COMUNE DELLA SPEZIA
PROVINCIA DELLA SPEZIA
REGIONE LIGURIA

PROGETTO DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEL FOSSO TOMBONE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

IL COMMITTENTE: Officine Patrone spa

IL TECNICO: Dott. Geologo Angela Sartelli



-20/01/2022-

DOTT. GEOL. SARTELLI ANGELA
Via Chiasso Roggi 16/c – 55012 Capannori (LU)
Cell: 328/2781414
E-mail: geosarte@gmail.com

INDICE

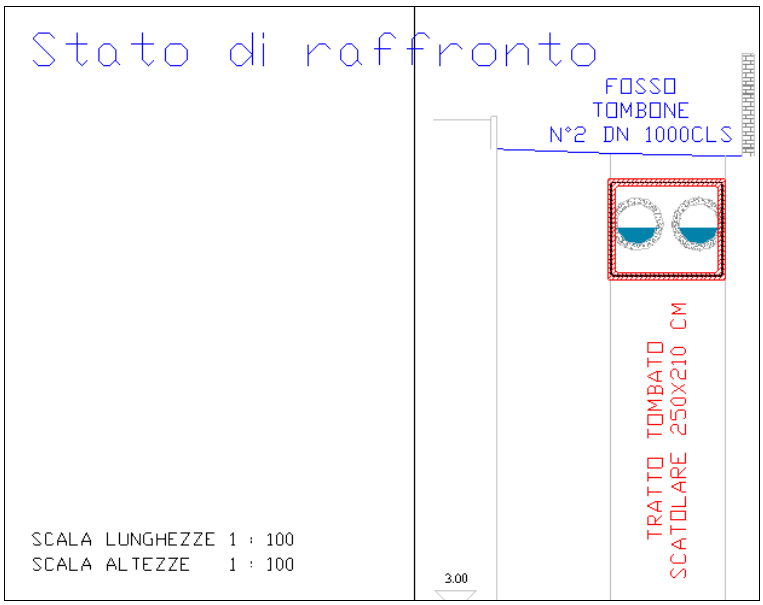
1. Premessa e obbiettivi dello studio;
2. Normativa di riferimento;
3. Vita nominale, classe d'uso, periodo di riferimento e azioni sulle costruzioni
4. Vincoli normativi;
5. Bibliografia;
6. Caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche;
7. Caratterizzazione fisico-meccanica e geotecnica dei terreni;
8. Faglie capaci;
9. Note sismiche;
10. Conclusioni;
11. Allegati;

1-PREMESSA E OBBIETTIVI DELLO STUDIO

Su incarico della Officne Patrone Spa è stata redatta la presente relazione geologica e sismica di supporto al progetto di adeguamento idraulico del Fosso Tombone.

Il progetto prevede la sostituzione dell'attuale condotta, in parte a cielo aperto ed in parte interrata con una di adeguate dimensioni come da normativa attuale, che permetta un adeguato deflusso dell'acqua.

Lo scavo verrà effettuato con la tecnica del blindoscavo, in modo da sostenere adeguatamante le pareti ove verrà poggiato lo scatolare previsto dal progetto dell'Ing. Roncone.



2-NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'indagine in questione ha come obiettivo la verifica della compatibilità dell'opera in rapporto alle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni, secondo quanto previsto dalle vigenti disposizioni di Legge:

- Decreto ministeriale 17/01/2018, Testo Unitario – Aggiornamento delle "Norme

tecniche per le Costruzioni";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998), Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture; Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7,1 (1997), Progettazione geotecnica – Parte I: Regole generali – UNI;
- Eurocodice 7,2 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – UNI;
- Eurocodice 7,3 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove in sito (2002) – UNI;
- O.P.C.M. n. 3274/2003;
- O.P.C.M. n. 3519/2006 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche per l'aggiornamento e degli elenchi delle medesime zone);
- L.R. 22/01/1999 n°4 Boll. Uff. Regionale 10/02/1999 n°3; disciplina degli interventi in materia forestale – vincolo idrogeologico e successive modifiche ed integrazioni;
- D.G.R. n. 530 del 16/05/2003 ("Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria");
- D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 ("Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria");
- D.G.R. n. 1362 del 1911/2010 ("Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria");
- D.G.R. N. 216 del 13/03/2017 ("OPCM 3519/2006 - Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria").

3-VITA NOMINALE, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO E AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Vita Nominale
La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (par. 2.4.2 NTC).
La vita nominale dell'opera in progetto è 50 anni.

Classe d'uso
In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso, la classe d'uso dell'opera in progetto è:
- *Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*

Il coefficiente C_U in questo caso risulta pari a 0,7 come dalla tabella 2.4.II delle NTC.

Periodo di riferimento per l'azione sismica
Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (par. 2.4.3 NTC):

$V_R = V_N \times C_U =$

$V_R = 35$ anni

Tabella riepilogativa

Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	I
Coefficiente d'uso C_u	0,7
Periodo di riferimento dell'azione sismica V_R	35

4-VINCOLI NORMATIVI

4.1 Piano di Bacino Ambito 20

Dalla consultazione del Piano di Bacino – Ambito 20 - Golfo della Spezia "Carta della suscettività al dissesto dei versanti" il sito d'intervento ricade in classe Pg0 "Suscettività al dissesto molto bassa", ovvero aree, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.



