Comune di Framura Prot. n. 0003710 del 13-10-2020

Dott. Geol. CAPUTO DORIANO
Via Ratti 64/A, 19030 Ameglia (SP)
C.F.: CPTDRN79H14E463H
P.IVA: 01280970110
Tel: 348.9226718
e-mail: doriano@near-surface.com

COMUNE DI FRAMURA
PROVINCIA DELLA SPEZIA

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

PROGETTO DI DIFESA COSTIERA E DELL'ABITATO DI FORNACI ATTRAVERSO LA STABILIZZAZIONE DELLE SPIAGGE TRAMITE OPERE DI CONTENIMENTO LATERALE E DI RIPASCIMENTO STRUTTURALE - OCPC 558/2018 - COD INT 170 CUP H36B20001770005

Committente:

Comune di Framura

Il Tecnico: Dott. Geol. Doriano Caputo Ameglia, Ottobre 2020



SOMMARIO

1 PREMESSE 2

2 INTERVENTI A PROGETTO 2

3 NORMATIVA GEOLOGICA DI RIFERIMENTO – VERIFICA DI COMPATIBILITÀ 5

3.1 Piano di Bacino – Ambito 18 - Torrente Ghiararo 5

3.2 Vincolo Idrogeologico 6

3.3 Zonizzazione geologica e Suscettività d'uso del territorio – P.U.D. di Framura e Deiva Marina 6

3.4 Classificazione sismica 6

3.5 Inquadramento topografico e geografico 7

3.6 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico 8

3.7 MORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA SOMMERSA 13

4 INDAGINI ESEGUITE 15

4.1 Descrizione delle indagini e caratterizzazione stratigrafico-geotecnica di ambito 15

4.2 Risultati della prospezione geoelettrica 18

4.3 Prove penetrometriche 19

4.3.1 Prova Penetrometrica Superpesante DIN 1 23

5 RISPONDENZA ALLA NORMATIVA SISMICA 25

5.1 Caratteristiche sismiche locali 27

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 29

I diritti di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compreso fotografie analogiche, digitali, copie fotostatiche, realizzate con qualsiasi apparecchiatura) sono riservati in tutti i paesi. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza l'autorizzazione scritta dell'Autore.

1 PREMESSE

L'area oggetto di intervento è ubicata tra i Comuni di Deiva Marina e Framura (SP), presso la spiaggia di localita Fornaci e nello specchio acqueo antistante.

A seguito dei danni registrati per la mareggiata dell'Ottobre 2018, il Comune di Framura ha avviato attività di ripristino e mitigazione idraulico-marittima sull'intero litorale di pertinenza attraverso un programma dettagliato di opere presso la sua fascia costiera e le sezioni idrauliche terminali del Torrente Castagnola.

Le finalità sono quella di rigenerare gli apparati pesantemente danneggiati dagli eventi meteo-marini intensi dell'autunno 2018 e, al contempo, di rafforzare le misure di protezione per perseguire una migliore stabilità e resilienza della struttura costiera, delle infrastrutture limitrofe e delle spiagge.

Gli interventi relativi al progetto di cui trattasi riguardano opere di sistemazione e protezione del litorale, con la realizzazione di opere di difesa costiera sommerse artificiali ed il ripascimento strutturale della spiaggia in località Fornaci, fortemente impattata dall'evento eccezionale.

Queste tipologie di intervento risultano fondamentali per garantire il ripristino e la fruizione, soprattutto durante la stagione balneare, delle aree del litorale del Comune di Framura e del Comune di Deiva Marina. Data la conformazione della costa ligure, questi tratti costieri risultano pienamente esposti alle mareggiate, sempre più frequenti, provenienti dal Libeccio: necessitano, pertanto, di opere di protezione, associate ad una coerente attività di manutenzione cadenzata e correttamente programmata.

L'intervento a progetto è complesso e genererà un meccanismo di leva, a partire dall'eliminazione delle situazioni di rischio mareggiate elevato, la protezione da erosione alla base delle fondamenta degli edifici prossimi alla spiaggia e l'erosione della spiaggia stessa.

2 INTERVENTI A PROGETTO

Preliminarmente all'avvio della stagione balneare del 2019, sono stati realizzati un modesto ripascimento stagionale della spiaggia di Fornaci di Framura, utilizzando il materiale di sovralluvionamento presente alla foce del Torrente Castagnola, e il consolidamento della scogliera di levante mediante l'apporto di massi a rinforzo della

fondazione, scalzata dall'azione del moto ondoso. Sono state ripristinate anche opere accessorie all'utilizzo del litorale.

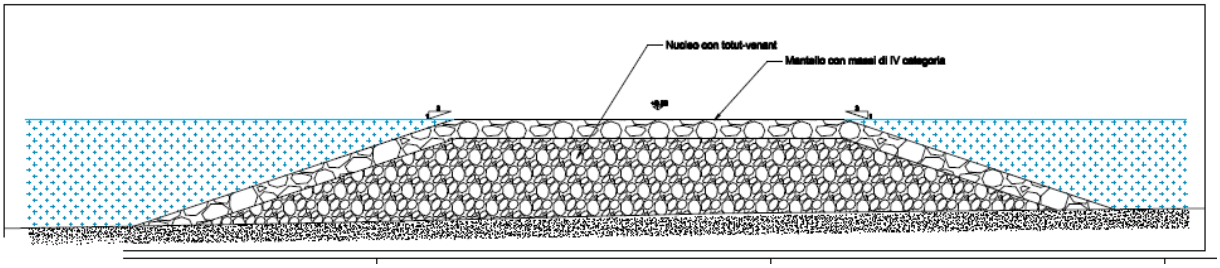
Attualmente, è in fase di realizzazione una seconda fase di riqualificazione e consolidamento della spiaggia di Fornaci di Framura, attraverso un'opera di ripascimento operata utilizzando il materiale alluvionale in eccesso presente nell'ultimo tratto dell'asta fociva del torrente Castagnola, recuperato, in particolare, negli ultimi 450 metri di alveo, fino al ponte carrabile di collegamento fra la localita di Fornaci ed il centro di Deiva Marina, situato a monte della linea ferroviaria Genova - La Spezia. Questo ripascimento viene effettuato ciclicamente per mantenere il volume della spiaggia circa costante e, al contempo, il letto del fiume pulito, in modo tale da ottenere una migliorare officiosità delle sezioni di deflusso del reticolo per migliorare le condizioni di sicurezza idraulica.

Il progetto prevedrà, in sintesi, di:

- realizzare un'opere di difesa a mare consistenti in due secche artificiali semisommerse poste alle basi dei promontori che racchiudono la spiaggia (a ponente e a levante).

- Ristrutturare la spiaggia mediante ripascimento.

Per ridurre il fenomeno di erosione della costa da parte di forti eventi marini come quelli avvenuti, è prevista la realizzazione di due secche artificiali semisommerse ai limiti estremi del golfo naturale della spiaggia. Si tratta, in particolare, di due "isolotti" artificiali, con ampiezza berma 10 m, lunghezza berma 40 m, pendenza scarpata interna 2/1, pendenza scarpata esterna 3/1. Questi saranno fondati ad una profondità variabile da -4 m a -6 m, e avranno un nucleo in scapoli, massi di prima e seconda categoria, e mantellate di quarta categoria, disposti "alla rinfusa".



Sezione tipo della secca artificiale (fuori scala - da progettisti).



Pianta degli interventi in progetto su ortofoto - secche (fuori scala - da progettisti).

Attraverso la realizzazione delle opere di difesa costiera descritte precedentemente, sarà possibile realizzare un ripascimento strutturale dell'intera spiaggia, allocando circa 100.000 mc di materiale litoide adeguato e conforme al paraggio in cui si trova la spiaggia.

