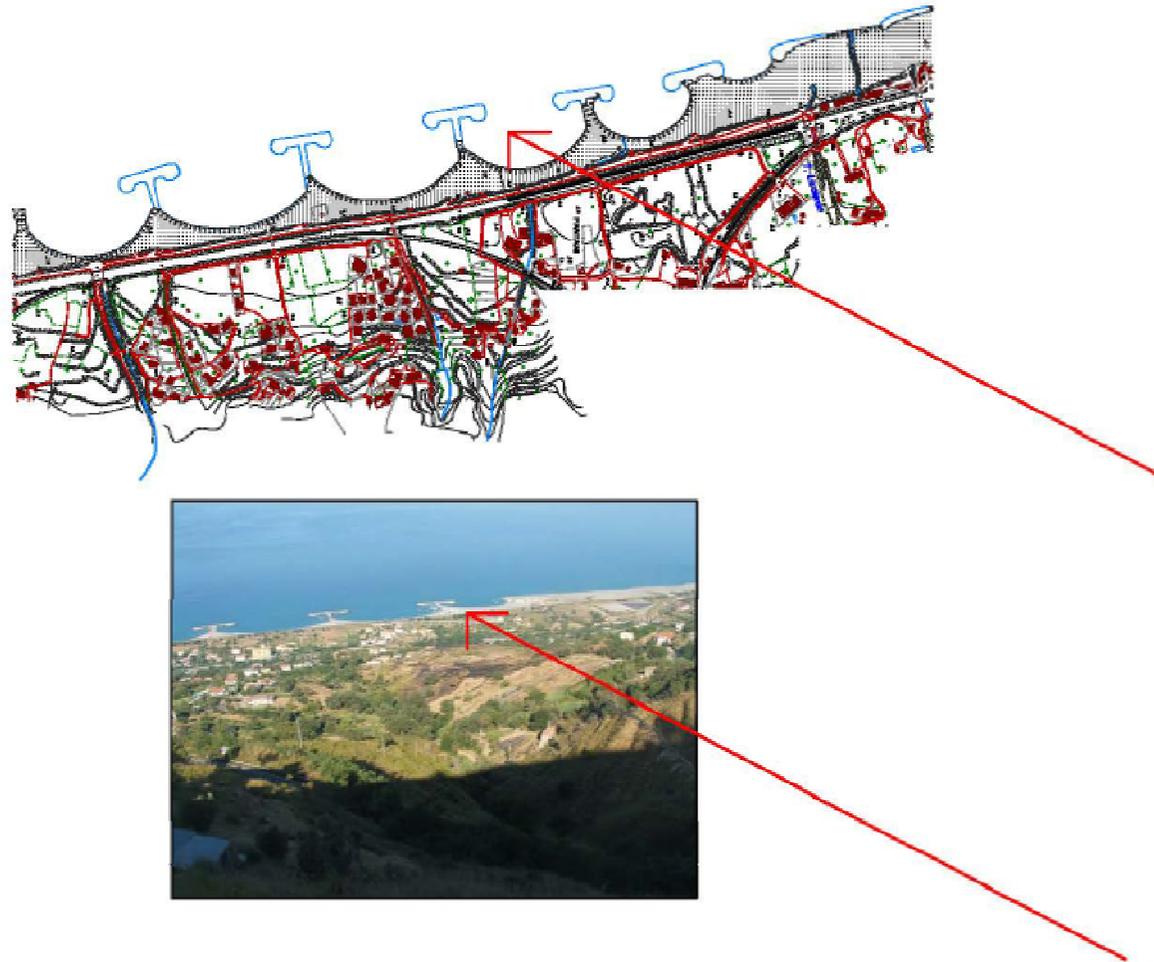
Foto 5. Ripascimento in prossimità dello sbocco del Regina

L'arenile rientra leggermente in prossimità della Stazione delle Ferrovie dello Stato, per poi estendersi ampiamente in prossimità del Torrente San Domenico.



Foto 6. Spiaggia sommersa in prossimità della foce del San Domenico

A sud, la difesa a T avanza mediamente la costa di circa 27.00 metri in 8 anni, (Fig. 1 Stralcio Cartografico di confronto), fino al 2008, per arrivare oggi ad avere spiaggia di ampiezza uguale a 180.00 metri circa (località Petrulla).



confronto CTR 2001 - foto scattata il 20 agosto 2010

È stato analizzato, dal punto di vista quantitativo il fenomeno dell'evoluzione a "lungo termine" del litorale, volendo intendere un arco di tempo, non inferiore a 10 anni circa, tralasciando appunto quegli eventi con variabilità stagionale o annuale dell'evoluzione del sistema litoraneo. Si analizza l'evoluzione subita dal litorale nel periodo più recente mentre, nella seconda parte, si analizza la situazione attuale del tratto di costa e la possibile evoluzione prossima futura. Il tratto di litorale in oggetto, di circa 7,00 Km di lunghezza, in seguito alla realizzazione di alcuni interventi (una serie di pennelli sia trasversali che paralleli alla linea di costa), tra la Marina di Paola e il confine con il territorio di San Lucido, presenta ovviamente caratteristiche morfologiche di dinamica litoranea, nettamente distinte per ogni tratto, in quanto la direzione del trasporto solido, è quasi ovunque rivolta verso sud, e la morfologia e la geometria della spiaggia attuale, si presenta alquanto variata rispetto ai tempi storici documentati nel capitolo precedente.

È altresì evidente in prossimità della battigia, una leggera berma ordinaria marcata da una spalmatura di ciottoli, con a tratti una leggera contropendenza verso est. La stessa cresta, è ben evidente durante la berma di tempesta a composizione prevalente ghiaioso-sabbiosa, che tracima durante le mareggiate più violente.

La berma ordinaria e la berma di tempesta, sono raccordate da una scarpata con media pendenza, che tende ad accentuarsi al variare dell'energia del moto ondoso.

Da un esame diretto, risulta che la spiaggia sommersa presenta un profilo ondulato, con presenza di barre discontinue, separate da solchi paralleli alla costa, mentre i venti foranei suscettibili di trasferimento di energia, risultano appartenere al I, II e IV quadrante, quali appunto lo Scirocco, il Mezzogiorno, il Libeccio, il Ponente e il Maestrale.

L'elaborazione dei dati anemometrici rilevati dalla Stazione di Ustica, tra il 1961 e il 1973, ha permesso l'individuazione di 4.630 eventi meteomarini, determinando che i venti a maggior contenuto energetico, sono quelli di Libeccio.

Sono state condotte verifiche e confronti sulla variazione della linea di riva dal 2001 a tutt'oggi, mediante comparazione tra la cartografia regionale ufficiale 2001, la linea di costa ufficiale 2008, il Piano di Erosione Costiera del 2016 e le foto attuali, che dimostra il ripascimento

di ampi tratti della zona a sud di Paola, a seguito dei lavori fatti eseguire dalle Ferrovie dello Stato.

5. FATTORI METEO-MARINI E PROCESSI DEL MOTO ONDOSO

Tra i fattori che condizionano l'evoluzione dei litorali, quelli meteo-marini sono importanti in quanto riescono a regolare la capacità erosiva del mare e il trasporto dei sedimenti. Tra questi si annoverano i venti, il moto ondoso, le correnti e le maree con le variazioni del livello marino.

L'insieme di ondulazioni originate dal vento definisce il moto ondoso, strettamente dipendente dalla velocità del vento, dalla sua durata e dalla lunghezza del fetch.

È definibile come spiaggia, una zona costiera, compresa tra il limite inferiore e il limite superiore di azione delle onde, dovuta alla combinazione di fenomeni di erosione e sedimentazione, determinati dai fattori elencati sopra.

Per tale motivo, i materiali che costituiscono una spiaggia, non hanno mai una posizione stabile, a causa proprio dell'azione continua del moto ondoso.

Considerato che il territorio di Paola è solcato trasversalmente da ben 12 torrenti, essi dovrebbero esercitare una notevole influenza sulle condizioni del litorale, in quanto trasportano i sedimenti utili alla rialimentazione delle spiagge e determinano l'avanzamento o l'arretramento della linea di costa. In quest'ottica la posizione della linea di riva a scala secolare, dipende essenzialmente dal rapporto esistente tra il volume dei detriti che vengono immessi sul litorale, e il volume di sedimenti che vengono sottratti allo stesso.

Il precario equilibrio che si stabilisce, tra l'apporto solido fluviale e la redistribuzione dei sedimenti lungo costa, ad opera delle correnti litoranee, viene alterato ed accentuato dall'attività dell'uomo in molti modi. Probabilmente, il modo principale è la sottrazione di materiale dagli alvei dei fiumi e dagli arenili, e la costruzione di strutture che impediscono l'apporto di sabbia alle spiagge. In ambito marittimo, si riscontrano due tipologie di erosioni:

- ✓ **a breve termine**, generalmente di tipo reversibile, dovuta alle componenti trasversali del moto ondoso, e che comporta il moto dei sedimenti verso il largo associato alle mareggiate, tipico delle "spiagge a pacchetto" (pocket beach);

a lungo termine, di più difficile reversibilità, dovuta al trasporto longitudinale lungo la spiaggia.

Il secondo caso è certamente quello più grave. Infatti l'erosione strutturale, progressiva e permanente, è in genere provocata dall'intervento umano che introduce una discontinuità nella linea di costa. In tale caso il volume eroso è funzione dell'altezza, del periodo e dell'angolo di attacco dell'onda sulla spiaggia.

Qualunque sia la tipologia di intervento per la difesa dei litorali, è opportuno ricordare come qualsiasi opera realizzata lungo la costa, se non ben determinata attraverso studi meteo-marini, costituisce un ostacolo al libero propagarsi del moto ondoso, e pertanto può dar luogo ad effetti di vario genere, causando alterazioni della costa in zone limitrofe a quella di intervento, per cui è necessario pensare gli interventi, non come opere singole ma come singola componente, parte in un sistema di difesa dell'intera fascia litoranea.

Dalle misurazioni eseguite nella "BOA ONDAMETRICA di CETRARO" (fig.2), rilevati e catalogati dal 01.01.1998 al 05.04.2008, è stato possibile reperire gli eventi ondosi con il metodo di previsione indiretta, noto in letteratura come SMB, che prende il nome dai suoi autori *Sverdrup e Munk, 1947, Bretschneider 1958*.



Fig. 4 - Posizione della boa di Cetraro gestita dalla Rete Ondametrica Nazionale (RON).

Il metodo **SMB** fornisce l'altezza ed il periodo dell'onda significativa, a partire da relazioni empiriche espresse in termini della velocità del **vento U** rilevata a 10m s.l.m., dell'estensione del fetch F (fig.5) (ovvero della distesa di mare libero, su cui il vento spira con intensità e direzione costanti), e della **durata t** dell'evento eolico. Questo metodo costituisce l'approccio di previsione più largamente utilizzato nella pratica ingegneristica, anche a causa della sua semplicità ed efficienza.

Una sua corretta interpretazione e applicazione, passa da un'analisi del bilancio energetico, nell'area di generazione del moto ondoso ad opera del vento.

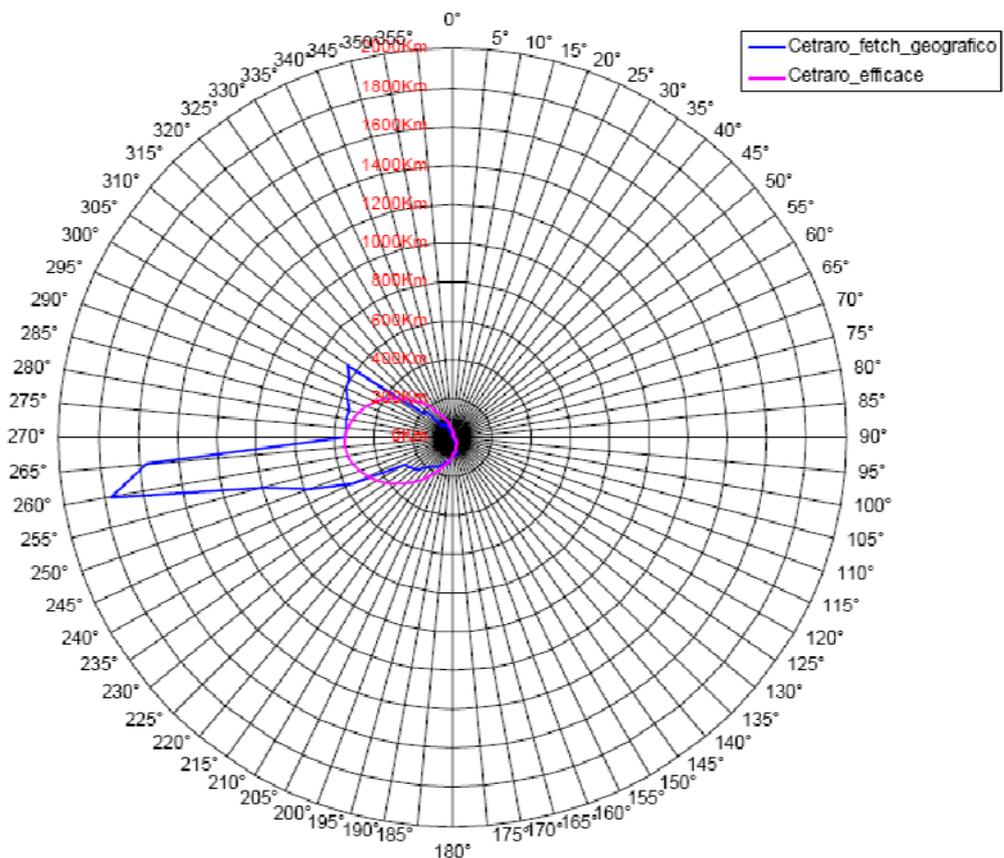


Fig 5. - Fetch geografico ed efficace del sito boa di Cetraro.