STRALCIO DEL PIANO DI BACINO AMBITO 20 – NON IN SCALA

LEGENDA

Area di studio

Pg4 - Suscettività al dissesto molto alta

Pg3a - Suscettività al dissesto alta

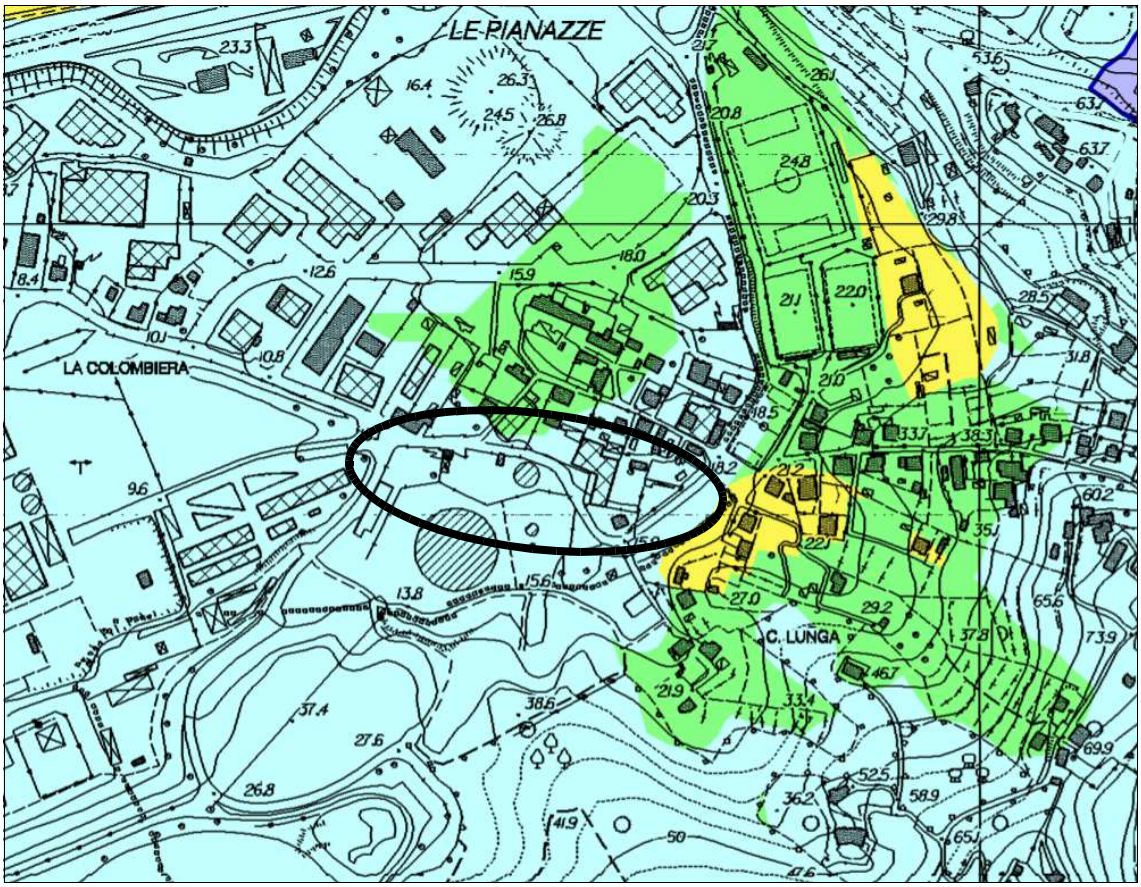
Pg3b - Suscettività al dissesto alta

Pg2 - Suscettività al dissesto media

Pg1 - Suscettività al dissesto bassa

Pg0 - Suscettività al dissesto molto bassa

Dalla consultazione del Piano di Bacino – Ambito 20 - Golfo della Spezia "Carta del rischio geomorfologico" il sito d'intervento ricade all'interno di un'area Rg0, ovvero rischio molto basso.



STRALCIO DEL PIANO DI BACINO AMBITO 20 – NON IN SCALA

LEGENDA

Area di studio

Rg4 - Rischio molto alto

Rg3 - Rischio alto

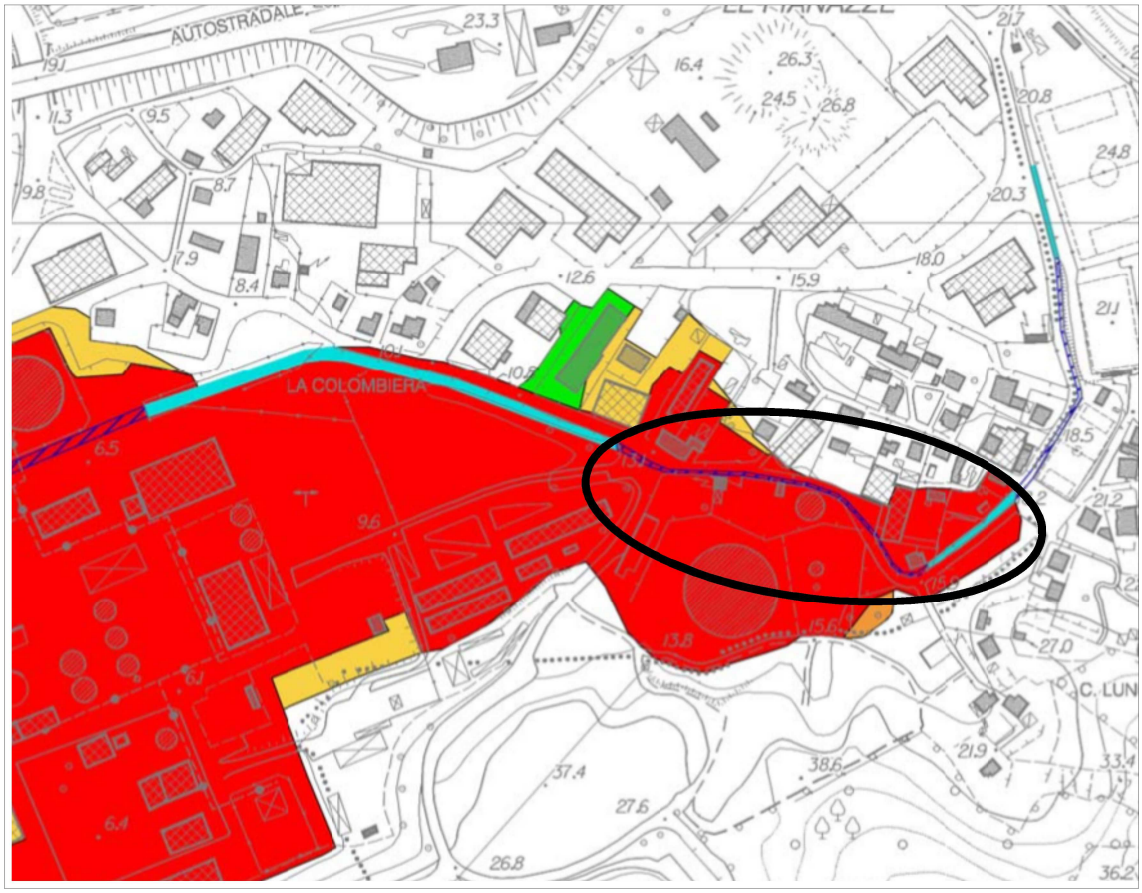
Rg2 - Rischio medio

Rg1 - Rischio basso

Rg0 - Rischio molto basso

Cave attive e discariche in esercizio

Dalla consultazione del Piano di Bacino – Ambito 20 - Golfo della Spezia "Carta delle fasce di inondabilità" il sito d'intervento ricade in Fascia A, aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni;



STRALCIO DEL PIANO DI BACINO AMBITO 20 – NON IN SCALA

LEGENDA

Area di studio

- Fascia A
- Fascia B
- Fascia B - Ambito BB
- Fascia B - Ambito B0
- Fascia B a basso tirante ai fini dell'espressione dei pareri ex art. 15, comma 3, lettera "a", delle Norme di Piano
- Fascia C
- Alveo a cielo aperto
- Alveo tombinato

Criticità puntuali:

4.2 Piano Urbanistico Comunale PUC

a. Dalla consultazione della documentazione geologica del Piano Urbanistico Comunale del 2003, il sito d'intervento ricade in area C1 ovvero "area con condizionamenti di ordine geologico in senso lato eliminabili con interventi di medio-bassa difficoltà ed onerosità".