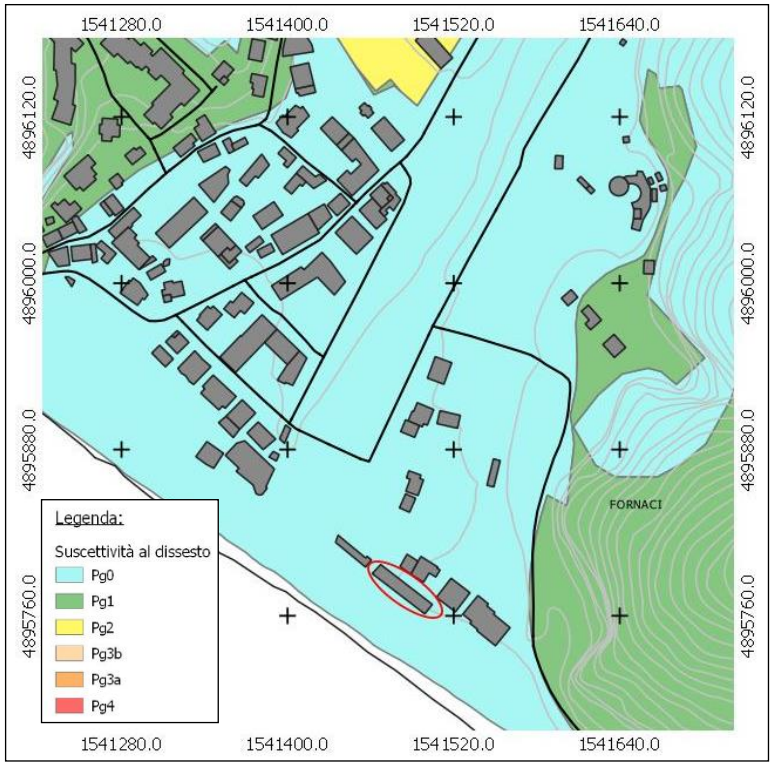
Comune di Framura Prot. n. 0003710 del 13-10-2020

3 NORMATIVA GEOLOGICA DI RIFERIMENTO – VERIFICA DI COMPATIBILITÀ

3.1 PIANO DI BACINO – AMBITO 18 - TORRENTE GHIARARO

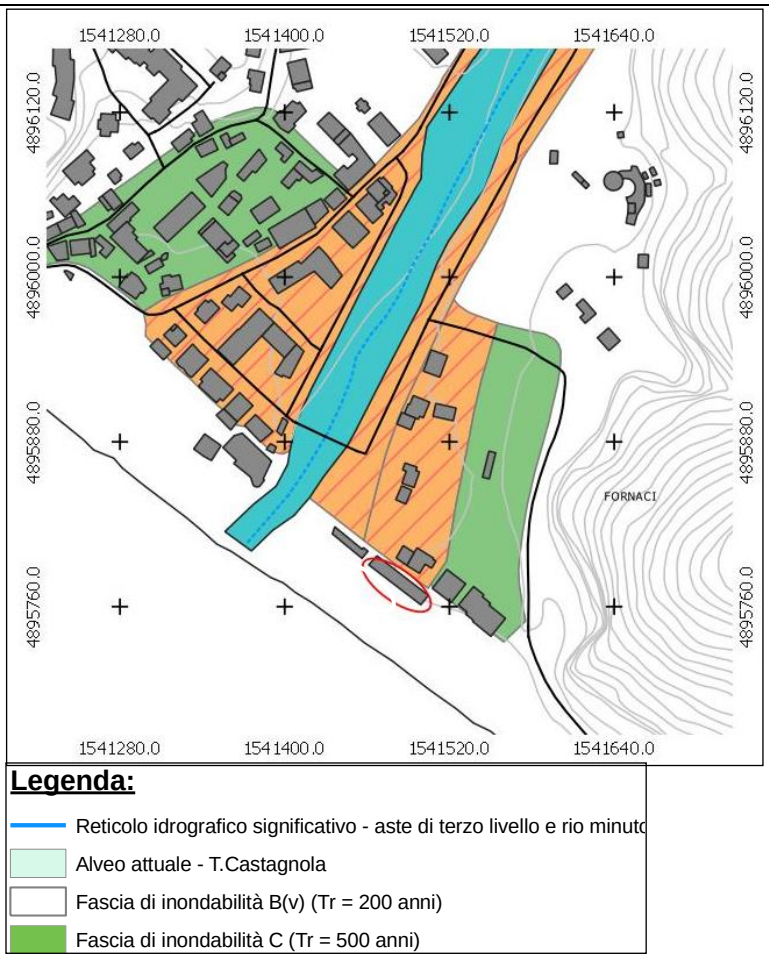
La consultazione della cartografia tematica ha fornito i seguenti risultati:

1) Carta della Suscettività al Dissesto: la porzione di spiaggia presso cui verrà realizzato il progetto nella categoria con suscettività molto bassa (Pg0).



Carta della suscettività al dissesto con indicazione dell'area in studio (Piano di Bacino_Ambito 18 – T.Ghiararo. Scala 1:5.000; Sistema di Riferimento Gauss - Boaga).

2) Carte del Reticolo Idrografico e delle fasce di inondabilità: L'area in oggetto non risulta cartografata in alcuna fascia di inondabilità.



Carta delle fasce di inondabilità e del reticolo idrografico con indicazione dell'area di studio (Piano di Bacino_Ambito 18 – T. Ghiararo. Scala 1:5.000; Sistema di Riferimento Gauss - Boaga).

L' intervento edilizio a progetto è, quindi, da ritenersi assentibile nei riguardi della normativa di Piano di Bacino, senza necessità di parere regionale.

3.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Dalla consultazione delle apposite carte tematiche provinciali e comunali, si riscontra come la zona di spiaggia alle spalle dell'intervento **NON** ricada all'interno dei settori sottoposti a regime di *Vincolo Idrogeologico*.

3.3 ZONIZZAZIONE GEOLOGICA E SUSCETTIVITÀ D'USO DEL TERRITORIO – P.U.D. DI FRAMURA E DEIVA MARINA

Le attività a progetto risultano compatibili con la destinazione d'uso prevista dai P.U.D. comunali, nonché con quanto previsto dalla normativa geologica a corredo di rispettivi P.U.C.

3.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA

I settori di Framura e Deiva Marina sono classificati in zona sismica 3 (D.G.R 216 del 17/03/2017).

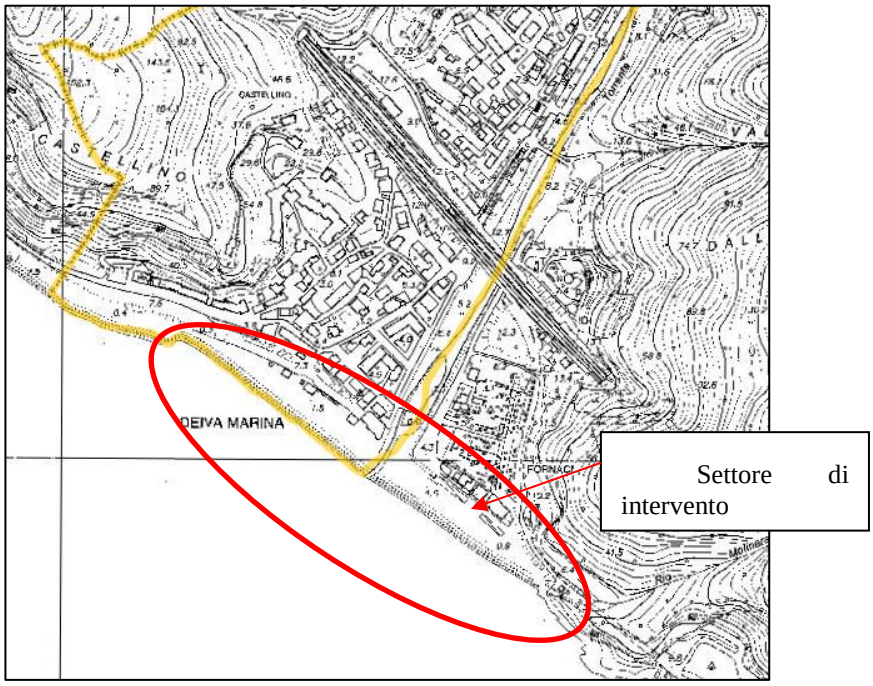
Già con l'entrata in vigore del D.M. 14/1/2008 la stima della pericolosità sismica veniva definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente"; ciò è riconfermato all'interno del nuovo D.M. del 17/01/2018. Si veda, a tal proposito, il relativo paragrafo, dove sono forniti i parametri sismici per la determinazione dell'azione sismica di progetto (§ 3.2 del D.M. 17.01.2018).

