COMUNE DI CERIALE

Provincia di Savona

Area Lavori Pubblici

Interventi di riqualificazione piana ingauna di levante - II stralcio - 1° lotto - Interventi alla foce rio Carendetta.



PROGETTO DEFINITIVO

Il Progettista architettonico e coordinatore della sicurezza per la progettazione: *Ing. Ir. Gian Luca CORRADI*	Il Geologo: *Dott. Geol. Giovanni CARRA*
Verifiche strutturali: *Dott Ing. Roberto BARTOLOZZI*	VISTO: Il Responsabile unico del procedimento *Arch. Diego Rubagotti*

ELABORATO 3

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E SISMICA

CARRA GIOVANNI 17.02.2023 09:44:03 GMT+01:00

FRESIA IVO 17.02.2023 09:34:35 GMT+01:00

approvato	Ing. Ivo Fresia
verificato	Ing. Ir. Gian Luca Corradi
elaborato	Dott. Geol. Giovanni Carra

0	GV	CD	FR	Febbraio 2022
rev.	sigla			data

codice elaborato 0987-04-04-002R-00

Indice

1 Premessa 1

2 Descrizione delle criticità di carattere idraulico e degli interventi in progetto 1

2.1 Cod. 09 - Carendetta di Pineo 2

3 Inquadramento geologico 2

3.1 Cenni sull'evoluzione morfotettonica 6

3.2 Evoluzione geomorfologica recente 16

3.2.1. Paludi costiere 20

4 Caratteristiche idrogeologiche 20

4.1 Bacino pliocenico di Albenga 20

4.2 Caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo della piana Ingauna 21

4.3 Analisi dati piezometrici della piana ingauna 22

4.4 Caratteristiche idrogeologiche e freatimetriche delle aree di intervento 22

5 Prove geognostiche in sito 27

6 Caratteristiche geotecniche dei terreni 28

6.1 Parametri geotecnici 28

7 Caratteristiche sismiche 29

7.1 Sismicità storica dell'area 29

7.2 Sorgenti sismogenetiche 30

7.1 Zonazione Sismogenetica 32

7.2 Classificazione sismica 34

7.3 Azioni sismiche 35

7.3.1. Spettro di risposta elastico 39

Allegato 1 - Sondaggi geognostici - Rappresentazione ed elaborazione dei dati

1 Premessa

La presente relazione illustra le caratteristiche geologiche della Piana Ingauna, partendo dall'analisi della sua evoluzione morfo-neotettonica, dell'evoluzione storica e recente, a supporto della definizione del modello geologico ed idrogeologico del sottosuolo. Essa analizza, inoltre, le caratteristiche geotecniche dei settori interessati dalla realizzazione delle opere previste nel Progetto Definitivo degli Interventi di riqualificazione Piana Ingauna di Levante – II stralcio.

L'assetto stratigrafico e le caratteristiche geotecniche del settore della piana su cui sono previsti gli interventi è stato definito sulla base dei dati riportati nel progetto esecutivo – I° lotto ed in particolare negli elaborati "Relazione Geologica" e "Relazione Geotecnica e Sismica".

2 Descrizione delle criticità di carattere idraulico e degli interventi in progetto

La fitta rete di canali e scoli di carattere secondario, svolgono localmente una importante funzione di drenaggio di estese aree fortemente antropizzate, e per tale motivo può essere classificata come un sistema di drenaggio urbano.

Le diverse criticità ed inadeguatezze, già evidenziate nell'ambito degli studi pregressi, (la presenza di sezioni molto ridotte, di ostruzioni locali ed il generalizzato cattivo stato di manutenzione delle canalette evidenziate in tutto il reticolo) determinano frequenti fenomeni di esondazione ed allagamenti già per bassi tempi di ritorno.

La criticità idraulica del reticolo si è più volte manifestata negli ultimi anni anche in conseguenza di eventi pluviometrici frequenti ed intensi.

Le considerazioni sopra esposte e le indicazioni fornite dai Tecnici del Settore Piano di Bacino della Provincia di Savona avevano imposto di utilizzare come riferimento per la verifica degli interventi in esame, il tempo di ritorno di 25 anni.

In linea generale si riscontra una notevole insufficienza del reticolo idrografico secondario non solo per lo smaltimento delle portate idrologiche di riferimento, ma anche per tempi di ritorno molto modesti dell'ordine di pochi anni (comunque inferiore a 5 anni). Ciò è dovuto ai seguenti fattori:

- ✓ inadeguatezza dimensionale e/o tipologica della sezione di deflusso;
- ✓ presenza di ostruzioni al flusso della corrente dovute ad interrimento o vegetazione;
- ✓ generalizzata assenza di una fascia di rispetto in adiacenza ai fossi o canali;
- ✓ uso dei fossi e canali come ricettori delle acque torbide (acqua e terriccio) di lavaggio delle serre;
- ✓ impossibilità ad eseguire un'adeguata manutenzione su lunghi tratti di rete;
- ✓ difficoltà di scarico a mare in concomitanza di mareggiate.
- ✓ Si segnala inoltre la presenza sull'area in esame di numerose interferenze con strutture antropiche, quali:
- ✓ Strada statale Aurelia;
- ✓ Strade comunali;

- ✓ Linea ferroviaria Genova-Ventimiglia;
- ✓ Strutture ricettive (campeggi) e produttive (serre) con vaste aree impermeabili.

In corrispondenza degli attraversamenti stradali e ferroviari si evidenzia inoltre, in alcuni casi, una scarsa funzionalità idraulica dell'opera dovuta, sia a problemi di inadeguatezza dimensionale del manufatto sia, soprattutto, alla modesta capacità di portata della canalizzazione nel tratto a valle dell'attraversamento.

Le risultanze delle analisi idrauliche sono state integrate con le considerazioni relative allo stato di manutenzione del reticolo, nonché alla presenza di criticità individuate localmente durante i sopralluoghi di dettaglio ed hanno permesso di selezionare gli interventi di carattere prioritario.

Nel seguente paragrafo vengono descritte nel dettaglio le criticità sulle quali il presente progetto interviene e rispetto alle quali vengono definiti gli interventi.

2.1 Cod. 09 - Carendetta di Pineo

Il settore in esame è quello relativo alla spina in sinistra del rio Carenda. Il reticolo presenta una estensione areale complessiva di circa 0,96 km^2. Il nodo è interamente compreso all'interno del comune di Ceriale e dell'areale di riferimento del rio Carenda.

Il Carendetta di Pineo presenta una elevata criticità diffusa, costituita principalmente dalla inadeguatezza della sezione di deflusso per la portata di riferimento praticamente in tutto il tratto, sebbene sia stato alleggerito nel tratto focivo per effetto della realizzazione del nuovo scarico a mare del Carendetta di Albenga.

Gli attraversamenti presenti immediatamente a valle della confluenza con il vecchio ramo del Carendetta di Albenga (ponticello di via Pineo e attraversamento ferroviario) sono soggetti a forte deposito di materiale alluvionale; buona parte del materiale arriva da mare per la mancanza di protezione dello scarico in grado di proteggere la foce in occasione di eventi meteo-marini avversi.

Gli interventi vengono sinteticamente riportati di seguito.

- Sistemazione del tratto focivo mediante realizzazione di n. 2 vasche di sedimentazione in c.a. collocate rispettivamente all'imbocco del ponticello di via Pineo e all'imbocco dell'attraversamento ferroviario;
- realizzazione di difesa a mare costituita da due piccole scogliere in massi ubicate ai lati dello scarico del rio.

3 Inquadramento geologico

Il territorio oggetto della presente indagine è situato nella piana albenganese tra la Via Aurelia e la linea di costa, all'interno del centro abitato di Ceriale; l'areale è interessato da insediamenti residenziali sparsi caratteristici di una zona agricola.

La morfologia del territorio in genere è pianeggiante, compresa tra la linea di battigia e le quote di 30÷60 m s.l.m. del settore impostato su terrazzi morfologici più bassi compresi tra Leca, Campochiesa e Campore.

I bacini imbriferi interessati, nella direzione da sud verso nord, sono il bacino del rio Antognano, del rio Carenda, del rio Torsero, del rio Largo, del rio S.Rocco al confine nord.

I bacini presentano una superficie limitata, da qualche kmq a < 1 kmq, le cui acque forniscono scarso contributo all'alimentazione dell'acquifero della piana alluvionale ma rappresentano una fonte di rischio di inondazione a causa dell'antropizzazione dello stato dei luoghi.

Il presente paragrafo è stato redatto sulla base dei contenuti e delle risultanze della ‹‹Indagine idrogeochimica sull'acquifero di un settore della Piana di Albenga con particolare riferimento all'intrusione marina ›› redatta dal Dott. Macciò nel 1993, per conto del Consorzio Nuova Agricoltura Albenga, con il contributo del Prof. P.L. Vercesi del Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Pavia, che in passato ha condotto studi sulla costituzione geologico - strutturale della Piana di Albenga.

La situazione idrogeologica della Piana di Albenga è strettamente connessa alle proprie caratteristiche litostratigrafiche (Fig. 1) determinate dalla peculiare evoluzione geologica e geomorfologica.

Il quadro geologico generale è caratterizzato dalla presenza di differenti successioni sedimentarie, che formano l'ampia piana Albingauna, che si sono deposte a partire dal Pliocene inferiore al di sopra di un substrato pre-oligocenico deformato dalle varie fasi orogenetiche che si sono susseguite nel tempo.

Circa cinque milioni di anni fa, si verificò un innalzamento del livello marino con conseguente ingressione delle acque sulla terraferma.

La colonna d'acqua annegò ampie porzioni depresse del territorio, come documentano i lembi residui del Pliocene ancora oggi presenti in diversi punti dell'entroterra ligure, anche a quote elevate, e permise la deposizione dei primi orizzonti costituiti da prevalenti argille.

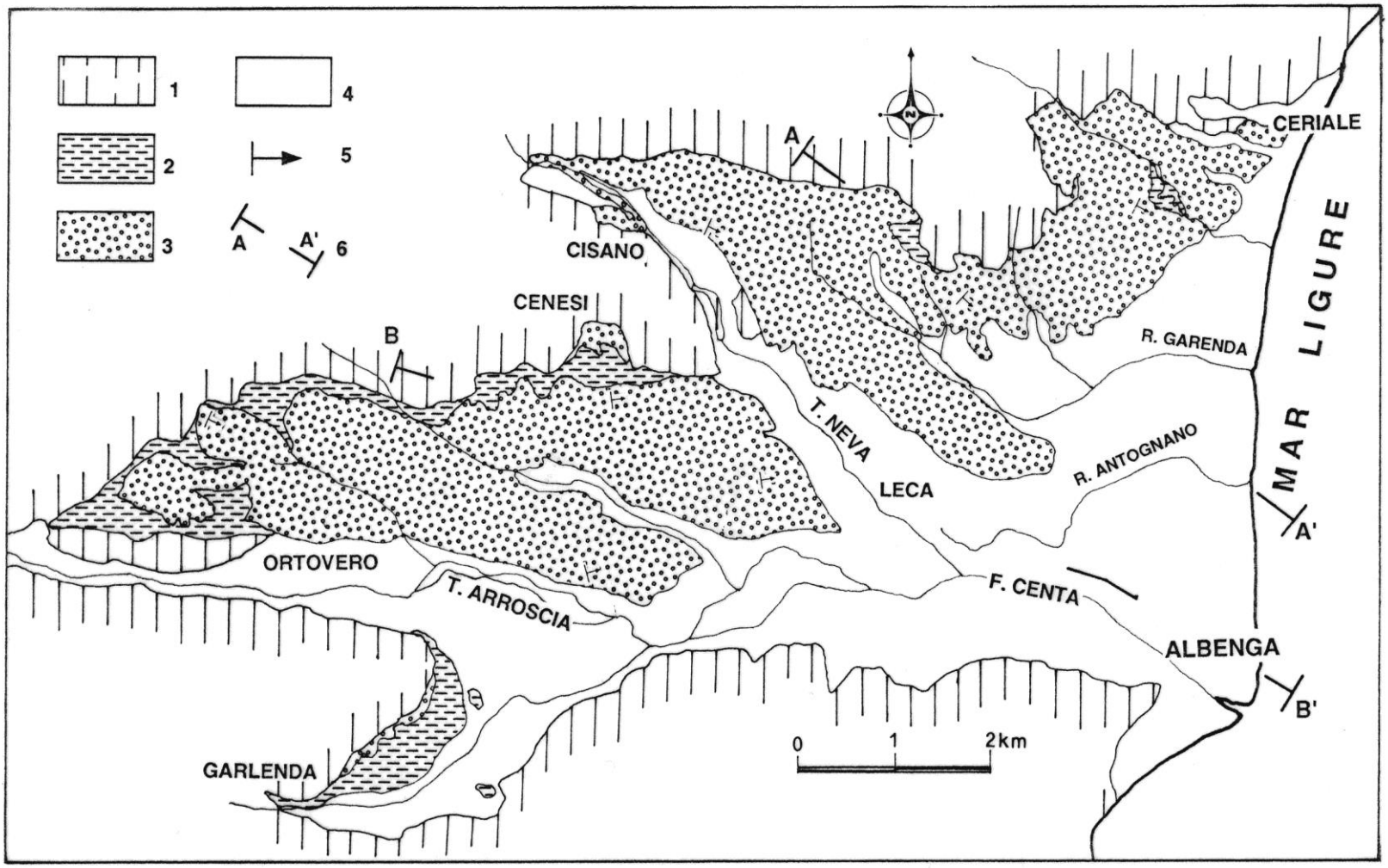
Successivamente gli apporti, prevalentemente fluviali, con la messa in posto di potenti successioni conglomeratiche, connessi con il ritiro marino (dovuto ad un contemporaneo sollevamento dell'entroterra ligure) andarono a colmare la depressione. L'ambiente che si presentava durante la deposizione del Conglomerato di M. Villa, della Pietra di Cisano, ecc. era di tipo fluvio-deltizio che successivamente si è evoluto in prettamente fluviale.

Gli ultimi depositi, di età quaternaria, vanno a rasare i precedenti sedimenti marini e costituiscono le assise sedimentarie della pianura costiera tra Ceriale e Albenga, ma anche della zona di Campochiesa, della zona compresa tra la confluenza del T. Arroscia con il T. Neva ecc.

La sovrapposizione delle varie successioni litologiche è raffigurata in Fig 2 dove sono schematicamente rappresentati i depositi quaternari, pliocenici e il substrato.

E' ancora da rilevare che la deposizione connessa con l'alimentazione fluviale andava a formare corpi sedimentari del tutto confrontabili con gli apparati dei conoidi alluvionali pedemontani, con la zona apicale inserita nelle valli e quella intermedia e frontale verso la zona depocentrale del bacino.

