



Unione Europea



Regione Calabria



Repubblica Italiana



# COMUNE DI SAN FERDINANDO

## POR CALABRIA 2007 - 2013

Linea d'intervento 8.1

Azione 8.1.2.3 - Azione per la realizzazione di un efficiente sistema urbano  
dei servizi attorno al Porto di Gioia Tauro

## PROGETTO PRELIMINARE REALIZZAZIONE CENTRO DI ACCOGLIENZA DEI MARITTIMI

Relazione

1.4

REVISIONI

Scala 1:

1	24-09-2012
2	
3	

- Relazione Geologica e prove  
di laboratorio

Il Progettista :

Arch. BRUNO DOLDO



Il Responsabile del Procedimento

Arch. BRUNO DOLDO



**COMUNE DI SAN FERDINANDO**  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA



ELABORATO  
RELAZIONE GEOLOGICA

OGGETTO  
CENTRO DI ACCOGLIENZA DEI MARITTIMI

UBICAZIONE  
COMUNE DI SAN FERDINANDO (RC)  
LATITUDINE 38°29'2.07"  
LONGITUDINE 15°54'54.42"

DITTA  
AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SAN FERDINANDO



Il geologo  
dott. Agostino Carrabetta

## INDICE

### RELAZIONE GEOLOGICA

#### PREMESSA

1. Inquadramento geografico	pag. 3
2. Caratteri Geolitologici e Idrogeologici	pag. 4
- Dune e Sabbie eoliche stabilizzate	pag. 5
- Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente	pag. 5
- Depositi Continentali	pag. 7
- Sabbie siltose	pag. 8
3. Lineamenti geomorfologici	pag. 9
- Lineamenti morfologici area d'intervento	pag. 10
4. Idrologia e Idrogeologia	pag. 11
- Circolazione idrica superficiale	pag. 11
- Circolazione idrica sotterranea	pag. 12
5. Inquadramento Geologico Generale	pag. 13
6. Aspetti sismotettonici	pag. 15
7. Riferimenti P.A.I.	pag. 17
8. Indagini Geognostiche	pag. 19
- Sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo	pag. 20
- Standard Penetration Test	pag. 26
- Multichannel Analysys of Surface Waves (MASW)	pag. 31
- Definizione della categoria sismica di sottosuolo	pag. 40
<b>Conclusioni</b>	pag. 42
<u>Allegati Cartografici</u>	pag. 46

## PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati dello studio geologico, realizzato dallo scrivente su incarico ricevuto da parte dell'Amministrazione Comunale di San Ferdinando, a corredo del progetto preliminare da porre come appalto integrato relativo all'intervento denominato "Centro di Accoglienza dei Marittimi" da eseguirsi nello stesso territorio comunale di San Ferdinando (RC).

Lo studio geologico dell'area è stato eseguito in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008, divenuto unica norma di riferimento dal 01/07/2009, e scaturito dall'O.P.C.M. n°3274/2003 e ss.mm.ii., e dalla C.S.LL.PP. 02/02/2009, n°617.

La caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica locale è stata ricostruita per mezzo dei risultati ottenuti grazie all'esecuzione di un sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo, eseguito direttamente sui terreni interessati dall'intervento. Inoltre, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di penetrometria, eseguita direttamente in foro, ha fornito i parametri fisico-meccanici utili per caratterizzare un volume significativo di sottosuolo.

A completamento della caratterizzazione litologica e geotecnica è stato eseguito un profilo sismico di tipo MASW (*Multichannel Anlysys of Surface Waves*) che ha consentito una specifica caratterizzazione del sito in esame con la definizione della categoria sismica di appartenenza.

In sintesi, nella presente Relazione Geologica, come prevedono le normative vigenti, sono stati esaminati e discussi i seguenti punti:

- identificazione delle formazioni presenti in sito (litologia, natura, origine, tipo e grado di alterazione);
- lineamenti geomorfologici e processi geomorfici;
- schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- aspetti tettonico-sismici generali;
- fattibilità geologica dell'opera in progetto.

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico, l'area destinata ad ospitare l'opera di progetto ricade nella porzione centro-orientale dell'abitato di San Ferdinando (RC). Essa si articola alla quota topografica di circa 4,0 metri s.l.m. e dal punto di vista geografico rientra nel *Foglio 245 – II N.E. sez. A - San Ferdinando* della carta topografica d'Italia in scala 1:10000, redatta dall'I.G.M.I.

L'area oggetto di studio è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 38°29'2.07" N

Longitudine: 15°54'54.42" E

L'intera zona ricade in un contesto caratterizzato da uno sviluppo urbano residenziale.

Una migliore individuazione della posizione geografica e dell'ambito territoriale in cui ricade la zona oggetto di studio è riportata nell'immagine sottostante, tratta dal sito googleearth, nonché nello stralcio aerofotogrammetrico allegato alle pagine seguenti.



**Fig.1** – Inquadramento territoriale area d'intervento tratto da GoogleEarth.

A1

COMUNE SAN FERDINANDO  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

STRALCIO AEROFOTOGRAMMETRICO

scala 1:5000


STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE  
DOTT. GEOL. AGOSTINO CARRABETTA  
VIA S. MARINA, 57 - 89024 POLISTENA (RC)  
Tel/Fax 0966.931904 - cell. 328.2669421  
e-mail: geologocarrabetta@libero.it

DATI GENERALI PROGETTO

"Centro di Accoglienza dei Marittimi"

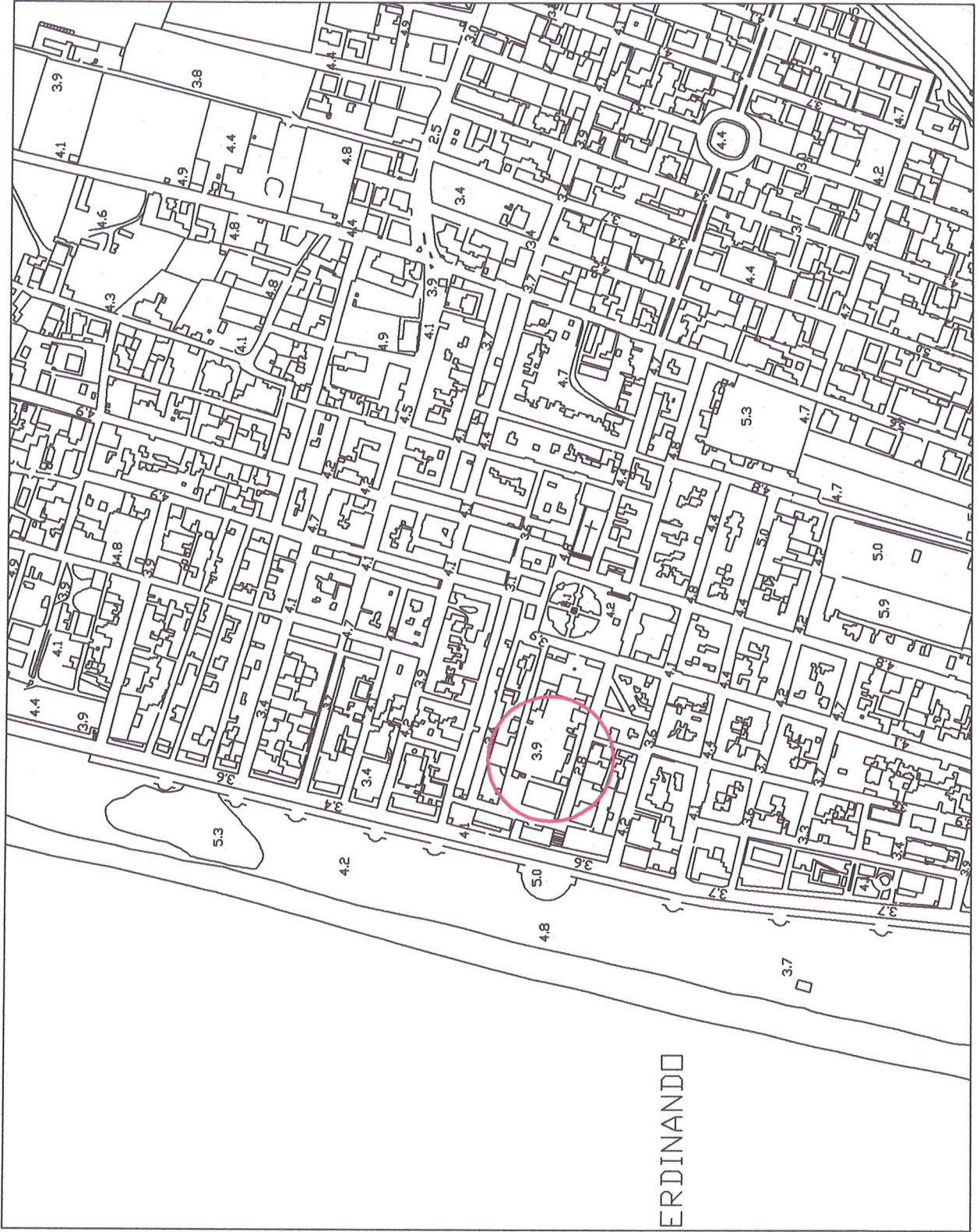
Lat 38°29'2.07"N  
Long 15°54'54.42"E

LEGENDA

 Area di interesse

IL GEOLOGO

dott. geol. Agostino Carrabetta

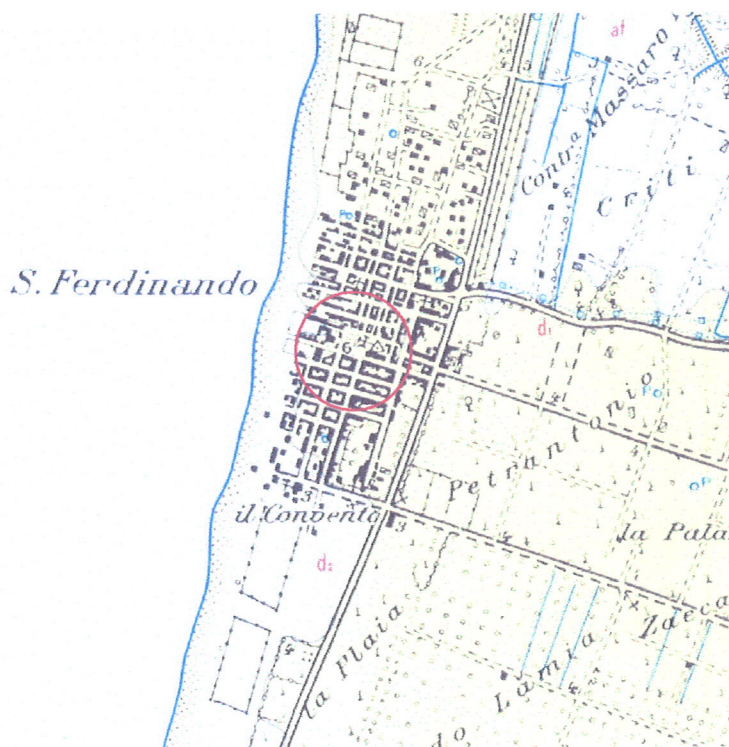


## 2. CARATTERI GEOLITOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Sulla base dei rilievi geologici effettuati nelle aree di affioramento dei terreni, in corrispondenza del sito di intervento e nelle sue vicinanze, l'assetto geolitologico è risultato caratterizzato da formazioni sedimentarie di diversa età, così come risulta dalla *Carta Geologica Ufficiale della Calabria* e dai dati bibliografici esistenti. Procedendo dai termini più recenti verso quelli più antichi, la successione stratigrafica locale può essere così schematizzata:

- *Dune e sabbie eoliche stabilizzate – Olocene;*
- *Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente – Olocene;*
- *Depositi continentali – Pleistocene;*
- *Sabbie – Pliocene.*

Le singole formazioni che vengono di seguito descritte, sono riportate graficamente nella “*Carta Geolitologica*” allegata nelle pagine seguenti.