3.5 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOGRAFICO

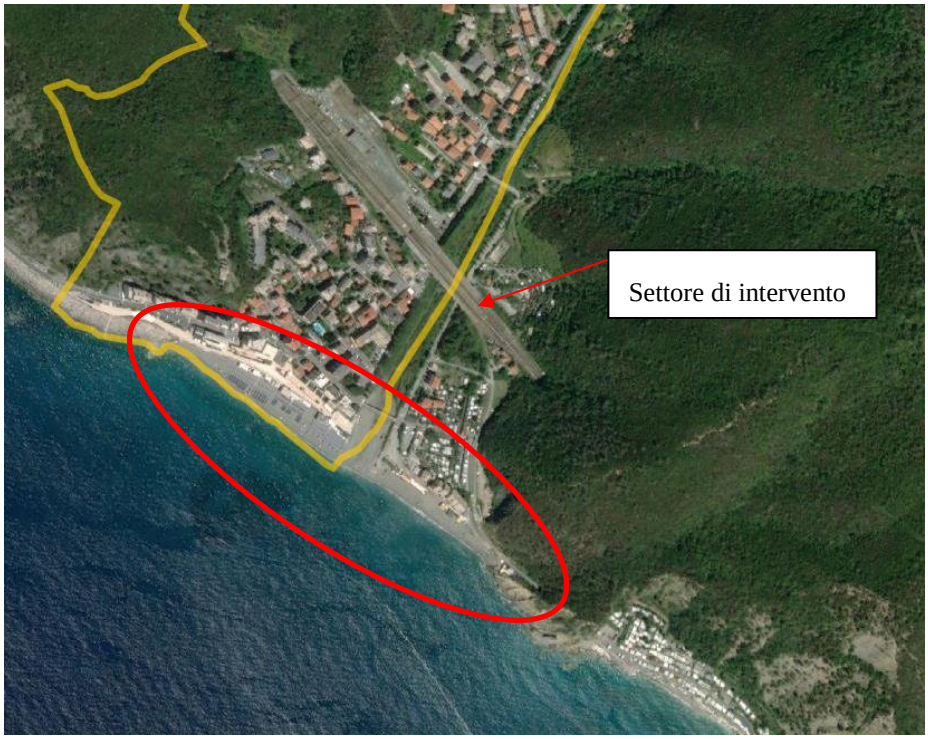
L'area oggetto di intervento si trova presso il paraggio compreso fra le municipalità di Framura e Deiva Marina, in particolare presso Località Fornaci, alla sinistra orografica dell'estuario del Torrente Castagnola, in corrispondenza delle seguenti coordinate (baricentro dell'area, sistema di riferimento GAUSS BOAGA):

- Longitudine: 1541480.638 E
- Latitudine: 4895779.766 N

Da un punto di vista corografico, la zona in studio è reperibile presso il settore centro-occidentale del Foglio C.T.R. n° 232150.



Inquadramento cartografico con indicazione dell'area in studio (Carta Tecnica Regionale).



Inquadramento su ortofoto con indicazione dell'area in studio – Fonte I.G.M.

Il settore in oggetto è situato ad una quota di circa 3 metri s.l.m.m., nella porzione retrostante di spiaggia framurese, la cui esposizione, in questa zona, traguarda quadranti Sud - occidentali.

3.6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Geologicamente, l'area d'intervento è reperibile al margine inferiore del Foglio 232 "Sestri Levante" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000.

Le fasi di accertamento geognostico sono state precedute da rilievi di campagna che hanno permesso la ricostruzione del contesto geologico dell'ambito in studio.

In particolare, è stato possibile identificare le formazioni rocciose che comandano l'assetto locale, nonché i principali lineamenti tettonici e le caratteristiche dei depositi di spiaggia presso cui si procederà ad intervenire con la proposta progettuale.

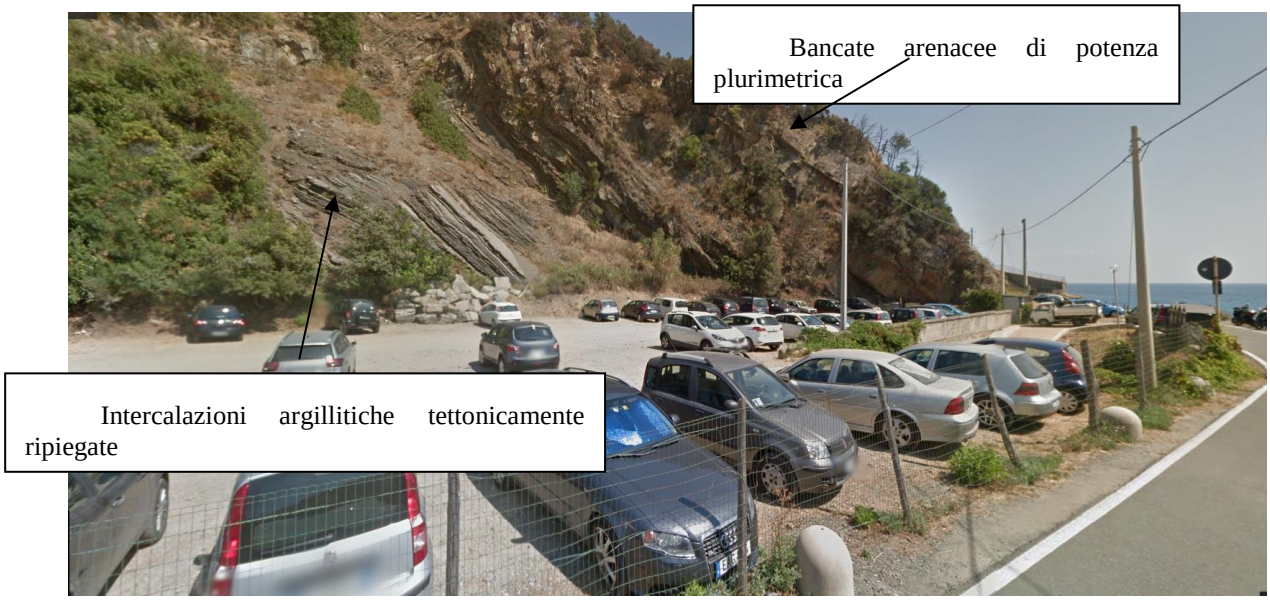
L'ossatura geologica del tratto di costa compreso fra i settori di Deiva Marina e di Framura è rappresentata dalla Formazione delle Arenarie del Monte Gottero, flysch del Cretaceo tardo-Superiore generato dalla litificazione di sedimenti di origine continentale quali arenarie e arenarie conglomeratiche, con intercalazioni argillitiche maggiormente deformate sotto il profilo duttile.

Le stratificazioni presentano potenze considerevoli, da metriche a plurimetriche.

Vasti volumi del substrato roccioso affiorano con continuità a Nord-Est della zona di intervento, a circa 125 metri in linea d'aria.

Strutturalmente, l'ammasso roccioso immerge con continuità in direzione Sud/Sud-Ovest, con inclinazioni comprese fra i 45° e i 60°; l'assetto, lungo la costa, è di franappoggio.