Si è quindi in presenza di una successione sedimentaria negativa che, proprio per le sue caratteristiche, in un normale contesto idrogeologico ben si presta ad ospitare falde idriche. Infatti esiste un substrato impermeabile costituito dalle argille, cui seguono depositi a porosità e permeabilità variabile in funzione del grado più o meno elevato di cementazione, ma comunque con elevata possibilità di ospitare falde acquifere anche di rilevante interesse. La fisiografia dell'area è quella comune a tutta la costa ligure che vede la presenza di rilievi montuosi incombenti sul margine rivierasco. Lo spartiacque Tirreno-Adriatico è del tutto prossimo alla linea di costa del Mar Ligure per cui gli apporti fluviali risultano prevalentemente grossolani (sabbie e ghiaie), andando a costituire corpi sedimentari sede di importanti acquiferi.



LEGENDA:

1) Substrato deformato pre-pliocenico

2) Argille (*Argille di Ortovero, del Rio S. Antonino, di Salea e del Rio Torsero*)

3) Conglomerati e arenarie sabbiose (*Conglomerati del M. Villa, Conglomerati di Cisano, Brecciole di S. Giacomo, Sabbie di Costa del Maglio - Ceriale*, ecc...)

4) Depositi alluvionali e deltizi quaternari

5) Giacitura della stratificazione

6) Traccia delle sezioni litostratigrafiche di Fig. 2.

Fig. 1 Carta geologica schematica della Piana di Albenga

L'ingressione marina pliocenica arretrò all'interno delle valli il livello di base dei corsi d'acqua, bloccando i loro apporti all'interno dei solchi vallivi, mentre nelle zone più bacinali, oggi corrispondenti alla Piana di Albenga si depositavano i sedimenti argillosi marini.

Il progressivo spostamento del livello di base dei corsi d'acqua verso E e SE, a seguito del ritiro del mare, ha consentito la rimobilizzazione dei sedimenti deposti precedentemente nelle valli e la loro distribuzione in ampi ventagli alluvionali.

Queste assise sedimentarie terrigene favoriranno l'infiltrazione delle acque superficiali direttamente dal suolo (per percolazione verticale) e soprattutto attraverso la ricarica nelle zone apicali dei conoidi del T. Arroscia e del T. Neva e lungo tutto il decorso delle varie aste fluviali.

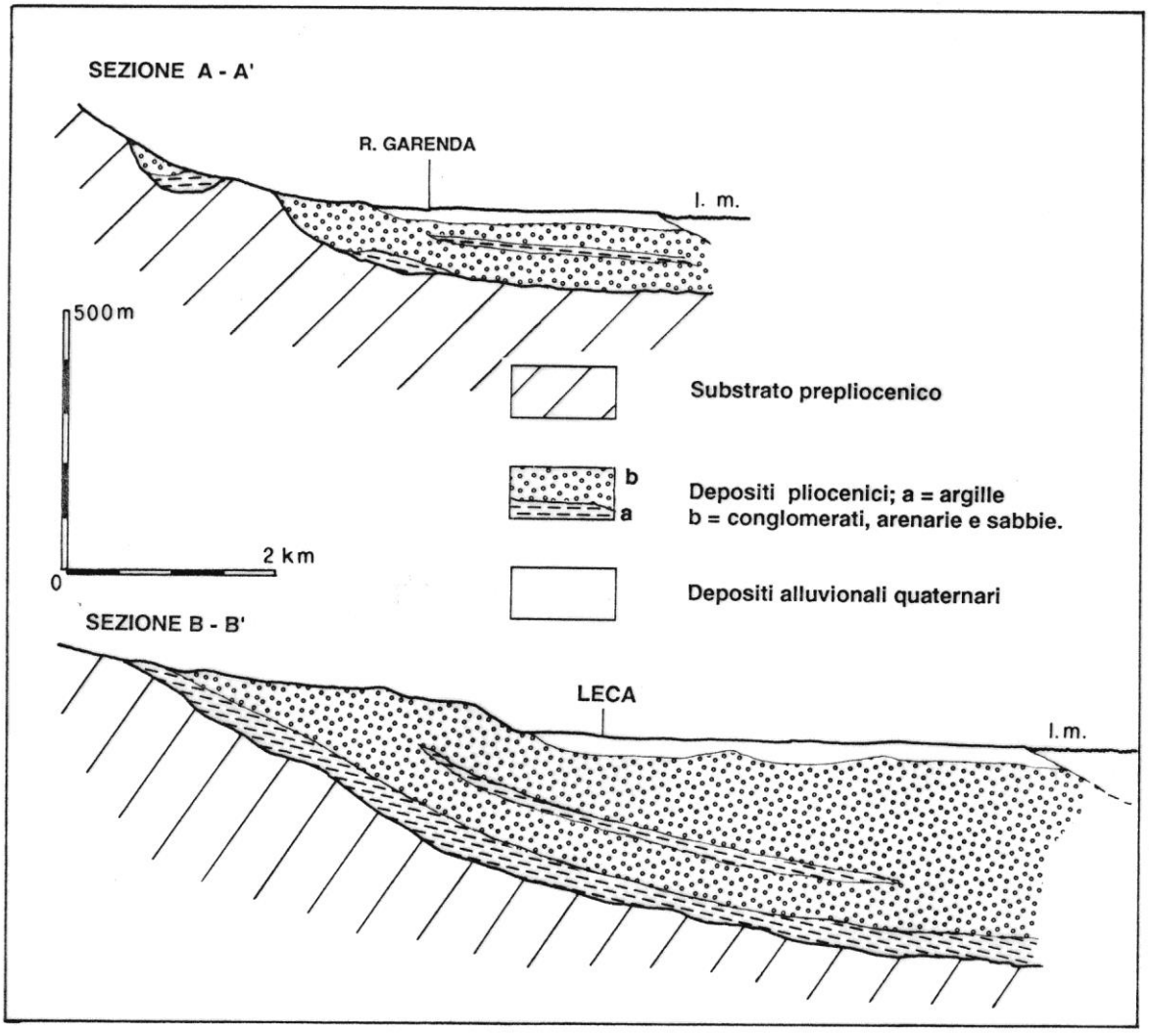


Fig. 2 **Sezioni litostratigrafiche, che evidenziano l'appoggio delle argille plioceniche sul substrato, seguite, verso l'alto, dalle successioni grossolane (sabbioso-conglomeratiche) poroso-permeabili. L'inclinazione delle successioni plio-quaternarie diminuisce progressivamente verso la linea di costa, documentando un innalzamento più marcato delle zone di monte rispetto a quelle di valle.**

In concomitanza e a seguito del progressivo ritiro delle acque marine nella Piana di Albenga si è iniziato il fenomeno di sostituzione delle acque salate presenti nei depositi marini da parte delle acque dolci (Fig. 3A) che nel corso di migliaia di anni sono andate a costituire il sistema acquifero della Piana di Albenga.

La situazione finale, schematicamente rappresentata nella Fig. 3B-3C, vede pertanto l'instaurarsi di una condizione analoga all'attuale con l'impostazione di una situazione di equilibrio tra le acque marine e quelle dolci che sono andate ad occupare, a seguito del carico idraulico, i vuoti interstiziali presenti nelle successioni rocciose incoerenti.

In realtà la situazione raffigurata va riferita a diversi decenni or sono quando gli emungimenti delle acque, attraverso la terebrazione di pozzi, non erano ancora entrati in una fase di sviluppo e di intensità simile a quella attuale. L'intenso utilizzo antropico delle acque del sottosuolo ha portato negli ultimi decenni e, soprattutto, negli ultimi anni ad una alterazione dei rapporti tra la zona caratterizzata dalla presenza delle acque dolci e dal cuneo delle acque marine.

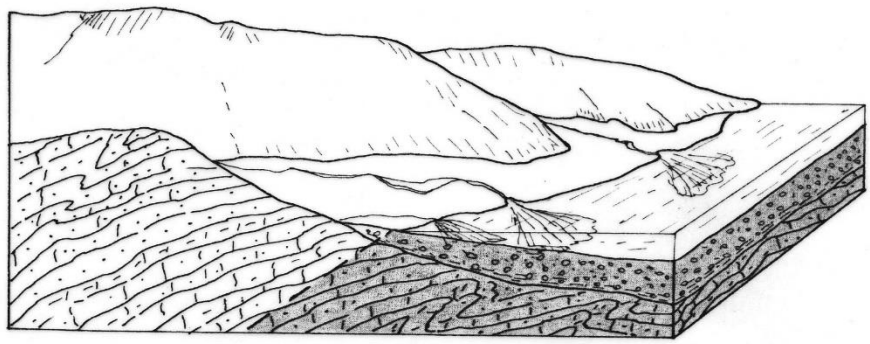
3.1 Cenni sull'evoluzione morfotettonica

L'ingressione marina pliocenica avvenne, oltre che per l'innalzamento della colonna d'acqua, presumibilmente anche per l'attivazione di paleo linee che controllarono l'evoluzione tettonica dell'entroterra di Albenga.

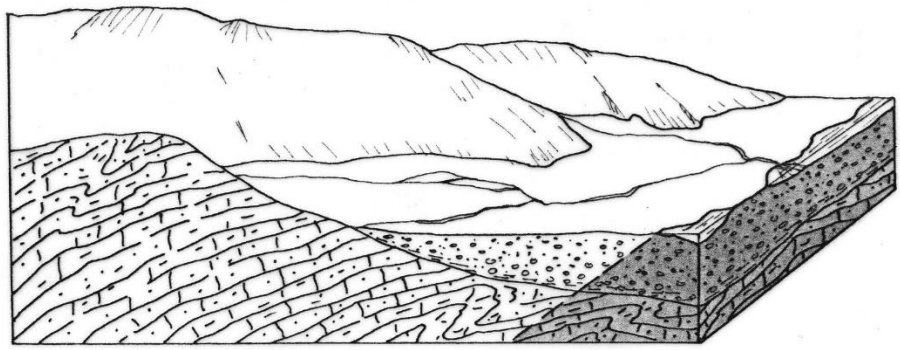
L'instabilità tettonica risulta sostanzialmente documentata dalla presenza di argille "basali" di età diverse che si appoggiano sul substrato pre pliocenico a testimonianza di una "ingressione" differenziata nei vari comparti e, soprattutto dalla clinos tratificazione dei depositi conglomeratici che assumono pendenze decrescenti verso mare. Questa disposizione indica un basculamento con sollevamento della porzione occidentale e nord-occidentale.

La tendenza evolutiva si è confermata anche successivamente, documentata da una serie di fenomeni riconducibili ad una diretta interferenza sul modellamento del paesaggio da parte della tettonica.

A)



B)



Figg. 3.A-B Rappresentazione schematica che raffigura il progressivo ritiro del cuneo costituito dalle acque salate (in grisé) a seguito dell'interramento della Piana di Albenga.

C)

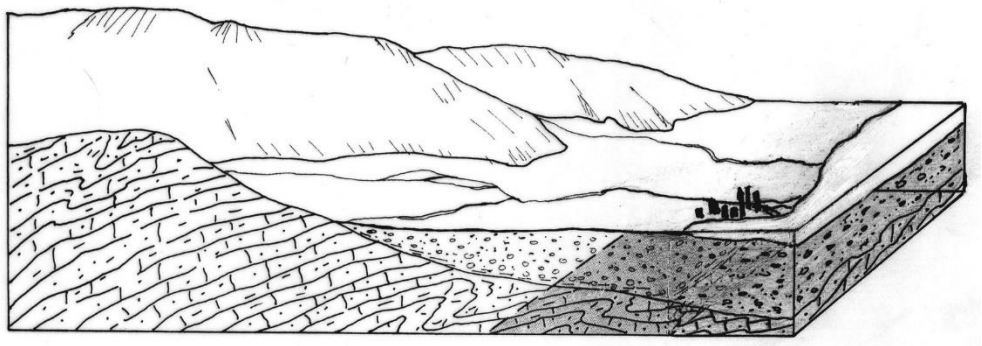


Fig. 3.C Ulteriore evoluzione della formazione della Piana di Albenga, per l'apporto solido dei corsi d'acqua, in epoca romana (circa 2000 anni fa).

L’antica *Albingaunum* era ubicata a sud del Fiume Centa, in prossimità della linea di spiaggia.

Le testimonianze più evidenti di tale evoluzione si riscontra nelle "deviazioni" forzate di diversi corsi situati a nord di Albenga. Ci si riferisce, in particolare, ai corsi d'acqua del Rio Carenda e del Rio Antognano che potevano rappresentare antichi paleoalvei del F. Centa prima che questo, a seguito dell'innalzamento della zona del M. Pesalto fosse costretto a migrare verso Sud.

Questa variazione del tracciato del corso d'acqua è documentata anche storicamente sia nell'epoca romana che medioevale, momenti in cui il F. Centa scorreva ancora a nord della città. Ancora in carte geografiche del 1745 si vede rappresentata la città di Albenga compresa tra due corsi d'acqua (di cui quello settentrionale corrisponde praticamente all'attuale percorso del Rio Antognano).

I fenomeni di innalzamento e abbassamento differenziale possono trovare una parziale spiegazione nei fenomeni di assestamento per costipamento dei sedimenti recenti presenti nell'area circostante la città di Albenga.

La progradazione dei depositi alluvionali verso il mare è stata di entità rilevante: basti infatti la documentazione che nel primo secolo a. C. la linea di battigia doveva trovarsi circa all'altezza dell'attuale P.za del Popolo, cioè a oltre 1 km a W dell'attuale; dal medioevo ad oggi la linea di costa è avanzata verso E di circa 1 km (200 m negli ultimi 350 anni quando il fenomeno di interramento era già di molto limitato a causa dei lavori di regolarizzazione del corso d'acqua).