**Fig.2** – Stralcio Carta geologica della Calabria con in evidenza area di studio.

#### - DUNE E SABBIE EOLICHE STABILIZZATE

Questo litotipo occupa la porzione più superficiale della colonna litostratigrafica individuata ed è presente in maniera più o meno continua nell'area indagata.

Tale formazione è per lo più costituita da sabbie, a granulometria da fine a media, riunite in dune eoliche ormai stabilizzate.

La genesi di questo litotipo si può fare risalire sia a fenomeni di alterazione fisica e disgregazione chimica dei sedimenti in loco, sia a processi di erosione, trasporto e deposizione dei sedimenti superficiali ad opera principalmente dell'energia eolica.

Nell'area oggetto di studio, infatti, il vento che soffia dal mare può muovere la sabbia in salita; il passaggio sulla terraferma comporta subito un aumento degli attriti e della turbolenza e quindi, in sostanza, una diminuzione della velocità del vento presso il suolo. Dopo un certo cammino la sabbia non può più essere trasportata e viene deposta, dando origine ad accumuli che prendono il nome di *dune*, tipici delle zone costiere. Il litotipo in esame può assumere una consistenza variabile così come localmente può presentarsi disomogeneo, sia in senso orizzontale che verticale, in ambiti anche molto ristretti. I valori di permeabilità sono mediamente elevati.

#### - ALLUVIONI FISSATE DALLA VEGETAZIONE O ARTIFICIALMENTE

Tale formazione è caratteristica dei territori che traggono origine dai processi di deposizione fluviale del materiale eroso nell'entroterra. In effetti il territorio in cui si inserisce l'area oggetto di studio, ha tratto origine, in buona parte, dalla deposizione del materiale trasportato dalle aste idriche che solcano la Piana.

La deposizione di tale materiale, si realizza in seguito alla rapida variazione di velocità del corso d'acqua che porta ad una diminuzione della sua capacità di trasporto. Ne consegue una continua sovrapposizione di strati, fino alla genesi delle



attuali pianure alluvionali, come quella in cui ricade il territorio comunale di San Ferdinando.

In corrispondenza dell'area di intervento, tale formazione sedimentaria è caratterizzata litologicamente da sabbie a granulometria estremamente variabile, con intercalate frazioni ghiaiose e ciottolose. Si presenta sufficientemente addensata e, visto l'ambiente formazionale, è frequente che inglobati nei materiali sopra descritti, si trovino veri e propri paleosuoli, argille torbose e torbe in senso stretto. I materiali che la costituiscono hanno in genere dimensioni diverse e sono distribuiti in modo selettivo. Nel suo complesso, la struttura di tale formazione è caratterizzata dal succedersi di una serie di strati alluvionali relativamente inclinati, sottoposti a strati di modesta potenza e disposti in posizione sub-orizzontale.

Da un rapido esame della *Carta Geologica della Calabria* si osserva che i materiali trasportati derivano dal disfacimento del complesso acido-biotitico e di quello scistoso-metamorfico di età Paleozoica.

La formazione in oggetto risulta pertanto, data la sua genesi e composizione, estremamente disomogenea dal punto di vista strutturale, con la presenza di lenti e strati di ampiezza limitata ad andamento spaziale irregolare.

Dal punto di vista *idrogeologico*, i litotipi in esame sono caratterizzati da un'elevata permeabilità. Quest'ultima, data l'assenza di isotropia strutturale, si presenta estremamente variabile in direzione verticale, mentre, in direzione orizzontale, tale disomogeneità si manifesta con variazioni assai meno evidenti. L'ordine di grandezza nei valori di permeabilità verticale è soggetto a sensibili variazioni, con il variare della profondità, in conseguenza alla diversa struttura idrologica dei vari livelli.

POROSITA'		PERMEABILITA'	
Primaria	Secondaria	Tipo	Grado
n (%)	n (%)	/	k (cm/s)
15 – 25	/	Porosità	10 <sup>-1</sup>

- DEPOSITI CONTINENTALI

I *Depositi Continentali* ed epicontinentali sono presenti nell'area indagata sottoforma di *conglomerati sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi*. Dal punto di vista strutturale si tratta, in genere, di un conglomerato sabbioso-ghiaioso con ciottoli, passante localmente a sabbie e sabbie limose con ghiaie e ciottoli, con intercalazioni limoso-argillose.

Proprio per le ampie variazioni granulometriche, tale deposito è caratterizzato da una forte disomogeneità strutturale. In alcuni settori è ben visibile una disposizione in livelli che conferisce alla formazione non più un carattere conglomeratico, bensì stratiforme. E' possibile così osservare livelli prevalentemente sabbiosi e livelli prevalentemente ghiaiosi, con presenza di ciottoli di dimensioni anche decimetriche. Risulta pressoché costante la componente siltosa. Il colore rossastro è tipico di tutta l'unità Pleistocenica ed è dovuto agli intensi e complessi processi di ossidazione cui è sottoposta.

In genere tale formazione è caratterizzata da valori alti di permeabilità.

POROSITA'		PERMEABILITA'	
Primaria	Secondaria	Tipo	Grado
n (%)	n (%)	Porosità	k (cm/s)
10 – 20	/	/	$10^{-2} - 10^{-4}$

## - SABBIE SILTOSE

L'unità *pliocenica*, affiorante nell'intorno del territorio in esame, giace in discordanza angolare sulle rocce più antiche, essendo tale periodo caratterizzato da un'emersione della terraferma.

Si ritiene che, verso la fine del Miocene, l'azione del mare avesse considerevolmente ridotto l'estensione delle masse di terraferma e che, verso l'inizio del Pliocene, queste masse erano in corso di smembramento in isole, circondate da vaste piattaforme di erosione marina. Questo processo continuò durante tutto il Pliocene concludendosi nel Calabriano.

La formazione pliocenica delle *Sabbie siltose ed Arenarie* è costituita da sabbie, a grana da media a grossolana, localmente cementate in matrice calcarea e, in alcuni settori, con evidenti tracce di stratificazione incrociata.

Nei livelli superiori si rinviene spesso la presenza di intercalazioni di argille e silts, di colore grigio-bruno, che diventano più frequenti verso ovest, man mano che ci si allontana dalle antiche aree continentali dove con molta probabilità il mare era più profondo. Piuttosto differenziata risulta la capacità di resistenza meccanica, che nelle fasce arenacee e calcarenitiche, se presenti, è assai più elevata rispetto alle sabbie.

Dal punto di vista idrogeologico tale formazione è caratterizzata da una condizione strutturale generale isotropa in direzione orizzontale, mentre verticalmente si registrano sensibili variazioni dovute all'assetto stratificato della formazione.

POROSITA'		PERMEABILITA'	
Primaria	Secondaria	Tipo	Grado
n (%)	n (%)	Porosità	k (cm/s)
15 – 20	/	/	$10^{-2} - 10^{-3}$

A2

COMUNE DI SAN FERDINANDO  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

STRALCIO CARTA GEOLOGICA

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE  
DOTT. GEOLOGO AGOSTINO CARRABETTA  
Via S. Marina, 57 - 89024 Polistena (RC)  
tel./fax. 0966/943541 - cell. 3282669421  
e-mail: geologocarrabetta@libero.it

DATI GENERALI PROGETTO

"Centro di Accoglienza dei Marittimi"

Lat 38°29'2.07" N  
Long 15°54'54.42" E

SCALA

1:10000

IL GEOLOGO

dott. geol. Agostino Carrabetta



LEGENDA



Alluvioni, mobili, ciottolose e sabbiose dei letti fluviali.



Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente.



Dune e sabbie eoliche mobili.

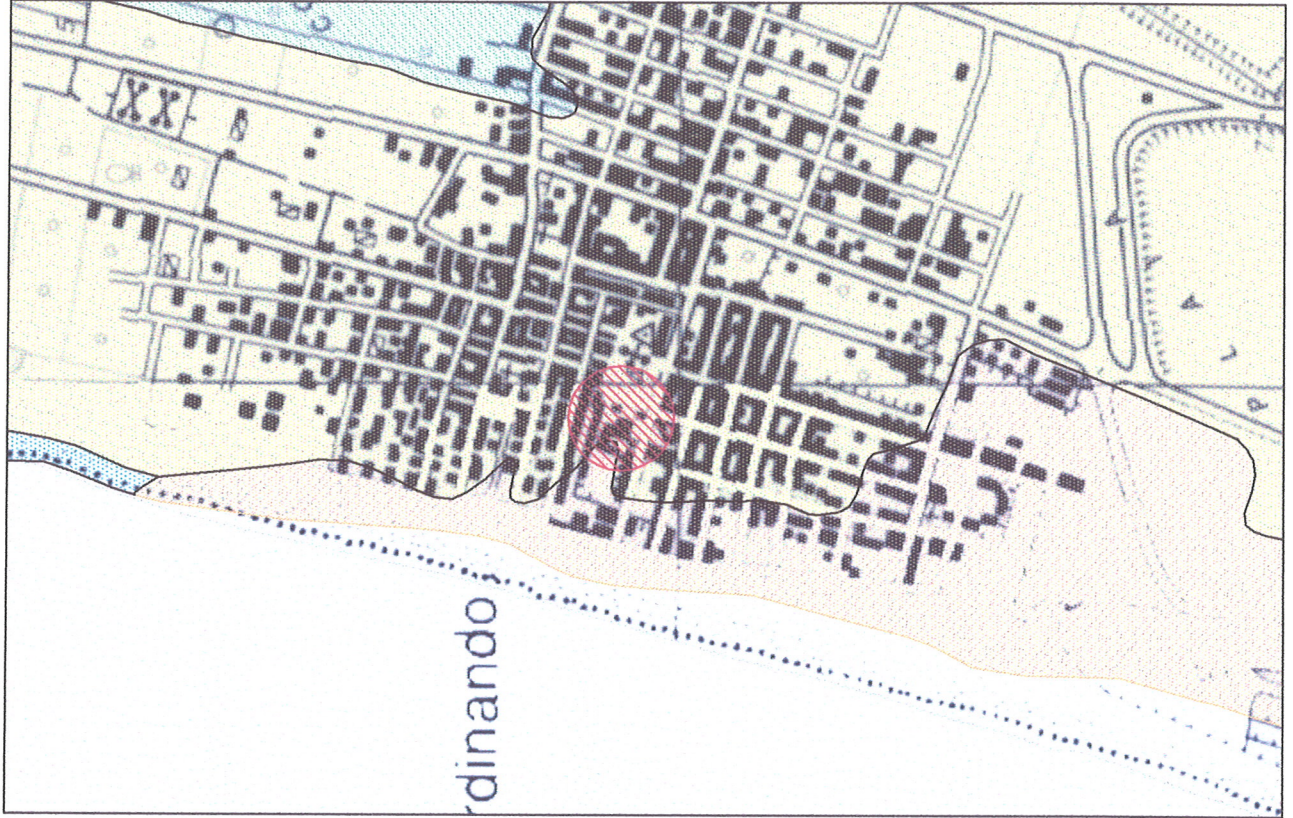


Dune e sabbie eoliche stabilizzate

Limite lito-straigrafico



Area oggetto di studio



### 3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista morfologico, l'ambito territoriale su cui ricade l'area oggetto del presente studio, appartiene al versante tirrenico della costa calabra ed è inserito nella vasta pianura di Gioia Tauro-Rosarno. Quest'ultima è contornata da una zona di entroterra pedemontana, disposta ad anfiteatro, ove sorgono la maggior parte dei centri abitati dell'area e da una zona montana che si estende fino allo spartiacque appenninico.