Come risulta dalla documentazione geologica allegata al P.U.C., nella classe "C" sono state inserite le aree con un livello di pericolosità geomorfologica media.

Si tratta di una classe pienamente compatibile con le opere in progetto.

b. Dalla consultazione della carta dei vincoli sovraordinati, L.R. 6 Ottobre 2009, n. 39 – Norme per la valorizzazione della geodiversità, dei geositi e delle aree carsiche in Liguria, l'area oggetto di intervento NON presenta formazioni geologiche suscettibili all'instaurarsi di fenomeni carsici significativi.

c. Dalla consultazione della carta dei vincoli sovraordinati, l'area in esame NON è sottoposta a vincolo idrogeologico, come da Legge regionale 22/01/1999 n°4 e da Regio Decreto 30/12/1923 n°3267 e 16/05/1926 n°1126.

4.3 Siti di interesse comunitario – S.I.C.

Il sito in esame NON rientra nelle perimetrazione dei Siti di Interesse Comunitario, Parco della Magra – Vara e Portovenere – Riomaggiore – San Benedetto, così come pubblicato nel sito web ufficiale della Regione Liguria.

4.4 Pietre Verdi

Il sito di indagine NON rientra nella perimetrazione delle Pietre Verdi così come pubblicato nel sito web ufficiale della Regione Liguria.



STRALCIO DELLA CARTA DI ZONIZZAZIONE GEOLOGICA – PUC 2003 LA SPEZIA – NON IN SCALA

LEGENDA

Area di studio

SUSCETTIBILITA` D`USO: ampia – PERICOLOSITA`: bassa – CLASSE: A

SUSCETTIBILITA` D`USO: condizionata – PERICOLOSITA`: media CLASSE: C0

SUSCETTIBILITA` D`USO: condizionata – PERICOLOSITA`: media – CLASSE: C1

SUSCETTIBILITA` D`USO: condizionata – PERICOLOSITA`: media – CLASSE: C1 CARATTERISTICHE: A3

SUSCETTIBILITA` D`USO: condizionata – PERICOLOSITA`: media – CLASSE: C2



IDROGRAFIA SUPERFICIALE – NON IN SCALA

LEGENDA

Area di studio

5-BIBLIOGRAFIA

Lo studio si basa anche sul riesame di studi pregressi e di materiale bibliografico disponibile sull'area. La documentazione utilizzata, che si dà per nota, è elencata di seguito:

[1] Le acque Termo-minerali del Golfo della Spezia (Brozzo, 1998);
[2] Studio di fattibilità per lo sfruttamento delle sorgenti termali della città della Spezia (ACAM Acque S.p.A., Università di Genova, 2004);
[3] Studio geochimico delle acque di falda nel sito di Pitelli, ed in particolare nella zona della centrale termoelettrica Enel della Spezia Eugenio Montale" (ACAM Acque S.p.A., ARPAL, 2007);
[4] Assetto litologico ed idrogeologico dell'area della Centrale di La Spezia (Enel Ricerca, Rapporto topico AMB 1999-0192, 1999);
[5] Analisi e rilievi piezometrici sui pozzi Enel (ARPAL prot. 5635 del 02/07/2007);
[6] Studio idrogeologico pozzi Enel (Rapporto CESI A3/041944, 2003);
[7] Analisi chimiche pozzi del 17/09/2020 (Agrolab, 2020).
[8] Golder Associated srl "*Assetto idrogeologico del settore orientale della pianura di Vallegrande (Località Pomara e Boscalino) nei comuni di La Spezia e di Arcola* " *2021*

6-CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E TETTONICHE

Morfologia e idrografia
La zona d'intervento si colloca in località La Colombiera, immediatamente a Est della centrale Enel, ad una quota media di 16 metri slm.

Sulla zona di progetto l'idrografia superficiale è rappresentata da un canale, il Fosso Tombone, oggetto di intervento, in parte tombato, che passa per buona misura al di sotto della sede stradale, ed in parte a fianco alla stessa.

Geologia
La pianura di Vallegrande è un'estesa area valliva allungata in senso Est-Ovest che va dalle località Stagnoni e Fossamastra, prossime al centro urbano della Spezia, ai rilievi collinari di Baccano e Fresonara nel Comune di Arcola. Nel settore Orientale la depressione valliva si divide in due rami, uno settentrionale (località Pianazze) ed uno meridionale che si allarga in un'ampia area pianeggiante (località Pian di Pitelli, Pomara e Boscalino).

La pianura di natura alluvionale è caratterizzata da un articolato e complesso assetto geologico ed idrogeologico, complicato dalla presenza di zone diffuse di risalita di acque ipotermali solfato-calciche.

L'area è circondata da rilievi collinari sui quali affiorano prevalentemente quarziti e filladi attribuibili alla Unità Tettonica di Massa mentre l'area pianeggiante è colmata da depositi alluvionali e marini (vedi Figura 1, estratta dal Foglio 248 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000). [8]