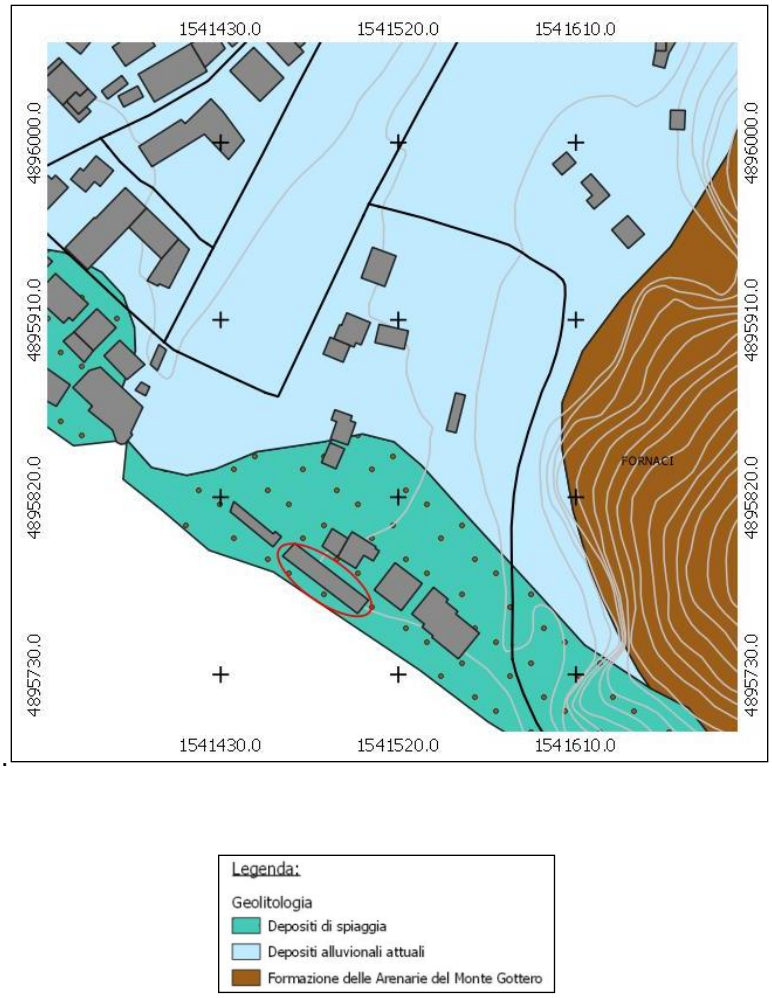
Come detto, sono rilevabili intercalazioni argillitiche fissili, caratterizzate da importanti sistemi plicativi che ne accomodano la deformazione di vergenza appenninica; le bancate arenacee tendono, invece, a reagire fragilmente alle deformazioni stesse, con genesi di sistemi di fratturazione piuttosto pervasivi e lineamenti di faglia orientati circa Nord – Sud.



Affioramento roccioso appena retrostante alla spiaggia di Loc. Fornaci.

Per quanto riguarda il comparto di spiaggia, i sedimenti distribuiti dal moto ondoso lungo il litorale di Deiva Marina e Framura trovano origine dal trasporto solido trasferito dal Torrente Castagnola, soprattutto durante le fasi di piena.

Dal punto di vista sedimentologico, si tratta di elementi riconducibili alle diverse litologie affioranti nel bacino idrografico del Torrente Castagnola: dominano le classi granulometriche delle ghiaie, anche grossolane, con presenza non trascurabile di trovanti lapidei di dimensione anche pluridecimetrica. La matrice risulta mediamente subordinata e rappresentata da sabbie medio-fini.



Carta geolitologica del settore in studio (Scala 1:3.500_ Sistema di Riferimento Gauss - Boaga).

Dal punto di vista geomorfologico, il contesto della riva deivese e framurese localizzato alla foce del T. Castagnola è rappresentato dall'ambiente costiero di spiaggia.

Si tratta di un sistema dinamico molto particolare e delicato, all'interno del quale interagiscono più dinamiche deposizionali, con accumulo di terreni sedimentari a diversa granulometria (ghiaie e sabbie), secondo un gradiente di inclinazione variabile nel tempo e soggetto ad un bilancio sedimentario. Le costanti variabilità del profilo e dell'inclinazione della linea di battigia sono direttamente legate alla mutua combinazione dei regimi energetici del moto ondoso e degli impulsi fluviali, a loro volta dipendenti dagli apporti meteorici.

I sedimenti trasportati dal reticolo idrografico principale, in particolare dal Torrente Castagnola, vengono distribuiti dalla componente longitudinale del moto ondoso e depositati in funzione dell'energia del moto stesso; l'interazione con le antropizzazioni costiere può

comportare significative variazioni al bilancio sedimentario di spiaggia, con diffusi fenomeni di erosione e deficit sedimentario.

Nel caso di cui trattasi, i sedimenti presenti in situ sono ascrivibili alle litologie che dominano l'intero bacino idrografico, ovvero terreni derivanti dalla detrizione di rocce magmatiche di fondo oceanico (Formazione del Bracco- Val Graveglia) e delle relative coperture sedimentarie (Diaspri, Calcari, Argille e Flysch arenaceo-argillitici di origine continentale). La moda sedimentaria del contesto di spiaggia vede le ghiaie, anche grossolane, come termine dominante, seguite da una presenza subordinata di sabbia medio-fine.

La violenta mareggiata, che ha investito fra il 29 ed il 30 ottobre scorsi la costa orientale della Liguria, ha fortemente danneggiato le strutture ricettive balneari e le retrostanti strutture insediative, provocando ingenti danni all'economia locale.

Fra i principali problemi registrati, sicuramente la sponda framurese ha visto un importante arretramento della linea di costa, dell'ordine di circa 10 metri.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, i terreni presenti nell'area oggetto di intervento presentano le seguenti caratteristiche:

- Sedimenti di spiaggia ghiaioso-sabbiosi: permeabili per permeabilità primaria (porosità);
- formazione delle Arenarie del Monte Gottero: normalmente impermeabile, localmente caratterizzati da una discreta permeabilità di tipo secondario (fessurazione/fratturazione), e limitatamente di tipo primario.

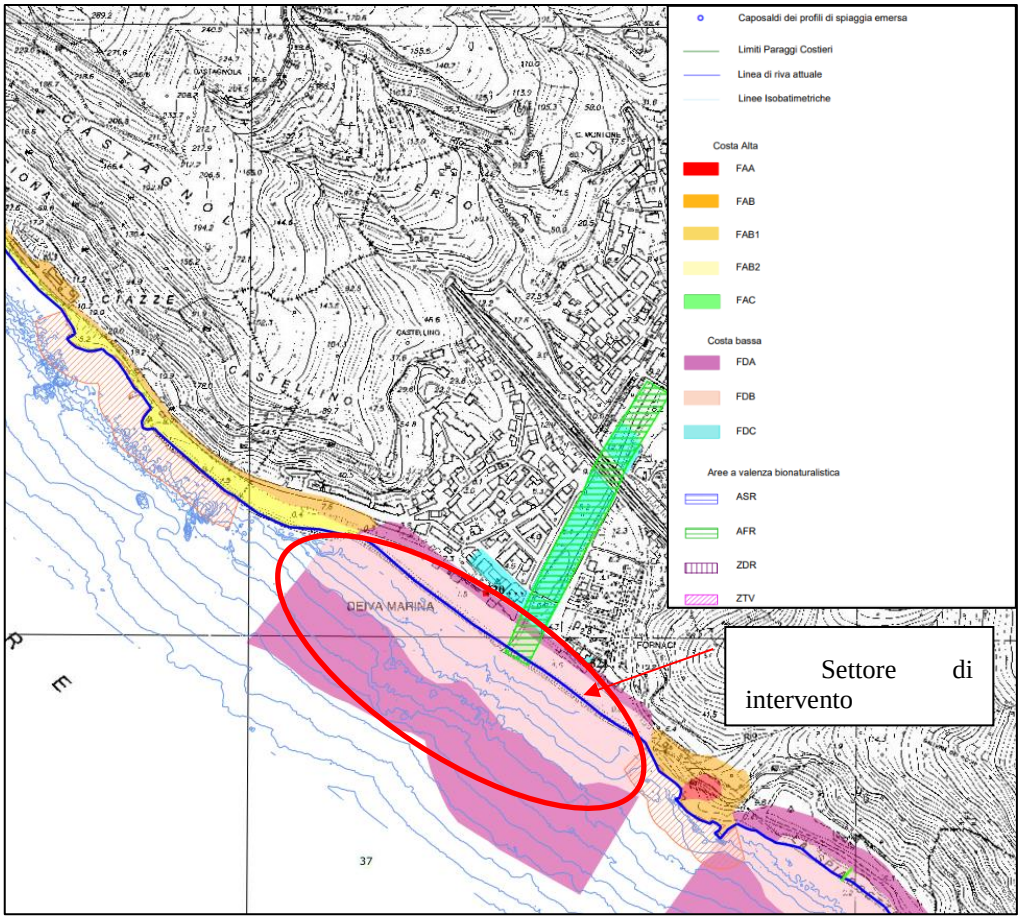
Il comparto risulta essere in condizioni di quasi totale saturazione, in dipendenza dell'ingressione marina dalla linea di battigia: il livello saturo è, infatti reperibile, in base alla localizzazione, fra i -2 e i -3 metri dal p.c.