Lungo il tratto di costa antistante sfociano nel Mar Tirreno due corsi d'acqua a carattere perenne: il fiume Petrace ed il fiume Mesima che drenano ampi bacini imbriferi con reticoli molto fitti.

La vasta pianura di Gioia Tauro-Rosarno, si presenta come una superficie dolcemente inclinata verso il mare le cui quote medie si aggirano intorno ai 100 metri s.l.m., mentre nelle zone più interne non superano i 300 metri s.l.m. La zona pianeggiante è divisa da una scarpata alta tra i 10 e i 20 metri, parallela alla costa; essa separa la zona terrazzata più interna da una fascia costiera che orla parte del Golfo di Gioia Tauro. In seguito ai lavori per l'insediamento dell'area industriale, la scarpata è stata rettificata tra Eranova e San Ferdinando e arretrata rispetto alla sua posizione originaria.

La fascia costiera, delimitata dalla scarpata, è caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante, dove le quote di piano campagna si aggirano mediamente intorno ai 5 metri s.l.m. La spiaggia termina in corrispondenza del Monte Poro a Nord e di Monte Sant'Elia a Sud, in corrispondenza degli affioramenti rocciosi. Localmente, al margine della spiaggia, sono presenti cordoni dunari ad andamento discontinuo. La morfologia del litorale è stata comunque modificata in seguito ai lavori di costruzione del porto di Gioia Tauro.

## - LINEAMENTI MORFOLOGICI AREA D'INTERVENTO

Più in dettaglio, l'area su cui è previsto l'intervento di progetto, è caratterizzata da una morfologia prettamente pianeggiante, tipica dei settori che hanno avuto origine sia in seguito ai processi di deposizione fluviale, sia ad opera dell'azione del vento e del moto ondoso. Qui tali processi, hanno portato ad una continua sovrapposizione di strati sedimentari.

L'assetto sub-pianeggiante dell'area, nella sua globalità, esclude la possibile formazione di qualsiasi tipo di fenomeno connesso alla dinamica gravitativa.

Inoltre, sempre in considerazione dell'assetto morfologico che caratterizza l'area, il deflusso idrico superficiale è caratterizzato da volumi esigui; l'inclinazione della zona non è infatti sufficiente a conferire capacità di trasporto solido alle acque meteoriche, e comunque non risultano evidenti azioni né di acque incanalate né di ruscellamenti.

Per quanto riguarda i processi di alterazione superficiale, legati a fattori chimico-biologici, essi risultano relativamente evoluti, pertanto lo strato plastico di alterazione superficiale, è caratterizzato da una modesta presenza.

## 4. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

### - CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE

Gli elementi idrografici che caratterizzano il territorio oggetto di studio sono due corsi d'acqua a carattere perenne: il fiume Petrace e il Fiume Mesima. L'area oggetto di indagine ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Mesima che ha un'estensione notevole pari a circa 815 km<sup>2</sup>.

Tale asta fluviale sfocia nel Mar Tirreno, a nord dell'abitato di San Ferdinando, del quale segna il confine con il Comune di Rosarno (RC).

Il fiume Mesima è uno dei maggiori fiumi della Calabria, registrando un valore di portata alla foce pari a 12 m<sup>3</sup>/sec. Le sue sorgenti sono situate sulle Serre calabresi in corrispondenza di Monte Cucco, tra i comuni di Vallelonga e Simbario, in provincia di Vibo Valentia.

Dopo un primo tratto in estrema discesa, le acque giungono nella valle sottostante rappresentata da un graben. Dopo un percorso di circa 30 km riceve le acque del suo maggiore affluente, il fiume Marepotamo e raggiunge la Piana di Gioia Tauro.

Il fiume Mesima dunque drena le acque di una vasta zona che va dal Monte Poro a nord, alla catena delle Serre da est a sud. I suoi affluenti di destra, Cinnarello e Mammella, hanno andamento parallelo, ma sono poco sviluppati data la modesta altezza del Monte Poro (710 m.s.l.m.), mentre gli affluenti di sinistra, il torrente Vena, il Metramo e il Marepotamo, hanno un notevole sviluppo, sia lineare che areale, ed un andamento a raggera.

Il fiume Mesima è caratterizzato da un regime idrologico a carattere torrentizio, con oscillazioni di portata estremamente variabili nel corso dell'anno, in funzione dell'andamento degli afflussi meteorici. Come gran parte dei corsi d'acqua calabresi, è ricco d'acqua nei mesi invernali e pesantemente in secca durante il periodo estivo, pur continuando a presentare una portata minima alla foce ancora di 2 m<sup>3</sup>/sec.

Le masse idriche che esso riesce a convogliare nei periodi di piena non sono in grado di produrre effetti negativi nell'area oggetto di intervento, sia perché quest'ultima si colloca a notevole distanza dallo stesso fiume sia perché il Mesima nel tratto urbano è stato adeguatamente regimentato con opere spondali e di fondo. Da tali considerazioni non si rinvengono situazioni idrologiche penalizzanti per la realizzazione dell'intervento di progetto.

#### - CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Il territorio in esame ricade all'interno del bacino di alimentazione del fiume Mesima. Esso è sostanzialmente costituito formazioni litologiche di natura sedimentaria a granulometria estremamente variabile, come già precedentemente descritto. In alcuni tratti, nella porzione più superficiale è presente un terreno di copertura, costituito da materiale rimaneggiato misto a detriti trasportati sia dal vento che dal moto ondoso, dotato di una buona permeabilità primaria per porosità che permette la percolazione verticale dell'acqua fino alle sottostanti unità.

In generale, lungo tutta l'area oggetto di studio, affiorano terreni dotati di un alto coefficiente di permeabilità che favorisce l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo piuttosto che il ruscellamento in superficie.



## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Nel suo insieme, l'area di interesse fa parte dell'*Arco Calabro–Peloritano*, costituente il tratto di catena appenninica che raccorda l'Appennino Meridionale, allungato in senso NW-SE, con le Maghrebidi siciliane, disposte in direzione E-W. L'*Arco Calabro-Peloritano* comprende terreni cristallini e metamorfici che si oppongono ai terreni sedimentari dell'Appennino Meridionale e della Sicilia. Le più importanti teorie degli anni '70 descrivono l'*Arco Calabro-Peloritano* come un edificio tettonico a falde di ricoprimento che si sono costituite e messe in posto durante le fasi premioceniche dell'orogenesi alpina.

Tali falde derivano dalla deformazione di un'area oceanica e di un margine continentale, che durante il neogene sono sovrascorsi su un margine continentale, prima della costruzione della catena appenninica. (Amodio-Morelli et al., 1976).

Per lungo tempo l'*Arco Calabro-Peloritano* è stato considerato come un elemento unitario avente un'unica storia evolutiva, ma in realtà è costituito da due settori, che si distinguono nell'assetto tettonico-stratigrafico delle unità di cui si compongono, nelle caratteristiche strutturali e nell'evoluzione tettonica (Bonardi et al., 1980). Le diverse tappe del sollevamento, che ebbe inizio alla fine del Pliocene (circa 30 milioni di anni fa) sono oggi testimoniate dai quattro livelli di terrazzi, i cosiddetti *piani* o *campi*, che caratterizzano soprattutto il versante tirrenico aspromontano. Tra i più famosi quelli di Zervò, Zillastro e Carmelia.

Più in dettaglio, l'area oggetto di studio ricade all'interno del *Bacino Sedimentario della Piana di Gioia Tauro* e risulta litologicamente costituita da formazioni sedimentarie che ricoprono il massiccio stesso.

La Piana di Gioia Tauro-Rosarno è classificata per la sua origine geologica e la successiva evoluzione morfologica come "*Area Depressa*".

Essa ha avuto origine da un sollevamento tettonico differenziale. I due rilievi a Nord e a Sud, dove si ergono rispettivamente Nicotera e Palmi, si sono sollevati più velocemente rispetto agli altri versanti, condizionando i percorsi dei corsi d'acqua, che hanno assunto un andamento centripeto in direzione della Piana. I torrenti confluiscono a Nord nel fiume Mesima e a Sud nel fiume Petrace. I corsi d'acqua seguono l'inizio dei versanti che cingono la Piana e su cui sorgono numerosi centri abitati. Nell'area centrale "depressa" si sono accumulati i detriti fluviali che hanno formato una *conoide* che ha il suo apice su Cittanova.

## 6. ASPETTI SISMOTETTONICI

Gli studi sulla sismicità e sui maggiori terremoti dall'anno 1000 al 1980 (CNR-Progetto finalizzato geodinamica), hanno dimostrato che la zona della Calabria in cui rientra l'area d'intervento è caratterizzata da una frequenza sismica fino a 500 eventi, con profondità del fuoco compresa tra 5 e 25 km. La massima intensità sismica è stata dell'*XI MCS (1783, 1908)*.

Nel territorio esaminato e nell'entroterra calabro, esistono delle configurazioni strutturali in grado di amplificare l'effetto sismico e pertanto anche nella zona in esame il rischio generale esiste. Infatti, anche se le carte geologiche ufficiali non segnalano elementi locali di disturbo tettonico, come la presenza locale di faglie, diaclasi o linee di frattura, la sismicità che deriva dalle faglie di importanza regionale, attive ripetutamente in tempi storici è notevole, sia per frequenza, che per intensità e non può essere esclusa la presenza di *faglie cieche*.

I terremoti avvenuti tra il febbraio e il marzo del 1783, causarono gravi danni oltre che ai centri abitati, allo stesso territorio della Piana, la quale già in notevoli condizioni di disordine idraulico, si trasformò in un vero e proprio pantano.

Il recupero dell'intera zona data intorno al 1820 ad opera del marchese Nunziante, che iniziò i lavori di bonifica in cambio della proprietà di buona parte del territorio.

La stessa area fu colpita di nuovo pesantemente dal sisma di Reggio e Messina del 1908 che causò gravi danni a molti centri abitati.

Pertanto, seppure i rilievi effettuati nella zona non hanno evidenziato l'esistenza di faglie o lineamenti del terreno di natura tettonica, è necessario tenere presente che in accordo con la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, l'area in esame ricade in una zona sismica di I categoria ( $S = 12$ ) e quindi, per qualsiasi intervento, devono essere rigorosamente osservate le normative antisismiche vigenti (*Legge 2/2/1974 n°64; D.M. 21/1/1981; D.M. 16/01/1996 e s. m. i.*).

Vedi anche i seguenti *Aspetti Tecnici*:

- ✦ *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, e Circolare 2 febbraio 2009, n°617 con relative istruzioni per l'applicazione delle nuove norme,*
- ✦ *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche e circolare del 10 aprile 1997, n°65/AA.GG;*
- ✦ *Legge 2 febbraio 1974, n°64, - D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996;*
- ✦ *Decreto Legislativo 24 febbraio 1997, n°39;*
- ✦ *Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture";*
- ✦ *Ordinanza PCM 2 ottobre 2003, n°3316 "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003".*

## 7. RIFERIMENTI P.A.I.

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 Regione 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 tre categorie:

1. *rischio di frana;*
2. *rischio d'inondazione;*
3. *rischio di erosione costiera.*

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.

Nel caso in esame, si ha che l'area di studio non è soggetta ad alcun vincolo imposto dal P.A.I. (cfr. cartografia allegata alle pagine seguenti)

Difatti, per quanto riguarda il rischio idraulico, tale sito non è sottoposto ad alcun vincolo come si evince dalla consultazione dell'elaborato P.A.I. "*Perimetrazione aree a rischio idraulico scala 1:25.000 (Tav. RI 80097)*".

Data la morfologia dell'area, essenzialmente pianeggiante, la zona d'interesse non è soggetta a rischio frane.

Infine, per quanto concerne il rischio di erosione costiera, dalla consultazione della *Carta dell'Evoluzione della Linea di Riva – Tavola 12.1.5 – Fogli n.582 Gioia Tauro e n.589 Palmi*, si evince che la costa antistante l'area su cui ricade la zona oggetto di studio non è soggetta a fenomeni di arretramento bensì di avanzamento della spiaggia.