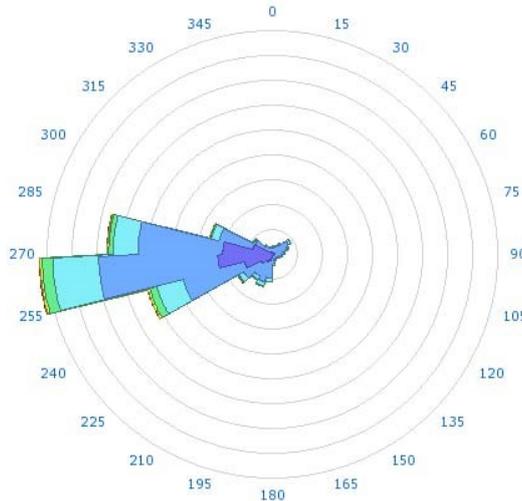
In figura 5, invece, è mostrata la direzione media di provenienza del moto ondoso. Essa mostra l'andamento delle mareggiate registrate alla boa, e di quelle previste con il metodo **SMB**.

Dall'esame delle mareggiate registrate alla boa, nonostante la correlazione tra le altezze d'onda significative misurate e stimate sia sufficiente, i valori medi stimati risultino piuttosto bassi rispetto a quelli misurati. Tuttavia è opportuno specificare, come la serie della boa di Cetraro, faccia riferimento ai soli anni specificati precedentemente.

Rete Ondametrica Nazionale

Clima Ondoso

Per la stazione **Cetraro** i rilevamenti sono disponibili a partire dal **01-gennaio-1999** (ore 0:00) fino al **05-aprile-2008** (ore 7:00)



by APAT - Servizio Mareografico - www.IDROMARE.com

Fig 6. – Direzione media di provenienza del moto ondoso

Parte III: Inquadramento Geologico

6. GEOLOGIA GENERALE

Il bacino di scarpata di Paola è situato lungo il margine tirrenico orientale (ETM). Disposto parallelamente ad esso, presenta direzione NNW-SSE. Tale bacino presenta il massimo spessore di sedimenti plio-quadernari, osservato fra i bacini peritirrenici, ed è delimitato da un rilievo di scarpata composito, costituito da sedimenti recenti ed attuali.

Argnani e Trincardi affermano che *"ad una fase iniziale di deposizione di un prisma di margine distensivo, durante il Pliocene fa seguito un episodio compressivo a carattere regionale che ne provoca il raccorciamento lungo una direzione all'incirca perpendicolare al margine. La copertura sedimentaria, di conseguenza, si scolla dal basamento e/o al proprio interno, producendo una fascia di anticlinali disposte lungo la scarpata. Tale bacino viene successivamente riempito, mentre una attività distensiva si manifesta nella parte inferiore del margine e talora interessa i rilievi di scarpata"*.

I dati ottenuti dalla letteratura geologica ufficiale e le informazioni ottenute dalla serie di studi, rilevamenti, sopralluoghi, prospezioni e indagini svolte a vari livelli dagli scriventi, rilevano che la parte del territorio di Paola, oggetto di questo studio, è costituito dal complesso sedimentario.

Tale complesso è rappresentato dalla formazione conglomeratica arenaceo-siltoso-marnosa, dai conglomerati fluvio-marini ad elementi prevalentemente cristallino metamorfici in matrice sabbioso-limosa, dalle antiche conoidi di deiezione e dai depositi attuali dei letti fluviali e di spiaggia attuale.

Si estendono lungo tutta la costa paolana per una larghezza di alcune centinaia di metri e separate dalla spiaggia attuale da una scarpata di 2-3 metri e interrotte trasversalmente dal più recente ordine di conoidi di deiezione. Tale piana, costituita da ciottoli, ghiaie e sabbie, sono di origine prevalentemente marina con subordinati apporti eolici.

Parte IV°: Idrologia, Idraulica e Idrogeologia

7 DESCRIZIONE CLIMATICO-AMBIENTALE

I dati che hanno permesso l'analisi climatico-ambientale di Paola, per un periodo di circa 80 anni (1921 - 2012), sono stati desunti dalla Pubblicazione "Le Precipitazioni in Calabria" di D. Caloiero, R. Piccoli, C. Reali, del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.) e dell'Istituto di Ricerca per la protezione Idrogeologica (I.R.P.I.) di Cosenza, nonché da tutti i dati presenti e scaricabili dal sito dell'ARPACAL.

8 TEMPERATURA

Dal punto di vista topografico, Paola, per la sua posizione geografica e per la sua natura collinare, a tratti montagnosa, è un territorio con marcati contrasti di clima. Infatti, esso presenta due fasce climatiche, essendo il suo territorio direttamente a contatto col mare e con la Catena Costiera. Nella zona litoranea, oggetto di questo studio, si riscontra il clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite ed estate calda e siccitosa. Tale fascia è esposta all'influenza africana, e quindi con temperature elevate e precipitazioni brevi ma intense. Di seguito tabellati i valori relativi alle temperature dal 1988.

Stazione di Paola (cod. 3060) - Temperature minime mensili

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Min
1988	»	»	»	»	»	»	»	»	»	13.2	5.5	0.3	»
1989	7.7	6.9	8.6	8.4	10.1	14.4	17.0	16.8	16.5	12.6	7.2	5.7	5.7
1990	6.8	5.9	»	6.6	12.8	14.5	17.5	19.1	16.3	14.6	7.8	4.3	»
1991	3.9	1.0	5.6	6.6	9.3	14.6	17.3	19.6	20.2	12.2	9.7	0.6	0.6
1992	5.0	1.7	6.0	7.7	11.6	14.6	16.7	20.3	17.6	12.4	8.1	3.8	1.7
1993	»	0.9	»	7.3	11.8	14.2	18.0	20.3	16.4	11.7	7.3	6.7	»
1994	4.7	5.3	8.1	5.8	11.5	14.9	17.6	21.6	14.4	14.4	10.9	5.7	4.7
1995	2.3	7.9	4.7	5.2	9.7	14.5	20.1	16.0	15.2	14.0	4.4	9.4	2.3
1996	5.6	»	2.1	6.3	12.7	16.1	17.2	19.1	»	11.0	6.5	2.6	»
1997	7.4	6.9	5.8	4.3	10.6	»	18.4	15.7	17.5	8.3	»	6.5	»
1998	5.7	6.4	1.8	»	11.0	13.8	19.1	19.8	15.5	12.6	4.4	2.4	»
1999	0.8	2.4	5.1	»	10.8	16.7	18.3	16.9	16.9	14.4	8.2	4.7	»
2000	3.0	4.4	5.4	8.6	11.9	17.4	16.9	20.2	15.2	14.0	9.3	6.9	3.0
2001	7.9	2.9	5.1	5.8	10.8	»	17.0	19.3	16.2	15.2	5.8	-0.2	»
2002	0.7	8.3	3.5	6.0	11.6	14.2	16.5	16.6	13.0	14.0	10.2	6.8	0.7
2003	5.6	2.9	5.2	1.2	13.6	18.7	18.8	17.7	15.2	13.3	9.5	2.6	1.2
2004	0.4	0.4	5.1	7.4	9.5	14.8	18.3	»	»	14.9	7.7	6.5	»
2005	2.6	2.4	0.4	7.1	12.3	12.1	»	18.3	14.4	»	»	»	»
2006	»	»	»	8.0	»	12.2	15.5	16.0	16.6	13.0	6.9	7.6	»
2007	6.5	6.9	5.5	9.4	»	13.8	18.0	18.3	12.8	5.5	6.5	0.4	»
2008	4.5	-1.3	4.5	6.1	11.6	12.4	15.7	20.3	13.4	11.6	6.0	4.0	-1.3
2009	5.0	»	3.0	8.0	10.0	13.0	18.0	21.0	16.0	8.0	8.0	6.0	»
2010	3.0	2.0	3.0	9.0	10.0	13.0	18.0	19.0	14.0	»	7.0	0.0	»
2011	3.0	2.0	1.0	8.0	8.0	16.0	18.0	19.0	14.0	9.0	9.0	2.0	1.0
2012	2.0	0.0	»	6.0	11.0	16.0	17.0	21.0	15.0	8.0	8.0	2.0	»
2013	3.0	2.0	4.0	9.0	9.0	12.0	17.0	18.5	16.3	15.4	4.3	6.7	2.0
2014	5.4	6.6	4.6	6.4	10.1	12.7	15.3	19.0	15.6	10.0	11.5	-1.8	-1.8
2015	2.9	0.0	4.8	4.9	11.5	15.1	19.1	17.6	14.8	10.2	7.4	6.0	0.0
2016	0.8	6.1	3.4	7.6	8.6	15.5	15.3	16.3	15.4	11.7	3.8	2.0	0.8
2017	-2.9	6.9	7.4	6.7	11.4	17.1	17.5	20.1	14.2	10.0	5.3	3.8	-2.9
2018	6.5	3.4	4.2	8.3	11.5	16.1	»	17.0	13.5	»	»	»	»

335 mesi disponibili

31 anni disponibili

Valori minimi mensili e minimo assoluto

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Min
-2.9	-1.3	0.4	1.2	8.0	12.0	15.3	15.7	12.8	5.5	3.8	-1.8	-2.9

Dal punto di vista climatico, il territorio di Paola, pur essendo inserito nell'area mediterranea, come tutta la Calabria, presenta alcune anomalie rispetto alle caratteristiche che dovrebbe avere considerando la posizione geografica e l'accentuato carattere marittimo: nelle aree montane, sono presenti alcune conche isolate dalle correnti aeree.

10. UMIDITÀ

Il rilievo presente sul territorio di Paola esercita un influsso ancora più significativo sulla piovosità e di conseguenza sull'umidità; in modo abbastanza netto si oppongono pianure costiere aride a zone interne con precipitazioni frequentemente copiose, con piogge abbondanti.

In tutta questa area volta al mar Tirreno i monti esercitano una determinante azione di cattura delle correnti umide di origine atlantica.

Anche i venti dominanti che sono quelli di levante, arrivano carichi di umidità dal mare Jonio e quindi anche le precipitazioni più notevoli, incontrando i massicci della Sila e del Pollino, sono costretti a salire di quota con conseguente condensazione in pioggia dell'umidità trasportata. Di seguito si presenta il grafico dell'umidità, rilevata nella stazione di Paola, nell'anno 2011, per i mesi da gennaio ad aprile.