❖ Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero

Gli interventi previsti rientrano all'interno del Paraggio Deiva marina/Framura Loc. Fornaci, secondo L'art. 41 Legge Regionale N° 20/2006 - Piano Di Tutela Dell'ambiente Marino e Costiero della Regione Liguria; si tratta del Paraggio Costiero riportato all'interno degli Ambiti 16, 17 e 18, Unità fisiografiche Moneglia, Deiva, Ghiararo, Cinque Terre, Muzzerone, Golfo della Spezia e Magra.

In particolare, la Carta dei Regimi Normativi distingue, all'interno del settore in studio, ambiti ricadenti in 3 distinte classi:

- le aree delle spiagge, emersa e sommersa comprese fra i territori della municipalità di Deiva Marina e Framura, rientrano nella zona di fascia dinamica **FDA** (area a pericolosità alta) e **FDB** (area a pericolosità media);



Inquadramento vincolistico tratto dalla Carta dei Regimi Normativi a corredo del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Ambiti 16, 17 e 18.

Secondo le disposizioni di cui all'art.8 comma 2 delle Norme di Attuazione, nella **fascia dinamica FDA**, che si estende dalla profondità di chiusura della spiaggia sommersa al limite del run-up massimo per onde di qualsiasi provenienza con un tempo di ritorno di 1 anno, non è consentita la realizzazione di opere riflettenti il moto ondoso, come definite all'articolo 5 comma 1 lett. o.

Nel caso di opere riflettenti già esistenti, nelle more dell'applicazione delle misure di intervento vincolanti di cui all'articolo 6 comma 5, sono consentiti interventi di modifica a

Comune di Framura Prot. n. 0003710 del 13-10-2020

condizione che diminuiscano gli effetti di riflessione del moto ondoso e che l'impronta dell'opera non sia ampliata verso mare.

Nella fascia dinamica FDB (art.8 comma 3), che si estende dalla profondità di chiusura della spiaggia sommersa al limite del run-up massimo per onde di qualsiasi provenienza con un tempo di ritorno di 50 anni, *fermo restando che alla realizzazione di ogni nuovo manufatto si può procedere secondo modalità tali da limitare al massimo i fenomeni di riflessione del moto ondoso e i manufatti esistenti siano resi ove possibile meno riflettenti*, non è consentita la realizzazione di opere marittime di difesa costiera parallele alla costa, sia aderenti sia distaccate. Sono fatti salvi gli interventi di manutenzione di opere marittime esistenti di difesa costiera parallele alla costa finalizzati alla tutela della pubblica e privata incolumità, nonché gli interventi di ripristino che non comportino aumento delle dimensioni preesistenti dell'opera.

3.7 MORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA SOMMERSA

L'area oggetto di studio è caratterizzata dalla presenza degli insediamenti della località Fornaci di Framura e di Deiva Marina, e dalle attrezzature delle attività presenti sulla spiaggia nel periodo estivo. La spiaggia ha una morfologia molto particolare, quasi unica in Liguria, poiché non rientra propriamente all'interno delle cosiddette "Pocket Beach", racchiusa tra due promontori, ma risulta essere quasi aggettante rispetto alla costa alta che la delimita a ponente e a levante.

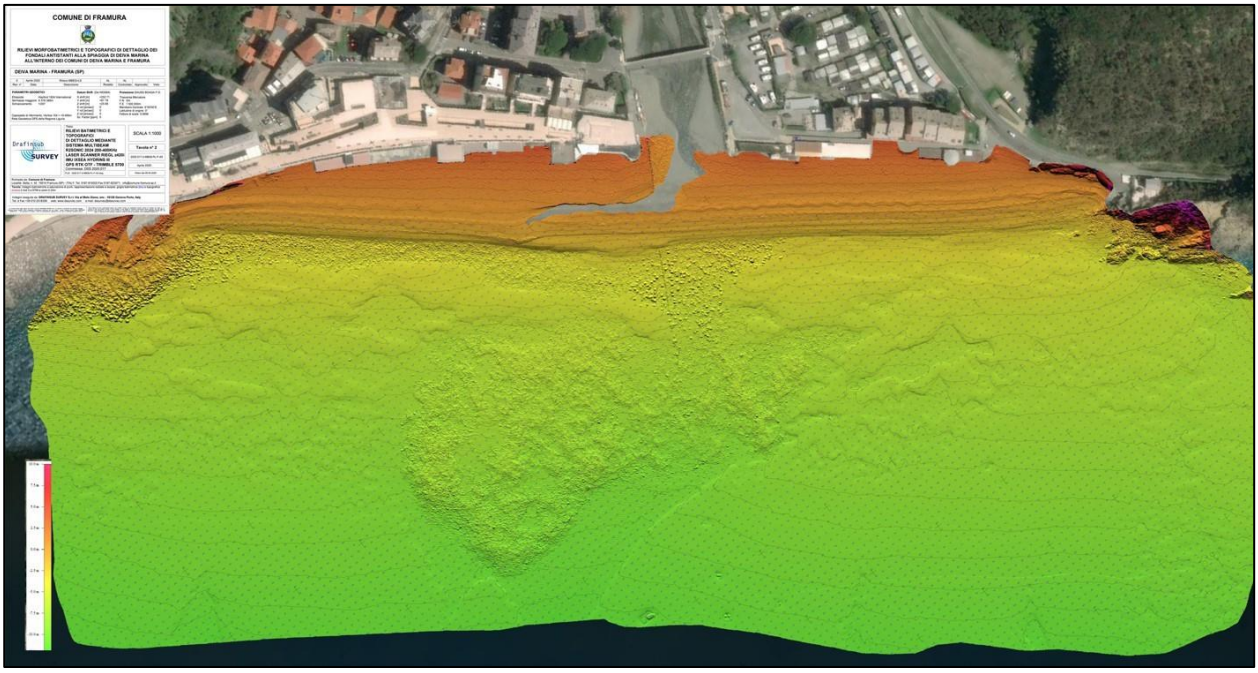


Localizzazione di dettaglio dell'area interessata dal progetto su ortofoto (da https://geoportal.regione.liguria.it/).

La sua falcatura, infatti, non ha la tipica forma arcuata concava ma presenta un assetto planimetrico pressoché rettilineo, se non debolmente convesso. Questa particolarità è dovuta essenzialmente al notevole trasporto solido del torrente Castagnola che, nel tempo, ha completamente saturato il vecchio golfo fino a superarne i limiti laterali.

L'evoluzione morfologica recente ed attuale permette che i sedimenti trasportati dal torrente vengano presi in carico dalle ondazioni, formando una spiaggia sottomarina che viene modellata in senso prevalentemente trasversale dal mare dominante di libeccio.