A3

COMUNE DI SAN FERDINANDO  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

TAVOLA RAFFRONTO P.A.I.  
PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO  
IDRAULICO

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE  
DOTT. GEOLOGO AGOSTINO CARRABETTA  
VIA S. Marina, 57 - 89024 Polistena (RC)  
tel./fax: 0966/943541 - cell.3282669421  
e-mail: geologocarrabetta@libero.it

DATI GENERALI PROGETTO

"Centro di Accoglienza dei Marittimi"

Lat 38°29'2.07"N  
Long 15°54'54.42"E

LEGENDA



Area oggetto di studio

Area a rischio

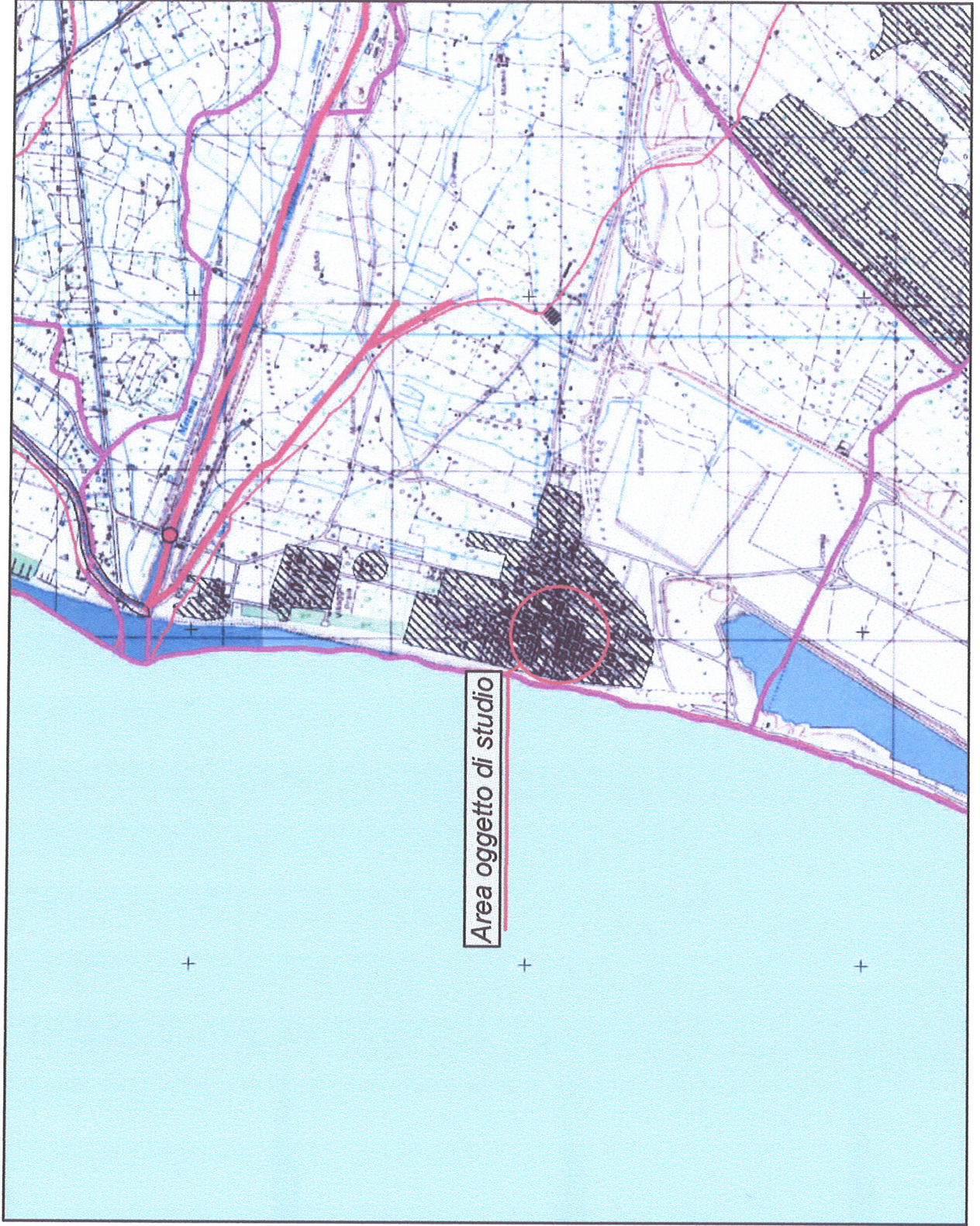


Aree, punti e zone di attenzione  
(Art. 24 Norme di attuazione)



SCALA

Non in scala



A4

COMUNE DI SAN FERDINANDO  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

TAVOLA RAFFRONTO P.A.I.  
CARTA EVOLUZIONE LINEA DI RIVA

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE  
DOTT. GEOLOGO AGOSTINO CARRABETTA  
VIA S. Marina, 57 - 89024 Polistena (RC)  
tel./fax. 0966/943541 - cell.3282669421  
e-mail: geologocarrabetta@libero.it

DATI GENERALI PROGETTO

"Centro di Accoglienza dei Marittimi"

Lat 38°29'2.07"N  
Long 15°54'54.42"E

LEGENDA



Area oggetto di studio



Length of the eroded tract



Advance of the scarp



Areas eroded



Foci erosivi con picchi di erosione media > 50m nel periodo 1956-1998

SCALA

Non in scala





## 8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nell'area interessata dal presente lavoro è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche specifiche al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico, caratterizzare geologicamente il sottosuolo nel volume di roccia significativo, esaminare i relativi problemi tecnici e quindi scegliere le soluzioni progettuali più adeguate all'intervento. La campagna geognostica ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n°1 sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di -30 m dal p.c. con il prelievo di carote per tutta la lunghezza del sondaggio;
- n°6 Standard Penetration Test ad intervalli di profondità stabiliti dalla D.L.;
- n°1 stendimento sismico di tipo *MASW* per la definizione delle *Vs30* nel sottosuolo (cfr. *Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base*).

Attraverso i risultati delle suddette indagini è stato possibile ricostruire il profilo stratigrafico del sito e caratterizzare, dal punto di vista geologico-tecnico, il sottosuolo.

Tutte le fasi del programma di indagine sono state eseguite secondo le *Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – A.G.I.(1977)*. L'elaborazione dei risultati delle prove è stata effettuata nel pieno rispetto della vigente normativa tecnica, *Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n°617, C.S.LL.PP.*

Le specifiche tecniche, le metodologie, le apparecchiature utilizzate e i risultati della campagna geognostica vengono descritti di seguito.

L'ubicazione dei punti di indagine è riportata negli elaborati grafici allegati al presente studio.

## - SONDAGGIO A ROTAZIONE E A CAROTAGGIO CONTINUO

Per la ricostruzione dell'assetto stratigrafico dell'area oggetto del presente studio è stato eseguito un sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo, con diametro del carotiere pari a 101 mm. Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una sonda cingolata a funzionamento idraulico. L'attrezzatura usata è di tipo ad aste e carotiere semplice terminale. Il sondaggio è stato eseguito senza l'utilizzo di fluidi di circolazione ed è stato rivestito con tubazione metallica provvisoria per il sostentamento del foro. La perforazione eseguita è stata spinta fino alla profondità di -30.00 metri dal piano campagna ed ubicata, per quanto possibile e compatibilmente con lo stato dei luoghi, in posizione tale da da ottenere il maggior numero di informazioni possibile riguardo gli intenti programmatici.

Come macchina operatrice e' stata utilizzata una sonda a rotazione cingolata modello "DTC MK 460" avente le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- Coppia torcente di rotazione pari a 460 Kgxm
- Motore Diesel di CV 65
- Corsa di avanzamento della testa di rotazione di 3000 mm
- Pompa di circolazione fanghi a pistoni
- Aste di perforazione in acciaio con diametro esterno di 76 mm e lunghezza di 3000 mm
- Carotiere semplice di lunghezza pari a 1800 mm
- Corona di tipo incastonato con prismi in Widia e/o diamante

In considerazione della litologia riscontrata , si sono usati , per i terreni coesivi, campionatore di tipo Raymond, mentre per i terreni incoerenti, la punta anziché aperta, e' stata sostituita con punta conica dal diametro esterno di 51 mm ed apertura a 60 gradi.

L'esatta ubicazione del sondaggio è desumibile dall'allegata planimetria generale. I terreni estratti durante la perforazione sono stati raccolti in apposite cassette catalogatrici in p.v.c.

Il **sondaggio geognostico S** La profondità raggiunta è di -30 metri dal piano campagna. Ad esclusione dei primi 50 cm, costituiti da un deposito di copertura formato da conglomerato bituminoso, terreno di riporto e materiale incoerente di varia natura e granulometria, la stratigrafia osservata è costituita per intero dall'alternanza di sabbia dalla varia granulometria. In tale successione stratigrafica si rinvencono frequentemente depositi di materiale più fini, quali limi e silts, e intercalazioni di materiale ghiaioso e ciottoloso di origine intrusiva e metamorfica.



**Fig. 3:** Esecuzione sondaggio S1



Fig. 4: Esecuzione sondaggio S1

### Risultati dell'indagine

Il sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo ha permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area investigata. La stratigrafia locale può essere così sintetizzata:

- |              |  |
|--------------|--|
| 0.00 – 0.50  | <i>Deposito di copertura</i> , costituito da conglomerato bituminoso, terreno di riporto e materiale incoerente di varia natura e granulometria. Nell'insieme si presenta come un deposito caotico, sciolto e rimaneggiato.        |
| 0.50 – 9.50  | <i>Sabbia</i> , si tratta di un deposito costituito prevalentemente da sabbia, dalla granulometria da media a fine, con inglobati ciottoli arrotondati e sub angolari, di dimensioni variabili, di genesi intrusiva e metamorfica. |
| 9.50 – 18.30 | <i>Sabbia con ghiaia debolmente limosa</i> , si tratta di un deposito costituito prevalentemente da sabbia, dalla granulometria da media a grossolana accompagnata dalla sporadica presenza di limi e di materiali ghiaiosi.       |

- 18.30 – 21.50 Sabbia a granulometria da fine a grossolana, con inglobati ghiaia e ciottoli eterogranulari, di genesi intrusiva e metamorfica arrotondati e sub angolari.
- 21.50 – 30.00 Sabbia debolmente limosa e siltosa si tratta di un deposito costituito prevalentemente da sabbia a granulometria da media a fine, nel quale non è raro incontrare la presenza localizzata di lenti di materiale più fine quali limi e silts. Si registra anche in questo strato la presenza sporadica di ghiaia e ciottoli di dimensioni da centimetriche a decimetriche, di origine intrusiva e metamorfica.