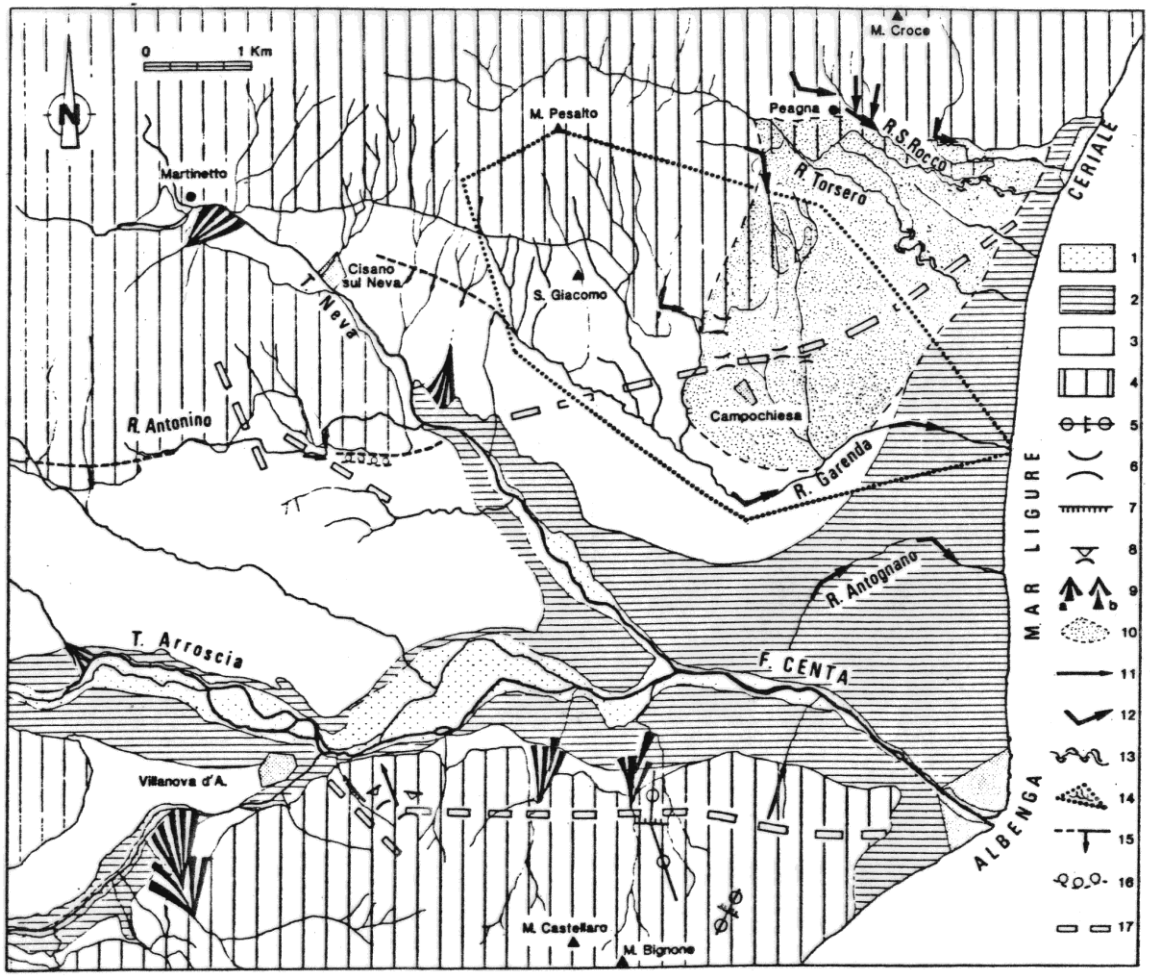
Altre informazioni aggiuntive circa l'entità degli "abbassamenti" differenziali si hanno osservando l'interramento del Ponte Romano, il pavimento del Battistero (posto a -2,30 metri dal piano stradale), un antico pavimento, sempre del Battistero, posto al di sotto dell'attuale di circa - 1,7 metri; la presenza di antiche opere murarie di età romana, in corrispondenza del ponte della S.S. Aurelia sul F. Centa, a - 13 m ca. dall'attuale piano campagna ecc.

Tuttavia tutti questi fenomeni che indicano un abbassamento medio del suolo di circa 6,5 metri ogni 1000 anni, contro valori di innalzamento dovuti a movimenti neotettonici stimati dell'ordine di 6,5 cm per 1000 anni (i ripiani del Neotirreniano si trovano a circa + 5 m sul livello del mare), pur avendo una importanza locale molto rilevante non sono sufficienti per spiegare eventi di portata regionale.

In sintesi, si ritiene che la fascia costiera in esame, di cui la zona di Albenga ed il suo retroterra fanno parte, a partire dal Pliocene inferiore sia stata interessata da uno smembramento che ha portato alla costituzione di una serie di "blocchi" limitati da faglie prevalentemente subverticali che li svincolarono e li resero indipendenti tra loro.

Questa situazione, cui si associa un'attività tettonica da ritenersi ancora attiva ai nostri giorni, come dimostrato dal verificarsi di eventi sismici, anche abbastanza frequenti, nella zona costiera, ha indotto in aree contigue un diverso comportamento geodinamico, contrapponendo zone a sollevamento differenziale e inducendo sul paesaggio marcati effetti.

L'assetto morfostrutturale dell'area è quindi, in ultima analisi, da ricondurre al sommarsi di fenomeni di subsidenza sinsedimentaria (con costipamento dei sedimenti di neodeposizione) all'attività tettonica recente e in atto che comporta un differente comportamento e una diversa evoluzione di aree prossime tra loro.



LEGENDA:

1) Depositi fluviali attuali

2) Depositi del ciclo olocenico, associati, lungo la linea di costa, a depositi marini attuali

3) Depositi del ciclo plio-pleistocenico

4) Substrato pre-pliocenico

5) Discontinuità altimetrica di crinale

6) Sella

7) Orlo di scarpata di terrazzo

8) Contropendenza su versante

9) Conoide (a) e conoide reinciso (b)

10) Paleoconoide

11) Fosso inciso rettilineo

12) Gomito fluviale

13) Meandro incassato

14) Asimmetria del reticolo idrografico

15) Cattura e/o diversione fluviale

16) Valle cieca

17) Faglia o lineamento morfo-tettonico

Fig. 4 - CARTA DI RIFERIMENTO MORFOSTRUTTURALE

Tratta da "Considerazioni morfotettoniche su alcune divagazioni fluviali nella piana di Albenga - Alpi Marittime ", P. Boni, G.F. Peloso, P.L.Vercesi, Rend. Soc. Geol. It., 11, 1988.

3.2 Evoluzione geomorfologica recente

Le prime notizie storiche attendibili riguardanti la morfologia dell'area risalgono al I secolo a.C. quando il Centa scorreva più a settentrione della allora città di Albingaunum, mantenendo la direzione del tracciato dell'Arroscia. Il centro abitato sorgeva nel sito attuale entro mura di cinta ed ogni attività si sviluppava nell'area a ponente, in località Vadino, dove era ubicato il porto.

Fino al XIII secolo il Centa scorreva a levante di Albenga, ove oggi si trova interrotto il pontelungo, le cui dimensioni testimoniano l'ampiezza del letto nel tempo.

Durante il Medioevo continua l'azione di alluvionamento della piana con continuo spostamento del fiume che invade, incontrollato, la città e le campagne circostanti, originando paludi.

Tra il 1300-1400 erano presenti due corsi del Centa: uno a ponente e l'altro a levante di Albenga.

Documenti della fine del XVII secolo testimoniano la presenza di due rami del Centa in seguito al ritorno verso il corso del Rio Antognano. Questa situazione è invariata fino all'inizio del secolo successivo.

La piana del Centa, in epoca storica, è stata sottoposta a numerose esondazioni che da una parte crearono disagi alla popolazione e dall'altra favorirono il suo avanzamento, grazie al sollevamento dell'area. Un accrescimento sensibile della piana si ha soprattutto in località Vadino iniziata dal momento in cui si verifica la deviazione del Fiume Centa.

Negli anni compresi tra il 1651 e il 1700 ci fu una temporanea inversione di tendenza: in seguito ad una piena straordinaria parte delle acque del Centa erano immesse nell'alveo del Rio Antognano; la costa arretrò in corrispondenza del delta del Centa mentre la foce del Rio Antognano avanzava.

Il Centa tendeva a depositare i sedimenti prima di arrivare in mare.

Le arginature davano una maggiore velocità alle acque, ma solo in periodo di piena, l'alta energia delle acque portava il sedimento al largo evitando accumuli lungo costa, quindi il deficit sedimentario era incrementato.

Anche la costruzione della linea ferroviaria, in prossimità della spiaggia, fece arretrare l'evoluzione della piana.

Prima della costruzione della linea ferroviaria, la spiaggia aveva una larghezza tra i 70 e 120 m., mentre adesso il mare lambisce la massicciata con un conseguente approfondimento delle isobate vicino alla costa per mancanza di sedimento di spiaggia.

Il delta del Centa, in base a documentazione storica, negli ultimi ottocento anni si è evoluto secondo cicli distinguibili in due fasi:

- una fase costruttiva, in cui si ha progradazione del delta,
- una fase distruttiva, in cui si ha arretramento di tutto il sistema deltizio.

Al momento il delta del Centa è in distruzione e tale fenomeno è in atto da circa un secolo e la recente trasformazione del territorio ad opera dell'uomo è stata determinante nell'evoluzione morfologica del sistema deltizio, in quanto:

- l'agricoltura, con la regimazione delle acque, ha variato la portata solida, la portata liquida e l'energia della corrente fluviale;
- la bonifica della piana deltizia, ultimata all'incirca nel 1910, ha eliminato tutta l'area palustre;

- la massicciata della linea ferroviaria con tracciato lungo costa, ha accelerato i processi erosivi marini che, in mancanza di una spiaggia emersa, stanno erodendo quella sottomarina con conseguente approfondimento delle isobate.

La forma arcuata del delta del Centa, tipica della fase distruttiva, risulta pertanto molto condizionata dall'urbanizzazione; non è evidente una vergenza della falciatura della foce, che però, in base all'azione delle onde di tempesta e del trasporto lungo costa, dovrebbe essere verso SW; la barra di foce emersa si è ridotta rispetto a quella che veniva cartografa nel 1873.

La fascia costiera limitrofa al delta risente della crisi del sistema deltizio; attualmente opere di difesa del litorale sono presenti nella porzione a levante della foce perché esposta maggiormente agli agenti erosivi. Questo diverso comportamento della spiaggia è determinato dalla direzione della costa che risulta, a levante di Capo Lena, N-S, mentre a ponente è NE-SW. Il litorale è soggetto a due fronti d'onda, i quali per la presenza dell'Isola Gallinara, risultano deviati. Il trasporto dei sedimenti avviene prevalentemente da ponente a levante; la direzione del moto è confermata dall'orientazione verso E delle spiagge.

Il tratto di litorale a levante del Centa presenta attualmente opere fisse di difesa, in parte rappresentanti unità ampliate di opere costruite all'inizio del secolo: venti pennelli di dimensione variabile seguiti da una scogliera aderente alla linea ferroviaria.

Nella carta di fine secolo sono ancora presenti numerose paludi e il corso del Centa, nella parte terminale, tende a levante, creando una leggera curvatura che segue la direzione di trasporto dei sedimenti.

Attualmente la costa è in arretramento ed il Centa sfocia direttamente in mare e non presenta anse o cordoni in conseguenza alla regimazione delle acque.

La morfologia del delta sommerso non è mutata molto nell'ultimo secolo benché ci siano due osservazioni importanti da fare circa l'evoluzione e l'attuale situazione:

- l'approfondimento delle isobate lungo costa;
- la tendenza degli apporti a migrare verso occidente con conseguente spostamento della fronte deltizia e del prodelta verso Capo S. Croce.

Le seguenti figure 5-6 forniscono una ricostruzione dell'evoluzione morfologica della Piana nel periodo compreso tra l'Epoca romana ed il Medioevo.



Fig. 5 **Corsi d'acqua nella Piana di Albenga, e corrispondente linea di costa, in epoca romana. Stralcio da "Studio idrogeologico dell'area del Battistero e della Cattedrale di Albenga", Malesani, 2001.**



Fig. 6 **Corsi d'acqua nella Piana di Albenga, e corrispondente linea di costa, in epoca medievale. Stralcio da "Studio idrogeologico dell'area del Battistero e della Cattedrale di Albenga", Malesani, 2001**

3.2.1. Paludi costiere

Un elemento che ha caratterizzato il settore costiero della piana albenganese e che fornisce preziose indicazioni idrogeologiche sono i siti ove erano presenti le aree paludose, all'inizio del secolo scorso (primi decenni del 1900).

Come mostrano i documenti e la cartografia storica esistente, queste erano distribuite lungo tutta la fascia costiera compresa tra Alberga e Ceriale e ubicate prevalentemente in prossimità della foce dei corsi d'acqua minori.

Quale fosse la loro originaria estensione non è noto, tuttavia è certo che a partire dal V secolo d. C. e fino alla seconda metà del XIX secolo la superficie occupata dalle paludi, con il susseguirsi delle opere di bonifica, è andata via via riducendosi fino ad annullarsi completamente nel 1900.

D'altra parte è pure evidente che con il progredire della pianura verso il mare la loro estensione e posizione sia variata nel tempo non solo per l'intervento dell'uomo ma anche per una loro naturale evoluzione.

L'unico dato numerico certo sulla estensione delle paludi costiere risale all'epoca napoleonica durante la quale esse si estendevano ancora per 30 ettari (Ascari 1937).

Si ricordano: la palude dei Griffi a Vadino, sviluppata attorno al Rio Avarenna; lo stagno costiero alla foce del Centa; la palude Lionetta, tra il Rio Burrone e il Rio Antognano; la palude del Capitano tra il Rio Antognano e il Rio Carenda; la palude del Pineo, oltre il Rio Carenda (Ascari 1937).

Queste paludi, generalmente, si estendevano al di là del cordone litoraneo, probabilmente in zone depresse e traevano alimentazione, con molta probabilità, dalle frequenti inondazioni di carattere fluviale o marino. Una percentuale di alimentazione era dovuto all'affioramento della ricca falda alluvionale lungo vie preferenziali in settori più depressi della pianura; anche alla data attuale esistono settori ove la falda acquifera ha una limitata soggiacenza dal piano di campagna rispetto ad aree limitrofe.

In passato queste paludi costiere svolsero un importante ruolo ambientale nel contrastare l'erosione costiera. Queste, infatti, accogliendo l'onda che superava il cordone litoraneo ne annientavano l'impulso impedendo l'azione erosiva del flusso discendente (ASCARI 1937).

Attualmente è presente un cordone di massi a protezione della linea ferroviaria, che viene periodicamente ripristinato a causa dell'opera erosiva e di scalzamento esercitata dal mare.

4 Caratteristiche idrogeologiche

4.1 Bacino pliocenico di Albenga

I sedimenti del Bacino Pliocenico di Albenga rappresentano la base dei depositi alluvionali della Piana di Albenga e ospitano falde sotterranee intensamente sfruttate.

I terreni sono distinti in **Argille di Ortovero** a letto e **Conglomerati di Monte Villa** a tetto. Talvolta sono state rilevate situazioni di eteropicità, ovvero le due litologie sono state intercettate attorno alla stessa profondità ed a una limitata distanza nel sottosuolo.