Anche la morfologia della spiaggia sottomarina evidenzia questa caratteristica, come si può verificare dalle isobate essenzialmente parallele alla linea di riva ed alla direzione del tratto di costa.



Rilievi morfobatimetrici e topografici di dettaglio (fuoriscala da Drafinsubsurvey S.r.l.).

4 INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE

4.1 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO-GEOTECNICA DI AMBITO

La zona in oggetto è stata indagata svolgendo una campagna di indagini geognostiche indirizzate, visto il particolare contesto in studio, all'esecuzione di un rilievo geofisico mediante metodologia geoelettrica multielettrodo.

La strumentazione per indagini geoelettriche utilizzata è costituita dal georesistivimetro Syscal Pro a 10 canali, prodotto da IRIS Instruments, con 48 elettrodi in acciaio e cavi multitraccia dotati di 24 take out per la connessione degli elettrodi, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- *10 canali per acquisizione simultanea di resistività e polarizzazione indotta;*
- *Sistema di switch integrato a 96 elettrodi;*
- *250 W di potenza;*
- *Potenziale agli elettrodi di trasmissione fino a 800V;*
- *Intensità di corrente fino a 2,5A.*

In fase di acquisizione, lo stumento **Syscal Pro** esegue la continua ed automatica compensazione del potenziale spontaneo, caratteristica fondamentale, specie nei casi, non rari, in cui tale valore può eccedere la decina di mVolts.

Come per altri metodi d'indagine non invasivi, la finalità dei metodi geoelettrici è quello di ottenere informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo attraverso una serie di misure effettuate in superficie.

Il principio metodologico si basa sulla misura del campo elettrico indotto nel terreno con appositi dispositivi elettrodici costituiti da due coppie di elettrodi infissi nel terreno (configurazione detta quadripolo). Nel quadripolo una coppia di elettrodi costituisce il circuito per l'induzione del campo elettrico nel terreno (dipolo di corrente: convenzionalmente elettrodi A e B), mentre l'altra coppia (dipolo di potenziale: M e N) rappresenta il circuito di misura della differenza di potenziale (d.d.p.) generata nel terreno dal passaggio della corrente stessa.

Tramite la legge di Ohm (modificata) è possibile risalire al valore di resistività (ρ) caratteristico dei materiali presenti. Infatti, qualora agli estremi di un conduttore venga applicata una differenza di potenziale ΔV, in esso passerà una corrente d'intensità I che è legata alla differenza di potenziale stessa (legge di Ohm):

$$\Delta V/I = R$$

dove R, resistenza elettrica, è funzione della natura e dalle caratteristiche geometriche del conduttore. Nei sopra citati metodi geoelettrici, la formulazione della legge di Ohm diventa:

$$\Delta V/I = \rho K$$

in cui: K è il coefficiente geometrico proprio del conduttore.

Il valore della resistività dei materiali dipende essenzialmente dalle seguenti caratteristiche:

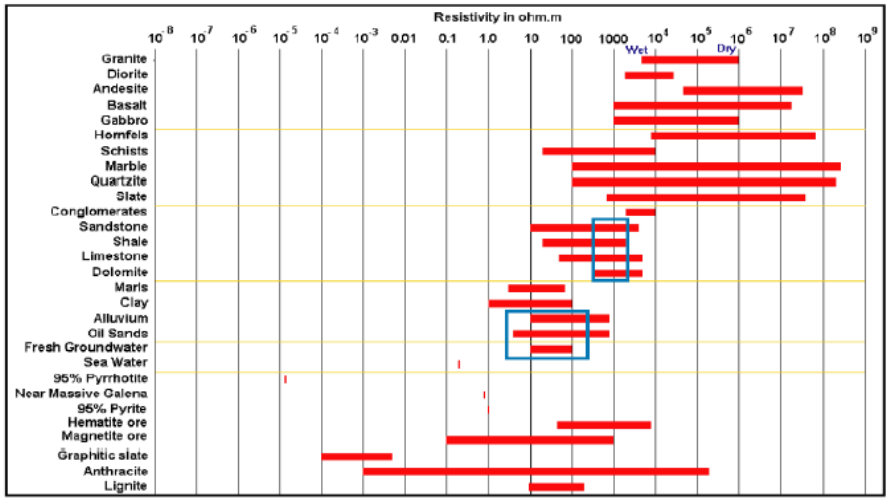
- grado di saturazione dei pori;
- porosità; presenza e composizione dei fluidi;

- temperatura;
- eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.);
- presenza di argilla;
- grado di compattazione.

Ogni tipologia di terreno o corpo roccioso presenta un ampio campo di variazione dei propri valori di resistività, che dipende dal grado di omogeneità, dal livello di alterazione e, nel caso di rocce litoidi, dal grado di fratturazione. Un'eccezione a questa regola è costituita dalle argille che, anche quando compatte, hanno sempre valori di resistività estremamente modesti, dovuti alla presenza di cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di tale granulometria che offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti.

In tutte le condizioni, la presenza d'acqua svolge sempre un ruolo importante, tanto che, terreni sabbioso-limosi o ghiaioso-sabbiosi, se saturi, risultano sempre più conduttivi rispetto ai medesimi asciutti.

Per quanto sopra brevemente esposto, i metodi geoelettrici vengono applicati con successo come integrazione di indagini dirette per definire la natura dei terreni e/o litotipi nella ricostruzione di profili stratigrafici.



Campi di variazione dei valori di resistività di sedimenti, rocce e alcuni minerali.

4.2 RISULTATI DELLA PROSPEZIONE GEOELETTRICA

Nello schema di seguito riportato vengono indicate le caratteristiche specifiche dell'acquisizione e i relativi settaggi.

Linea	Passo	Elettrodi	Lunghezza	Array	Misure	Tx max	Vab	Misura	Durata	Stack (min-max)	Q
				Wenner;	360						1%
ERT1	2.00 m	48	96 m	Polo-Dipolo	1230	800mV	400mV	***Rho***	250 ms	2-5	2%
				Dipolo-Dipolo	1200						2%

Riepilogo della impostazioni dell'indagine geoelettrica condotta.

Le migliori acquisizioni (Wenner, Polo-Dipolo) sono state successivamente combinate in fase di elaborazione.

Le misure Dipolo-Dipolo, giudicate troppo affette da disturbo ambientale, sono state escluse dalla fase di processing.

Prima della conclusione delle attività di campo viene eseguito un accurato controllo della qualità dei dati (data screening) già al termine della fase di misura.

La campagna di indagine realizzata ha consentito di osservare in profondità l'andamento dei depositi presenti.

L'indagine Geoelettrica rileva delle resistività sono piuttosto basse, indici della presenza di materiale sciolto imbibito d'acqua o di materiale litoide argillitico fratturato ricco in acqua.

Gli andamenti sono un po' irregolari, con evidenti variazioni laterali riconducibili alla presenza di materiali più grossolani, come i grandi trovanti visibili a piano campagna.