Fig. 5: Dettaglio carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio



Fig. 6: Dettaglio carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio



Fig. 7: Dettaglio carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio



Fig. 8: Dettaglio carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio



Fig. 9: Dettaglio carote estratte durante l'esecuzione del sondaggio

SONDAGGIO A ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO N°1

Committente Amministrazione Comunale di San Ferdinando	Località San Ferdinando (RC)	Profondità raggiunta -30.00 m da p.c.	Inizio/Fine Esecuzione
Progetto Centro di Accoglienza dei Marittimi			

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Perforaz.	Metodo Stabilizzaz.	Falda	Piezometro (P) o Inclinatorio (I)
		Deposito di copertura	0.50	%C=87						
1		Sabbia a granulometria da media a fine, con inglobati ciottoli ghiaiosi arrotondati e subangolari, di geni intrusiva e metamorfica		%C=83	12 10 11					
2	5.00 PC									
3										
4										
5										
6		Sabbia con ghiaia debolmente limosa	9.50	%C=82	13 11 9					
7	10.00 PC									
8										
9										
10										
11		Sabbia a granulometria da fine a grossolana	18.30	%C=85	14 10 12					
12	15.00 PC									
13										
14										
15										
16		Sabbia debolmente limosa con frequenti localizzazioni di materiali più fini quali argille e silts. si registra anche la presenza sporadica di ciottoli e ghiaia di dimensioni da centimetriche a decimetriche	21.50	%C=92	14 15 16					
17	20.00 PC									
18										
19										
20										
21			30.00		16 11 14					
22	25.00 PC									
23										
24										
25										
26										
27					15 11 12					
28					30.00 PC					
29							(CS)	(RM)		
30							30.00	30.00		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Ellica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

IL RESPONSABILE





## - STANDARD PENETRATION TEST

Per avere un quadro esaustivo delle caratteristiche fisico-meccaniche delle unità litologiche presenti nell'area in esame, sono state effettuate delle indagini S.P.T. (*Standard Penetration Test*) in foro riportate nelle stratigrafie allegate.

Le prove S.P.T. in foro, eseguite nel corso del sondaggio a intervalli di profondità regolari, hanno fornito i seguenti risultati:

Sondaggio S1			
Profondità (m dal p.c.)	I misura	II misura	III misura
-05.00	12	10	11
-10.00	13	11	9
-15.00	14	10	12
-20.00	14	15	16
-25.00	16	11	14
-30.00	15	11	12

Nelle pagine seguenti sono riportati i tabulati di prova e l'elaborazione ed interpretazione dei dati penetrometrici in foro.

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,15	12
5,30	10
5,45	11
10,15	13
10,30	11
10,45	9
15,15	14
15,30	10
15,45	12
20,15	14
20,30	15
20,45	16
25,15	16
25,30	11
25,45	14
30,15	15
30,30	11
30,45	12

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT**

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	21	5,45	21	Skempton 1986	51,69
Strato 2	20	10,45	20	Skempton 1986	51,23
Strato 3	22	15,45	22	Skempton 1986	54,08
Strato 4	31	20,45	31	Skempton 1986	64,5
Strato 5	25	25,45	25	Skempton 1986	57,96
Strato 6	23	30,45	23	Skempton 1986	55,43

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	21	5,45	21	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,63
Strato 2	20	10,45	20	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,20
Strato 3	22	15,45	22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,66
Strato 4	31	20,45	31	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	33,56
Strato 5	25	25,45	25	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,96
Strato 6	23	30,45	23	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,57

28

### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	248,50
Strato 2	20	10,45	20	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	236,70
Strato 3	22	15,45	22	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	260,30
Strato 4	31	20,45	31	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	366,50
Strato 5	25	25,45	25	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	295,70
Strato 6	23	30,45	23	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	272,10

### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	70,60
Strato 2	20	10,45	20	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	68,55
Strato 3	22	15,45	22	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	72,65
Strato 4	31	20,45	31	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	91,14
Strato 5	25	25,45	25	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	78,82
Strato 6	23	30,45	23	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	74,71

### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	21	5,45	21	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
Strato 2	20	10,45	20	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
Strato 3	22	15,45	22	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
Strato 4	31	20,45	31	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 5	25	25,45	25	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
Strato 6	23	30,45	23	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO

### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Meyerhof ed altri	1,95
Strato 2	20	10,45	20	Meyerhof ed altri	1,94
Strato 3	22	15,45	22	Meyerhof ed altri	1,96
Strato 4	31	20,45	31	Meyerhof ed altri	2,14
Strato 5	25	25,45	25	Meyerhof ed altri	2,08
Strato 6	23	30,45	23	Meyerhof ed altri	1,98

### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97
Strato 2	20	10,45	20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
Strato 3	22	15,45	22	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,98
Strato 4	31	20,45	31	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
Strato 5	25	25,45	25	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
Strato 6	23	30,45	23	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,00

### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	21	5,45	21	(A.G.I.)	0,31
Strato 2	20	10,45	20	(A.G.I.)	0,31
Strato 3	22	15,45	22	(A.G.I.)	0,31
Strato 4	31	20,45	31	(A.G.I.)	0,29
Strato 5	25	25,45	25	(A.G.I.)	0,30
Strato 6	23	30,45	23	(A.G.I.)	0,31

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Ohsaki (Sabbie pulite)	1137,10
Strato 2	20	10,45	20	Ohsaki (Sabbie pulite)	1086,13
Strato 3	22	15,45	22	Ohsaki (Sabbie pulite)	1187,93
Strato 4	31	20,45	31	Ohsaki (Sabbie pulite)	1639,81
Strato 5	25	25,45	25	Ohsaki (Sabbie pulite)	1339,61
Strato 6	23	30,45	23	Ohsaki (Sabbie pulite)	1238,62

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Navfac 1971-1982	4,22
Strato 2	20	10,45	20	Navfac 1971-1982	4,05
Strato 3	22	15,45	22	Navfac 1971-1982	4,39
Strato 4	31	20,45	31	Navfac 1971-1982	5,75
Strato 5	25	25,45	25	Navfac 1971-1982	4,88
Strato 6	23	30,45	23	Navfac 1971-1982	4,56

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	21	5,45	21	Robertson 1983	41,00
Strato 2	20	10,45	20	Robertson 1983	40,00
Strato 3	22	15,45	22	Robertson 1983	44,00
Strato 4	31	20,45	31	Robertson 1983	62,00
Strato 5	25	25,45	25	Robertson 1983	50,00
Strato 6	23	30,45	23	Robertson 1983	46,00

## - MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

A completamento della caratterizzazione litologica e geotecnica è stato eseguito un profilo sismico di tipo **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) che ha consentito una specifica caratterizzazione del sito in esame con la definizione della categoria sismica di appartenenza.

La prova geofisica oggetto del presente rapporto ha riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali dei terreni interessati dal progetto. Ciò al fine della determinazione delle Vs30 e quindi della definizione della *categoria di suolo* cui appartiene l'area in esame, secondo quanto previsto dall'*O.P.C.M. 3274 e ss.mm.ii.* e dal *D.M. 14/01/2008*, divenuto unica norma di riferimento dal 1° luglio 2009.

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva di tipo MASW che si è basata sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato. Sulla base dei valori di Vs e del modulo di taglio è stato possibile valutare la rigidità del suolo e fornire delle prime indicazioni sul comportamento dinamico della parte superficiale del sottosuolo.

Il metodo *MASW* (*Multichannel Analysys of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle *onde di Rayleigh* che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le *onde di Rayleigh* sono dispersive (*fenomeno della dispersione geometrica*), cioè onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente, la *velocità di fase* (o *di gruppo*) apparente delle *onde di Rayleigh* dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine *MASW* utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in punti della superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50 metri, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente. I fondamenti teorici del metodo *MASW* fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli ed orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche. L'elaborazione è stata eseguita tramite il software *EASYMASW* 2011 – GeoSTRU Software (Nr. Lic. 19EDAC5C7DE7471985397B5E933BD35C).

## - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale MAE A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- Sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break);
- Filtri High Pass e Band Reject;
- “Automatic Gain Control”;
- Convertitore A/D a 24 bit;
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio 4.5 Hz;
- Massa battente pesante di 10 kg;

La configurazione spaziale in sito è equivalente a un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni “base distante in linea”. In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con interspazio (Gx) di 1.0 m;
- N°3 energizzatori ad offset (Sx) 5m – 10m – 15m;
- Passo di campionatura pari a 1000 Hz;
- Lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spazio-temporali: lungo i numeri d'onda  $k$  la risoluzione è di 0.261, mentre la risoluzione in frequenza è pari a 0.488 Hz.



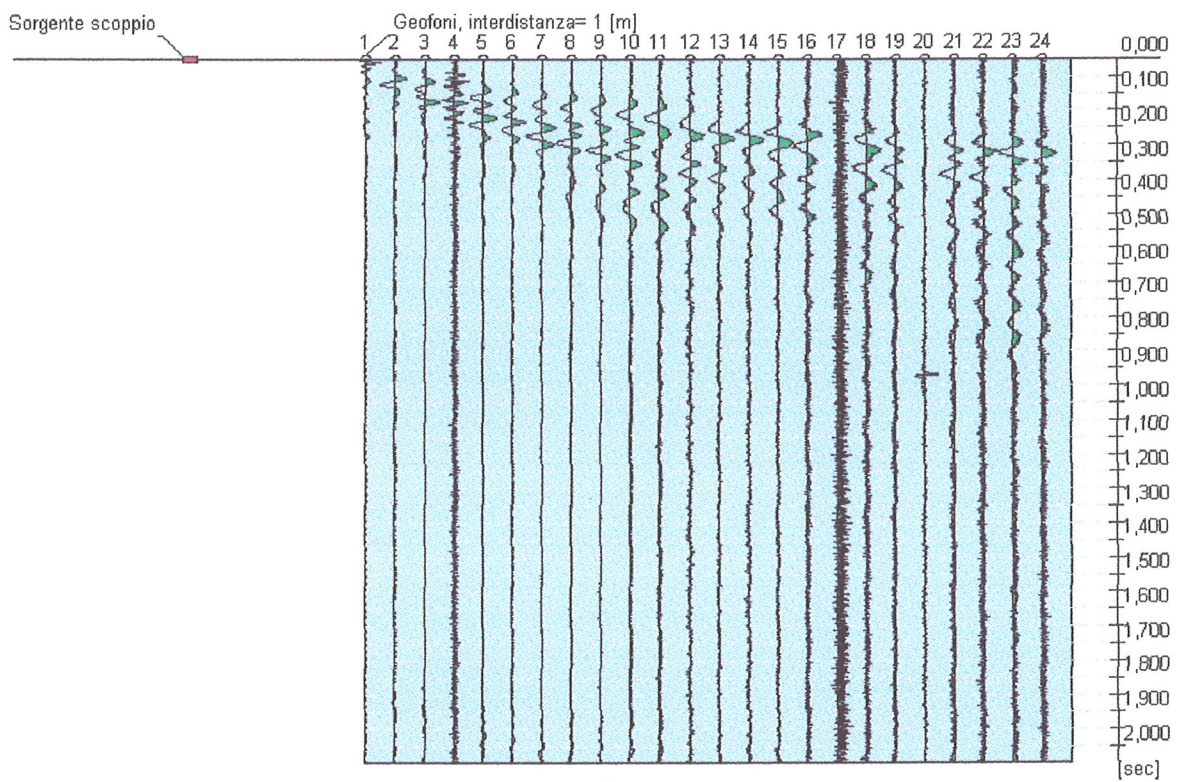
- ELABORAZIONE DATI

L'analisi Masw può essere ricondotta in quattro fasi:

- la **prima fase** prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  – numero d'onda  $K$ ;
- la **seconda fase** consiste nell'individuazione delle coppie  $f$ - $K$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  (m/sec) - frequenza (lentezza s/m) – frequenza (Hz);
- la **terza fase** consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$ , la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la **quarta fase** consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale fra la velocità di fase (o curva di dispersione sperimentale) e la velocità di fase (o curva di dispersione numerica) corrispondente al modello di suolo.