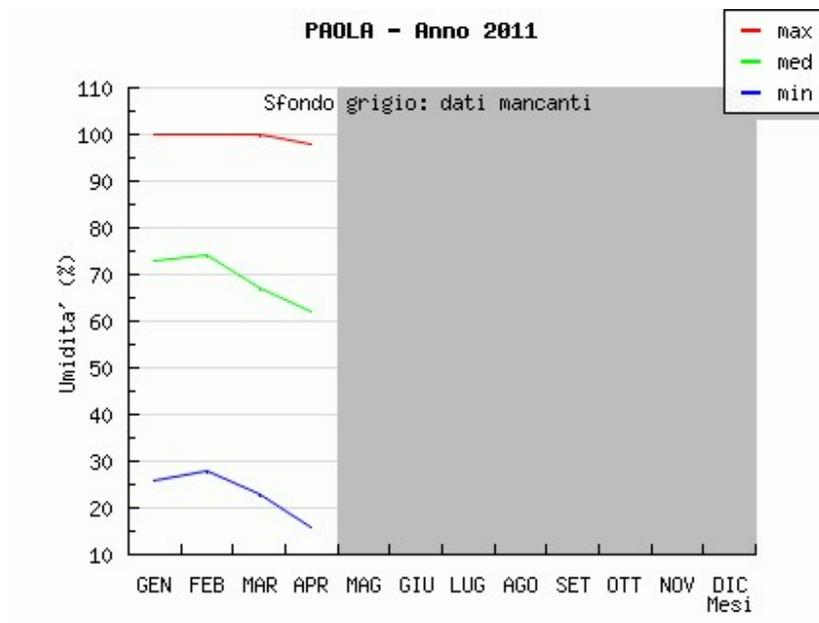


Fig. 8 Grafico umidità media mensile rilevata a Paola

10. PIOVOSITÀ

I dati pluviometrici che hanno permesso l'analisi climatico-ambientale del territorio di Paola, dal 1924 fino a tutto il 2011, sono stati estratti dal sito dell'A.R.P.A.CAL.

Dal punto di vista topografico, il territorio del Comune di Paola, per la sua posizione geografica è un territorio prevalentemente con caratteristiche climatiche diversificate, passando dal clima montano (Serra Montagna Grande quota 1379 m slm), al clima collinare nelle zone di Cozzo Luparello (612 m slm), Serra La Rosa (quota 525 m slm), Cotugni (quota 230 m slm), al clima prettamente marino nelle zone di spiaggia e del centro abitato (quota 0.00-120m slm).

Di seguito si riportano i dati di piovosità relativi alla stazione di Paola (cod 3060), dal 1980.

Stazione di Paola (cod. 3060) - Piogge mensili

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
1924	»	»	»	95.0	11.0	50.0	36.0	-	-	160.0	228.0	40.5	»
1925	30.0	146.0	82.0	85.0	168.0	35.0	5.0	-	80.0	114.0	287.0	160.0	1,192.0
1926	215.0	25.0	46.0	72.0	91.0	110.0	77.0	-	96.0	66.0	53.0	310.0	1,161.0
1927	247.0	124.0	148.0	58.0	109.0	28.0	-	10.0	104.0	160.0	88.0	324.0	1,400.0
1928	122.0	84.0	212.0	72.0	103.0	-	-	-	57.0	103.0	145.0	175.0	1,073.0
1929	188.0	225.0	96.5	95.0	71.5	7.6	-	63.5	33.9	147.5	278.5	113.0	1,320.0
1930	297.0	289.0	129.5	135.5	117.0	78.5	18.0	-	15.5	234.0	79.5	363.0	1,756.5
1931	179.0	235.5	99.5	141.0	27.5	-	-	-	156.0	82.5	188.0	145.5	1,254.5
1932	65.0	91.0	104.8	197.7	18.5	75.3	-	-	12.0	89.2	135.8	87.2	876.5
1933	141.1	187.6	32.9	60.7	69.0	105.7	9.5	23.7	81.5	158.6	296.5	336.8	1,503.6
1934	174.6	33.5	139.4	46.7	69.0	75.5	10.5	19.3	71.5	148.7	97.0	154.0	1,039.7
1935	191.0	102.0	114.0	9.0	21.5	-	37.0	-	60.0	127.5	140.0	243.0	1,045.0
1936	123.5	139.5	158.0	87.0	146.5	133.5	5.0	20.3	94.0	135.5	141.5	115.5	1,299.8
1937	142.5	176.5	122.5	116.0	169.0	10.0	-	26.0	141.0	109.9	208.9	375.7	1,598.0
1938	194.9	123.4	20.8	85.7	179.1	5.0	1.6	61.9	9.9	239.2	69.5	367.0	1,358.0
1939	169.0	55.1	150.5	34.6	138.6	13.3	-	31.6	117.7	176.8	132.4	278.0	1,297.6
1940	265.5	132.7	53.6	197.6	211.7	72.5	3.7	32.0	13.6	121.6	122.5	184.8	1,411.8
1941	198.0	177.6	49.3	91.6	74.2	22.7	1.4	14.9	67.5	205.8	126.7	101.6	1,131.3
1942	220.0	181.1	135.4	11.6	56.8	68.9	20.6	9.1	2.7	79.5	110.8	88.0	984.5
1943	246.3	43.1	94.0	140.9	29.7	32.3	1.2	»	»	»	»	»	»
1944	»	»	124.6	53.5	12.0	9.8	1.7	3.5	80.8	214.5	114.4	172.2	»
1945	413.7	22.9	34.3	17.2	13.3	1.2	-	24.9	159.4	46.9	215.1	269.4	1,218.3
1946	127.0	26.3	128.2	53.0	45.9	-	24.1	6.5	-	208.2	89.6	233.4	942.2
1947	151.0	154.4	37.6	7.8	89.1	10.8	11.5	49.0	39.1	236.3	71.9	246.3	1,104.8
1948	129.7	134.3	-	68.8	87.9	21.0	4.0	21.4	65.8	74.4	89.1	16.5	712.9
1949	97.0	21.8	59.8	5.8	40.4	13.3	53.5	102.3	38.7	129.8	275.3	29.6	867.3
1950	142.6	175.0	91.4	103.3	8.9	24.4	2.7	29.5	65.3	91.9	161.3	279.8	1,176.1
1951	178.0	161.2	145.0	45.2	137.2	5.2	2.4	39.8	149.2	158.4	131.6	153.0	1,306.2
1952	127.2	187.4	79.3	87.4	54.2	-	171.0	16.2	57.4	169.7	184.5	117.4	1,251.7
1953	175.0	110.0	11.0	86.4	46.8	194.0	0.8	25.1	56.9	113.3	67.5	39.8	926.6
1954	319.8	233.0	89.8	65.7	129.6	5.0	13.6	6.0	22.5	69.9	252.9	132.0	1,339.8
1955	69.4	80.6	72.7	66.5	3.4	12.6	11.0	56.4	147.1	97.4	123.4	30.8	771.3

Variante PCS Comune di Paola

1956	93.6	189.4	28.0	53.5	56.0	95.0	-	14.2	14.4	88.8	174.3	175.6	982.8
1957	162.8	54.6	85.8	14.6	75.0	3.7	6.1	28.3	37.2	86.0	156.7	87.6	798.4
1958	114.1	37.2	154.7	97.0	51.4	43.7	3.6	-	36.8	111.8	228.8	204.2	1,083.3
1959	148.2	1.8	135.8	143.9	141.6	44.2	39.2	45.9	78.6	89.8	217.6	203.6	1,290.2
1960	214.0	193.8	187.2	189.2	79.2	-	10.6	-	99.8	156.8	179.4	265.4	1,575.4
1961	187.6	43.0	59.2	78.6	70.2	50.6	11.6	7.2	-	126.8	251.0	85.2	971.0
1962	89.0	41.1	118.8	68.8	13.4	5.2	94.8	-	88.1	17.6	195.2	213.0	945.0
1963	141.2	235.0	131.8	116.7	181.0	60.0	27.6	76.8	78.2	198.6	50.6	180.2	1,477.7
1964	126.8	70.6	226.4	71.2	103.6	80.8	26.2	39.6	34.6	103.9	95.2	236.4	1,215.3
1965	187.4	170.0	31.6	172.2	28.0	9.0	-	15.4	50.4	19.2	221.0	157.2	1,061.4
1966	215.9	114.0	47.8	97.4	83.4	20.8	22.8	19.5	151.0	182.4	275.7	270.4	1,501.1
1967	160.0	65.6	32.0	126.4	23.0	31.2	55.4	3.8	100.3	11.4	75.6	184.9	869.6
1968	152.6	54.6	58.6	17.2	30.4	44.9	1.6	83.0	43.2	41.6	81.0	236.9	845.6
1969	110.7	157.5	220.7	16.7	61.8	58.8	8.2	108.1	76.6	17.2	98.2	406.8	1,341.3
1970	193.4	153.5	90.3	17.8	39.5	13.4	15.3	43.8	32.8	118.2	50.3	76.0	844.3
1971	160.2	145.0	236.6	89.9	15.9	25.3	22.5	28.6	91.8	41.0	113.8	99.0	1,069.6
1972	154.8	146.6	81.7	98.5	79.6	1.0	44.0	67.9	68.9	172.8	33.0	55.7	1,004.5
1973	143.4	276.1	160.4	72.5	21.6	4.1	43.9	67.0	117.7	119.5	58.7	137.0	1,221.9
1974	94.8	105.6	83.8	189.0	70.6	2.8	3.0	67.2	157.4	175.0	135.8	142.0	1,227.0
1975	33.6	101.0	153.2	31.8	58.6	11.2	11.0	67.0	18.2	112.2	140.2	45.8	783.8
1976	»	75.1	114.3	104.1	64.1	60.7	40.7	66.0	22.0	180.6	252.1	114.0	»
1977	103.8	57.4	30.6	82.4	7.6	23.2	-	45.2	141.4	80.8	144.2	95.6	812.2
1978	168.4	166.0	81.6	160.2	76.2	12.4	-	-	142.1	178.8	58.4	80.6	1,124.7
1979	157.8	241.0	85.6	90.4	33.0	20.2	-	50.0	14.8	91.2	221.0	113.6	1,118.6
1980	91.4	33.2	142.4	79.0	143.0	22.0	2.0	1.8	13.8	261.8	210.8	191.6	1,192.8
1981	221.4	138.2	25.9	35.2	62.6	20.4	18.9	27.8	94.9	73.6	92.2	214.4	1,025.5
1982	20.8	106.4	119.8	19.0	6.6	5.0	34.6	19.0	56.0	194.4	103.8	150.6	836.0
1983	26.8	119.6	68.0	20.6	75.6	68.6	6.2	47.8	25.8	73.0	142.0	223.8	897.8
1984	124.4	80.6	108.4	80.2	25.0	2.8	-	33.4	72.8	87.4	176.2	61.0	852.2
1985	259.3	33.4	205.2	105.3	118.4	3.8	0.4	2.0	20.8	15.8	194.2	16.2	974.8
1986	159.0	256.8	123.4	41.2	12.6	13.4	19.6	0.4	59.2	143.6	111.0	74.8	1,015.0
1987	115.6	147.0	87.9	27.9	72.9	11.2	16.4	-	39.0	137.2	98.9	79.7	833.7
1988	106.4	135.0	86.8	120.8	30.8	18.8	-	-	64.4	56.6	212.4	119.8	951.8
1989	7.2	42.6	43.2	153.6	41.6	77.8	59.4	16.2	35.0	150.0	70.2	44.6	741.4
1990	36.8	40.2	»	115.2	37.6	2.6	18.4	24.8	55.8	208.8	139.6	321.4	»
1991	49.0	132.2	103.4	205.2	53.8	8.6	102.8	2.2	25.4	149.0	102.4	45.8	979.8
1992	55.4	31.8	60.8	103.0	28.8	80.6	20.2	8.2	22.0	123.8	87.8	97.8	720.2
1993	»	20.8	»	63.6	60.2	30.0	1.6	1.4	14.2	82.2	105.8	75.8	»
1994	152.8	105.8	1.8	87.0	77.4	8.8	57.0	1.6	38.4	53.4	73.2	71.6	728.8
1995	80.8	59.2	153.4	120.0	32.4	87.2	-	128.0	95.8	2.8	148.2	126.8	1,034.6
1996	101.6	»	153.0	68.2	83.4	3.0	3.8	»	»	»	108.2	150.8	»
1997	30.6	15.8	26.2	41.4	6.2	»	1.8	34.0	6.2	115.8	»	155.6	»
1998	105.4	102.8	36.6	»	91.6	10.4	13.2	19.4	94.0	87.2	176.8	102.4	»
1999	66.2	98.8	69.2	»	»	33.4	97.6	15.6	91.8	91.0	144.4	174.4	»
2000	57.2	101.4	34.4	60.2	3.2	2.0	56.2	2.4	76.4	71.8	139.4	146.6	751.2
2001	134.8	55.0	77.2	100.0	103.8	»	17.0	12.2	90.2	6.0	120.8	89.2	»
2002	73.6	37.8	12.4	-	1.4	17.6	50.4	104.2	184.8	62.2	112.6	242.6	899.6
2003	110.6	52.0	20.4	34.6	5.8	12.4	17.6	47.2	112.0	129.0	110.4	101.8	753.8
2004	113.4	40.0	138.2	84.8	65.4	41.0	15.4	32.6	100.0	81.6	152.4	265.4	1,130.2
2005	141.2	142.6	53.0	108.2	59.0	33.0	3.8	48.6	119.6	»	»	»	»
2006	»	»	61.6	47.6	6.2	83.0	36.6	52.2	162.2	21.6	67.2	265.6	»
2007	40.0	113.4	111.6	94.6	101.0	38.6	0.2	4.4	50.0	119.2	135.2	98.0	906.2
2008	85.2	»	»	10.4	18.4	65.8	4.6	-	126.6	42.8	125.0	235.2	»
2009	293.4	128.6	163.0	94.8	1.4	81.0	0.4	1.4	131.8	184.6	124.2	143.6	1,348.2
2010	206.0	199.8	112.4	37.4	»	125.0	30.0	0.8	185.4	378.4	205.0	87.8	»
2011	124.4	110.8	132.8	50.0	61.8	2.2	4.0	-	39.2	98.4	65.0	144.2	832.8
2012	60.4	258.2	43.8	122.0	57.4	0.2	97.2	-	104.2	112.8	148.2	156.2	1,160.6
2013	181.6	208.0	166.8	29.4	55.4	18.4	19.0	16.6	59.6	65.2	239.8	133.6	1,193.4
2014	147.8	171.0	153.2	94.4	44.0	81.8	133.8	8.2	140.6	15.2	39.4	132.2	1,161.6