Nella cartografia di sintesi della fig. 1, i diversi livelli litologici sono cartografati assieme e sono tralasciate le varie distinzioni composizionali. Si precisa che **tutti gli orizzonti del Conglomerato di Monte Villa sono acquiferi**, ed i primi tre menzionati hanno caratteristiche idrogeologiche analoghe, ovvero ospitano livelli acquiferi sotterranei negli strati rocciosi fratturati o semisciolti. Il loro spessore deducibile negli

affioramenti è quasi di 200 m., mentre secondo gli attuali dati di sottosuolo i massimi spessori sono di circa 140 m.

Una caratteristica del substrato roccioso pliocenico è la eterogeneità dimensionale dei suoi clasti, che variano da pochi mm a 40 - 60 cm.. Inoltre molte trivellazioni hanno intercettato livelli di argilla alternati al conglomerato.

La litologia dell'areale oggetto dell'indagine è riportata sulla TAV.2 Carta Geologica allegata alla relazione Geologica del Progetto definitivo I° Lotto, stralcio della "Carta Geologica del Pliocene Ligure di Albenga" Marino Marini, 2004, nella quale sono distinte le litologie costituenti il sottosuolo del settore in oggetto della piana ingauna.

Partendo dalla linea di costa nella direzione ovest sono presenti depositi alluvionali limoso-sabbiosi e depositi deltizi e di spiaggia che transitano nei pressi della Via Romana (S.P.n.3) a depositi alluvionali da mediamente a molto alterati, terrazzati in vari ordini.

Nel settore più settentrionale tra la Via Romana e la sede autostradale sono presenti affioramenti rocciosi costituiti da arenarie, conglomerati e parabrecce del Pliocene inferiore.

Gli interventi previsti nel progetto ricadono per la maggior parte nel settore litoraneo e saranno impostati sui depositi alluvionali recenti e di spiaggia.

4.2 Caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo della piana Ingauna

La ricostruzione indicativa dell'assetto idrogeologico della piana è il risultato dell'interpretazione e correlazione delle colonne stratigrafiche dei pozzi presenti nell'archivio dello studio del Dott. Geol. M.R. Macciò, ricavate dalle osservazioni condotte dallo stesso durante la trivellazione dei pozzi irrigui o ricevute direttamente dalle ditte di perforazione.

Alla costituzione litologico stratigrafico della piana albenganese esposto nei paragrafi precedenti è correlato l'assetto idrogeologico in rapporto ai diversi gradi di permeabilità dei litotipi.

La successione o serie idrogeologica campione completa della piana albenganese è, partendo dal piano di campagna, costituita da:

- TIPO A: **falda acquifera di tipo freatico** contenuta nei depositi grossolani alluvionali quaternari permeabili per porosità, continua oppure multistrato ovvero separata da livelli argilloso-limosi impermeabili; produttività elevata nell'ordine dalle centinaia alle migliaia di lt/min, qualità variabile secondo settori orizzontali;
- TIPO B: **falda acquifera sotterranea di tipo in pressione** contenuta nei livelli sabbioso-ghiaiosi e fratturati del substrato conglomeratico pliocenico sovrapposti a diverse profondità e permeabili per fratturazione; produttività media dell'ordine di 200-400 lt/min, qualità variabile secondo settori orizzontali;
- TIPO C: **falda acquifera sotterranea di tipo in pressione a livelli sovrapposti**, contenuta negli interstrati all'interno o sottostante all'argilla pliocenica; talvolta rinvenibile sottostante alla precedente (tipo B) contenuta nel conglomerato o sostitutiva; produttività media nell'ordine attorno a 100 lt/min; qualità variabile secondo settori orizzontali;
- TIPO D: **falda acquifera sotterranea di tipo in pressione nel substrato prepliocenico** costituito da arenarie, calcari, permeabili per fessurazione e carsismo; produttività limitata nell'ordine di decine di lt/min, qualità buona. Tale falda viene emunta da un numero limitato di pozzi con profondità > di 100 m., laddove non sono presenti le falde acquifere soprastanti.

In alcuni settori della piana costiera le falde acquifere presenti nel materasso alluvionale sono pseudo-confinate sotto uno strato di terreno prevalentemente argilloso- limoso e quando vengono intercettate risalgono un po' verso il piano di campagna, a differenza delle falde in pressione ospitate nel conglomerato o in interstrati nell'argilla pliocenica, che risalgono di varie decine di metri nella colonna pozzo.

Si precisa che nel settore costiero della piana, ove sono previsti i maggiori interventi di regimazione idraulica, non sono conosciute stratigrafie di pozzi, poiché non sono mai stati realizzati pozzi profondi sia per la presenza della falda acquifera superficiale sia per la presenza di acqua salmastra in profondità.

In questo settore è presente una falda alluvionale di tipo freatico o pseudoconfinata che, avendo una limitata soggiacienza rispetto al piano di campagna, verrà interessata dai lavori in progetto.

4.3 Analisi dati piezometrici della piana ingauna

L'analisi della variazione dei livelli piezometrici assume un ruolo di significativa importanza per lo studio dei deflussi idrici sotterranei e serve per valutare eventuali interferenze tra gli interventi previsti e la falda acquifera superficiale con conseguenti problematiche di cantiere.

La TAV.7 Carta dei livelli falda acquifera (allegata alla Relazione Geotecnica e Sismica del Progetto Definitivo I° Lotto), sintetizzata nelle seguente Fig. 10, permette di confrontare le profondità del sottosuolo che saranno interessate dalla realizzazione delle opere, con i livelli di falda rapportati alla quota zero del piano di campagna circostante il pozzo/ piezometro. Nella stessa figura sono stati riportati i punti di monitoraggio ed i relativi livelli di falda; in colore blu quelli delle misure storiche ed in colore rosso quelle recenti, rilevati nel dicembre 2008.

I valori riportati sulla carta evidenziano una generale e discreta risalita dei livelli falda alla misura del dicembre 2008 dell'ordine medio di 1÷1.5 m nel settore a monte della via Aurelia, di minore entità nel settore prossimo alla linea di riva, dell'ordine medio di 0.30÷0.60 m.

Si precisa che le misure più recenti rappresentano sicuramente i livelli statici della falda acquifera poiché ricadenti in un periodo con elevate piogge e conseguente minimo utilizzo irriguo della falda. Nei periodi siccitosi in vari settori della piana ingauna, data l'elevata densità dei numeri di pozzi esistenti, il livello falda misurato in un pozzo non in esercizio può definirsi "pseudostatico" poiché influenzato da pozzi in esercizio situati nelle vicinanze e di cui non si conosce l'esistenza.

In alcuni areali i livelli riportati sono relativi a falde acquifere "pseudoconfinate" sotto lo strato argilloso-limoso superficiale e rappresentano il livello statico della falda che risale quando viene intercettato da scavi o sondaggi penetrometrici; pertanto la falda è presente ad una profondità superiore dal piano di campagna rispetto al livello misurato.

Gli areali costieri ove nella campagna piezometrica del dicembre 2008 sono stati misurati livelli falda alla profondità di poche decine di centimetri dal piano campagna, sono rappresentativi di aree depresse coincidenti con le antiche paludi.

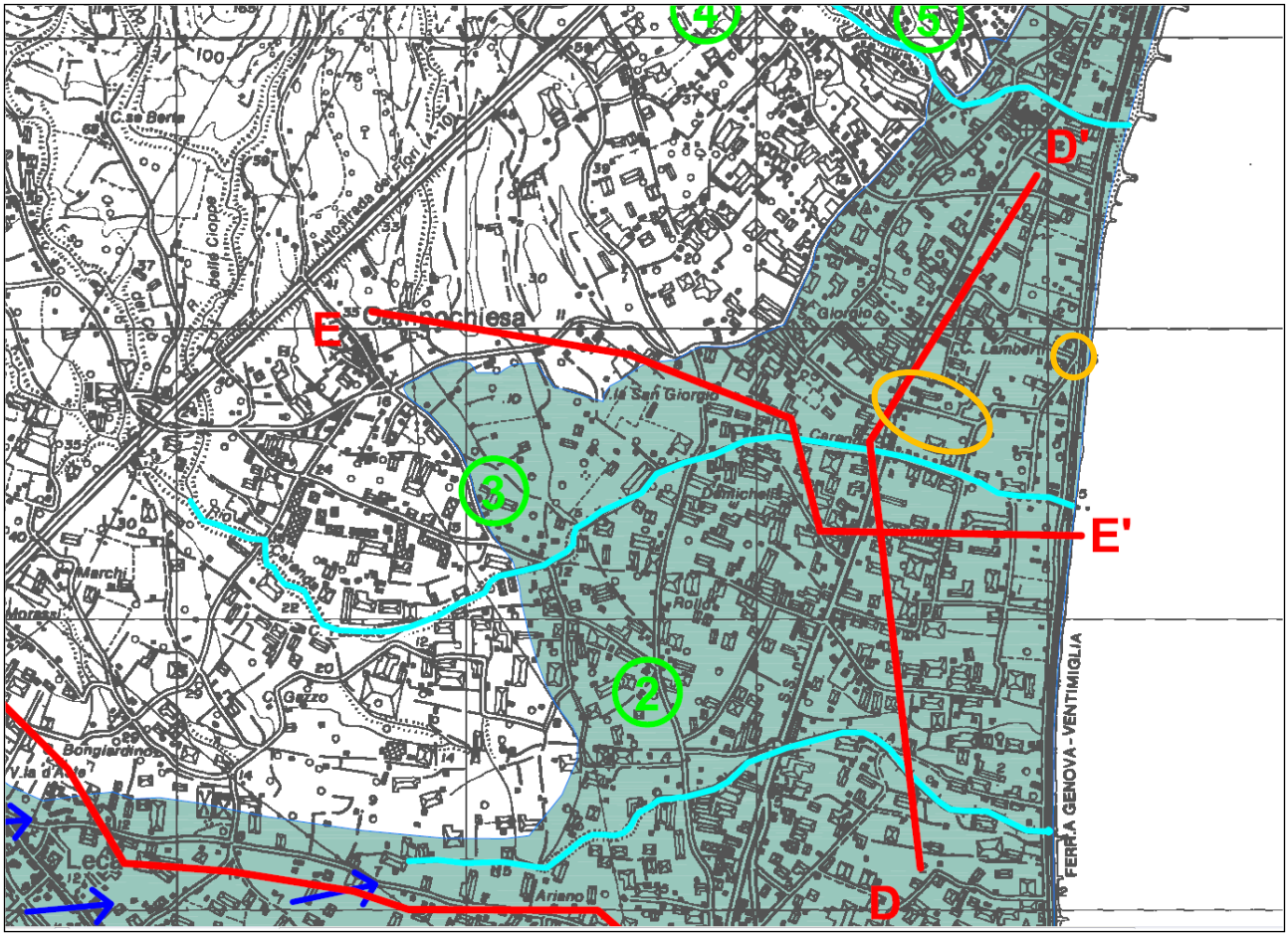
4.4 Caratteristiche idrogeologiche e freatimetriche delle aree di intervento

La documentazione di analisi delle caratteristiche idrogeologiche contenuta nei Progetti di livello definitivo ed esecutivo delle opere del I° Lotto permette una completa caratterizzazione degli areali di intervento. Le seguenti Fig. 7, 8, 9 e 10 riportano gli stralci delle cartografie ritenute maggiormente significative tra quelle riportate nella documentazione progettuale.

L’area interessata dalla realizzazione del risezionamento dell’alveo del Carendetta di Albenga e dello scatolare di Via Prae, in particolare, è caratterizzata dalla presenza di un acquifero a falda libera ospitato all’interno dei depositi sabbiosi o ad elevato contenuto sabbioso alternati a strati a geometria lentiforme a di materiali a granulometria fine e finissima, determina condizioni di permeabilità estremamente variabili. Il livello freatimetrico è prossimo alla superficie con valori di soggiacenza inferiori al metro. Allo scopo di considerare le fluttuazioni di livello determinate dagli apporti meteorici si è assunto un valore di riferimento ai fini delle verifiche di 0,8 m dalla superficie.

In corrispondenza Il tratto di opera previsto sul tratto focivo del Carendetta di Pineo le caratteristiche idrogeologiche complessive risultano dominate dal livello marino, con il quale la falda si raccorda.

Le sezioni idrogeologiche riportate nelle Figg. 8 e 9 evidenziano come lo spessore della falda freatica multistrato presente all’interno della copertura di terreni alluvionali sia compreso tra i 25 ed i 30 metri, mentre più in profondità vengono evidenziate falde in pressione ospitate all’interno del substrato roccioso composto dai conglomerati pliocenici.



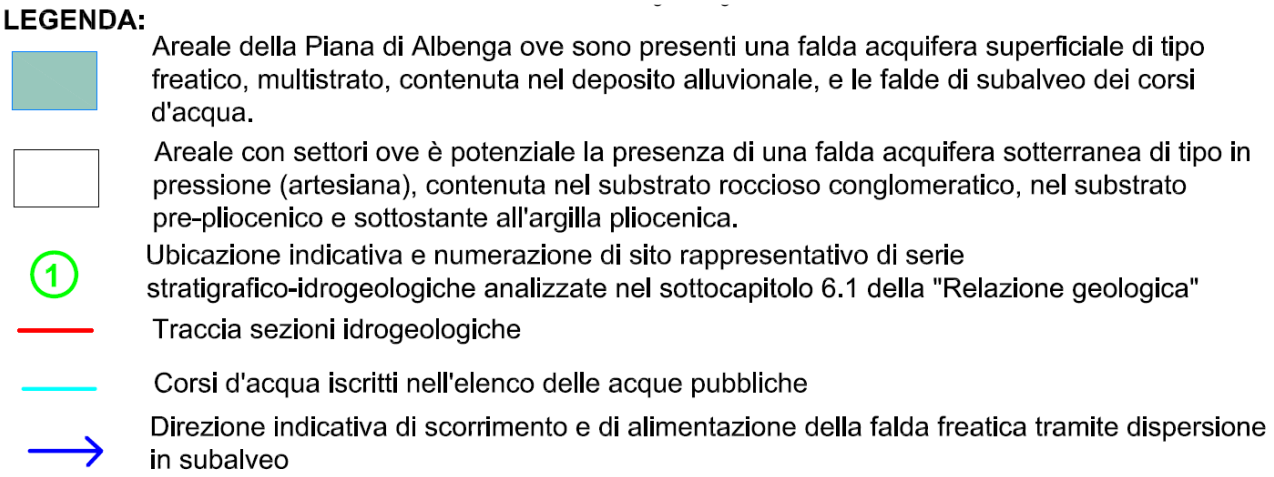


Fig. 7 Carta Idrogeologica (Stralcio della TAV.3 allegata alla Relazione Geologica del Progetto Definitivo I° Lotto) – I cerchi color arancio rappresentano i siti di intervento.