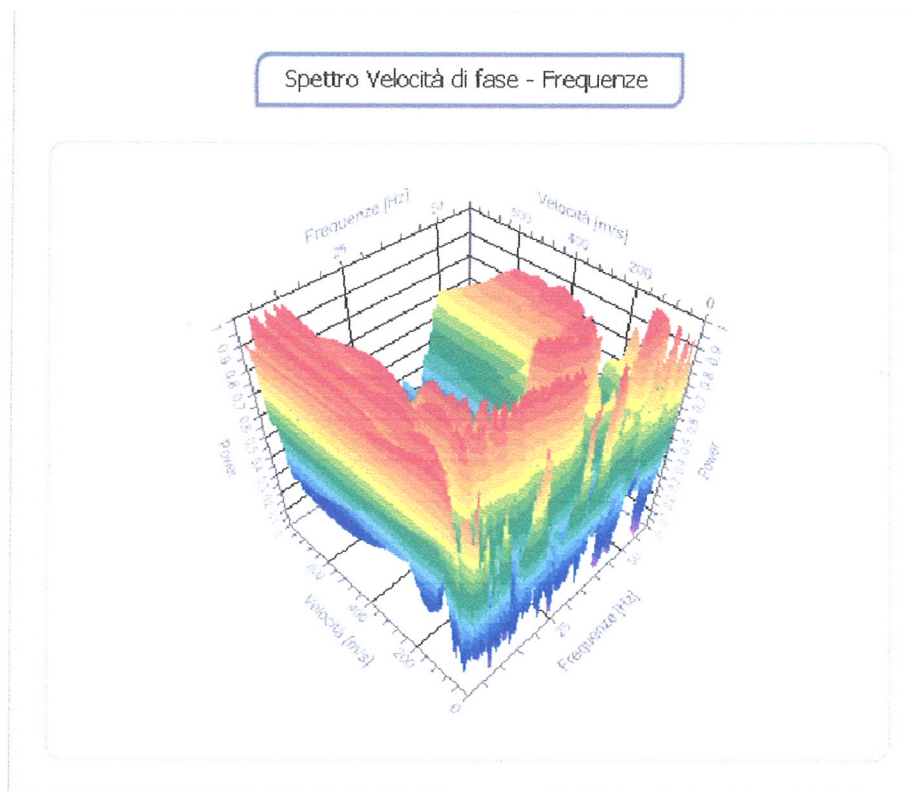
## Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione	2048,0
[m/sec]	
Interdistanza geofoni	1,0
[m]	
Periodo di campionamento	2,00
[m/sec]	



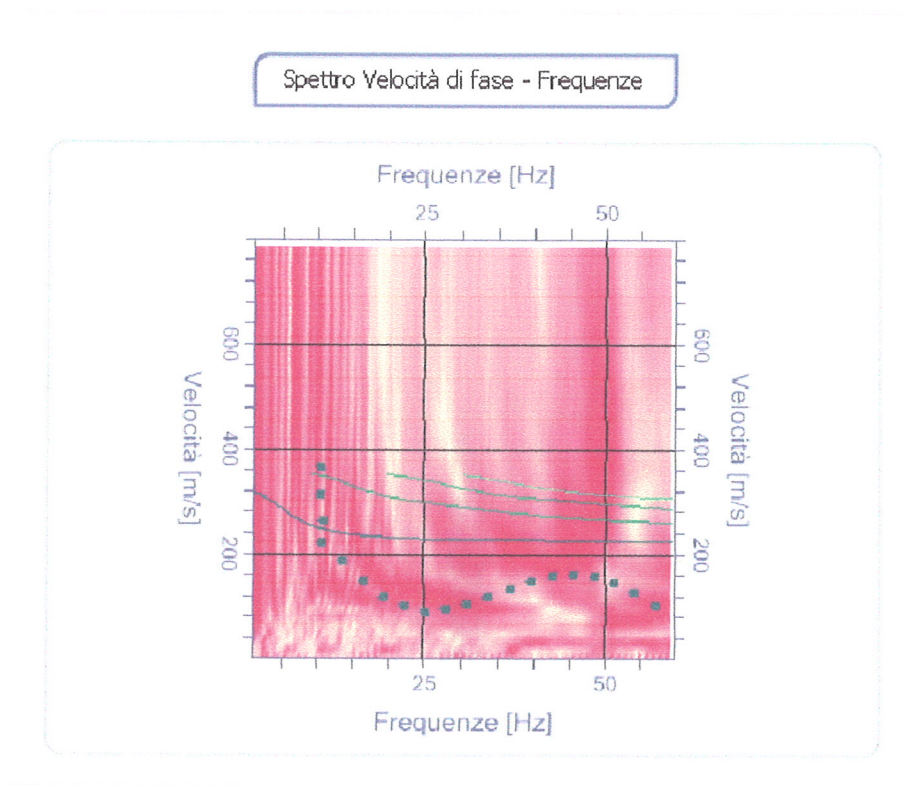
## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



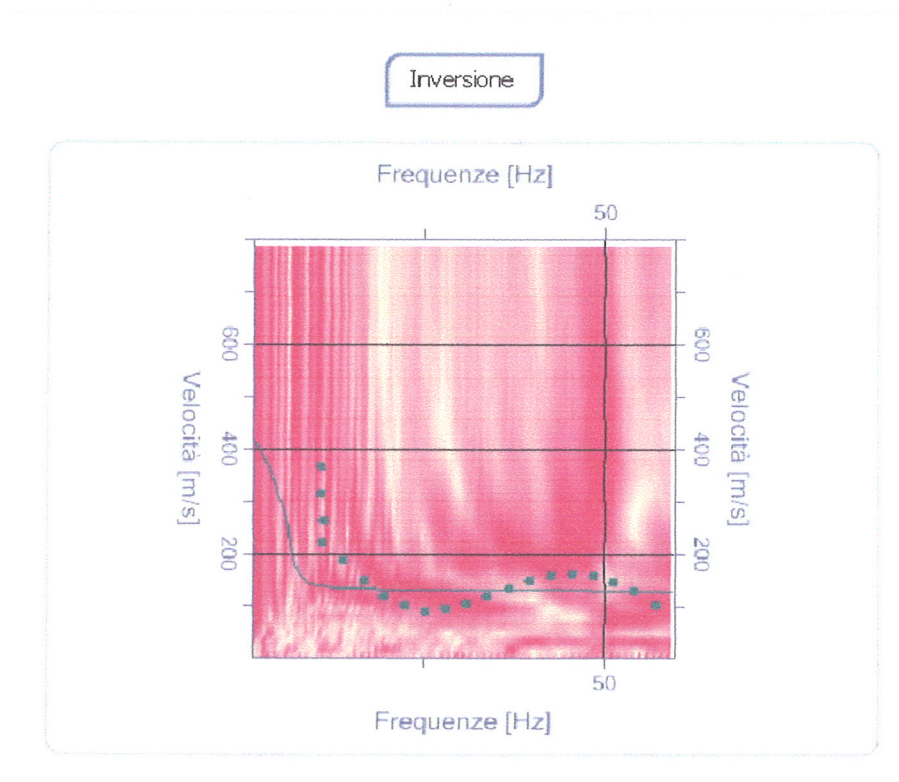
### Curva di dispersione

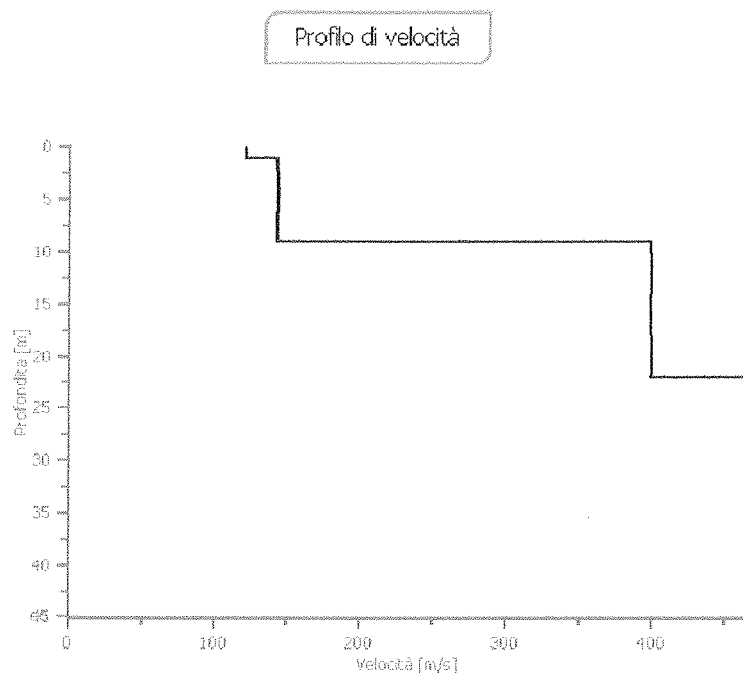
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10,5	365,6	0
2	10,5	311,7	0
3	10,7	221,2	0
4	11,0	261,0	0
5	13,6	185,0	0
6	16,5	148,1	0
7	19,4	118,8	0
8	22,3	100,9	0
9	25,2	89,5	0
10	28,1	93,4	0
11	31,0	104,2	0
12	33,9	118,8	0
13	36,8	133,7	0
14	39,7	146,5	0
15	42,6	155,0	0
16	45,5	158,3	0
17	48,5	155,3	0
18	51,4	145,6	0
19	54,3	127,8	0
20	57,2	99,2	0



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso saturo per unità di volume [kg/mc]	Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1,00	1,00	1800,0	0,3	No	229,1	122,4
2	9,00	8,00	1800,0	0,3	No	268,3	143,4
3	22,00	13,00	1800,0	0,3	No	748,3	400,0
4	oo	oo	1800,0	0,3	No	873,1	466,7





### Risultati

Profondità piano di posa [m]	0,00
Vs30 [m/sec]	<b>264,08</b>
Categoria del suolo	<b>C</b>

**Suolo di tipo C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## - DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sia la norme sismiche definite dall'OPCM 3274 e ss.mm.ii. , così come il D.M. 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, definiscono l'azione sismica di progetto , in assenza di analisi specifiche, basata sulla zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. La norma suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche contraddistinte dal valore *ag* dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità *g*. i valori convenzionali di *ag* assegnati alle 4 zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido per il quale il moto sismico al *bedrock* non subisce variazioni sostanziali.

Suolo	Descrizione geologica	V <sub>s30</sub> (m/s)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V <sub>s30</sub> superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.	>800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata <i>c<sub>u</sub></i> > 250 KPa).	360+800 (Nspt>50) (C <sub>u</sub> >250kPa)
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili di diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (15 < NSPT > 50, 70 < <i>c<sub>u</sub></i> > 250 kPa).	180+360 (15<Nspt<50) (70<C <sub>u</sub> <250kPa)
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi, da poco a mediamente consistenti, con spessori variabili di diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s (NSPT < 15, <i>c<sub>u</sub></i> < 70 KPa).	<180 (Nspt<15) (C <sub>u</sub> <70kPa)
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.	
S <sub>1</sub>	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di Vs30<100 m/s.	<100 (10<C <sub>u</sub> <20kPa)
S <sub>2</sub>	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.	

In presenza di suoli di tipo B, C, D, E, S1, S2 il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al *bedrock* in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

Per il caso in esame utilizzando i valori medi del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 m, risulta che il suolo investigato appartiene alla Categoria di Suolo C.