Variante PCS Comune di Paola

2015	170.6	170.4	164.8	28.8	33.6	6.0	4.4	7.4	101.4	141.0	129.8	4.6	962.8
2016	164.2	64.8	199.4	53.6	88.6	29.0	3.2	19.6	84.8	76.2	95.4	15.0	893.8
2017	131.2	36.2	25.8	39.0	18.4	3.2	12.4	-	86.8	16.0	169.0	107.8	645.8
2018	56.0	225.6	140.2	19.8	98.0	111.8	-	»	»	138.2	»	»	»

1104 mesi disponibili

95 anni disponibili

Valori medi mensili ed annuale

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
141.7	117.7	98.1	78.4	63.4	34.4	21.0	25.9	72.5	115.9	141.6	156.7	1,067.3

11. BREVE NOTA SUI BACINI IDROGRAFICI

Il territorio di Paola risulta compreso tra il Torrente Laponte e il Torrente Deuda ed è solcato, in senso Est-Ovest da numerose incisioni torrentizie che ne condizionano l'evoluzione dei versanti.

Questi costituiscono 12 bacini, alcuni dei quali minori, altri, come il Laponte, San Francesco, San Domenico e Deuda, molto importanti.

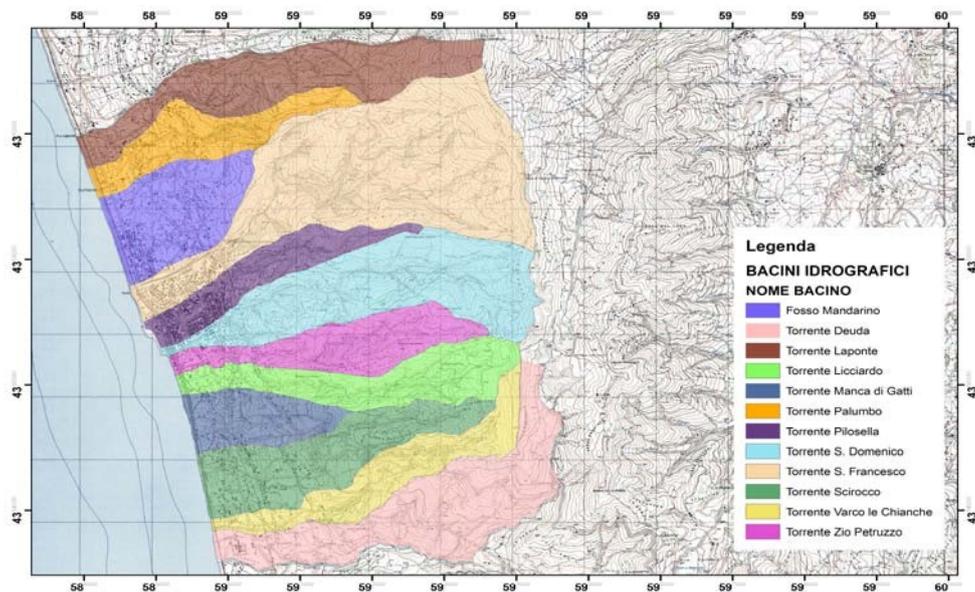


Fig. 9 Bacini del territorio comunale di Paola

I corsi d'acqua, con bacini idrografici molto estesi e ramificati (cfr. Carta dei Bacini Idrografici - Tav. 7), presentano una morfologia delle aste fluviali legata soprattutto all'azione geodinamica della Catena Costiera calabrese, alla natura dei litotipi presenti e/o affioranti (complesso cristallino metamorfico nelle parti più in quota e complessi di copertura mio-pliocenici e quaternari nelle zone medio-basse del territorio comunale).

Lungo tali torrenti, in corrispondenza di eventi alluvionali significativi, tipo quelli dell'ottobre 2010, sono trasportati notevoli quantità di detriti, specie lì dove è presente un notevole spessore di prodotti di alterazione e degradazione.

Essi si sviluppano prevalentemente nel complesso cristallino-metamorfico e successivamente nel complesso sedimentario, per concludere il loro percorso poco prima della foce, ubicata sulla spiaggia attuale, all'interno della pianura alluvionale.

In corrispondenza della piana alluvionale, molti dei torrenti che solcano il territorio di Paola hanno, nel tempo, formato conoidi di deiezione ormai tutte intensamente urbanizzate.

12. SIMICITÀ

La sismicità del territorio di Paola è associata a strutture sismogenetiche costituite da un sistema di faglie normali e trascorrenti con orientazione media N-S e NNW-SSE, aventi andamento sub-parallelo al margine S della Catena Costiera.

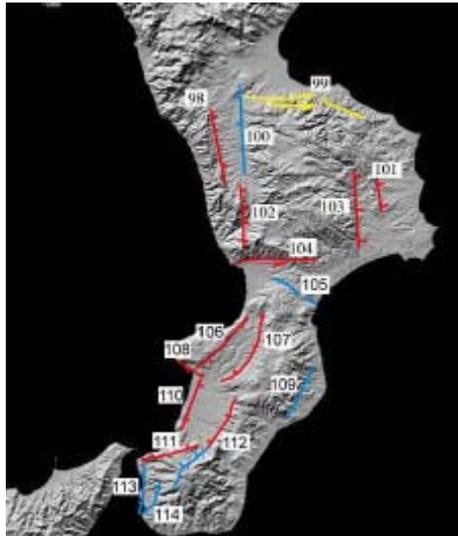


Figura 12. Carta delle faglie attive della Calabria
(Da "Stato delle conoscenze delle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie". F. Galadini et al.)

Il territorio di Paola è assimilabile, quanto a vicinanza, alla zona sismogenetica calabrese 66. Essa comprende la Valle del Crati e quella del Savuto fino a Falerna.

In epoca storica, il segmento meridionale è stato caratterizzato da un unico evento di grande energia (27 marzo 1638, $I_{max} = 11$), mentre quello settentrionale è stato interessato da eventi di intensità più bassa.

Anche la distribuzione degli epicentri localizzati dal 1986 mostra una netta separazione tra la porzione settentrionale, sede di numerose scosse strumentali, e quella meridionale che appare al momento quiescente. Tra le scosse di maggiore energia registrate in questo periodo si possono contare venticinque terremoti con $m \geq 3.0$, anche se solamente due superano la magnitudo 3.5. Sono tuttavia da ricordare i due terremoti del febbraio 1980, rispettivamente di magnitudo 4.3 e 4.0, che produssero danni del VII MCS nel territorio di Cosenza e dei comuni limitrofi.

Importante, al riguardo è invece, per quanto attiene il territorio del Comune di Paola, la presenza della faglia attiva/capace, estratta dal Catalogo ITHACA dell'ISPRA, denominata San Miceli.

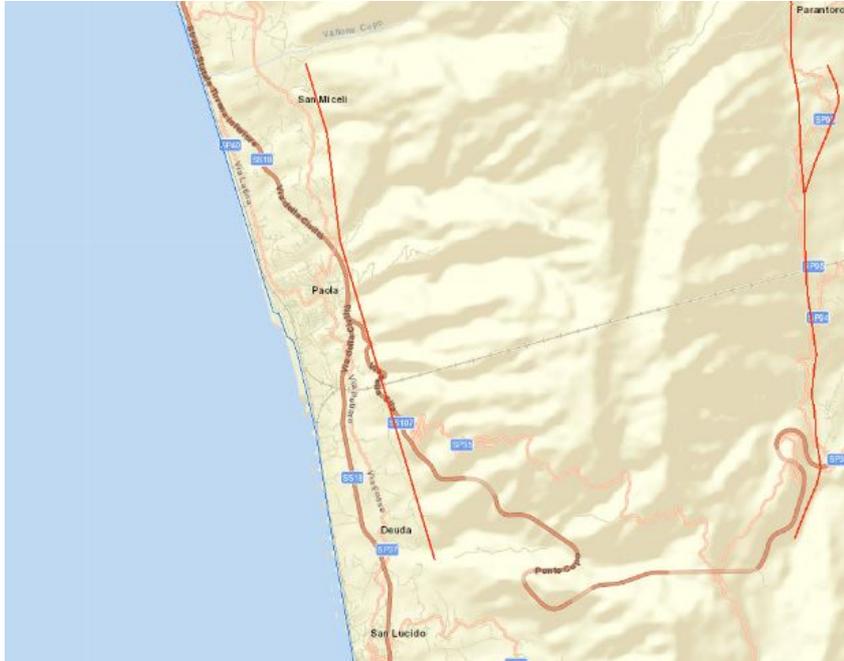


Fig. 13 - faglia attiva/capace, estratta dal Catalogo ITHACA dell'ISPRA, denominata "San Miceli" nel tratto del Comune di Paola

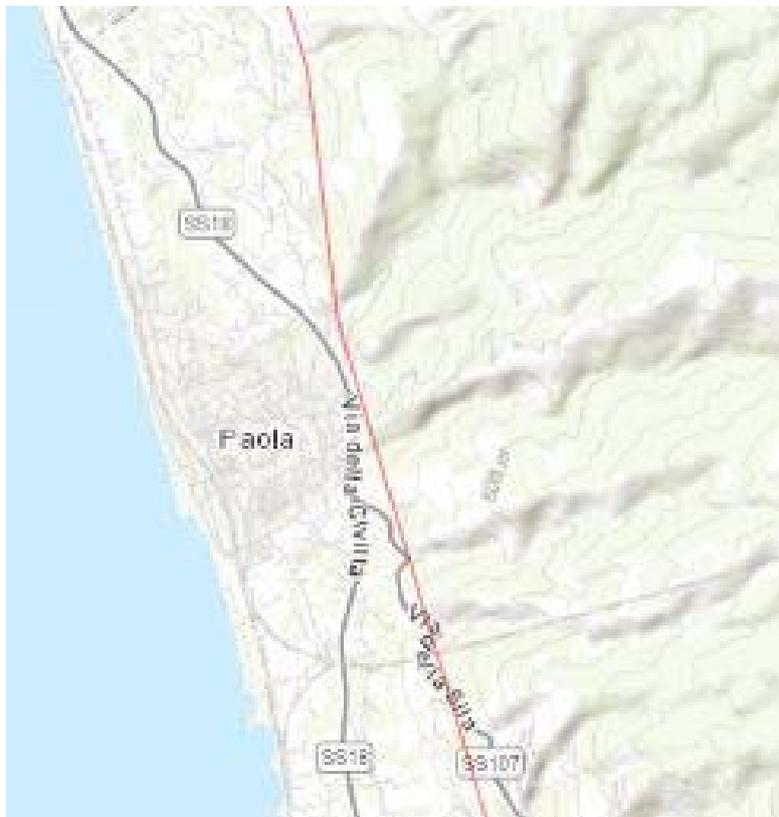


Fig. 14 – Particolare della faglia attiva/capace, nella zona abitata del Comune di Paola "Catalogo ITHACA dell'ISPRA"

12.1 Dati storici

Per caratterizzare un'area dal punto di vista sismico, è fondamentale la ricerca degli eventi che vi si sono verificati nel corso dei secoli e per i quali è stato quantificato il valore dell'intensità macrosismica sia per l'area epicentrale che per le varie località in cui tali eventi sono stati avvertiti.