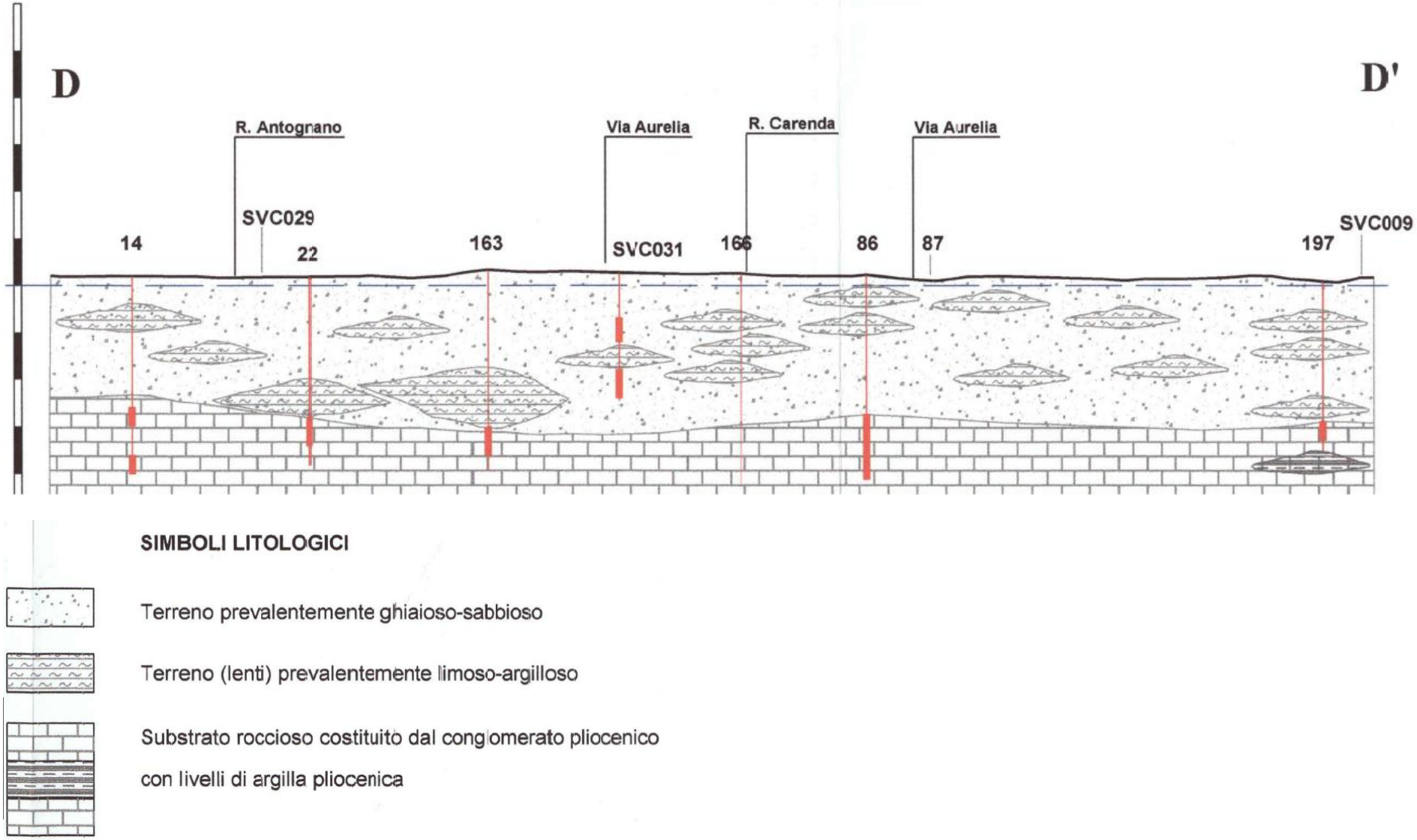


Fig. 8 Sezione Idrogeologica lungo la traccia D – D' indicata in Fig. 7 (Stralcio della TAV.4B allegata alla Relazione Geologica del Progetto Definitivo I° Lotto).

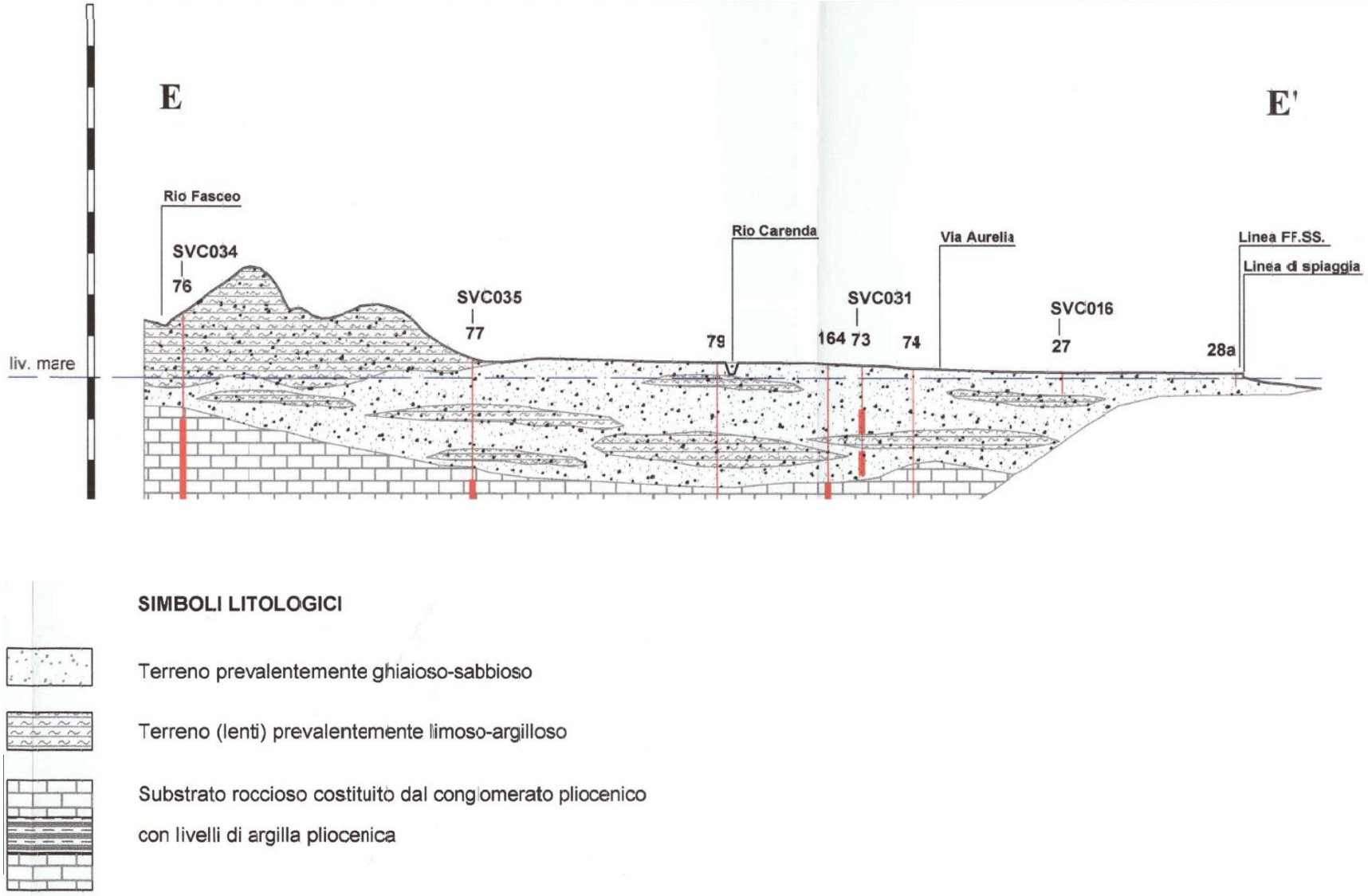


Fig. 9 Sezione Idrogeologica lungo la traccia E – E' indicata in Fig. 7 (Stralcio della TAV.4C allegata alla Relazione Geologica del Progetto Definitivo I° Lotto).

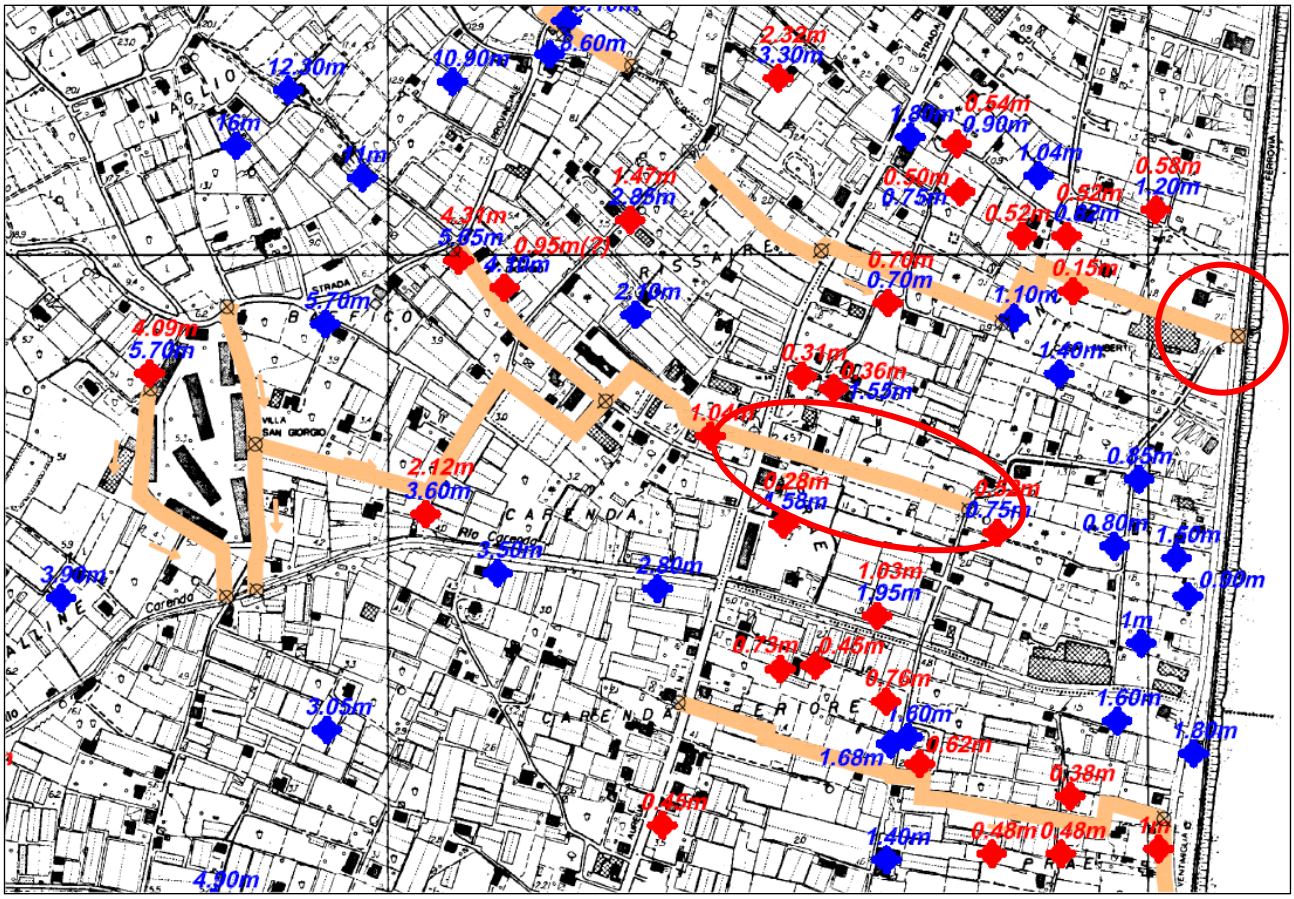


Fig. 10 Valori di soggiacenza della falda superficiale (Stralcio della TAV.7 allegata alla Relazione Geotecnica del Progetto Definitivo I° Lotto). I cerchi rossi indicano la posizione delle opere sul Carendetta di Albenga e Carendetta di Pineo.

5 Prove geognostiche in sito

Nell'ambito del Progetto Definitivo degli interventi del I° Lotto sono stati riportati i risultati delle indagini geognostiche disponibili in corrispondenza dell'intero areale interessato dalle opere previste. L'ubicazione dei punti indagati in cui sono state realizzati i sondaggi sono riportati sulla TAV.8 Carta delle prove geognostiche in sito allegata al Progetto Definitivo I° Lotto, mentre i relativi risultati e diagrammi grafici sono rappresentati in allegato n°5 allo stesso.

La seguente Fig. 11 rappresenta l'ubicazione dei punti di indagine nei pressi delle aree di intervento.