## CONCLUSIONI

I risultati dello studio geologico eseguito sull'area oggetto di studio possono essere riassunti come segue:

1. Gli aspetti litologici della porzione significativa di territorio interessato dal progetto, sono caratterizzati dalla diffusa presenza di una formazione sedimentaria, costituita prevalentemente da sabbie, riconducibile all'Olocene. Si tratta di *Alluvioni Stabilizzate* e di *Alluvioni Mobili* tipiche dei territori che hanno avuto origine da processi di deposizione fluviale e di *Dune e Sabbie Eoliche stabilizzate* depositate dall'azione del vento. Nell'intorno dell'area di studio affiorano altre due formazioni, una continentale pleistocenica e l'altra marina pliocenica. Quest'ultima, che fa da substrato alle unità continentali, è costituita da sabbie a grana da media a grossolana, localmente cementate in matrice calcarea con presenza, in alcuni settori, di evidenti tracce di stratificazione incrociata. La formazione pleistocenica, risulta costituita da un conglomerato sabbioso-ghiaioso con ciottoli, passante localmente a sabbie e sabbie limose con ghiaie e ciottoli e con intercalazioni limose e argillose.
2. Le condizioni litostratigrafiche locali sono state definite per mezzo di un sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo. La profondità raggiunta nel corso del sondaggio è risultata pari a -30.00 metri dal p.c.. dalla stratigrafia fornita risulta che la potenza dell'orizzonte alluvionale risulta essere di circa 15 metri a cui fa seguito l'unità sabbiosa pliocenica costituita da sabbie limose bruno chiare localmente ghiaiose.
3. Dal punto di vista morfologico l'ambito territoriale su cui ricade l'area oggetto del presente studio appartiene al versante tirrenico della costa calabra ed è inserita nella vasta pianura di Gioia Tauro-Rosarno. Più in dettaglio, l'area su cui è previsto l'intervento di progetto è caratterizzata da una morfologia essenzialmente pianeggiante tipica di questo settore geografico. L'assetto sub-pianeggiante

dell'area, nella sua globalità, esclude la possibile formazione di qualsiasi tipo di fenomeno connesso alla dinamica gravitativa. Inoltre, sono da escludere fenomeni di ruscellamento e di erosione accelerata.

4. Le caratteristiche idrogeologiche della formazione Olocenica sono tali da poterla definire come formazione ad alta permeabilità. L'ordine di grandezza dei valori della permeabilità verticale è soggetto a sensibili variazioni, al variare della profondità, in conseguenza alla diversa struttura idrologica dei vari livelli. Un valore medio globale della permeabilità e della porosità è stato valutato in :

**Porosità  $n= 15 - 25 \%$**

**Permeabilità  $k= 10^{-1}$  cm/s**

Le sabbie plioceniche sono caratterizzate da una condizione strutturale definibile globalmente come isotropa in direzione orizzontale, mentre verticalmente si realizzano sensibili variazioni dovute all'assetto stratificato della formazione. In termini globali i valori di permeabilità e porosità sono quantificabili in:

**Porosità  $n= 15 - 20 \%$**

**Permeabilità  $k= 10^{-2} - 10^{-3}$  cm/s**

Per l'unità conglomeratica Pleistocenica si registra una condizione di totale assenza di isotropia strutturale, che evidenzia un'importante disomogeneità verticale nei valori della permeabilità, mentre in direzione orizzontale tale disomogeneità si manifesta con variazioni assai meno evidenti. Un valore medio globale della permeabilità e della porosità è stato valutato in:

**Porosità  $n= 10 - 20 \%$**

**Permeabilità  $k= 10^{-2} - 10^{-4}$  cm/s**

5. Le condizioni tettoniche rilevate alla porzione significativa di territorio in esame, non sono preclusive per l'intervento che si intende realizzare, anche se non si può trascurare in alcun modo che l'area investigata e tutto il territorio di appartenenza sono soggetti all'azione di strutture regionali sismogenetiche e sismopropagatrici.

6. L'area studiata fa parte del bacino idrografico del Fiume Mesima. Quest'ultimo ha carattere perenne e scorre in direzione SO-NE, sfociando nel mar Tirreno a nord dell'abitato di San Frdinando del quale segna il confine con il comune di Rosarno (RC).
7. La cartografia P.A.I., relativa al settore di studio, non ha evidenziato condizioni di vincolo, né in termini di rischio idraulico né di rischio frana ed erosione costiera.
8. La caratterizzazione fisico-meccanica dell'unità litologica affiorante nell'area in esame, si è ottenuta considerando le risultanze del sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo e delle prove geotecniche condotte in foro (SPT in foro). In sintesi i parametri geotecnici sono i seguenti:

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Modulo edometrico (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (kg/cm <sup>2</sup> )
1	5,5	21	Incoerente	1,95	1,97	31,63	70,60	248,50	0,31	1137,10
2	10,5	20	Incoerente	1,94	1,96	31,20	68,55	236,70	0,31	1086,13
3	15,5	22	Incoerente	1,96	1,98	31,66	72,65	260,30	0,31	1187,93
4	20,5	31	Incoerente	2,14	2,50	33,56	91,14	366,50	0,29	1639,81
5	25,5	25	Incoerente	2,08	2,50	32,96	78,82	295,70	0,30	1339,61
6	30,5	23	Incoerente	1,98	2,00	32,57	74,71	272,10	0,31	1238,62

9. L'indagine geosismica condotta con la tecnica di tipo MASW (*Multichannel Anlysys of Surface Waves*) ha permesso di ottenere una caratterizzazione geosismica del sottosuolo investigato e di classificarlo in termini di categoria sismica di appartenenza. I risultati ottenuti sono i seguenti:

- MASW 1 = **264.08 m/s**

Tali risultanze, indicano come categoria del suolo la **Classe C** (cfr. *Relazione sulla pericolosità Sismica di Base*)

10. La posizione geografica risulta essere la seguente:

Latitudine: 38°29'2.07" N

Longitudine: 15°54'54.42" E

I parametri sismici derivati sono (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 – D.M. 14/01/2008):

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup> [s]
Operatività (SLO)	30	0,067	2,297	0,280
Danno (SLD)	50	0,090	2,274	0,295
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,267	2,422	0,364
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,360	2,462	0,389
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Polistena, novembre 2011

dott. geol. Agostino Carrabetta



## **ALLEGATI CARTOGRAFICI**

Ubicazione indagini geognostiche "Centro di Accoglienza dei Marittimi" (fuori scala)



scala 1:1.000

Legenda indagini

-  MASW
-  Sondaggio a rotazione



**COMUNE DI SAN FERDINANDO**  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA



ELABORATO

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA  
PROGETTO PRELIMINARE DA PORRE COME APPALTO INTEGRATO

OGGETTO

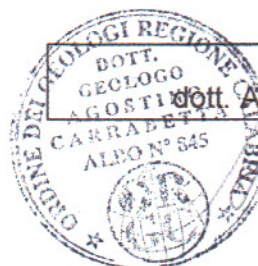
CENTRO DI ACCOGLIENZA DEI MARITTIMI

UBICAZIONE

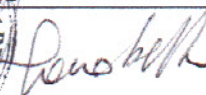
COMUNE DI SAN FERDINANDO (RC)  
LATITUDINE 38°29'2.07"  
LONGITUDINE 15°54'54.42"

DITTA

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SAN FERDINANDO



Il geologo  
Dott. Agostino Carrabetta



## ***INDICE***

Premessa	pag. 2
1. Inquadramento geografico	pag. 3
2. Indagini geognostiche	pag. 4
3. Misurazioni piezometriche	pag. 8
4. Sismicità dell'area	pag. 10
6. Liquefazione dei terreni	pag. 13
Conclusioni	pag. 16



## PREMESSA

La presente relazione rappresenta un'integrazione alla Relazione Geologica, realizzata dallo scrivente su incarico ricevuto da parte dell'Amministrazione Comunale di San Ferdinando, a corredo del progetto preliminare da porre come appalto integrato relativo all'intervento denominato "Centro di Accoglienza dei Marittimi" da eseguirsi nello stesso territorio comunale di San Ferdinando (RC). [CIG ZC406A1BC5]

In particolare, viste le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dal progetto (cfr. Relazione Geologica), il grado di sismicità dell'area e la presenza di falda acquifera superficiale, viene di seguito descritta la suscettibilità a liquefazione dei terreni che costituiscono il substrato dell'area oggetto di studio.

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area destinata ad ospitare l'opera di progetto ricade nella porzione centro-orientale dell'abitato di San Ferdinando (RC). Essa si articola alla quota topografica di circa 4,0 metri s.l.m. e dal punto di vista geografico rientra nel *Foglio 245 – II N.E. sez. A - San Ferdinando* della carta topografica d'Italia in scala 1:10000, redatta dall'I.G.M.I.

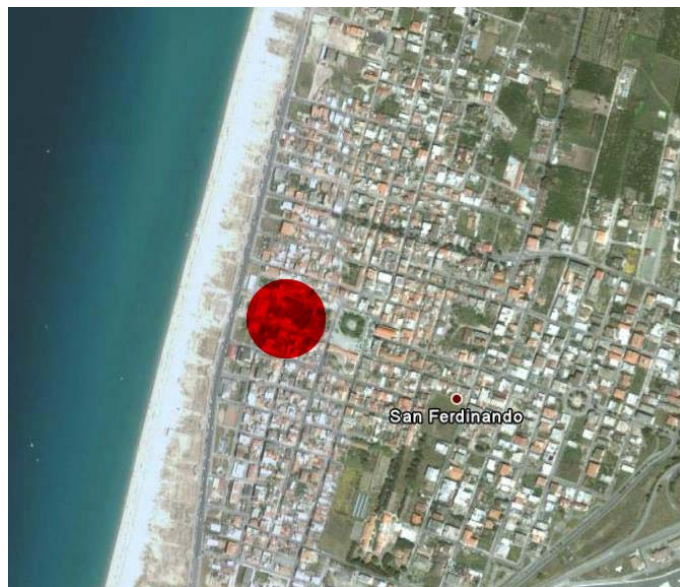
L'area oggetto di studio è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 38°29'2.07" N

Longitudine: 15°54'54.42" E

L'intera zona ricade in un contesto caratterizzato da uno sviluppo urbano residenziale.

Una migliore individuazione della posizione geografica e dell'ambito territoriale in cui ricade la zona oggetto di studio è riportata nell'immagine sottostante, tratta dal sito googleearth.



**Fig.1** – Inquadramento territoriale area d'intervento tratto da GoogleEarth.

## 2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna geognostica eseguita nell'area di interesse ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n°1 sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di -30 m dal p.c. con il prelievo di carote per tutta la lunghezza del sondaggio;
- n°6 Standard Penetration Test ad intervalli di profondità stabiliti dalla D.L.;
- n°1 stendimento sismico di tipo MASW per la definizione delle Vs30 nel sottosuolo (cfr. *Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base*).

Tutte le fasi del programma di indagine sono state eseguite secondo le *Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – A.G.I.(1977)*. L'elaborazione dei risultati delle prove è stata effettuata nel pieno rispetto della vigente normativa tecnica, *Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n°617, C.S.LL.PP.* (cfr. *Relazione Geologica*).

### Risultati dell'indagine

Il sondaggio a rotazione e a carotaggio continuo (*spinto fino a -30.0 m dal p.c.*) ha permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area investigata. La stratigrafia locale può essere così sintetizzata:

5

- |               |  |
|---------------|--|
| 0.00 – 0.50   | <i>Deposito di copertura</i> , costituito da conglomerato bituminoso, terreno di riporto e materiale incoerente di varia natura e granulometria. Nell'insieme si presenta come un deposito caotico, sciolto e rimaneggiato.  |
| 0.50 – 9.50   | <i>Sabbia</i> , si tratta di un deposito costituito prevalentemente da sabbia, dalla granulometria da media a fine, con inglobati ciottoli arrotondati e sub angolari, di dimensioni variabili, di genesi intrusiva e metamorfica.   |
| 9.50 – 18.30  | <i>Sabbia con ghiaia debolmente limosa</i> , si tratta di un deposito costituito prevalentemente da sabbia, dalla granulometria da media a grossolana accompagnata dalla sporadica presenza di limi e di materiali ghiaiosi.   |
| 18.30 – 21.50 | <i>Sabbia</i> a granulometria da fine a grossolana, con inglobati ghiaia e ciottoli eterogranulari, di genesi intrusiva e metamorfica arrotondati e sub angolari.  |
| 21.50 – 30.00 | <i>Sabbia debolmente limosa e siltosa</i> si tratta di un deposito costituito prevalentemente da sabbia a granulometria da media a fine, nel quale non è raro incontrare la presenza localizzata di lenti di materiale più fine quali limi e silts. Si registra anche in questo strato la presenza sporadica di ghiaia e ciottoli di dimensioni da centimetriche a decimetriche, di origine intrusiva e metamorfica. |

**- STANDARD PENETRATION TEST**

Per avere un quadro esaustivo delle caratteristiche fisico-meccaniche delle unità litologiche presenti nell'area in esame, sono state effettuate delle indagini S.P.T. (*Standard Penetration Test*) in foro riportate nelle stratigrafie allegate.