Gli esiti della ricerca condotti, sono sintetizzati nelle tabelle riportate, reperibili sul Database dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, di cui si riporta la tabella relativa al sito di Paola. Dalla lettura delle tabelle, emerge che il territorio di Paola anche se non è mai stato area epicentrale, presenta però, 23 osservazioni disponibili.

Storia sismica di Paola
(CS)
[39.360, 16.041]

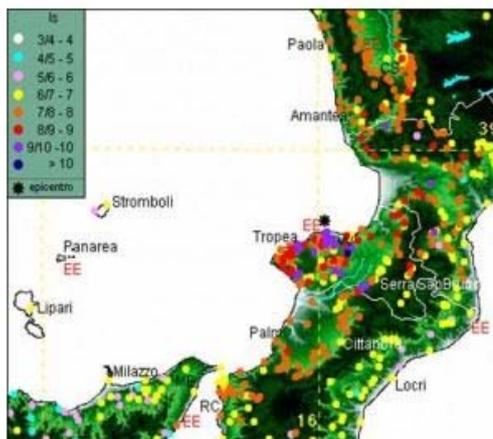
Osservazioni disponibili: 23

Effett I	In occasione del terremoto:								
Is	<u>Anno</u>	<u>Me</u>	<u>Gi</u>	<u>Or</u>	<u>Mi</u>	<u>Se</u>	<u>AE</u>	<u>Io</u>	<u>Mw</u>
B	<u>1905</u>	<u>09</u>	<u>08</u>	<u>01</u>	<u>43</u>	<u>11</u>	Calabria	11	7.06
7-8	<u>1638</u>	<u>03</u>	<u>27</u>	<u>15</u>	<u>05</u>		Calabria	11	7.00
7-8	<u>1783</u>	<u>03</u>	<u>28</u>	<u>18</u>	<u>55</u>		Calabria	10	6.94
7	<u>1887</u>	<u>12</u>	<u>03</u>	<u>03</u>	<u>45</u>		Calabria settent.	8	5.52
7	<u>1913</u>	<u>06</u>	<u>28</u>	<u>08</u>	<u>53</u>	<u>02</u>	Calabria settentrion	8	5.65
6	<u>1783</u>	<u>02</u>	<u>05</u>	<u>12</u>			Calabria	11	6.91
6	<u>1783</u>	<u>02</u>	<u>07</u>	<u>13</u>	<u>10</u>		Calabria	10-11	6.59
6	<u>1835</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>22</u>	<u>35</u>		Cosentino	9	5.91
6	<u>1854</u>	<u>02</u>	<u>12</u>	<u>17</u>	<u>50</u>		Cosentino	9-10	6.15
5-6	<u>1908</u>	<u>12</u>	<u>28</u>	<u>04</u>	<u>20</u>	<u>27</u>	Calabria meridionale	11	7.24
5-6	<u>1928</u>	<u>03</u>	<u>07</u>	<u>10</u>	<u>55</u>		CAPO VATICANO	7-8	5.90
5	<u>1832</u>	<u>03</u>	<u>08</u>	<u>18</u>	<u>30</u>		Crotonese	9-10	6.48
5	<u>1857</u>	<u>12</u>	<u>16</u>	<u>21</u>	<u>15</u>		Basilicata	10-11	6.96
5	<u>1870</u>	<u>10</u>	<u>04</u>	<u>16</u>	<u>55</u>		Cosentino	9-10	6.16
5	<u>1980</u>	<u>11</u>	<u>23</u>	<u>18</u>	<u>34</u>	<u>52</u>	Irpinia-Basilicata	10	6.89
4-5	<u>1659</u>	<u>11</u>	<u>05</u>	<u>22</u>	<u>15</u>		Calabria centrale	10	6.50
4	<u>1808</u>	<u>03</u>	<u>12</u>				PALMI	7	5.33
4	<u>1907</u>	<u>10</u>	<u>23</u>	<u>20</u>	<u>28</u>	<u>19</u>	Calabria meridionale	8-9	5.93
4	<u>1930</u>	<u>07</u>	<u>23</u>	<u>08</u>			Irpinia	10	6.72
F	<u>1910</u>	<u>05</u>	<u>07</u>	<u>02</u>	<u>04</u>		Irpinia-Basilicata	8-9	5.87
2-3	<u>1996</u>	<u>04</u>	<u>27</u>	<u>38</u>	<u>27</u>		COSENTINO	6-7	4.81
NF	<u>1978</u>	<u>04</u>	<u>15</u>	<u>23</u>	<u>33</u>	<u>47</u>	Golfo di Patti	9	6.06
NF	<u>1990</u>	<u>05</u>	<u>05</u>	<u>07</u>	<u>21</u>	<u>17</u>	POTENTINO	7	5.84

Riguardo invece i maremoti si riporta, in uno specifico estratto della pubblicazione di "Camassi e Stucchi 1999", gli eventi che hanno colpito la Calabria nei primi anni del novecento. Si rappresenta quindi, sia con la planimetria dei principali maremoti che hanno raggiunto le coste italiane dal '600 al 1908, sia attraverso l'estratto suddetto, che la piana costiera del Comune di Paola é stata interessata in passato, da fenomeni di maremoto "Tsunami" che, da Nicotera si sono spinti fino a Scalea, per circa 100 Km lungo la costa calabra.

Calabria 1905-1908: tre tsunami in tre anni!

Il Novecento comincia con un fenomeno disastroso, teatro la martoriata terra calabrese. L'8 Settembre 1905, in piena notte, si verifica un violento terremoto, con epicentro non lontano da Monteleone (l'attuale Vibo Valentia) ed una magnitudo intorno a 7 (DBMI04, Stucchi ed altri, 2007). Il sisma, avvertito in tutto il Meridione, provoca grandi distruzioni: Aiello, Pizzo, Piscopio, la stessa Monteleone le città più danneggiate mentre alcuni paesi (Favelloni e Martirano) vengono talmente distrutti da venir poi ricostruiti in altri siti. L'area più colpita risulta quella circostante Capo Vaticano: l'intero territorio è sconvolto da frane e



Distribuzione delle intensità del terremoto dell'8 settembre 1905 (da Camassi e Stucchi, 1999).

voragini, diversi luoghi sono soggetti alla liquefazione, l'assetto idrogeologico subisce variazioni significative. Circa 600 i morti. Alla scossa segue uno tsunami che interessa in particolare la costa tirrenica calabrese per circa un centinaio di km, da Nicotera a Scalea: a Briatico, Bivona e Pizzo il mare inonda il litorale per una trentina di metri, trascinando a terra numerose barche. Analoga situazione a Scalea dove si registra un *run-up* di circa 6 metri (Tinti ed altri, 2004). Effetti minori vengono registrati anche a Messina e Milazzo dove si notano oscillazioni del mare di circa un metro. L'ondata di tsunami spezza pure il cavo telegrafico tra Lipari e Milazzo, portando poi un ingente quantitativo di pomice eoliane sulle spiagge tra Gioia Tauro e Diamante. Variazioni del livello marino, sia pure di qualche decimetro, vengono segnalate anche a Napoli, Catania e Catanzaro Lido. Uno tsunami dunque geograficamente ampio e di intensità 3, ma con effetti indotti non molto distruttivi. Due anni dopo si replica, sia pure in misura minore. Il 23 Ottobre 1907 tocca, quasi per una *par condicio*, alla costa ionica calabrese. Stavolta il terremoto ha epicentro in pieno Aspromonte, pochi km ad Ovest di San Luca, e magnitudo 5.9. Particolarmente colpito il paese di Ferruzzano ma ingenti danni si segnalano un po' per tutto il litorale ionico, da Melito di Porto Salvo a Gerace: colpiti anche San Luca e Platì (Tinti ed altri, 2004). Circa 200 i morti. Il sisma origina uno tsunami, di intensità 3, che colpisce soprattutto la costa tra Capo Bruzzano e la foce del fiume Careri, nei dintorni di Bianco, dove si verifica un'ingressione marina di circa 30 metri. La zona è poco abitata ed i danni limitati. Infine, il 28 Dicembre 1908, il notissimo terremoto di Messina cui segue un altrettanto celebre tsunami, già ampiamente trattato [in quest'articolo specifico](#). Dunque tre maremoti in tre anni: spetta dunque forse alla Calabria il poco invidiabile primato di "terra degli tsunami"? Per l'inizio del XX Secolo certamente sì.

Fig. 15 - Terremoto 1905. Distribuzione delle intensità, (fenomeni di Tsunami e Liquefazione) – In particolare lungo il Mar Tirreno fu colpita Scalea da un fenomeno di run-up di circa 6.00metri (Camassi e Stucchi 1999)

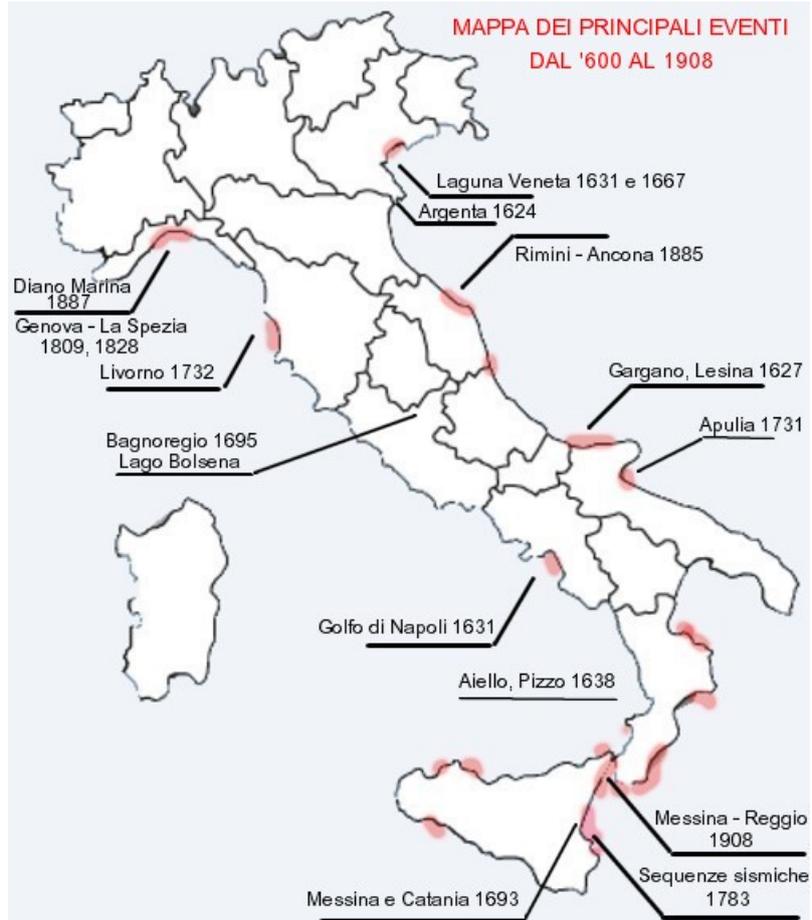


Fig.16 - I principali maremoti che hanno raggiunto le coste italiane dal '600 al 1908

13. ASPETTI GEOTECNICI

Sulla scorta dei dati ottenuti dai sondaggi a rotazione e prove penetrometriche reperite, nonché dalle prove geofisiche è stato possibile stimare i valori di alcuni parametri fisici e geotecnici: densità relativa D_r (%), angolo di attrito interno φ° e modulo edometrico E_d (t/m²) per le sabbie.

Per stimare i valori di D_r (%) delle sabbie, per determinare i valori degli angoli di attrito φ e i valori di E_d , nonché i valori di γ , si è utilizzato un programma di elaborazione delle prove SPT comunque riportate in allegato.

È abbastanza chiaro che, nelle alluvioni, il prelievo dei campioni a basso disturbo ha rappresentato un'operazione problematica, per cui non si è riuscito a campionare. Per tale motivo si è ricorso ad effettuare più prove SPT in foro di sondaggio.

Attraverso l'impiego di correlazioni empiriche è stato possibile stimare in modo sufficientemente affidabile l'angolo di resistenza al taglio di picco (φ'_p).