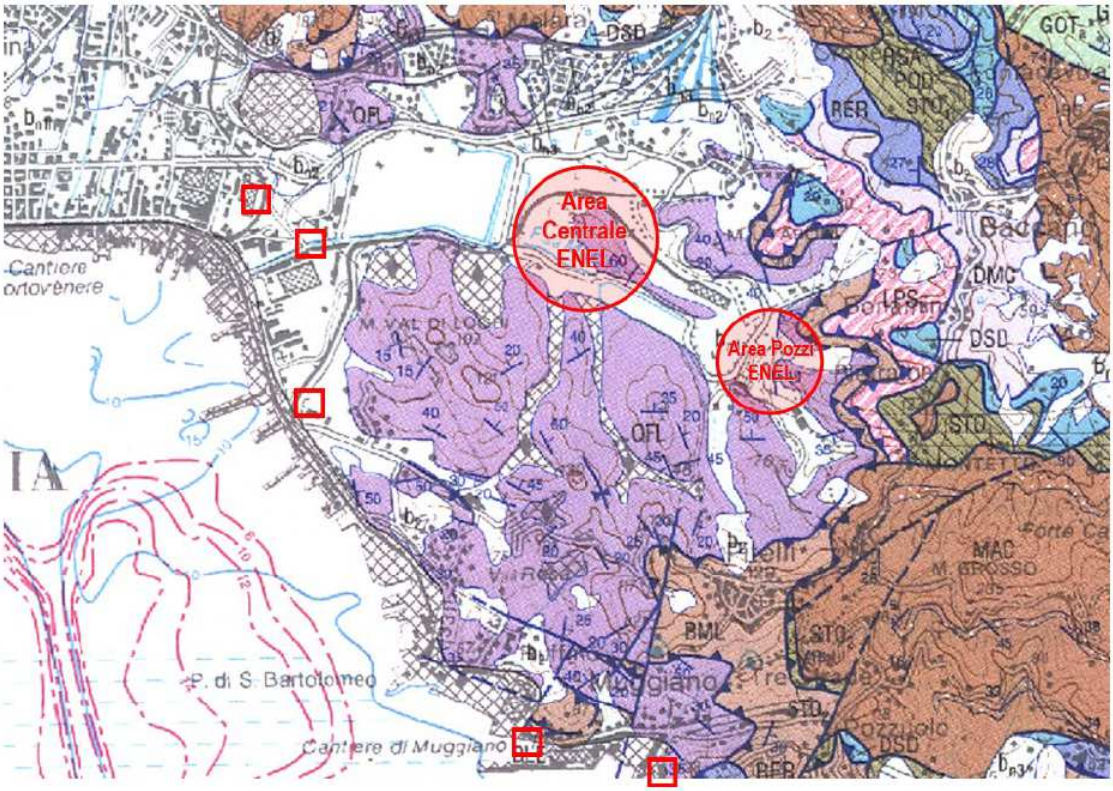


Figura 1 - Estratto dal Foglio 248, Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.
Sono indicati l'area della Centrale Enel, l'area sulla quale insistono i pozzi Enel e le principali emergenze naturali di acque termali (simbolo □). Le litologie affioranti sui rilievi circostanti la pianura sono rappresentate dalle quarziti e filladi (QFL), dalle Brecce di Maralunga (BML), dai Calcari di Portovenere (LPS) mentre la pianura è colmata dai depositi alluvionali terrazzati (b1-4).

Lo spessore di quarziti e filladi è stimabile in circa 50 m (Federici e Raggi, 1975), mentre lo spessore dell'intera Unità Tettonica di Massa (comprendendo anche i litotipi sottostanti le quarziti e filladi carniche, ossia anageniti, filladi violette, metabrecce poligeniche, metavulcaniti, filladi e calcescisti, marmi di Punta Bianca, metaconglomerati, metarenarie e metapeliti, metaconglomerati verdastri) è valutabile in circa 250 m (Foglio 248 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000). Al di sotto della Unità Tettonica di Massa si posizionano le Filladi e Quarziti di Buti non visibili in affioramento. La geologia di sottosuolo a profondità superiori a 300 m è totalmente sconosciuta.

Al di sopra della Unità Tettonica di Massa è sovrascorsa la Falda Toscana e fra le due sono interposte le brecce tettoniche note come Brecce di Maralunga e Brecce di Lerici (Foglio 248 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) o Unità di Lerici-Tellaro (Federici e Raggi, 1975). La Falda Toscana comprende, nel settore orientale dell'area, sia terreni calcareo-dolomitici (zona di Monte Branzi) sia facies clastiche (Macigno, zona di Pitelli-Canarbino), mentre la presenza di rocce evaporitiche (gessi e anidriti), peraltro non visibili in affioramento, è possibile nelle brecce di Maralunga. [8]

Dall'analisi bibliografica è stato possibile ricavare una caratterizzazione geologica ed idrogeologica dei depositi alluvionali e marini, elaborata a seguito della revisione di una gran mole di dati stratigrafici relativi a perforazioni effettuate nella zona di studio [2]. Quasi tutte le stratigrafie esaminate interessano i depositi quaternari recenti e solo in alcuni casi è stato raggiunto il substrato roccioso quarzitico. Dall'analisi di questi dati la sequenza dei depositi quaternari recenti può essere così schematizzata:
(1) una sequenza clastica superiore, con prevalenza di granulometrie fini (argille, limi, limi sabbiosi), localmente con presenza di torbe e materiale organico marino non decomposto;

(2) una sequenza clastica inferiore, meno potente costituita da materiali più grossolani (sabbie e ghiaie), che poggia direttamente sul substrato roccioso.

Avvicinandosi alla linea di costa aumenta lo spessore della sequenza superiore e compaiono, al suo interno, livelli torbosi e livelli di origine marina. Questi ultimi non sono riconoscibili nel settore più orientale della pianura.

Nel settore compreso tra l'area della Centrale Enel e la località Stagnoni il substrato quarzitico è stato rinvenuto a profondità variabili tra i 14 m (ad Est) e i 42 m (ad Ovest). Ai margini orientali della pianura (località Boscalino e Pomara) il substrato roccioso è stato rinvenuto invece a profondità variabili tra 16 e 19 m ed è stato attribuito alla formazione del Calcare Cavernoso corrispondente alla formazione delle Brecce di Maralunga nella cartografia geologica attuale [4].
Di seguito si riportano le sezioni rappresentative delle sequenze litostratigrafiche che caratterizzano l'area oggetto di studio (Figura 3). [8]