Le prove S.P.T. in foro, eseguite nel corso del sondaggio a intervalli di profondità regolari, hanno fornito i seguenti risultati:

Sondaggio S1			
Profondità (m dal p.c.)	I misura	II misura	III misura
-05.00	12	10	11
-10.00	13	11	9
-15.00	14	10	12
-20.00	14	15	16
-25.00	16	11	14
-30.00	15	11	12

Nelle pagine seguenti sono riportati i tabulati di prova e l'elaborazione ed interpretazione dei dati penetrometrici in foro.

- **MULTICHANNEL ANALYSYS OF SURFACE WAVES**

L'indagine geosismica condotta con la tecnica di tipo MASW (*Multichannel Anlysys of Surface Waves*) ha permesso di ottenere una caratterizzazione geosismica del sottosuolo investigato e di classificarlo in termini di categoria sismica di appartenenza. I risultati ottenuti sono i seguenti:

MASW 1 = **264.08 m/s**

Tali risultanze, indicano come categoria del suolo la **Classe C** (*cfr. Relazione sulla pericolosità Sismica di Base*)

### 3. MISURAZIONI PIEZOMETRICHE

Dal momento che lo scopo della presente relazione è quello di integrare la Relazione Geologica tramite la verifica a liquefazione dei terreni ricadenti nell'area oggetto di studio, è stata effettuata una serie di misurazioni piezometriche.

In particolare sono stati utilizzati n°4 piezometri a tubo aperto, la cui ubicazione è riportata nella planimetria allegata.

Mediante i piezometri è stata rilevata e verificata la presenza di una falda acquifera superficiale, la cui profondità media si imposta a circa 4 m dal piano campagna.

C'è da considerare che le misurazioni sono state eseguite il giorno 11 ottobre, dunque in un periodo dell'anno che segue quello particolarmente arido e secco dell'estate. Motivo per cui sembra plausibile ritenere che la suddetta falda possa essere soggetta ad oscillazioni di livello e quindi raggiungere profondità minori durante la stagione piovosa.



**Fig.1 – misura piezometrica n°1**



**Fig.2 – misura piezometrica n°2**



**Fig.3 – misura piezometrica n°3**



**Fig.4 – misura piezometrica n°4**



#### 4. SISMICITA' DELL'AREA

Conoscere la sismicità di un'area assume particolare rilievo allorché si va ad operare in zone che hanno risentito di forti terremoti storici, al fine di tenere nel dovuto conto i fattori di rischio ad essi connessi, quali l'innescarsi di fenomeni "secondari" come liquefazione, frane, cedimenti, ecc..

Per caratterizzare un'area dal punto di vista sismico, si effettua innanzitutto la ricerca degli eventi verificatisi nel corso dei secoli e per i quali è stato possibile quantificare il valore dell'intensità macrosismica, sia per l'area epicentrale sia per le località in cui tali eventi sono stati avvertiti.

In questo studio l'analisi della sismicità storica è stata effettuata mediante la consultazione del *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, 461 a.C. – 1990* (Boschi et al., 1997). Gli eventi risentiti nell'area in esame sono riportati nella tabella, in cui compaiono, per ogni evento, la data, il tempo origine ridotto al *Greenwich Mean Time (GMT)*, l'area epicentrale, l'intensità sismica dell'epicentro ( $I_0$ ) e l'intensità sismica locale ( $I$ ).

Data	Ora (GMT)	Zona Epicentrale	$I_0$	$I$
05.02.1783	12.00	Calabria	11.0	10.5
28.03.1783	18.55	Calabria	11.0	5.5
13.10.1791	01.20	Calabria Centr.	9.0	6.5
16.11.1894	17.52	Calabria Merid.	9.0	7.0
08.09.1905	01.43	Calabria	10.0	7.5
23.10.1907	20.28	Calabria Merid.	8.5	7.0
28.12.1908	04.20	Calabria Merid. Messina	11.0	8.0
16.01.1975	00.09	Stretto di Messina	7.5	4
11.03.1978	19.20	Calabria Merid.	8.0	5.0
15.04.1978	23.33	Golfo di Patti	8.0	5.0

$I_0$ = intensità all'epicentro

$I$ = intensità locale

Ciò che emerge dalla lettura della tabella è che l'ambito territoriale di San Ferdinando non è stato sede di epicentri dei più forti terremoti storici, ma sicuramente ne ha subito gli effetti devastanti.

Per quanto riguarda invece l'attività sismica più recente, dai dati desunti dalla letteratura specializzata, risulta che, negli ultimi anni, non sono stati registrati eventi energetici di rilievo riguardanti il comprensorio in parola.

Per quanto riguarda la classificazione sismica definita dai decreti emessi fino al 1984 la sismicità è definita attraverso il grado di sismicità "S". Nella proposta di riclassificazione del GdL (Gruppo di Lavoro, costituito sulla base di una risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi) del 1998 si utilizzano 3 *categorie sismiche* più una categoria di comuni non classificati.

Nella classificazione regolamentata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 la sismicità è definita mediante 4 *zone*, numerate da 1 a 4. Tale ordinanza suddivide porzioni di territorio secondo i valori di accelerazioni di picco orizzontale al suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e fissa il numero di zone in quattro.

Nella seguente tabella è esplicitata tale classificazione.

Zona	Acc. Or. Con probabilità di superamento del 10% in 50 anni - [ $a_g/g$ ]	Acc. Or. Di ancoraggio dello spettro di risposta elastico - [ $a_g/g$ ]
1	>0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

La corrispondenza fra queste definizioni è di seguito riportata:

<b>Decreti fino al 1984</b>	<b>GdL 1998</b>	<b>Classificazione 2003</b>
S=12	1° categoria	Zona 1
S=9	2° categoria	Zona 2
S=6	3° categoria	Zona 3
N.C.	N.C.	Zona 4

Per il Comune di *San Ferdinando* vale questa classificazione:

<b>Decreti fino al 1984</b>	<b>GdL 1998</b>	<b>Classificazione 2003</b>
S=12	1° categoria	Zona 1

## 5. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il fenomeno della *liquefazione* dei terreni è stato in passato la causa di molti danni alle strutture durante il manifestarsi di terremoti, pertanto rappresenta una possibile minaccia interessando, in genere, i depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni di liquefazione dipende:

- *dal grado di addensamento;*
- *dalla granulometria e forma dei granuli;*
- *dalle condizioni di drenaggio;*  
*dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e dalla loro durata;*
- *dall'età del deposito;*
- *dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).*

Ai fini del D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” il termine *liquefazione* denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Difatti, i depositi liquefacibili, sottoposti ad un evento tellurico, tendono ad addensarsi. Tuttavia, durante un sisma, non c'è il tempo necessario per espellere l'acqua interstiziale, che resta intrappolata e impedisce l'avvicinamento delle particelle solide. Ciò ha come effetto l'incremento della pressione dell'acqua interstiziale. La perdita totale della resistenza avviene quando la pressione dell'acqua arriva ed eguaglia la pressione di confinamento, rendendo nulle le pressioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. In queste condizioni le particelle solide perdono il contatto tra loro e il deposito si comporta come un liquido.

Deve essere, quindi, verificata la suscettibilità a liquefazione quando, in presenza di zone ad elevato rischio sismico, la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione limo-argillosa.

Per valutare il potenziale di liquefazione sono stati proposti diversi metodi che possono essere raggruppati in due differenti categorie: *metodi tabellari* e *metodi semplificati*.

Per il caso in esame il calcolo di suscettibilità a liquefazione è stato eseguito per mezzo di due diversi metodi, quello di *Seed e Idriss (1982)* e quello di *Tokimatsu e Yoshimi (1983)*, tra i più noti e conosciuti appartenenti alla categoria dei metodi semplificati. Essi valutano la suscettibilità a liquefazione di un deposito in funzione della profondità della falda, delle caratteristiche dell'evento sismico (magnitudo ed accelerazione al suolo), dello stato di addensamento dei terreni sabbiosi [ricavati da prove *SPT*, *CPT* e Sismiche (*Vs*)], da prove granulometriche (valutazione della percentuale di fine presente).

I risultati cui si è pervenuti sono i seguenti:

Metodo *Seed e Idriss*:

Risultati	
Pressione totale del terreno (kg/cmq)	1,0725
Pressione efficace del terreno (kg/cmq)	0,9225
Fattore correttivo per la frazione argillosa (%)	5,00
Numero di colpi standard corretto Na	16,5254
Resistenza alla liquefazione (R)	0,1975
Sforzo di taglio normalizzato (T)	0,2427
Coefficiente di sicurezza ( $F_s = R / T$ )	0,8138
<b>Il deposito è liquefacibile</b>	

Metodo Tokimatsu e Yoshimi:

Risultati	
Pressione totale del terreno (kg/cmq)	1,0725
Pressione efficace del terreno (kg/cmq)	0,9225
Fattore correttivo per la frazione fine (%)	5,00
Numero di colpi standard corretto Na	11,5254
Resistenza alla liquefazione (R)	0,2017
Sforzo di taglio normalizzato (T)	0,2184
Coefficiente di sicurezza ( $F_s = R / T$ )	0,9234
Il deposito è liquefacibile	

In entrambi i casi, il deposito sabbioso che costituisce **il terreno di fondazione risulta liquefacibile**.

## CONCLUSIONI

Tale relazione rappresenta un'Integrazione alla Relazione Geologica realizzata dallo scrivente su incarico ricevuto da parte dell'Amministrazione Comunale di San Ferdinando, a corredo del progetto preliminare da porre come appalto integrato relativo all'intervento denominato "Centro di Accoglienza dei Marittimi" da eseguirsi nello stesso territorio comunale di San Ferdinando (RC). [CIG ZC406A1BC5]

In particolare è stata eseguita una campagna di misurazioni piezometriche grazie alle quali è stata rilevata la presenza di una falda acquifera superficiale, che si imposta alla profondità media di circa 4 m dal piano campagna.

Viste le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dal progetto (cfr. Relazione Geologica) ottenute per mezzo delle indagini geognostiche eseguite direttamente in sito, visto il grado di sismicità dell'area e la presenza di falda acquifera superficiale, è stata verificata la suscettibilità alla liquefazione dei depositi deputati ad ospitare le fondazioni della struttura da realizzare.

Dalle analisi effettuate è risultato che i terreni che costituiscono il substrato dell'area in parola, in caso di sisma di elevata magnitudo, sono liquefacibili. Pertanto si ritiene opportuno che nelle successive fasi si progettino adeguate strutture di fondazione e/o si migliorino le caratteristiche del terreno di fondazione.

Polistena, ottobre 2012

dott. geol. Agostino Carrabetta



Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale dott. geol. Agostino Carrabetta

via S. Marina 57, 89024 Polistena (RC) - ☎ 328/2669421 – fax 0966/943541 - ✉ geologocarrabetta@libero.it

A1

COMUNE SAN FERDINANDO  
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

UBICAZIONE PROVE PIEZOMETRICHE

scala 1:10000

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE  
DOTT. GEOL. AGOSTINO CARRABETTA  
VIA S. MARINA, 57 - 89024 POLISTENA (RC)  
Tel/Fax 0966.931904 - cell. 328.2669421  
e-mail: geologocarrabetta@libero.it

DATI GENERALI PROGETTO

"Centro di Accoglienza dei Marittimi"

Lat 38°29'2.07"N  
Long 15°54'54.42"E

IL GEOLOGO

dott. geol. Agostino Carrabetta