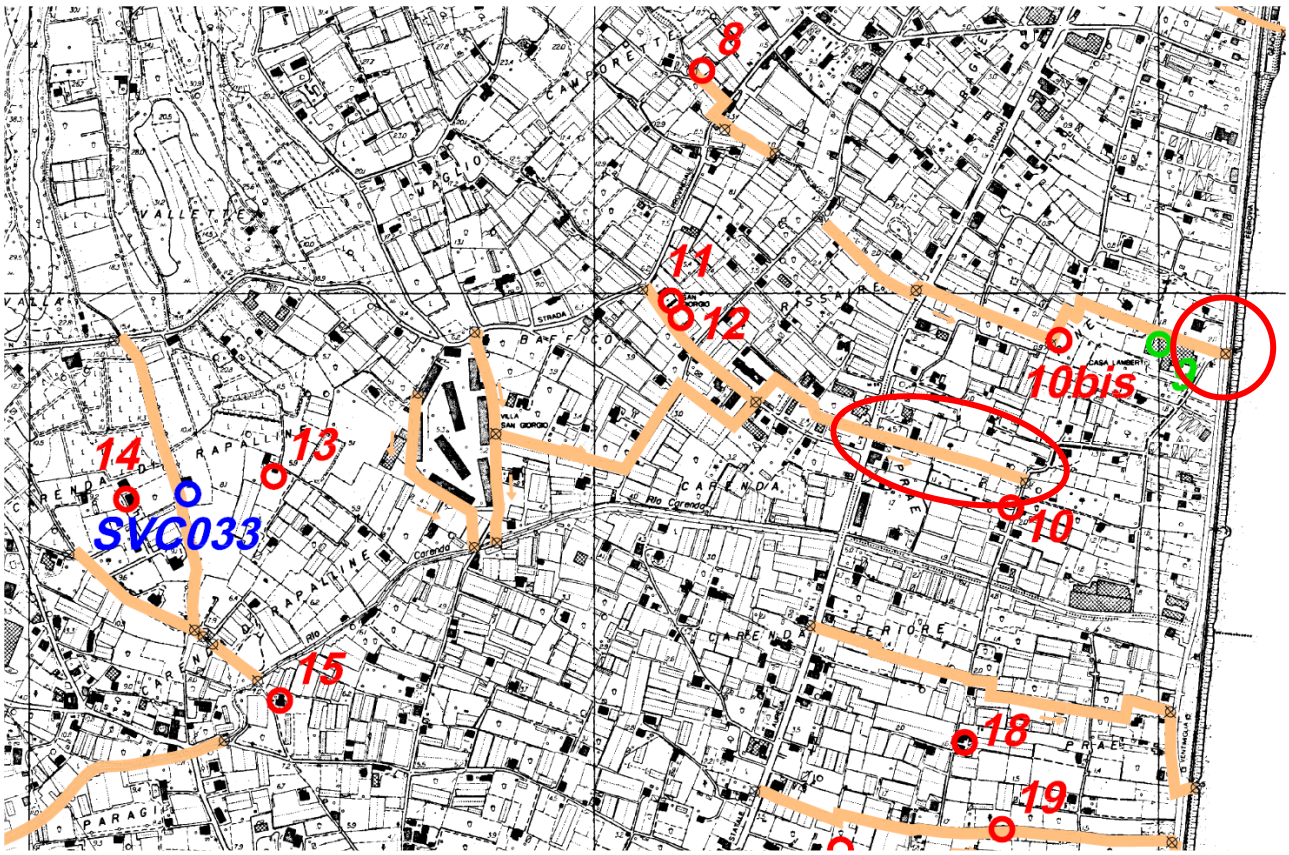


Fig. 11 Ubicazione dei punti di sondaggio (Stralcio della TAV.8 allegata alla Relazione Geotecnica del Progetto Definitivo I° Lotto). I cerchi rossi indicano la posizione delle opere sul Carendetta di Albenga e Carendetta di Pineo.

6 Caratteristiche geotecniche dei terreni

In ragione dell'elevata variabilità dei parametri di resistenza e di compressibilità rilevati anche sulle singole verticali e soprattutto per la presenza diffusa di terreni coesivi poco consistenti organizzati in strati discontinui, ai fini della caratterizzazione geotecnica delle aree di intervento è stata selezionata la prova penetrometrica contraddistinta dal codice 10/bis. La scelta è stata operata in termini cautelativi individuando il sondaggio che meglio rappresentasse il risultato delle considerazioni espresse nei precedenti paragrafi riguardo la tipologia e la natura dei terreni presenti.

Infatti sia il canale Carendetta di Pineo nella parte alta lungo il confine comunale sia il canale Carendetta di Albenga risultano impostati su depositi alluvionali di piana costiera i quali localmente presentano granulometrie fini comprese tra le classi delle sabbie e delle argille. Solo in corrispondenza della linea di costa, nei pressi dell'attraversamento della linea ferroviaria, sarà possibile individuare depositi ad elevato contenuto di ghiaie e ciottoli poco addensati. In superficie potrà essere rilevata la presenza, fino talvolta a profondità superiori al metro, di terreni ad elevato contenuto organico con caratteristiche comunque non idonee a sostenere le opere di fondazione.

6.1 Parametri geotecnici

La stima dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione è stata eseguita elaborando i dati rappresentativi delle caratteristiche di resistenza alla penetrazione del penetrometro dinamico leggero, sulla base dei dati riportati nella documentazione relativa al Progetto Definitivo I° Lotto. All'interno dell' Allegato 1 al presente documento sono riportati i dati rilevati nel corso della prova penetrometrica dinamica e quelli ricavati mediante l'elaborazione degli stessi ai fini della stima dei principali parametri geotecnici.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri di progetto da utilizzare

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Nspt	Descrizione	Cu (Kg/cm²)	Eed (Kg/cm²)	Angolo d'attrito (°)
0 - 1.1	9.65	Coesivo	1.58	1.85	0.09	2.21	Argilla	0.14	10.14	
1.1-3.2	60.15	Incoerente	1.88	1.95	0.37	15.11	Sabbie limose		58.50	32.23
3.2-4.0	34.88	Coesivo	1.95	2.14	0.65	9.32	Limo Argilloso con sabbia	0.63	42.76	

7 Caratteristiche sismiche

7.1 Sismicità storica dell'area

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, possono fornire indicazioni per l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive.

L'insieme delle informazioni disponibili sui terremoti avvenuti in passato, ottenute secondo metodi di analisi di tipo sia strumentale che non, consistono essenzialmente in registrazioni del moto del terreno dalle quali è possibile ricavare l'ipocentro (in termini di latitudine, longitudine, profondità e relative incertezze), così come la dimensione (in termini di magnitudo o momento sismico) e la tipologia del meccanismo del terremoto (in termini di parametri di faglia o di tensore momento). I dati strumentali sono integrati da informazioni sulla distribuzione spaziale degli effetti indotti dal terremoto sulle persone, sulle cose e sull'ambiente, dalle quali, attraverso la codifica di una scala macrosismica, è possibile ricavare la localizzazione, la magnitudo equivalente, le dimensioni fisiche ed anche l'orientazione della struttura sismogenetica.

Le informazioni riguardanti gli eventi sismici avvenuti nell'area in esame sono state ricavate dall'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata "DBMI15" v.4.0 (Locati et. Al., 2022) (http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15), rilasciata nel gennaio 2022 la quale aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11, e dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDe Working Group (http://iside.rm.ingv.it/).

Nella tabella sottostante è rappresentata la storia sismica di Ceriale con elencati i terremoti più significativi che hanno coinvolto il territorio nelle vicinanze dell'area in esame.

Considerando i valori esposti in tabella si può notare come i terremoti più significativi, avvenuti nella Liguria occidentale, produssero effetti del 7-8° grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), la quale considera gli effetti distruttivi su persone e cose per misurare l'intensità del sisma.

Nella tabella il termine "Is" è riferito all'intensità al sito per ogni evento sismico e per ognuno di essi è indicata l'ora, il giorno, l'area e l'intensità macrosismica epicentrale, e la magnitudo del momento sismico (MMS – Moment Magnitude Scale). Quest'ultima è stata sviluppata come aggiornamento della scala Richter.

Tab. 1 Elenco degli eventi sismici che hanno interessato il comune di Ceriale

Effetti Is (MCS)	Data	Area epicentrale	Punti di osservazione macrosismiche	Intensità macrosismica epicentrale	Magnitudo momento Mw
7-8	1887 02 23	Liguria occidentale	1511	9	6,27
4	1917 05 01	Liguria occidentale	9	4	3,75
4-5	1968 04 18	Liguria occidentale	51	7-8	4,93
4	1970 12 31	Liguria occidentale	79	6	4,62
4-5	1972 01 1	Liguria occidentale	41	6-7	4,60
4	1989 12 26	Mar Ligure	290		4,46
4	2000 08 21	Monferrato	595	6	4,94
3	2001 02 06	Mar Ligure	47	4-5	4,17
3	2011 07 25 12 31 2	Torinese	105	5	4,67

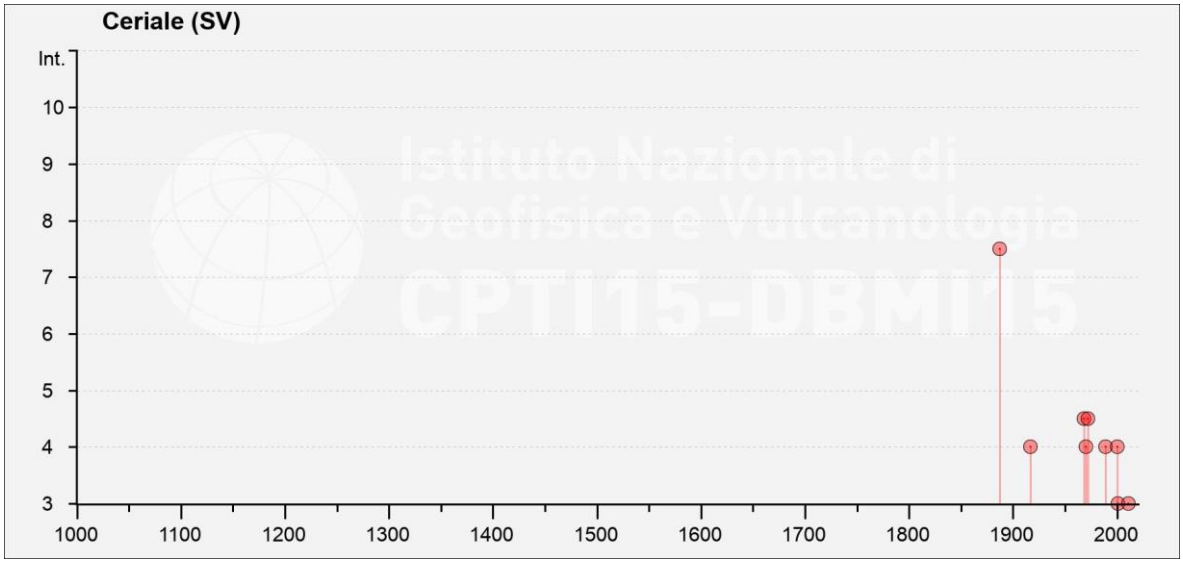


Fig. 1 Rappresentazione degli eventi sismici significativi avventi nel comune in esame (fonte: DBMI15)

7.2 Sorgenti sismogenetiche

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale. La Fig. 2 mostra le aree riferite alla versione più aggiornata DISS 3.3.0 "A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas".

L'area in oggetto non ricade all'interno di nessuna zona ma subisce l'influenza di una Sorgente Sismogenetica Composita (CSS) classificate come:

- "ITCS022: Imperia Promontory" a partire dalla quale possono svilupparsi sismi di magnitudo momento pari a 7,5. Si tratta di un sistema di faglie inverse immergenti verso Nord la cui geometria è compresa tra i 2,5 e i 15 Km dalla superficie. Si estende da Nord-Est all'altezza di Imperia, proseguendo in direzione Sud-Ovest fino a Nizza e rappresenta una delle aree più sismicamente attive del mediterraneo occidentale.

In questa sorgente sismogenetica composita è presente anche la sorgente individuale ISS chiamata "ITIS130: Imperia Promontory".

Da questo sistema di faglie è stato generato il sisma del febbraio del 1887, a largo della costa ligure, che ne causò il relativo tsunami.

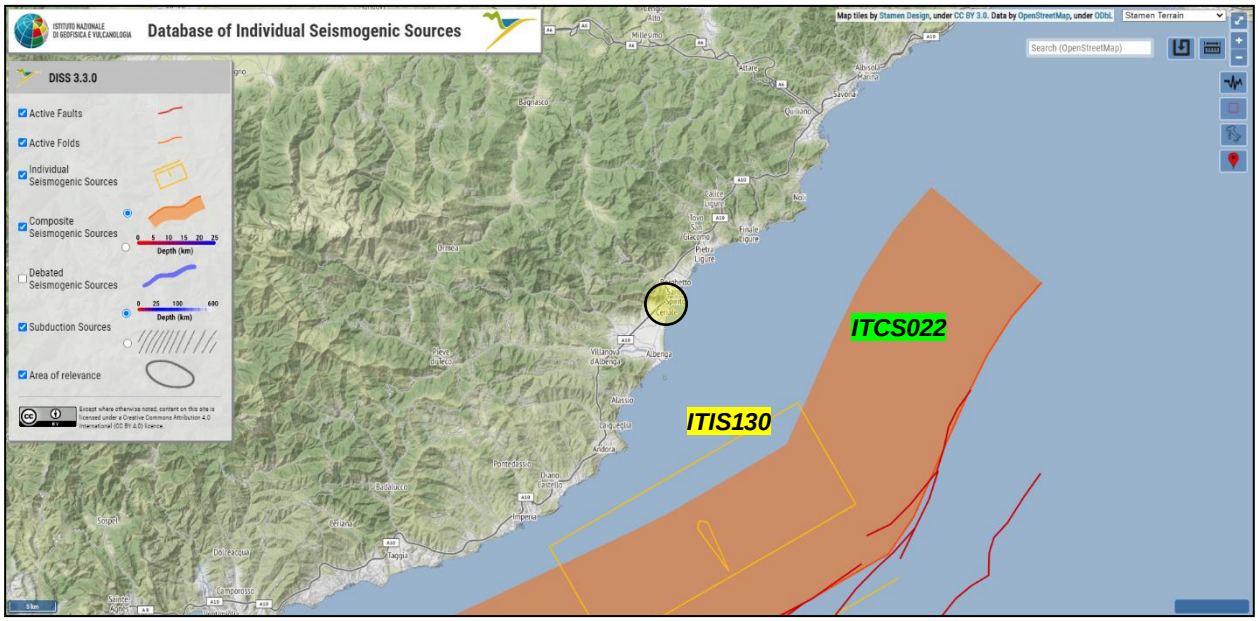


Fig. 2 Database zone sismogenetiche INGV (DISS3.3): rappresentazione cartografica della CSS (Composite Seismogenic Source) e della ISS (Individual Seismogenic Source)

La sorgente sismogenetica composita è essenzialmente una struttura identificata sulla base dell'analisi di dati geologici di superficie e sotterranei, ed in particolare sulla base dell'identificazione delle tracce e delle caratteristiche delle faglie attive. La lunghezza della rottura attesa in conseguenza del terremoto, tuttavia, è scarsamente definibile in quanto, normalmente, le sorgenti sismogenetiche composite derivano da un numero imprecisato di singole fonti vicine tra loro ma sostanzialmente discontinue. Ad una CSS non è possibile attribuire una specifica dimensione del terremoto atteso per il futuro, ma il loro potenziale sismico è stimato dai cataloghi dei terremoti avvenuti nel passato.