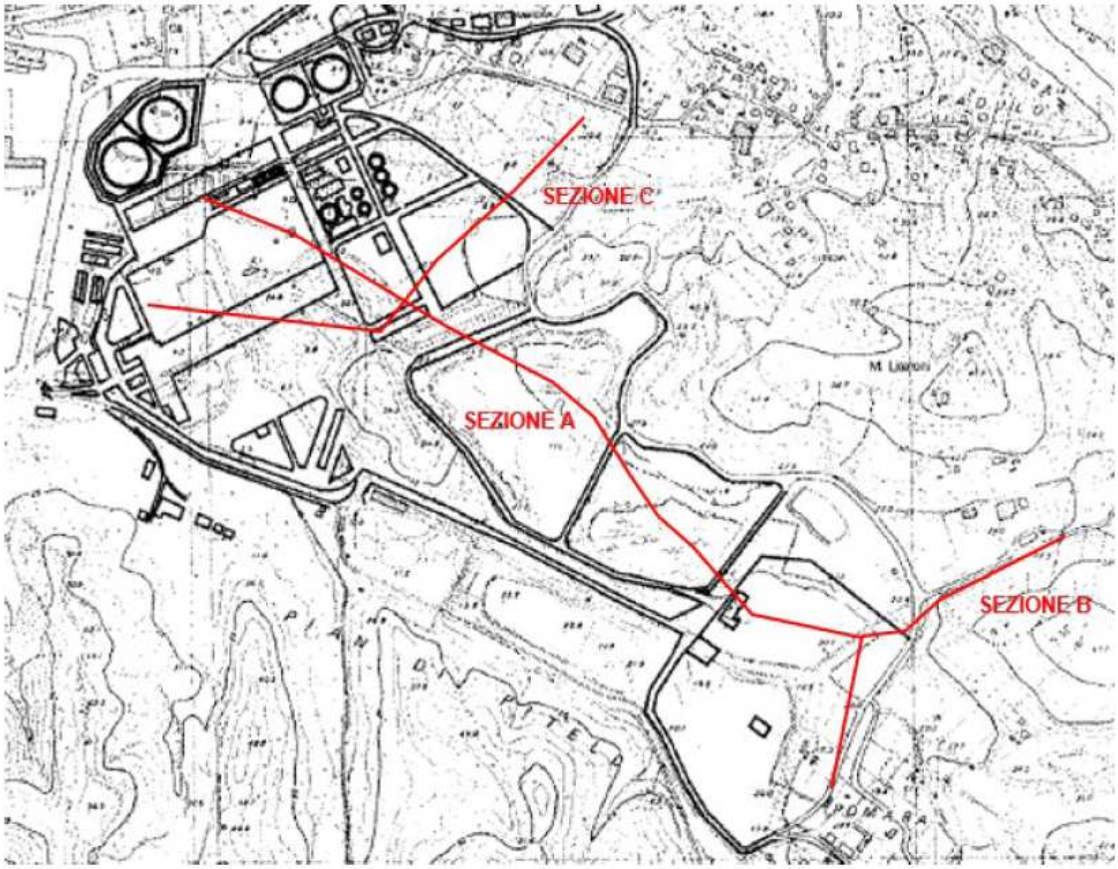


Figura 2 – Planimetria della dell'area oggetto di studio con indicazione delle sezioni geologiche

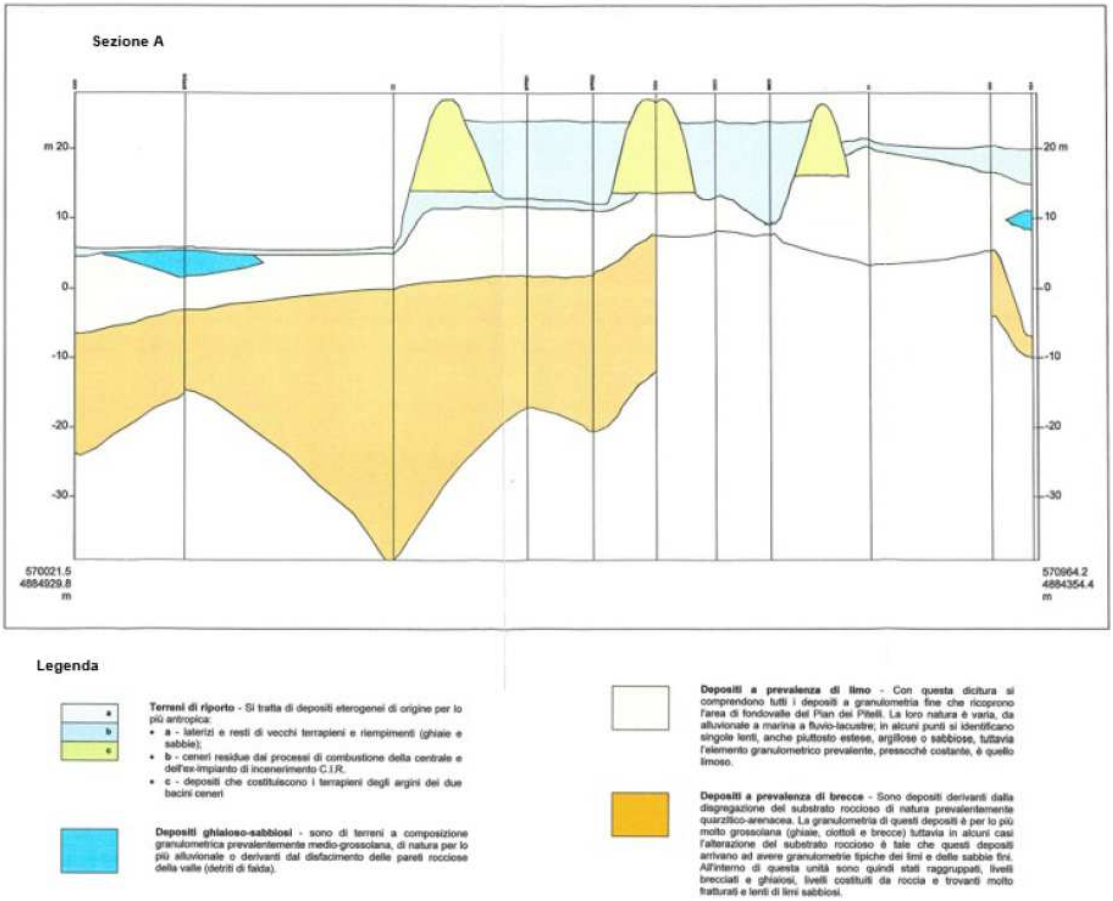
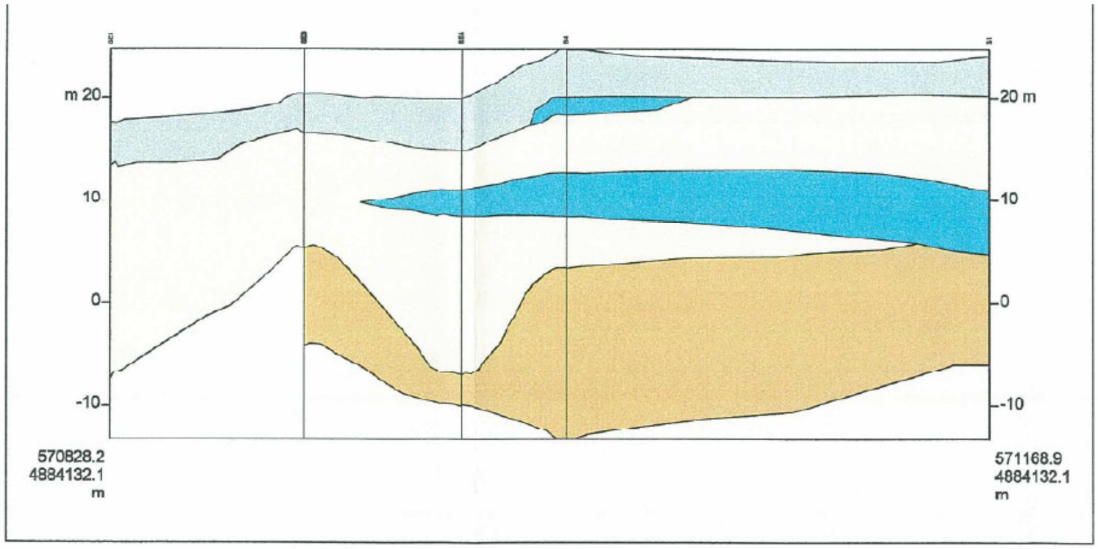