Per la determinazione quindi dell'angolo di resistenza al taglio di picco sono stati utilizzati tre differenti approcci:

- nel primo approccio si è utilizzata la correlazione tra N_{SPT} e φ'_p , quale quella della Japan Road Association (1990)

$$\varphi'_p = \sqrt{15} \times N_{SPT} + 15 \quad (1);$$

- nel secondo quella proposta da Peck nel 1953

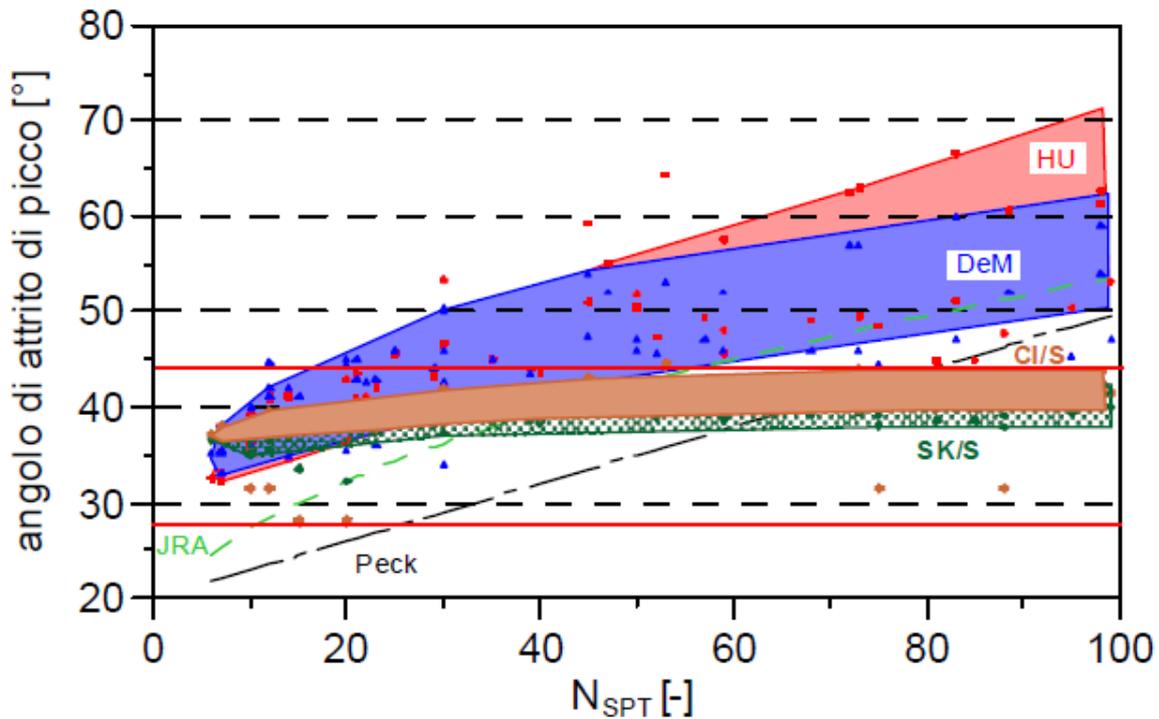
$$\varphi'_p = 0.3 \times N_{SPT} + 20 \quad (2);$$

- nel terzo si è invece fatto riferimento a correlazioni che esprimono φ'_p come funzione di N_{SPT} e della tensione verticale efficace litostatica, come quella recentemente proposta da Hatanaka e Uchida (1996)

$$\varphi'_p = \sqrt{20} \times 20N_{1,SPT} + 20 \quad (3)$$

in cui $N_{1,SPT}$ è il numero di colpi N_{SPT} normalizzato rispetto alla pressione atmosferica, oppure utilizzando correlazioni ben note come quella proposta da De Mello (1971).

La figura di seguito mostra a titolo esemplificativo i valori di ϕ'_p ottenuti mediante diverse correlazioni.



Stima dell'angolo di attrito di picco mediante diverse correlazioni

L'esistenza stessa di molte correlazioni è un chiaro segno delle incertezze e delle approssimazioni insite nelle procedure empiriche di stima, evidenziate nella figura sopra. Per tale motivo è stato ritenuto opportuno prendere come riferimento il valore più conservativo della varie prove SPT effettuate, perché la presenza di ciottoli e ghiaia nelle alluvioni ha potuto determinare valori di NSPT errati e/o inaffidabili che sovrastimerebbero l'angolo di attrito.

Di seguito sono tabellati tali valori, riportati come valori di massima riscontrati, che comunque è necessario verificare, in fase esecutiva, tramite studi di dettaglio per ogni intervento.

Sabbie e sabbie ghiaiose

Angolo di Attrito di picco ϕ^o	26 ÷ 35
Angolo di Attrito residuo ϕ'^o	18 ÷ 25
Peso di volume saturo γ_{sat}	1.6 ÷ 1.8
Peso di volume naturale γ	1.4 ÷ 1.6
Densità relativa D_r %	60 ÷ 65
Modulo Edometrico E_d (t/m ²)	800 ÷ 2000

Stima dei parametri geotecnici per le sabbie ghiaiose dell'arenile

13.1 Aspetti Fondazionali

Sulla scorta dei dati ottenuti dai sondaggi e dalle prove geofisiche reperite è stato possibile stimare i valori di alcuni parametri fisici e geotecnici: densità relativa D_r (%), angolo di attrito interno φ° e modulo edometrico E_d (t/m^2) per le sabbie.

Relativamente all'oggetto, in modo del tutto generale sull'intero ambito del P.C.S., a fronte delle risultanze delle prove effettuate, tenuto conto delle scelte e delle considerazioni fatte si può optare per un modello di opere di fondazioni dirette che tenga conto di quanto stabilito nelle norme geologiche relative alla eventuale onda di piena.

In particolare, la presenza di strati omogenei e non comprimibili (sabbie marine), con invariabili caratteristiche geomeccaniche, con cedimenti immediati e quindi non soggetta a cedimenti differenziali, consente di prendere in considerazione l'ipotesi di adottare su tale strato di sabbie, le fondazioni.

Nel periodo considerato, durante l'esecuzione dei sondaggi, è stata rinvenuta la falda ad una profondità media di circa 2.00 m. dal p.c.. Viste le condizioni morfologiche e litologiche locali, considerato che nei periodi di esercizio dei manufatti (esclusivamente stagione estiva), è in essere un regime siccitoso, non si riavvisa la necessità di eseguire particolari opere di regimazione delle acque, nè tantomeno particolari opere di drenaggio.

Nell'area di interesse non esistono punti d'acqua censibili (pozzi, sorgenti, ecc.).

13.2 Pressioni di carico ammissibili dei terreni di fondazione

Le pressioni di carico ammissibili q_{amm} (kg/cm^2) dei terreni di fondazione sono state stimate sulla scorta dei dati ottenuti dalle prove reperite.

Sono state prese in considerazione tutti i sondaggi a carotaggio continuo effettuati sull'arenile e nelle immediate vicinanze per la conoscenza stratigrafica e le prove penetrometriche dinamiche per i caratteri geomeccanici.

Durante una prova penetrometrica dinamica si registra il numero di colpi N necessario affinché la punta conica e la batteria di aste scendano nel terreno di 10 cm. Il parametro N viene registrato ogni 10 cm di infissione sino al termine della prova suddetta.

Il parametro N può essere correlato alla resistenza dinamica del terreno alla punta R_d (kg/cm^2) mediante la formula seguente:

$$R_d = (M * H * N) / A * (M + P) \text{ in } \text{kg}/\text{cm}^2$$

in cui:

M – massa costante del maglio eguale a 20 kg;

H – volata utile eguale a 50 cm;

A – superficie utile della punta conica eguale a 16 cm^2 ;

P – peso delle aste alla profondità richiesta, espresso in kg.

Per ottenere la pressione di carico ammissibile q_{amm} (kg/cm^2) del terreno di fondazione occorre dividere la resistenza dinamica alla punta R_d (kg/cm^2) per un appropriato coefficiente di sicurezza eguale a 30:

$$q_{amm} = R_d : 30 = [(M * H * N) / A * (M + P)] : 30 \text{ in } \text{kg}/\text{cm}^2$$

Le pressioni di carico ammissibili q_{amm} (kg/cm^2) dei terreni fondali sono state stimate per manufatti con sia B che D uguale al metro (1.00 m.) e sono state stimate dell'ordine di $1.6 \div 1.9 \text{ Kg}/\text{cm}^2$.

13.3 Cedimenti del terreno di fondazione

Il calcolo dei cedimenti per verificare la loro compatibilità con i requisiti prestazionali delle opere previste nel P.C.S., con una pressione normale di $1.0 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (che nella realtà è minore per i manufatti previsti), per una fondazione rettangolare, in base ad una equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier, 1951) e su Ncolpi medio di Burland-Burbidge risultano valori compatibili con cedimenti immediati e quasi nulli.

Cedimenti Burland Burbidge		
		http://www.ingegnerianet.it
q=	156,0	[kPa]
B=	1	[m]
L=	3	[m] L>=B
z0=	1	[m] quota piano di posa
γsup=	16	[kPa]
z falda=	2	[m]
sabbie fini o limose=	FALSO	Vero o falso
OCR =	1	
H=	0,1	[m] Spessore comprimibile
NSPT =	30	
NSPT decrescente	FALSO	Vero o falso
t= vita nominale=	1	[anni]
carichi statici	VERO	Vero o falso
γH2O=	10000	[N/m ³]
q'=	156	
ZI=B ^{0,7} =	1,000	[m]
Hc=	0,100	[m] Spessore comprimibile di calcolo
σ'v0=	16	[kPa]
σ'P=OCR*σ'v0=	16	[kPa]
kF=	0,000	aliquota sabbia fine sottofalda con N≥15
Nc=	30,00	
kHZ =min{ Hc/ZI ; 1) =	0,10	
fh=(Hc/ZI)/(2-Hc/ZI)=	0,0526316	
fs=	1,331	
R3=	0,3	
R=	0,2	
ft=1+R3+R*log(t/3) =	1,20	
σA= min{σ'P; q'} =	16,0	[kPa]
σB= max{0; q'-σA} =	140,0	[kPa]
lc= 1,71/Nc ^{1,4} =	0,0146	
w= fs*ft*fh*ZI*lc*(σA/3 +σA) =	0,18	[mm]

13.4. Interazioni reti idriche e fognanti

Essendo in presenza di materiali altamente permeabili, non esiste interazione negativa, in caso di rottura, con le strutture fondali dei manufatti. Comunque, nei casi singoli, deve essere accertata l'influenza delle reti idriche e fognarie, ed in genere dei sottoservizi, sia in fase di realizzazione, sia in fase di esercizio a seguito di eventuali guasti e/o rotture.

14. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

La fascia di intervento del P.C.S. di Paola, ricade interamente all'interno dei depositi marini sabbioso della spiaggia attuale.

Come è noto i terreni granulari sciolti saturi possono dar luogo, in caso di sollecitazioni sismiche, a pericolosi fenomeni di liquefazione a seguito di anomali incrementi della pressione interstiziale.

In tali condizioni, la resistenza al taglio del terreno si annulla e possono prodursi fenomeni di collasso nella struttura interna degli strati interessati, con conseguente addensamento degli stessi dopo la dissipazione delle pressioni neutre.

Qualitativamente il fenomeno della liquefazione trova spiegazione nella evidenza sperimentale che una sabbia sottoposta a vibrazioni tende a compattarsi. La tendenza a decrescere di volume della sabbia si traduce in un incremento della pressione interstiziale u (t/m^2), la quale può aumentare sino ad annullare la pressione litostatica efficace σ' (t/m^2) del terreno; quando ciò accade, la resistenza al taglio del terreno si annulla e quest'ultimo inizia a deformarsi assumendo l'aspetto di un fluido viscoso.

I principali fattori necessari perché possa verificarsi liquefazione all'interno di un deposito sono i seguenti:

- Eventi sismici di magnitudo M superiore a 5, con accelerazioni massime in superficie maggiori di 0,10 g.
- Profondità del deposito inferiore a 15 ÷ 20 m dal piano campagna.
- Età del deposito: la suscettibilità è massima nei sedimenti olocenici recenti.
- Bassa soggiacenza della falda acquifera (profondità media stagionale inferiore a 15 m dal piano campagna).
- Basso grado di addensamento del terreno (densità relativa < 40% ÷ 50%).

- Granulometria del terreno sabbioso-limoso, ricadente all'interno di determinate fasce granulometriche (figura 16).