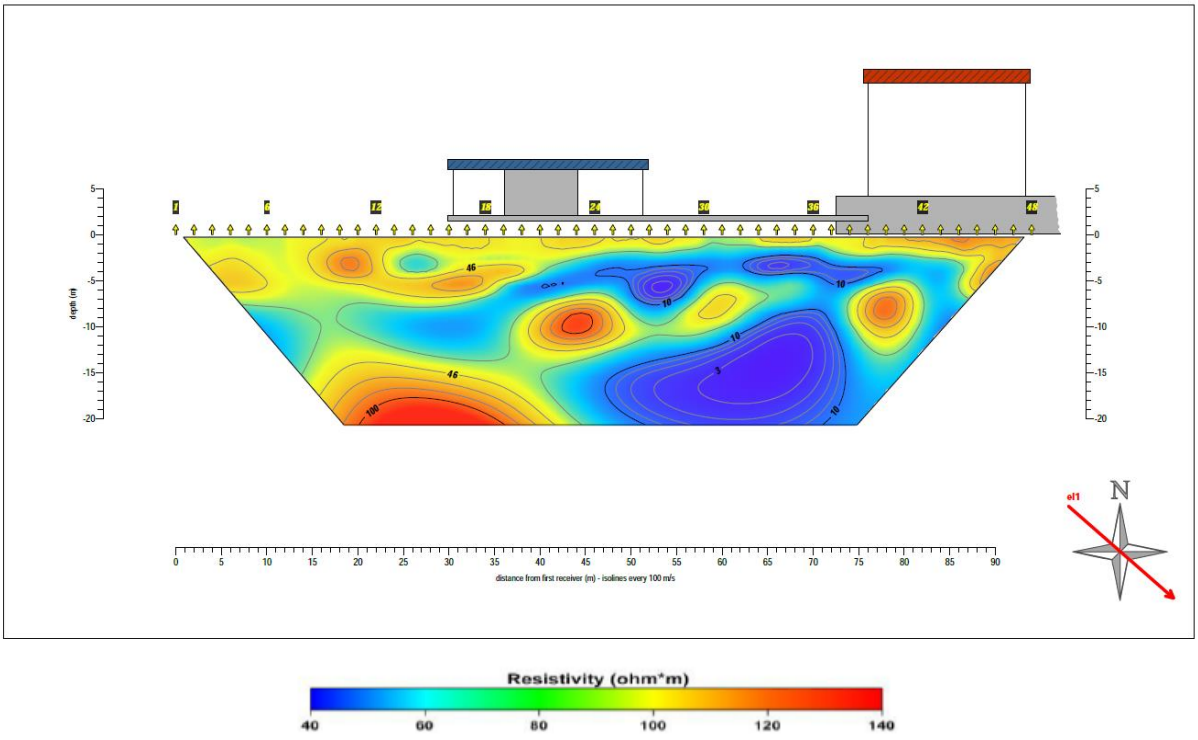
Dalle indagini eseguite, si può evincere come il contesto di spiaggia in cui è stata svolta la prova presenti stratificazione non piano parallela e variazioni significative di granulometria del deposito.

L'interpretazione dei segnali registrati porterebbe ad escludere la presenza di roccia, o almeno di una roccia sana poco permeata da acqua salmastra.

In direzione NW, in corrispondenza dell'inizio della stesa si rileva la presenza di un corpo più resistivo a profondità compresa tra 15 e 20 m. da p.c. questo potrebbe essere legato alla presenza di un livello più coeso e meno fratturato.



Planimetria ortofotografica con la traccia dell'acquisizione geoelettrica svolta.



Sezione geoelettrica interpretata.

4.3 PROVE PENETROMETRICHE

Lo scrivente ha di recente realizzato, appena a tergo dell'area di sedime, n° 2 prove prove penetrometriche superpesanti mediante **Penetrometro Superpesante TG 63/73-100**

Pagani, che hanno permesso di indagare compiutamente, sotto il profilo geotecnico, i terreni alluvionali presso il tratto focivo del Torrente Castagnola, ovvero gli stessi sedimenti ridistribuiti dal moto ondoso sulla spiaggia.

Nell'Allegato 1 è riportata la planimetria tecnica con il posizionamento delle indagini svolte.

L'attrezzatura penetrometrica dinamica è stata utilizzata in configurazione standard - superpesante MEARDI-AGI (come da norme A.G.I., 1977); di seguito si riportano le caratteristiche della strumentazione:

Peso massa battente	M= 73,00 kg	Angolo d'apertura punta	β= 60°
Peso sistema di battuta	p = 0.63 kg	Lunghezza cadauna asta	La = 0,90 m
Altezza di caduta libera	H = 0.75 m	Peso asta per metro	Ma=6.20 kg/m
Diametro punta conica	Dp = 51.00 mm	Prof. 1^ aggiunta asta	P1 = 0.30 m
Area base punta conica	Ap = 20.43 cm^2	Penetrazione standard	δ = 0.30 m

La PGE valuta il rendimento medio del dispositivo di battuta come pari al 73%.

Di seguito sono riportate le tabelle ed i diagrammi indicanti, per ciascuna prova (indicate con le sigle DIN n) , il numero di colpi N30 per ogni infissione di 30 cm, nonché il valore corrispondente della resistenza dinamica alla punta Rpd.

Quest'ultimo valore è stato ottenuto con una formula empirica detta "degli olandesi" ed è un parametro caratteristico dello stato di addensamento e di consistenza del terreno; può essere utile per confrontare acquisizioni derivanti da attrezzatura strumentale differente, per correlazioni con la resistenza alla punta del penetrometro statico, o per valutazioni speditive del valore di carico ammissibile.

Tale formulazione risulta essere:

$$Rpd = \frac{M2 \times H}{AP \times e \times (M + P)}$$

dove:

M (kg) = massa battente; **H** (cm) = altezza di caduta; **AP** (cm^2) = area della punta conica;

e (cm) = infissione per colpo = δ (cm)/N ; **P** (kg) = peso totale aste

Per effettuare una valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati, si fa comunemente riferimento alle correlazioni tra il numero di colpi misurati $N_{DPSHA-AGI}$ e quello delle prove in foro di sondaggio *SPT* (Standard Penetration Test) $N_{SPT.}$

Si può, in tal senso, utilizzare il rapporto tra l'energia specifica per colpo dei due strumenti (*Pasqualini, 1983*, *Bruzzi & Cestari, 1983*); l'energia specifica per colpo è definita dalla formula seguente :

$$Q = (MH) / (A\delta)$$

da cui si ottiene

$$\beta = \frac{Q_{1\,(DPSH-AGI)}}{Q_{2\,(SPT)}} = \frac{M_1 H_1 A_2 \delta_2}{M_2 H2_1 A_1 \delta_1} = 1.15$$

da cui <u>teoricamente</u> $N_{SPT} \cong \beta\ N_{DPSH-AGI} \cong 1.15\ N_{DPSH-AGI}$

In una delle più recenti ed esaustive pubblicazioni in materia (*Cestari, 1990-2005*) viene fornita una correlazione empirica media ricavata da una serie di dati sperimentali ottenuti da vari autori (*S.G.I* e Tissoni 1987) per confronto diretto con le prove SPT, che è espressa dalla seguente formula

$$N_{DPSH-AGI} \cong 0.50 - 0.57\ N_{SPT}$$

da cui si ricava

$$N_{SPT} \cong 1.75 \div 2\ N_{DPSH-AGI}$$

Sulla base dell'esperienza maturata dallo scrivente in materiali prevalentemente granulari, si ritiene che quest'ultima correlazione sia da considerarsi valida, ancorché ampiamente cautelativa, sempre nei casi in cui non venga registrato attrito significativo sulle aste.

Qualora, invece, si riscontrasse un attrito laterale molto elevato (registrato come vedremo tramite la rotazione delle aste ed anche riconoscibile sull'andamento dell'istogramma) e si fosse in presenza di terreni con componente coesiva significativa e/o prevalente, sulla base delle indicazioni bibliografiche (Cestari 1990 , Lopresti Puci 2001), si ritiene più attendibile, e comunque maggiormente cautelativa, la seguente relazione:

$$N_{SPT} \cong 1 - 1.2\ N_{DPSH\text{-}AGI}$$

Tutte le prove sono state spinte sino al raggiungimento del rifiuto sperimentale (con tale termine si intende che il maglio rimbalza ripetutamente sulla testa - incudine delle aste senza provocare alcun significativo avanzamento).

Nella tabella seguente si indica la profondità esatta del rifiuto con il relativo numero di colpi registrati all'ultima battuta ed eventuali osservazioni sulle modalità del rifiuto:

N. Prova	Profondità di arresto dal p.c.	*Rifiuto* : avanzamento in cm dell'ultimo step di lettura x N di colpi	*Note*
DIN1	4.45 m	25 cm x 16 colpi	*Il maglio rimbalza molto vistosamente senza avanzamento*
DIN2	15,60 m	20 cm x 18 colpi	*Si riscontra una notevole distorsione delle aste ed il maglio rimbalza senza un avanzamento significativo*

Nella tabella seguente si fornisce un'indicazione significativa, ancorché qualitativa, dell'influenza dell'attrito (per poter meglio caratterizzare i terreni investigati) e delle note registrate durante la realizzazione delle prove.