Figura 3a – Ricostruzione litologica del sottosuolo secondo la sezione A



Legenda

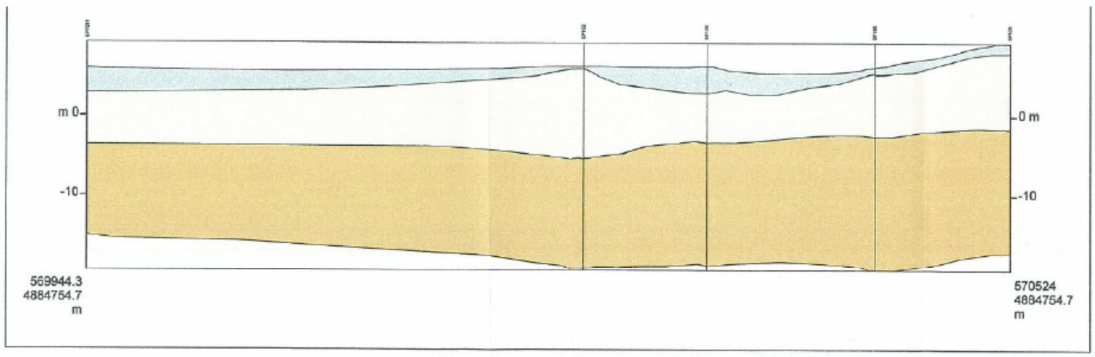
Terreni di riporto - Si tratta di depositi eterogenei di origine per lo più antropica:
- **a** - laterizi e resti di vecchi terrapieni e riempimenti (ghiaie e sabbie);
- **b** - ceneri residue dai processi di combustione della centrale e dell'ex-impianto di incenerimento C.I.R.
- **c** - depositi che costituiscono i terrapieni degli argini dei due bacini ceneri

Depositi ghiaioso-sabbiosi - sono di terreni a composizione granulometrica prevalentemente medio-grossolana, di natura per lo più alluvionale o derivanti dal disfacimento delle pareti rocciose della valle (detriti di falda).

Depositi a prevalenza di limo - Con questa dicitura si comprendono tutti i depositi a granulometria fine che ricoprono l'area di fondovalle del Pian dei Pitelli. La loro natura è varia, da alluvionale a marina a fluvio-lacustre; in alcuni punti si identificano singole lenti, anche piuttosto estese, argillose o sabbiose, tuttavia l'elemento granulometrico prevalente, pressoché costante, è quello limoso.

Depositi a prevalenza di brecce - Sono depositi derivanti dalla disgregazione del substrato roccioso di natura prevalentemente quarzitico-arenacea. La granulometria di questi depositi è per lo più molto grossolana (ghiaie, ciottoli e brecce) tuttavia in alcuni casi l'alterazione del substrato roccioso è tale che questi depositi arrivano ad avere granulometrie tipiche dei limi e delle sabbie fini. All'interno di questa unità sono quindi stati raggruppati, livelli brecciati e ghiaiosi, livelli costituiti da roccia e trovanti molto fratturati e lenti di limi sabbiosi.

Figura 3b – Ricostruzione litologica del sottosuolo secondo la sezione B



Legenda

Terreni di riporto - Si tratta di depositi eterogenei di origine per lo più antropica:
- **a** - laterizi e resti di vecchi terrapieni e riempimenti (ghiaie e sabbie);
- **b** - ceneri residue dai processi di combustione della centrale e dell'ex-impianto di incenerimento C.I.R.
- **c** - depositi che costituiscono i terrapieni degli argini dei due bacini ceneri

Depositi ghiaioso-sabbiosi - sono di terreni a composizione granulometrica prevalentemente medio-grossolana, di natura per lo più alluvionale o derivanti dal disfacimento delle pareti rocciose della valle (detriti di falda).

Depositi a prevalenza di limo - Con questa dicitura si comprendono tutti i depositi a granulometria fine che ricoprono l'area di fondovalle del Pian dei Pitelli. La loro natura è varia, da alluvionale a marina a fluvio-lacustre; in alcuni punti si identificano singole lenti, anche piuttosto estese, argillose o sabbiose, tuttavia l'elemento granulometrico prevalente, pressoché costante, è quello limoso.

Depositi a prevalenza di brecce - Sono depositi derivanti dalla disgregazione del substrato roccioso di natura prevalentemente quarzitico-arenacea. La granulometria di questi depositi è per lo più molto grossolana (ghiaie, ciottoli e brecce) tuttavia in alcuni casi l'alterazione del substrato roccioso è tale che questi depositi arrivano ad avere granulometrie tipiche dei limi e delle sabbie fini. All'interno di questa unità sono quindi stati raggruppati, livelli brecciati e ghiaiosi, livelli costituiti da roccia e trovanti molto fratturati e lenti di limi sabbiosi.

Figura 3c – Ricostruzione litologica del sottosuolo secondo la sezione C

Dal punto di vista geologico nel sito di intervento, il substrato litoide è rappresentato dalle Quarziti e filladi, appartenenti all'unità tettonica di Massa, ed in particolare al Gruppo del Verrucano.

Detta formazione è litologicamente costituita quarziti grigio rosate ben stratificate, talora con livelletti basali microanagenitici; nella parte alta alle quarziti si intercalano filladi e metasiltiti grigie o verdastro-violacee (Carnico).

Sul sito di progetto detta formazione non è visibile; difatti è presente un deposito alluvionale fliuviale dello spessore compreso tra i 10 e i 20 m che si estende verso valle, come riportato dalla carta geologica.

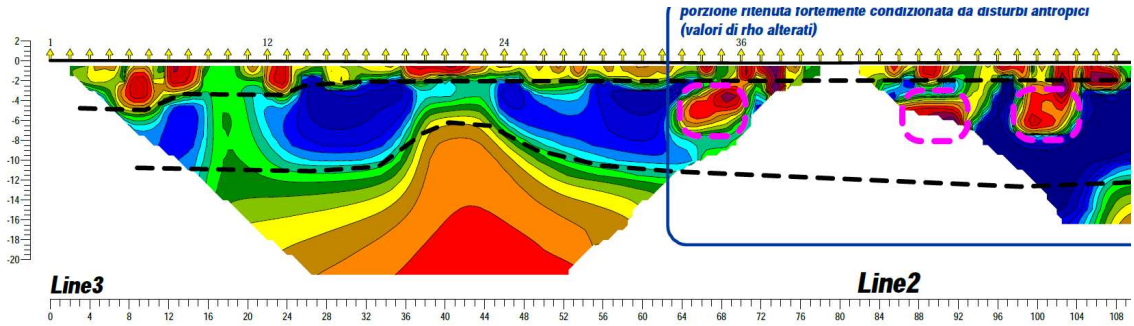
Tale dato è copnfermato anche dalle analisi geofisiche eseguite, infatti il report geolettrico mostra una marcata resistività a circa 10 m dal p.c..