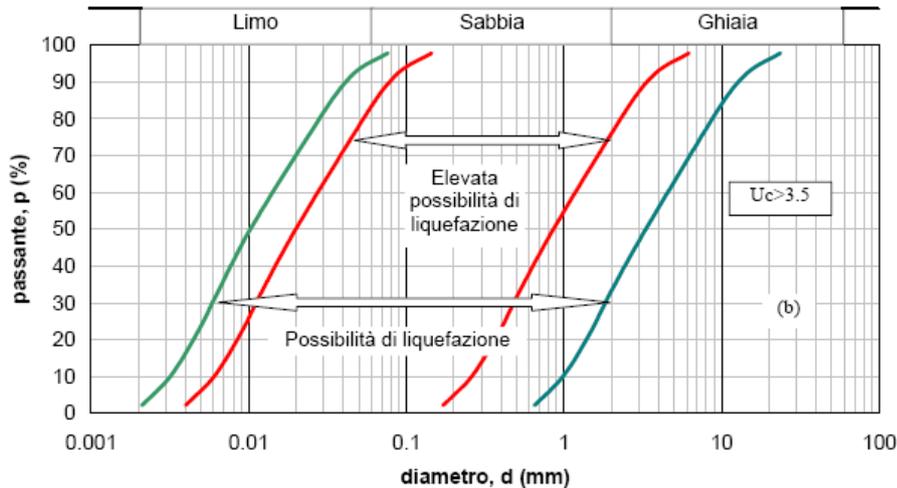


Fig. 16 Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b)

In linea generale, si ha una prevalenza dei livelli granulari, costituiti per lo più da sabbie, con quasi niente di livelli a grana fine (limo e argilla). Per identificare tali livelli e per valutarne lo stato di addensamento, si è fatto ricorso ai dati scaturiti dall'esecuzione delle prove in continuo. In particolare, si è scelto di utilizzare i risultati delle prove SPT in foro di sondaggio, utilizzando un semplice programma di calcolo, la cui tabella è allegata di seguito, è stato calcolato per ogni strato il potenziale di liquefazione.

Dalle elaborazioni svolte risulta che i depositi sabbiosi non sono liquefacibili e presentano coefficienti di sicurezza elevati.

Solo in un piccolo tratto è risultata la presenza di uno strato potenzialmente liquefacibile, nel primissimo strato, prossimo ai piani di imposta delle fondazioni, il quale assume un fattore di sicurezza prossimo a 1.00 e pertanto risulta potenzialmente liquefacibile.

In questi casi il suggerimento è quello di rimuovere (ove gli spessori sono esigui) l'orizzonte di terreno potenzialmente liquefacibile, impostando le strutture di fondazione a profondità leggermente superiori, oppure più semplicemente di costipare il terreno fondale con adeguati mezzi meccanici (ruspe, rulli, etc.).

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Metodo empirico di Seed e Idriss

Versione semplificata proposta dal GNDT-CNR

Relazione per il calcolo di FI:

$$FI = \frac{tl/s'o}{rd/s'o} = \frac{0,26 * (0,16 * Na^{0,5} + (0,21 * Na^{0,5})^{14})}{0,65 * A/g * so/s'o * (1 - 0,01z)}$$

Profondità falda dal p.c. metri

2,00

z	Y	Yimm.	zw	so	Uo	s'o	Nspt	DNf	Na	A/g	tl/s'o	rd/s'o	FI
5,80	1,63	1,80	3,80	10,10	3,80	6,30	22	3	17,67	0,10	0,220	0,095	2,315
										0,15		0,143	1,543
										0,25		0,238	1,036
7,50	1,80	2,10	5,50	15,15	5,50	9,65	35	3	27,68	0,10	1,268	0,091	13,999
										0,15		0,136	9,333
										0,25		0,226	5,600
10,45	1,80	2,10	8,45	21,35	8,45	12,90	32	0	22,53	0,10	0,446	0,091	4,917
										0,15		0,136	3,278
										0,25		0,227	1,967
-			2,00	-	2,00	2,00			0,85	0,10	0,038	-	#DIV/0!
										0,15		-	#DIV/0!
										0,25		-	#DIV/0!
			2,00	-	2,00	2,00			0,85	0,10	0,038	-	#DIV/0!
										0,15		-	#DIV/0!
										0,25		-	#DIV/0!

LEGENDA

z	=	Profondità d'indagine								Valori di A/g			
Y	=	Peso di volume naturale del terreno							0,10	=	Sisma non catastrofico		
Yimm.	=	Peso di volume immerso							0,15	=	Sisma medio		
zw	=	Terreno immerso in falda							0,25	=	Zona sismica		
so	=	Tensione vert. tot. alla profondità z											
Uo	=	Pressione neutra											
s'o	=	Tensione verticale efficace											
Nspt	=	N.ro colpi Nspt											
DNf	=	Fattore funzione della granulometria											
Na	=	Fattore di calcolo							pari a $1,7/s'o + 0,7 * Nspt + DNf$				
A/g	=	Accelerazione sismica											
tl/s'o	=	Numeratore delle frazione - resistenza del terreno normalizzata											
rd/s'o	=	Denominatore delle frazione - tensione tangenziale ciclica normalizzata											
FI	=	Potenziale di liquefazione - Fattore di sicurezza											

15. SEZIONE GEOLOGICA RAPPRESENTATIVA

La sezione geologica interpretativa allegata alla presente relazione, la cui traccia appare sulla Tav. 1, attraversa in direzione SW – NE l'intero arenile del territorio di Paola.

La sezione che ha inizio dal mare, attraversa l'area della spiaggia fino ad immettersi sulla strada comunale prima del rilevato ferroviario.

Scopo della sezione è quello di illustrare, alla luce dell'interpretazione geologica e per quanto noto da indagini e perforazioni svolte nell'area, le condizioni stratigrafiche ed i rapporti intercorrenti tra morfologia ed assetto dei depositi con i loro aspetti macroscopici tessiturali.

La sezione, ricavata dalla stessa base topografica regionale ufficiale, è stata realizzata in scala di 1: 250 e presentata in allegato alle tavole urbanistiche.

Il motivo risiede in una migliore rappresentazione visiva della stratigrafia presente nei primi 30 metri di sottosuolo.

I dati stratigrafici in essa riportati sono frutto dei risultati delle indagini profonde (sondaggi e stendimenti sismici), integrati anche dalle ricognizioni di campagna.

La sezione evidenzia la presenza del deposito quaternario alluvionale, costituito da materiale ghiaioso – sabbioso, fino almeno alla profondità investigata (confermata da tutte i sondaggi e prove disponibili).

16. FATTIBILITÀ

La carta della fattibilità e le conseguenti norme applicative di carattere geologico sono state predisposte in ottemperanza con quanto prescritto dalla Legge Urbanistica della Calabria n. 19 del 16.04.2002 e ss.mm.ii. e le Linee guida per l'applicazione della stessa legge, nonché con quanto dettato dal decreto n. 507 (BURC n. 16 del 13/3/2015) che ha aggiornato i contenuti minimi degli studi geomorfologici per i diversi livelli di pianificazione richiesti per il rilascio dei pareri di compatibilità geomorfologica (ex art. 13 L. 64/74; DPR 380/01, art. 89).

Le norme generali di tipo geologico tecnico devono, necessariamente, costituire parte integrante del Regolamento Urbanistico di supporto al Piano Attuativo, che a loro volta si interdisciplinano e si integrano con le prescrizioni della Legge Regionale 17/2005 e con quelle del PAI, nonché delle nuove norme redatte nel Piano stralcio di erosione Costiera.

Sulla "Carta della Fattibilità", redatta in scala 1:4.000, che va letta accorpata alle presenti norme, sono individuate le diverse Classi di Fattibilità in funzione della Pericolosità da erosione costiera e rischio idraulico.

Considerato che il presente studio è stato redatto a partire da una caratterizzazione dell'arenile comunale sviluppata ad un scala territoriale propria di uno strumento di pianificazione, anche se attuativo, ciò implica che il livello di approfondimento è stato di tipo areale e non puntuale.

Ciò fa presupporre che qualche area, a seguito di successivi e più dettagliati studi a carattere meteo marino, potrebbe essere meritevole di classificazione diversa.

In tal senso le prescrizioni dettate dovranno responsabilmente essere integrate dal professionista incaricato degli studi puntuali successivi.

Dopo l'approvazione del Piano Stralcio di erosione costiera, è stata necessariamente proposta solo una fascia corrispondente alla Classe di pericolosità 3 (P3) delle norme PAI di erosione Costiera, nonché da rischio idraulico.

In tutte le aree, possono verificarsi amplificazioni differenziali del moto del suolo e/o cedimenti diffusi del terreno dovuti a fenomeni di liquefazione.

È necessario comunque, che ogni anno, l'Amministrazione Comunale faccia effettuare, non prima del mese di Aprile, un numero di misurazioni della linea di costa, certificate da un tecnico professionista incaricato, almeno nelle tre unità fisiografiche definite del territorio paolano, allo scopo di verificare, se quanto risultato dal presente studio si conferma o si evolve in funzione dell'arretramento e/o ripascimento dell'arenile.

Fascia soggetta ad erosione costiera (Pericolosità Alta da Erosione Costiera):

In tale fascia di arenile, equivalente per tutto il territorio comunale, sono assentibili esclusivamente strutture amovibili, come da norme tecniche di attuazione del PAI.

Tale area, classificata ad alto rischio geomorfologico per forte arretramento della spiaggia, deve essere mantenuta a sabbia e/o comunque a superficie permeabile, favorendo processi di rinaturalizzazione e creazione di corridoi ecologici.

Si tratta di aree comunque liberamente balneabili, se non esiste apposito divieto, ma subordinate a ristrutturazione e consolidamento perché soggette a quanto prima specificato, per le quali, allo stato attuale, è impossibile fare previsioni di utilizzo di sorta.

La situazione potrà essere rivista in futuro quando le condizioni, con gli interventi da programmare, si sarà modificata. In tale fascia valgono necessariamente le norme PAI riportate nelle Norme di Attuazione Geologiche.

Fascia di attenzione dei corsi d'acqua (Fascia a Pericolosità elevata da rischio Idraulico):

In tali fasce di rispetto fluviale, si applicano le medesime discipline dettate dal PAI Calabria nelle Aree a Rischio Idraulico R4, nelle condizioni odierne di rischio idrogeologico,

e non è ammissibile alcun tipo di intervento, che potranno eventualmente essere ridefiniti qualora vengano meno le condizioni di pericolosità idrogeologica a seguito di una maggiore definizione delle stesse mediante studi di maggior dettaglio predisposti dal Comune ai sensi delle nuove norme di Attuazione del PAI Calabria.

Comunque anche ai canali di scolo esistenti, sfocianti a mare, dovranno essere garantiti il libero deflusso delle acque e l'ispezionabilità laddove intubati.

E' fatto divieto di realizzare qualsiasi manufatto entro la fascia di rispetto cartografata nella Carta della Fattibilità.

Paola, novembre 2018

i geologi

Dott. Massimo Aita

Dott. Beniamino Caira

Dott. Giuseppe Melchionda

1. NORME DI ATTUAZIONE DI CARATTERE GEOLOGICO

Le presenti norme geologiche e le relative prescrizioni, redatte ai sensi delle Linee Guida della Legge Urbanistica Regionale della Calabria n. 16.04.2002, nonché dal D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC 2018), costituiscono parte integrante della variante al PCS di Paola".

Le presenti norme geologiche e geotecniche integrano l'azzonamento riportato nelle Carte di Fattibilità delle Azioni di Piano e si applicano a qualsiasi intervento eseguito sull'arenile, riportando integralmente gli artt. 21, 22 e 24 delle NAMS del PAI e gli artt. 9, 10 e 11 delle NA del Piano di Bacino Stralcio di Erosione Costiera.