Si tengano presenti le seguenti definizioni:

- attrito laterale nullo o trascurabile = le aste ruotano agevolmente ;
- attrito laterale moderato = le aste ruotano con sforzo delle chiavi;
- attrito laterale elevato = le aste sono bloccate o ruotano a malapena con sforzo notevole.

Sigla. prova	*Attrito nullo*	*Attrito moderato*	*Attrito Forte*

DIN1	da p.c. a 3.30 e	da 3.30 a fondo foro	
DIN2	da p.c. a 5.30	Da 5.30 a 8.70	Da 8.70 a fondo foro

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI :

- *Cestari (1990) Prove geotecniche in situ; ed GEO-GRAPH. Segrate*
- *D. Bruzzi, F. Cestari (1983), "Attrezzature e modalità esecutive delle prove penetrometriche"; Atti dell'Istituto di scienza delle costruzioni. Politecnico di Torino*
- *E. Pasqualini (1983), "Standard Penetroation Test"; Atti dell'Istituto di scienza delle costruzioni. Politecnico di Torino*

Si riportano di seguito le risultanze delle prove dirette eseguite.

4.3.1 Prova Penetrometrica Superpesante DIN 1

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DIN 1
TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	11.93	4.50	11.93	Skempton 1986	37.1

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	11.93	4.50	11.93	De Mello	28.23

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	11.93	4.50	11.93	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m^3)
Strato 1	11.93	4.50	11.93	Meyerhof ed altri	1.79

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m^3)
Strato 1	11.93	4.50	11.93	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	11.93	4.50	11.93	Navfac 1971-1982	2.51

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DIN 3
TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	12.03	8.70	12.03	Skempton 1986	37.3

Strato 2	52.07	15.60	52.07	Skempton 1986	82.14

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	12.03	8.70	12.03	De Mello	28.4
Strato 2	52.07	15.60	52.07	De Mello	33.74

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	12.03	8.70	12.03	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	52.07	15.60	52.07	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m^3)
Strato 1	12.03	8.70	12.03	Meyerhof ed altri	1.80
Strato 2	52.07	15.60	52.07	Meyerhof ed altri	2.25

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m^3)
Strato 1	12.03	8.70	12.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93
Strato 2	52.07	15.60	52.07	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.30

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	12.03	8.70	12.03	Navfac 1971-1982	2.53
Strato 2	52.07	15.60	52.07	Navfac 1971-1982	8.48

Schema di sintesi dei parametri geotecnici ricavati:

Livelli	***N_{SPT}***	***ϕ'***	***c' [kPa]***	***cu [kPa]***	***γ [kN/m³]***	***γ_{sat} [kN/m³]***	***Terreni***
1	*12*	*28°*	*0*	*0*	*17,9*	*19,3*	*Sabbie medio-grossolane poco addensate.*
2	*52*	*34°*	*0*	*0*	*22,50*	*23,00*	*Sabbie medio-grossolane, con ciottoli e blocchi mediamente addensate.*

5 RISPONDENZA ALLA NORMATIVA SISMICA

I riferimenti legislativi relativi al terreno di fondazione sono dati dal recente D. M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni”, nonché, in merito alla zonizzazione sismica del territorio, dalla D.G.R n° n° 216 del 17/03/2017.

Il D. M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel §7.11.3.1. In assenza di tali analisi, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ed a tal fine lo stesso D. M. definisce cinque categorie di suolo principali (Tabella 2), discriminate in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio VS, oppure attraverso relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

Categorie di suolo principali, così come definite dal D.M. 17/01/2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Devono essere definite inoltre le condizioni topografiche, ossia la pendenza dell’area sulla quale sarà realizzato l’intervento e la sua morfologia; nel D. M. sono definite 4 condizioni topografiche, come indicato nella Tabella 3.

Per quanto riguarda invece le strutture che saranno realizzate, il D. M. prevede che ne venga definita la Vita Nominale (Vn), ossia il numero di anni nei quali l’opera, purché soggetta a manutenzione ordinaria, debba poter essere usata per lo scopo al quale è destinata (Tabella

4), e la Classe d'Uso, definita in funzione dell'affollamento umano che ospiterà o della destinazione d'uso che avrà (Tabella 5).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media > 30°

Tabella 3: categorie topografiche, così come definite dal D.M. 17/01/2018.

Tipi di costruzioni		Vita nominale (Vn – in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o d'importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza	≥ 100

Vita nominale delle opere strutturali, così come definite dal D.M. 17/01/2018.

Classe	Definizione
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico; dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Classi delle opere strutturali, così come definite dal D.M. 17/01/2018.

Le forme spettrali, che definiscono la pericolosità sismica locale, previste dal D. M. 17/01/2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag = accelerazione orizzontale massima del terreno;

- F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento, sulla base del quale risulta suddiviso l'intero territorio nazionale, e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- ag il valore previsto dalla pericolosità sismica,

- F0 e Tc* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dal D. M. scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dal D. M. 17/01/2018 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento; a tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione (prodotto tra valore della Vita Nominale della struttura e Coefficiente d'uso della stessa, funzione della classe d'Uso),

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento (PVR) associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

5.1 CARATTERISTICHE SISMICHE LOCALI

I territori comunali di Framura e Deiva Marina ricadono in *zona sismica 3*, secondo la nuova zonizzazione del territorio ligure (D.G.R n° 216 del 17/03/2017).
In base alle Norme Tecniche di cui al D. M. 17.01.2018, l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate; le zone sismiche hanno significato da un punto di vista amministrativo.
In funzione degli accertamenti svolti, della tipologia di classazione sedimentologica dei

depositi di spiaggia (ghiaia grossolana con matrice sabbiosa) e dell'andamento stratigrafico, si evince come il suolo di fondazione possa essere definito di categoria "E": "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.".

La categoria del suolo di fondazione e le condizioni topografiche dell'area oggetto d'intervento sono riportate in Tabella 6.

Sito	Cat. Suolo	Cond. Top.
1	E	T1

Categoria di suolo di fondazione e condizioni topografiche della stessa area.

Sulla scorta dei di tutte le valutazioni effettuate in precedenza è possibile determinare per ciascuno stato limite considerato i rispettivi valori del tempo di ritorno (TR), di accelerazione massima al suolo (ag), di valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (Tc*), come riportato in Tabella 7.

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s^2]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.035	2.523	0.209
S.L.D.	50.0	0.044	2.527	0.238
S.L.V.	475.0	0.109	2.403	0.288
S.L.C.	975.0	0.142	2.395	0.292

Valori dei parametri sismici ricavati per ogni stato limite considerato (SLO: Sato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di Vulnerabilità; SLC: Stato limite di Collasso).

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il complesso di indagini eseguite ha consentito di delineare un modello geologico – geomorfologico adeguatamente inquadrato in un contesto litoraneo sufficientemente esteso, soprattutto tenuto conto della contenuta scala degli interventi previsti sia in termini di sviluppo longitudinale che di invasività locale.

A tale modello si è ritenuto utile abbinare preliminari considerazioni circa la dinamicità del tratto di costa, differenziata sulla base della variegata morfologia che caratterizza il litorale, al fine di meglio interpretare i potenziali scenari futuri ed ottimizzare le scelte progettuali.

In conclusione, alla luce di quanto illustrato è possibile considerare gli interventi progettati fattibili e ben inseribili nel contesto previsto, in assenza di situazioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche potenzialmente passibili di evoluzioni controproducenti a seguito dei lavori.

Ameglia, Ottobre 2020

Dott. Geol. Doriano CAPUTO



7