Le sezioni geofisiche, trilevate durante la strada, mostrano sostanzialmente 3 livelli;

- un livello superficiale, da 0 a 3 m circa, corrispondente a materiale sciolto e rimaneggiato, di origine fluviale e antropica, considerato l'altro grado di rimaneggiamento dell'area la zona;

- da 3 a 10 m circa un livello di materiale sciolto corrispondente a un deposito alluvionale fluviale contenente granulometria mista, da limo ad argilla.

- oltre i 10 m substrato roccioso costituito da Filladi e Quarziti.



Di seguito vengono riportate le specifiche dei terreni sopradescritti:

Quarziti e Filladi: Depositi continentali terrigeni del Trias medio (Verrucano): porzione inferiore costituita da anageniti (con ciottoli di quarzo bianco,rosa e nero,di quarziti e probanili porfiroidi).Porzione mediana con quarziti prevalenti sulle filladi e sulle anageniti. Porzione superiore costituita soprattutto da scisti e quarziti (VR) -Trias

Deposito Fluviale: Depositi di origine prevalentemente fluviale:depositi a granulometria variabile da ghiaia ad argilla (DF) - Quaternario
Dal punto di visto idrogeologico i depositi alluvionali presentano una media - alta permeabilità per porosità in funzione della presenza di materiale fine nei depositi, nel deposito alluvionale è presente una falda freatica il cui livello tende ad oscillare.

Idrogeologia

Nella Figura 5 è rappresentata la mappa delle isofreatiche (isolinee bianche) assieme alla distribuzione della conducibilità elettrica a 20°C delle acque sotterranee (scala di colore). La ricostruzione della piezometria si basa su dati rilevati durante l'indagine ARPAL/ACAM del 2007 [3] integrati con altri dati raccolti durante altre indagini (Brozzo, dati inediti, 1997-1998-1999-2002-2003-2005-2006). La mappa che non arriva ad interessare l'area di Pomara - Boscalino, per la quale, all'epoca delle indagini citate, non erano stati richiesti approfondimenti, risulta tuttavia utile per l'inquadramento idrogeologico e geochimico dell'acquifero contenuto nei depositi quaternari.

Dal rapporto [3]: "… *Le quote piezometriche assolute variano da massimi attorno a 8.5 m slm nel settore E dell'area di indagine (località Pianazze) a 0.5 m slm nel settore W dove la superficie piezometrica si raccorda con la superficie marina. Il flusso sotterraneo è di conseguenza diretto da E a W. Il panneggio delle isolinee è caratterizzato dalla presenza di un asse principale di drenaggio diretto EW che attraversa la pianura nella zona mediana e da due assi meno marcati provenienti rispettivamente da Nord (alimentazione dal bacino del Torrente Melara) e da SW (alimentazione dai modesti impluvi dei rilievi quarzitici posti a Sud dell'area Enel)*". [8]

Nell'area di studio la falda viene riportata a circa 7 m dal p.c., ma si ritiene che possa risalire di diversi metri, con oscillazioni fino a 3 - 4 m dal p.c..

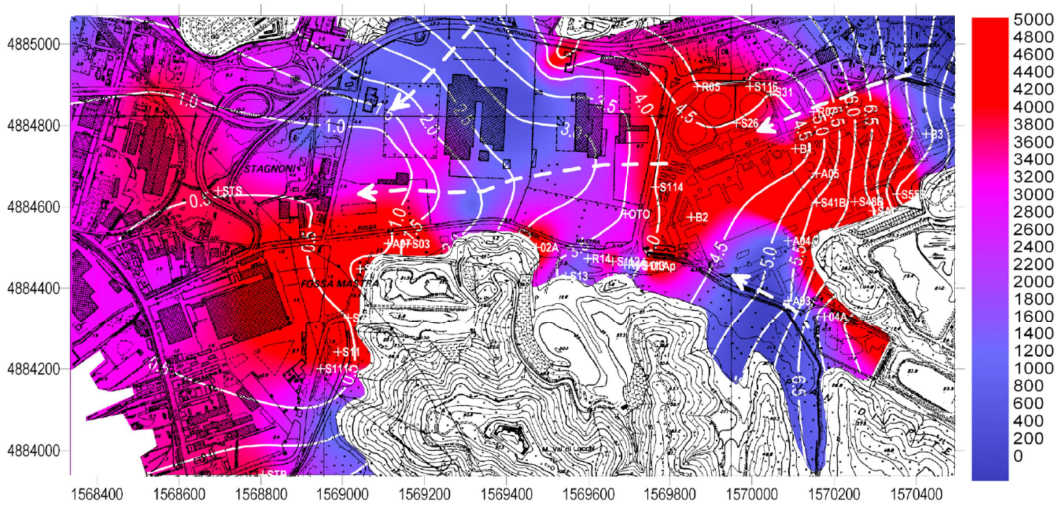


Figura 5 - Mappa delle isofreatiche (isolinee bianche) e della conducibilità a 20°C delle acque sotterranee (scala di colore). Il massimo di conducibilità è stato fissato a 5000 µS/cm [3].

Nell'area di intervento la soggiacenza della falda è posta ad una quota assoluta di circa 6 m slm, quindi ad una profondità media pari a 8/10 m dal p.c..

Lo studio contenuto in [3] ha permesso di elaborare un modello idrogeologico-geochimico concettuale degli acquiferi del settore centro occidentale della piana di Vallegrande (**Figura 7**). Come indicato nell'indagine ARPAL/ACAM del 2007 [3], partendo dal limite Est della pianura, si osserva:

- l'alimentazione di acque di falda bicarbonato-calciche di bassa salinità provenienti da Est con flussi modesti (stimati nell'ordine delle decine di litri al minuto);
- una prima zona di risalita di acque termali ad alto contenuto di solfati dal substrato quarzitico in prossimità del limite Nord dell'area della Centrale. Si tratta di risalite meno consistenti rispetto a quelle della zona di Stagnoni, probabilmente caratterizzate da minori

portate e dai contenuti di solfati più elevati perché affette in minor misura da fenomeni di riduzione;

- ♣ l'interazione tra acque fredde e acque termali con i fenomeni di stratificazione e miscela nell'acquifero superficiale (es. settore centrale dell'area Enel);
- ♣ una seconda e più importante zona di risalita di acque termali che interessa la pianura tra la località Stagnoni e Pagliari e che prosegue ancora lungo la costa di S. Bartolomeo e Ruffino. La risalita di queste acque in aree localizzate ha caratteri di artesianesimo; le acque sempre di tipo solfato-calcico sono tuttavia caratterizzate da contenuti in SO42- inferiori rispetto alle acque di cui al punto precedente per i fenomeni di riduzione batterica dei solfati stessi. In questo settore non sono stati rilevati fenomeni di stratificazione delle acque sotterranee. [8]