1. Sono da considerarsi aree pericolose ai fini dell'erosione costiera tutti i tratti di spiaggia retrostanti 50 metri alla linea di riva, nei tratti in cui la carta della Fattibilità ha mostrato un processo attivo di arretramento della costa;
2. Sono da considerarsi pericolosi tutti i tratti delle foci dei corsi d'acqua secondo quanto stabilito dal Piano di gestione delle Alluvioni;
3. Il tutto deve essere definito sempre nel rispetto delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera, approvato dal Comitato Istituzionale in data 11 aprile 2016 e pubblicato sul BURC n. 79 del 22 luglio 2016;
4. Ogni progetto pubblico e/o privato che coinvolga aree a rischio erosione costiera e /o idraulica dovrà essere sottoposta ad autorizzazione specifica come previsto dalle leggi vigenti;

Al fine di garantire l'ultima evoluzione della dinamica costiera e cercare di mantenere l'equilibrio della dinamica attuale, con una corretta razionalizzazione degli usi nelle aree interessate dall'aggiornamento del PCS, fermo restando che è comunque necessario che l'Amministrazione Comunale faccia effettuare, non prima del mese di Aprile, un numero di misurazioni della linea di costa, certificate da un tecnico

professionista incaricato, almeno nelle tre unità fisiografiche definite del territorio paolano, allo scopo di verificare, se quanto risultato dal presente studio si conferma o si evolve in funzione dell'arretramento e/o ripascimento dell'arenile, si individuano i criteri di fattibilità secondo le seguenti norme e direttive:

- Per evitare il degrado della risorsa litorale, nelle aree soggette ad erosione costiera, così come riportato nella Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano, si dovranno prevedere solo manufatti non stabili e di facile rimozione;

- In tali aree l'eventuale concessione deve essere rilasciata con la precisa indicazione che si tratta di aree pericolose;

- in prossimità delle foci dei fiumi e torrenti presenti sul territorio di Paola, nella parte di litorale direttamente prospiciente, deve essere evitato ogni intervento in grado di influire sul regime dei corsi d'acqua;

- nella fascia di spiaggia attiva, cioè quella interessata dal moto ondoso, dovranno evitarsi interventi di tipo rigido che oltre a determinare una locale sottrazione della risorsa naturale spiaggia, possono generare fenomeni erosivi della linea di riva per mancata dissipazione dell'energia e conseguente innesco di fenomeni di riflessione;

- nelle aree di intervento, dove allo stato è in essere una situazione di accrescimento della linea di costa, ogni anno, si dovrà preventivamente verificare la compatibilità dell'utilizzo tramite una valutazione tecnica della dinamica costiera espressamente citata negli atti concessori o autorizzativi;

- all'interno del perimetro del Piano vige la prescrizione che tutte le opere previste, pur amovibili, devono comunque essere rialzate al di sopra della quota di + 2,15 mt s.l.m. (determinata con rilievo topografico) individuata per quelle aree soggette a mareggiate con tempo di ritorno di 50 anni; è necessario comunque che un geologo definisca, mediante un dettagliato studio geologico, per ogni singolo intervento, la scelta fondazionale più idonea derivante dall'esigenza di cautelarsi da eventuali fenomeni di scalzamento al piede causati dal mare in occasione di forti mareggiate. I parametri

geotecnici riportati nei sondaggi allegati al presente studio potranno essere utilizzati solo come riferimento.

- all'interno del perimetro del Piano dell'arenile non dovranno essere previsti volumi utili al di sotto della quota di spiaggia, essendo l'area in esame soggetta a mareggiate ed allagamenti, con profondità della falda quasi a p.c.;

- eventuali interventi di demolizione e ricostruzione riguardo strutture presenti non dovranno prevedere un avanzamento dei manufatti verso la riva ma possibilmente arretrare, ponendosi in condizioni di maggiore sicurezza nei confronti dei fenomeni erosivi;

- la linea di riva dovrà essere mantenuta in equilibrio, intervenendo, qualora si verificassero arretramenti, con limitati ripascimenti dell'arenile.

Inoltre le Relazioni geologiche a corredo dei progetti di qualsiasi tipo di intervento devono comprendere:

- natura granulometrica dei depositi marini con le relative variazioni laterali e verticali e loro parametri geotecnici;

- studio del comportamento della falda e sull'interazione tra la falda dolce e marina;

- tendenze evolutive della spiaggia su tutto il litorale;

- determinazione delle portate di piena delle acque che sfociano nell'interno dell'area, con valutazione quantitativa di erosione e trasporto solido.

I concessionari interessati alla realizzazione di manufatti fissi, devono comunque dimostrare, tramite appropriato studio tecnico, che gli stessi non vengono ad essere interessati dal battente dell'onda di mareggiata, nella configurazione della spiaggia più sfavorevole e in presenza dei dati meteomarini più sfavorevoli.

Si riportano comunque, di seguito, gli articoli 21, 22 e 24 delle NAMS del PAI di cui al testo aggiornato con Delibera del C.I. ABR n°27 del 02/08/2011 e gli articoli 9, 10 e 11 del

NA del PSEC, approvate dal Comitato Istituzionale in data 11 aprile 2016 e pubblicato sul BURC n. 79 del 22 luglio 2016.

Art. 21 (Disciplina delle aree a rischio d'inondazione R4)

1. Nelle aree a rischio R4, così come definite nell'art. 11, il PAI persegue l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno 20 – 50 anni, nonché il mantenimento e il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo.

2. Nelle aree predette sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:

a) interventi di demolizione senza ricostruzione;

b) interventi sul patrimonio edilizio esistente, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti dall'articolo 31, lettere a), b) e c) della legge 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superfici e di volumi;

c) interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro, di abbattimento delle barriere architettoniche, nonché interventi di adeguamento o miglioramento sismico o di riparazione o intervento locale così come definiti nel Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 approvate con D.M. 14.01.2008;

d) interventi finalizzati alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture, delle reti idriche e tecnologiche, delle opere idrauliche esistenti e delle reti viarie;

e) interventi idraulici volti alla mitigazione o rimozione del rischio che non pregiudichino le attuali condizioni di sicurezza a monte e a valle dell'area oggetto dell'intervento, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture lineari di trasporto (strade, ferrovie e canali);

f) interventi volti a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al rischio, senza aumento di superfici e di volume;

g) ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o d'interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete (energetiche, di comunicazione, acquedottistiche e di scarico) non altrimenti localizzabili, compresi i manufatti funzionalmente connessi, a condizione che non costituiscano ostacolo al libero deflusso, o riduzione dell'attuale capacità d'invaso;

h) le pratiche per la corretta attività agraria, con esclusione di ogni intervento che comporti modifica della morfologia del territorio o che provochi ruscellamento ed erosione;

i) interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali e in generale alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione dei fattori d'interferenza antropica;

j) occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

k) interventi di manutenzione idraulica ordinaria (esclusa la risagomatura dell'alveo), di idraulica forestale, di rinaturazione come definiti nelle linee guida predisposte dall'ABR;

l) interventi di manutenzione idraulica straordinaria come definiti nelle linee guida predisposte dall'ABR;

3. Per gli interventi di cui al precedente comma lettera e) la progettazione definitiva, 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 e dovrà, comunque, essere sottoposta a parere dell'ABR da esprimersi motivatamente entro sessanta giorni. Al fine di snellire l'iter di espressione del parere sul progetto definitivo da parte dell'ABR, la stessa può essere preliminarmente consultata in fase di redazione del progetto preliminare.

4. Per gli interventi di cui al comma 2 lettere g), i), j) e l) 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.

5. Per gli interventi di cui comma 2 lettere a), b), c), d), f), g), h), i), j), k), l), non è previsto il parere dell'ABR.

Art. 22 (Disciplina delle aree a rischio di inondazione R3)

1. Nelle aree predette, il PAI persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza idraulica, mantenendo o aumentando le condizioni d'invaso delle piene con tempo di ritorno di 200 anni, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. In tali aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:

a) tutti gli interventi consentiti nelle aree a rischio R4;

b) gli interventi di cui alla lettera d) dell'art. 31 della L. 457/1978, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione dell'attuale capacità d'invaso delle aree stesse senza aumento di superficie e volume;

c) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienicosanitario;

d) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.

omissis

Art. 24 (Disciplina delle aree d'attenzione per pericolo d'inondazione)

1. L'ABR, sulla base dei finanziamenti acquisiti, provvede ad effettuare gli studi e le indagini necessarie alla classificazione dell'effettiva pericolosità e alla perimetrazione delle aree di cui all'art. 11.
2. I soggetti interessati possono effettuare di loro iniziativa studi volti alla classificazione della pericolosità delle aree d'attenzione di cui all'art. 9 comma b. Tali studi verranno presi in considerazione dall'ABR solo se rispondenti ai requisiti minimi stabiliti dal PAI e indicati nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR.
3. L'ABR, a seguito degli studi eseguiti come ai commi 1 o 2, provvede ad aggiornare la perimetrazione di tali aree secondo la procedura di cui all'art. 2 comma 2.
4. Nelle aree di attenzione, in mancanza di studi di dettaglio come indicato ai commi 1 e 2 del presente articolo, ai fini della tutela preventiva, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a rischio R4.

Art. 9 Disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera (P3)

1. Nelle predette aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:
 - a) interventi sul patrimonio edilizio esistente, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti dall'articolo 31, lettere a), b) e c) della legge 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superfici e di volumi;
 - b) interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro, di abbattimento delle barriere architettoniche, nonché interventi di adeguamento o miglioramento sismico o di riparazione o intervento locale così come definiti nel Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 approvate con D.M. 14.01.2008;
 - c) interventi finalizzati alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture, delle reti idriche e tecnologiche, delle opere idrauliche esistenti e delle reti viarie ;
 - d) interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria relativa alle opere infrastrutturali e alle opere pubbliche o di interesse pubblico;
 - e) interventi puntuali di difesa costiera sulla terraferma volti a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al pericolo e rischio di erosione, senza aumento di superficie e di volume degli edifici stessi;
 - f) ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o d'interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture non altrimenti localizzabili, compresi i manufatti funzionalmente connessi, a condizione che non costituiscano condizione di innesco o di accelerazione del processo di erosione;
 - g) interventi di difesa costiera per la mitigazione del rischio e interventi volti alla ricostituzione e/o ripascimento di spiagge erose e all'eliminazione degli elementi d'interferenza antropica;
2. Per gli interventi, comma 1 lettere a), b), non è previsto il parere dell'ABR, analogamente per i soli interventi di manutenzione ordinaria di cui alle lettere c) e d) del medesimo comma 1 non è previsto il parere dell'ABR.
3. I progetti definitivi relativi agli interventi di cui al comma 1 lettere e), f) e g) e di manutenzione straordinaria di cui alle lettere c) e d) dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità, redatto in conformità alle Linee Guida per la progettazione degli interventi di difesa costiera, che illustri gli aspetti morfo-dinamici costieri e dimostri che l'intervento in esame è stato progettato rispettando il criterio di ridurre le condizioni di rischio esistenti senza alterare significativamente l'equilibrio dell'unità fisiografica costiera. Tali progetti dovranno, comunque, essere sottoposti a parere dell'ABR da esprimersi motivatamente entro sessanta giorni. Al fine di snellire i tempi di espressione del suddetto parere è auspicabile un confronto tecnico con l'ABR già in fase di redazione del progetto preliminare.
4. Sugli edifici pubblici o privati, esclusi i manufatti e gli edifici vincolati ai sensi della legge n.1089/39 e della legge n. 1497/39 nonché di quelli di valore storico-culturale classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti, già compromessi nella stabilità strutturale per effetto di mareggiate sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli volti alla tutela della pubblica incolumità.
5. Non sono consentite le operazioni che comportino eliminazione o riduzione dei cordoni dunari costieri. Al riguardo è opportuno salvaguardare gli ecosistemi dunari costieri esistenti e le zone di foce dei corsi d'acqua.
6. Nelle aree a pericolosità P3, inoltre:
 - a) Le strutture ed i complessi ricettivi esistenti e non rimovibili potranno essere utilizzati subordinatamente all'attuazione di un idoneo sistema di monitoraggio e di preallertamento per gli utenti della struttura ricettiva.
 - b) Le attività che comportano utilizzo di strutture stagionali, amovibili e temporanee, sono subordinate all'attuazione di un idoneo sistema di monitoraggio e di pre-allertamento. Nei periodi in cui non vengono utilizzate, le predette strutture dovranno essere poste comunque in condizioni di sicurezza coordinate con il Piano di Protezione Civile Comunale.

Art. 10 Disciplina delle aree con media pericolosità di erosione costiera (P2)

1. In tali aree sono consentiti tutti gli interventi di cui al precedente art. 9 e sono ammessi anche:
 - a) gli interventi di sopraelevazione;
 - b) gli interventi di nuova costruzione in lotto intercluso non ubicato fronte mare, se consentiti dagli strumenti urbanistici vigenti, escludendo la realizzazione di locali interrati o seminterrati;
 - c) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienico-sanitario;

Art. 11 Disciplina delle aree con bassa pericolosità di erosione costiera (P1)

1. In tali aree sono generalmente vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio. Oltre a tutti gli interventi consentiti in area a pericolosità P3, sono ammessi anche:
 - a) gli interventi di sopraelevazione;

Variante PCS Comune di Paola

b) gli interventi di nuova costruzione in lotto intercluso non ubicato fronte mare, se consentiti dagli strumenti urbanistici vigenti, escludendo la realizzazione di locali interrati o seminterrati;

c) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienico-sanitario;

2. Nelle aree a pericolosità P1 la realizzazione di opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, non rientranti tra quelle sopraelencate (lettera a), b) e c)) è consentita 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, da sottoporre all'esame degli uffici competenti all'approvazione.