Da un punto di vista geometrico la CSS rappresenta la proiezione sulla superficie terrestre della superficie di faglia. Nella Fig. 3 è riportato uno schema di lettura delle caratteristiche geometriche della CSS mentre in Fig. 4 quello di una ISS

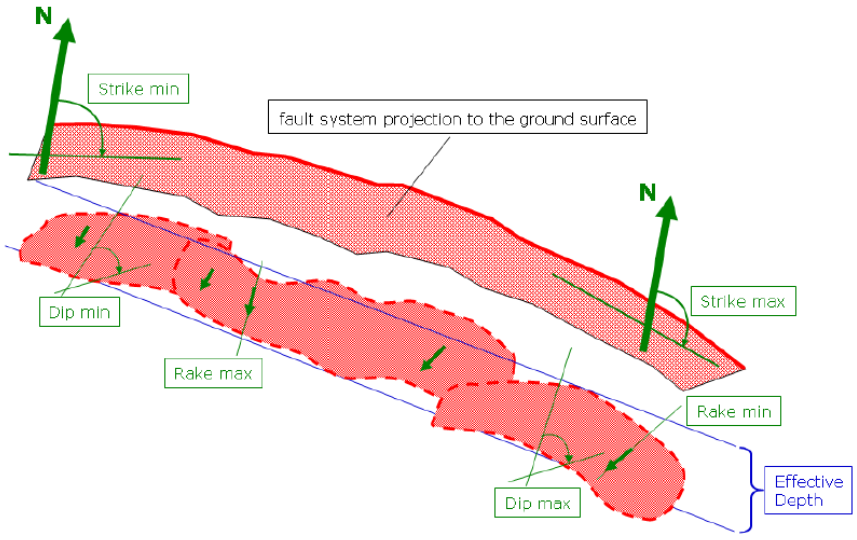


Fig. 3 Schema geometrico di una sorgente sismogenetica composita (CSS)

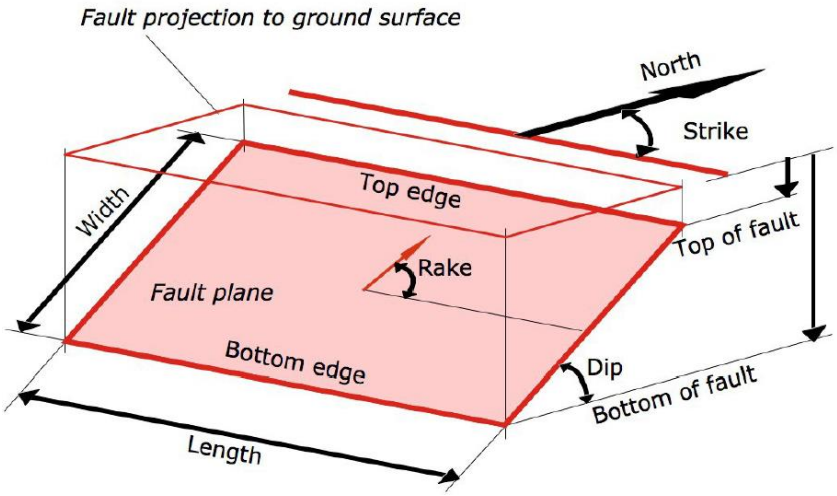


Fig. 4 Schema geometrico di una sorgente sismogenetica individuale (ISS)

La ISS è basata su osservazioni geologiche, geomorfologiche, geofisiche e vincoli storici e può essere vista come una porzione di faglia che si muove rilasciando la deformazione dinamica durante il terremoto.

7.1 Zonazione Sismogenetica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale per recepire le conoscenze più recenti sulla tettonica attiva della penisola e sulla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche, fornire per ogni zona una stima della profondità efficace dei terremoti (ovvero l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti) e per la descrizione del meccanismo di fagliazione prevalente attraverso l'analisi cinematica di eventi geologici importanti che interessano la crosta superficiale e anche strutture profonde (INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004).

La ZS9 rappresenta la più recente zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale ed è stata elaborata tenendo in considerazione i principali riferimenti informativi sui terremoti: progetto DISS e il Database Macrosismico Italiano (DBMI11) che contiene i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani rilasciato nel dicembre 2011 (CPTI11).

Il territorio italiano è suddiviso in 36 aree differenti numerate da 901 a 936 cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto non contribuiscono alla pericolosità del territorio italiano o hanno un numero di eventi interno molto basso. Si possono distinguere le seguenti porzioni (vedi Fig. 5):

- Arco alpino: 901 ÷ 910
- Appennino settentrionale e centrale: 911 ÷ 923
- Appennino meridionale e avampaese apulo: 924 ÷ 928 e 931
- Calabria: 929 – 930
- Sicilia: 932 ÷ 936

Se si osserva Fig. 6 l'area in esame si trova in corrispondenza della Zona 910 nel settore più occidentale dell'arco alpino. Dal punto di vista strutturale è considerata come l'area di svincolo che consente

l'arretramento dell'arco alpino occidentale. Pertanto, è caratterizzata da una sismicità più elevata dei settori in arretramento.

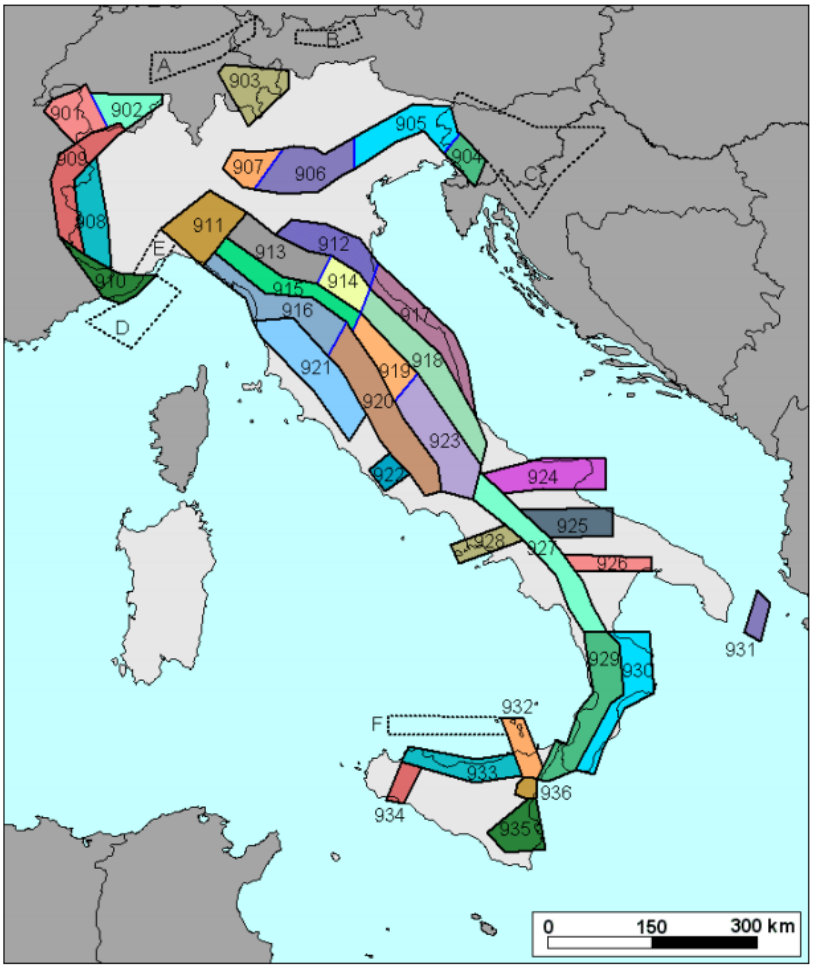


Fig. 5 **Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti blu separano zone con analogo significato cinematico ma diverse caratteristiche sismiche (fonte: INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004)**

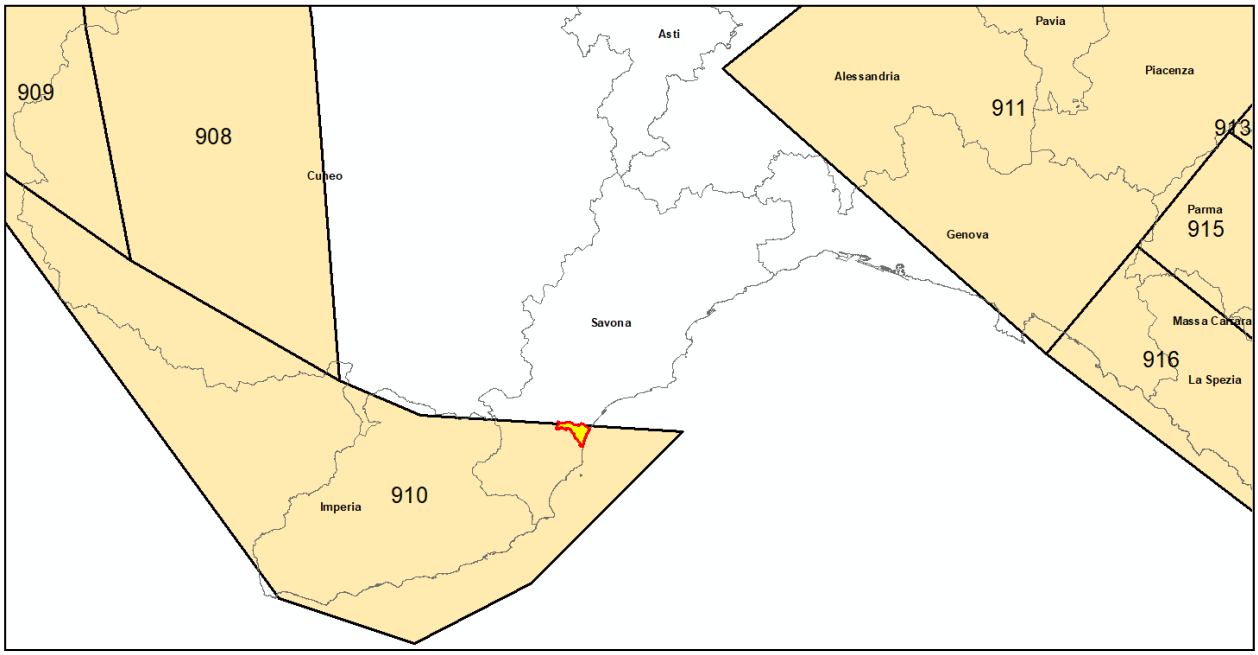


Fig. 6 **Particolare di Fig. 5 in cui viene evidenziato il comune di Ceriale**

7.2 Classificazione sismica

La classificazione sismica è stata approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".

Il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 classi con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 fu promosso un aggiornamento della classificazione, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Tab. 2 Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)
1	>0,25
2	0,15 - 0,25
3	0,05 - 0,15
4	<0,05

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003).

Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul Burl n.47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n.1362 del 19 novembre 2010, con DGR n.216 del 17 marzo 2017 e con DGR n.962 del 23 novembre 2018.

Secondo tale classificazione il Comune di Ceriale risulta classificato in Zona "3", come riportato in Fig. 7.

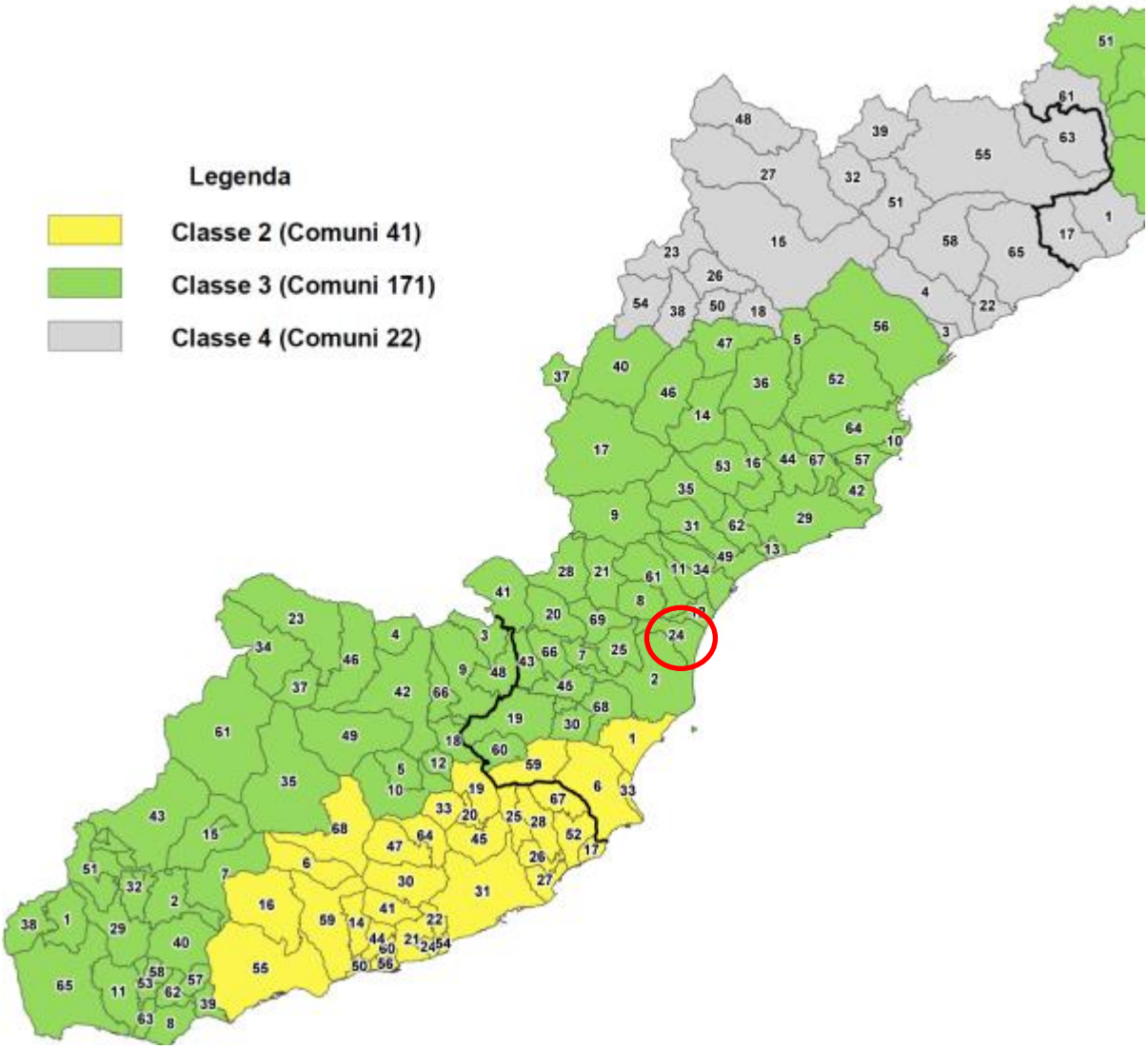


Fig. 7 Classificazione sismica vigente dei Comuni della Regione Liguria

7.3 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2018, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2018 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag: accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- T*c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di ag, Fo e T*c necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L'area di studio è indicativamente ubicata alle coordinate (ED50) Lat: 44,0778313° Long: 8,2271700° e ricade pertanto all'interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Fig. 8 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l'azione sismica.

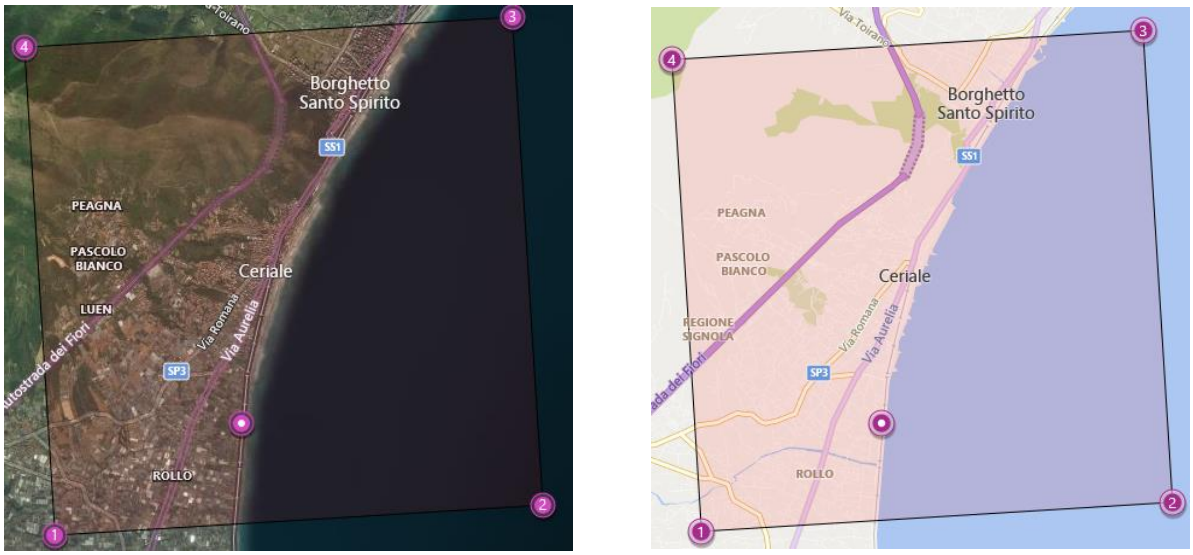


Fig. 8 Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2018

La classificazione dell'area rispetto alle zone sismiche, ai sensi dell'Ord. 3274/2003 (aggiornata con DGR n.1362 del 19 novembre 2010 e successiva n.216 del 17 marzo 2017), individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale al suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% (SLV) in 50 anni (periodo di riferimento VR), è attribuibile alla **Zona 3**.

Tab. 3 Tabella di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-015	0,15
4	<0,05	0,05

La seguente Tab. 4 riporta i parametri sismici relativi all'area in esame, così come definiti dalle NTC 2018:

Tab. 4 Parametri sismici dell'area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2018)

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,023	2,493	0,176
SLD	50	0,033	2,508	0,200

SLV	475	0,118	2,432	0,283
SLC	975	0,162	2,456	0,298

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici sono state operate a livello preliminare le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l'opera in esame, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito.

In primo luogo, è stata definita a livello preliminare la classe prevalente delle opere, facendo riferimento alla **II Classe**, così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 5).

Tab. 5 Classi degli edifici secondo le NTC 2018

Classe	Descrizione
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 DM 5/11/2001, 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.

È stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle NTC 2018 (Tab. 6).

Tab. 6 Vita nominale delle opere secondo le NTC 2018

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	<=10,
Opere ordinarie	>=50,
Grandi opere	>=100

È stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC 2018, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate, la categoria di sottosuolo del sito in esame, facendo riferimento alla **Categoria D**, così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 7).

Tab. 7 Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2018

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*,

Categoria	Descrizione
	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.

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria **T1** in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 8).

Tab. 8 Categorie topografiche secondo le NTC 2018

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 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Sulla base delle classificazioni sopra riportate è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

Le seguenti tabelle riportano i coefficienti sismici orizzontali e verticali, l'accelerazione massima attesa al sito e il coefficiente di riduzione dell'accelerazione stessa nei diversi stati limite.

Tab. 9 Calcolo dei coefficienti sismici

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,008	0,012	0,051	0,070
kv	0,004	0,006	0,025	0,035
Amax [m/s²]	0,413	0,585	2,075	2,852
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,028	0,080	--
kv	--	0,014	0,040	--
Amax [m/s²]	0,413	0,585	2,075	2,852
Beta	--	0,470	0,380	--

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC

kh	--	0,028	0,080	--
kv	--	0,014	0,040	--
Amax [m/s²]	0,413	0,585	2,075	2,852
Beta	--	0,470	0,380	--

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,042	0,060	0,212	0,291
kv	0,021	0,030	0,106	0,145
Amax [m/s²]	0,413	0,585	2,075	2,852
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici per paratie

Altezza paratia (H): 3,0[m]

Spostamento ammissibile us: 0,015[m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,033	0,046	0,164	0,226
kv	--	--	--	--
Amax [m/s²]	0,413	0,585	2,075	2,852
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

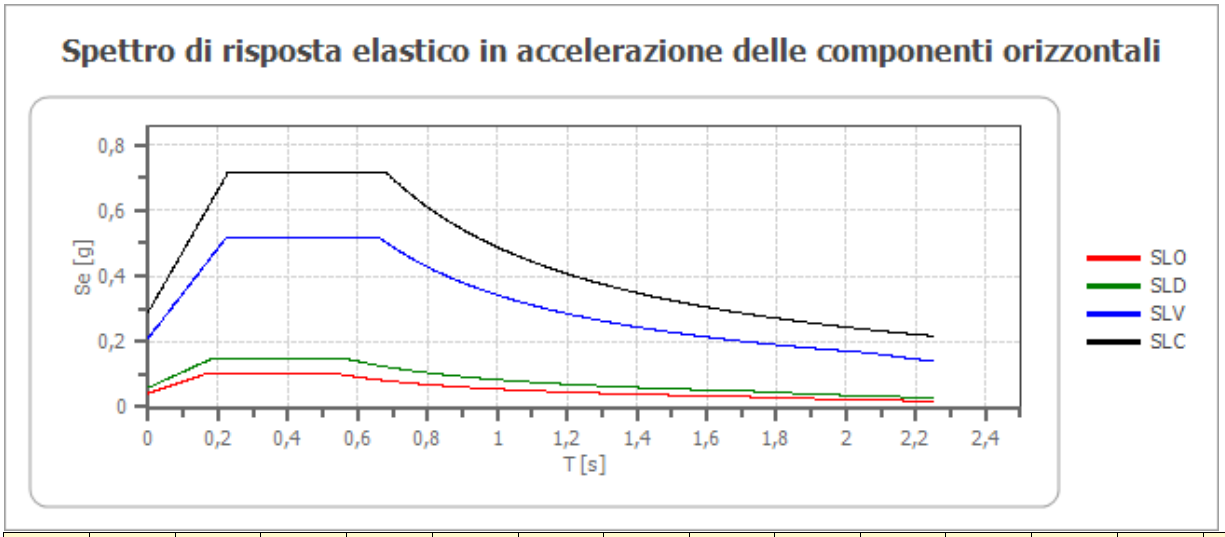
7.3.1. Spettro di risposta elastico

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-18 ed in particolare:

SLE Stati limite di esercizio	SLO	Stato limite di operatività
	SLD	Stato limite di danno
SLU Stati limite ultimi	SLV	Stato limite di salvaguardia della vita
	SLC	Stato limite di prevenzione del collasso

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (Sd [g]) rispetto ad un di periodo di oscillazione di riferimento (T [s]).

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

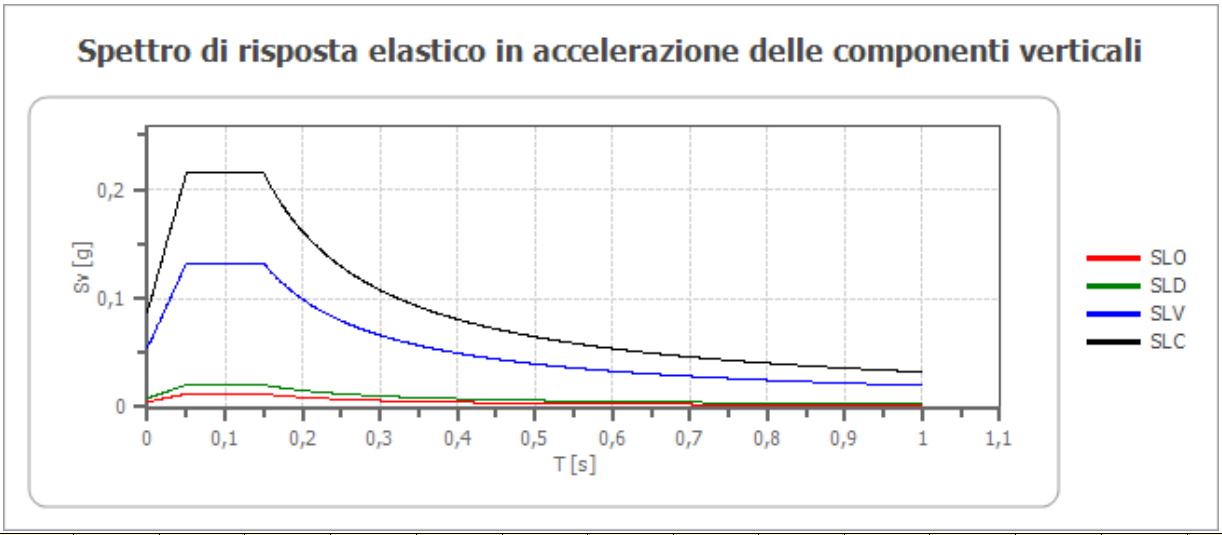


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,023	2,493	0,176	1,800	2,980	1,000	1,800	1,000	0,175	0,524	1,693	0,042	0,105
SLD	1,0	0,033	2,508	0,200	1,800	2,800	1,000	1,800	1,000	0,187	0,560	1,733	0,060	0,150
SLV	1,0	0,118	2,432	0,283	1,800	2,350	1,000	1,800	1,000	0,222	0,665	2,070	0,212	0,515
SLC	1,0	0,162	2,456	0,298	1,800	2,290	1,000	1,800	1,000	0,228	0,683	2,246	0,291	0,714

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,023	2,493	0,176	1	2,980	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,012
SLD	1,0	0,033	2,508	0,200	1	2,800	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLV	1,0	0,118	2,432	0,283	1	2,350	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,054	0,132
SLC	1,0	0,162	2,456	0,298	1	2,290	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,088	0,215

PROVA ...10 bis

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 31/10/2013

Profondità prova 4.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	5	0	0.857	14.30	16.70	0.72	0.83
0.20	7	0	0.855	19.98	23.38	1.00	1.17
0.30	4	0	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	4	0	0.851	11.36	13.36	0.57	0.67
0.50	1	0	0.849	2.83	3.34	0.14	0.17
0.60	1	0	0.847	2.83	3.34	0.14	0.17
0.70	3	0	0.845	8.47	10.02	0.42	0.50
0.80	3	0	0.843	8.45	10.02	0.42	0.50
0.90	1	0	0.842	2.67	3.17	0.13	0.16
1.00	1	0	0.840	2.66	3.17	0.13	0.16
1.10	2	0	0.838	5.31	6.34	0.27	0.32
1.20	11	0	0.836	29.15	34.86	1.46	1.74
1.30	15	0	0.785	37.29	47.54	1.86	2.38
1.40	14	0	0.783	34.73	44.37	1.74	2.22
1.50	13	0	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	15	0	0.780	37.06	47.54	1.85	2.38
1.70	25	0	0.728	57.67	79.23	2.88	3.96
1.80	28	0	0.726	64.45	88.73	3.22	4.44
1.90	30	0	0.725	65.55	90.45	3.28	4.52
2.00	20	0	0.773	46.62	60.30	2.33	3.02
2.10	19	0	0.772	44.20	57.29	2.21	2.86
2.20	17	0	0.770	39.47	51.26	1.97	2.56
2.30	12	0	0.819	29.62	36.18	1.48	1.81
2.40	13	0	0.767	30.07	39.20	1.50	1.96
2.50	16	0	0.766	36.94	48.24	1.85	2.41
2.60	21	0	0.714	45.22	63.32	2.26	3.17
2.70	30	0	0.713	64.48	90.45	3.22	4.52
2.80	27	0	0.711	57.91	81.41	2.90	4.07
2.90	25	0	0.710	51.04	71.88	2.55	3.59
3.00	24	0	0.709	48.91	69.01	2.45	3.45
3.10	16	0	0.757	34.84	46.01	1.74	2.30
3.20	26	0	0.706	52.78	74.76	2.64	3.74

3.30	12	0	0.805	27.77	34.50	1.39	1.73
3.40	12	0	0.803	27.72	34.50	1.39	1.73
3.50	12	0	0.802	27.68	34.50	1.38	1.73
3.60	12	0	0.801	27.63	34.50	1.38	1.73
3.70	15	0	0.750	32.33	43.13	1.62	2.16
3.80	13	0	0.748	27.98	37.38	1.40	1.87
3.90	11	0	0.797	24.10	30.23	1.20	1.51
4.00	11	0	0.796	24.06	30.23	1.20	1.51

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1.1	2.91	9.65	Coesivo	0	1.58	1.85	0.09	0.76	2.21	Argilla
3.2	19.86	60.15	Incoerente	0	1.88	1.95	0.37	0.76	15.11	Sabbie limose
4	12.25	34.88	Coesivo	0	1.95	2.14	0.65	0.76	9.32	Limo Argilloso con sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA 10 bis

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Terzaghi-Peck	0.14
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Terzaghi-Peck	0.63

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Robertson (1983)	4.42
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Robertson (1983)	18.64

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Stroud e Butler (1975)	10.14
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Stroud e Butler (1975)	42.76

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Apollonia	22.10
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Apollonia	93.20

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Argilla	2.21	1.10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Meyerhof ed altri	1.58
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Meyerhof ed altri	1.95

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Meyerhof ed altri	1.85
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Meyerhof ed altri	2.14

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Argilla	2.21	1.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	69.92
[3] - Limo Argilloso con sabbia	9.32	4.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	128.88

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Gibbs & Holtz 1957	42.45

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Sowers (1961)	32.23

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	179.00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58.50

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Meyerhof ed altri	1.88

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	656.81

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Ohta & Goto (1978) Limi	126.85

Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - Sabbie limose	15.11	3.20	15.11	Navfac 1971-1982	3.15