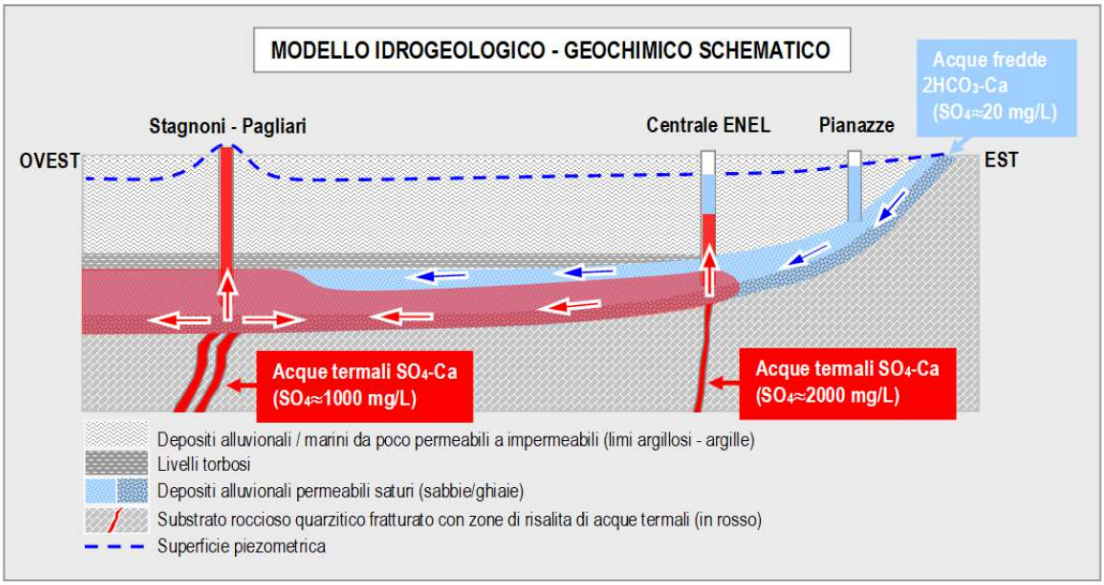


Figura 7 - Sezione schematica che mostra il modello idrogeologico-geochimico concettuale dell'acquifero superficiale dell'area studiata, in cui sono indicate anche le principali zone di risalita delle acque termali.

Geomorfologia

Dal punto di vista geomorfologico, sull'areale interessato dal progetto non si evidenziano fenomeni di degrado e la zona appare stabile, complice anche la morfologia pianeggiante dell'area.

6-CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

Allo scopo di determinare preliminarmente le caratteristiche stratigrafiche e valutare i parametri geotecnici dei terreni si sono utilizzati i dati di alcune indagini effettuate nell'areale e da dati di bibliografia:

Deposito fluviale e antropico da 0 a -3 m dal p.c.

Angolo di attrito interno	Φ = 23-24°
Coesione	Cu = 0,1-0,05 Kg/cmq
Peso di volume in mucchio	ps = 1,7 t/mc
Densità relativa	Dr= 30-40%

Deposito fluviale con prof. > di 3 m dal p.c.

Angolo di attrito interno	Φ = 25-26°
Coesione	Cu = 0,1-0,2 Kg/cmq
Peso di volume in mucchio	ps = 1,8 t/mc
Densità relativa	Dr= 40-50%

7-FAGLIE CAPACI

L'Italia è una delle regioni di maggiore mobilità tettonica del Mediterraneo, e quindi a più alto tasso di sismicità. Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti terremoti avvenuti sul nostro territorio, dimostrando che dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture considerate in passato completamente inattive.

La stima della pericolosità legata ai terremoti, in particolare alla fagliazione superficiale che spesso l'accompagna per magnitudo ≥ 6, è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza, la conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie attive, in special modo di quelle stimate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAzard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

Il sito oggetto di indagine non si trova in prossimità delle faglie censite sul territorio spezzino di seguito descritte.



Immagine google earth con faglie capaci

1 La Spezia Fault

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	320
Dip (°)	Sub-Vertical
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	4.4
Mapping Scale	1:50000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

2 Felettino Fault

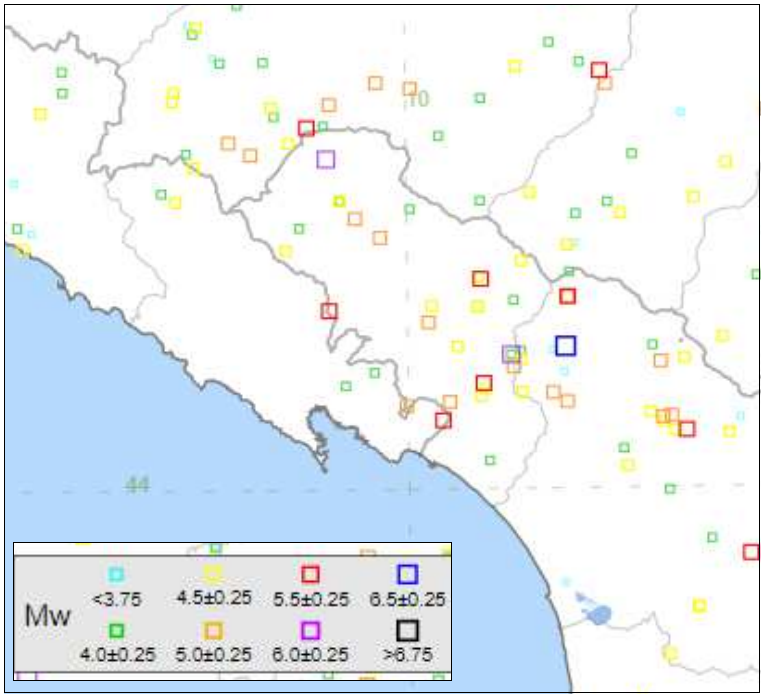
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	60
Dip (°)	Sub-Vertical
Dip Direction	NW
Fault Length (km)	2.8
Mapping Scale	1:50000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

3 Bottagna Cafaggio Fault

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	330
Dip (°)	Steep
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	11.7
Mapping Scale	1:200000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

Allo stato attuale non si hanno evidenze di attività delle faglie in oggetto:

• Sia dai rilievi di campagna che dall'esame delle più recenti cartografie geologiche disponibili (CARG e PUC) non sono state evidenziate dislocazioni dovute a movimenti di faglia.
• Tra le faglie attive, quelle sismogenetiche (cioè capaci di generare terremoti) possono essere evidenziate anche sulla base dell'allineamento degli epicentri dei sismi. Dalla consultazione del progetto CéTI15 dell'I.N.G.V. si rilevano allineamenti epicentrali lungo la Valle del Magra di cui è documentata una sismicità moderata mentre sull'allineamento della faglia più prossima all'area di progetto non si riscontrano eventi sismici.

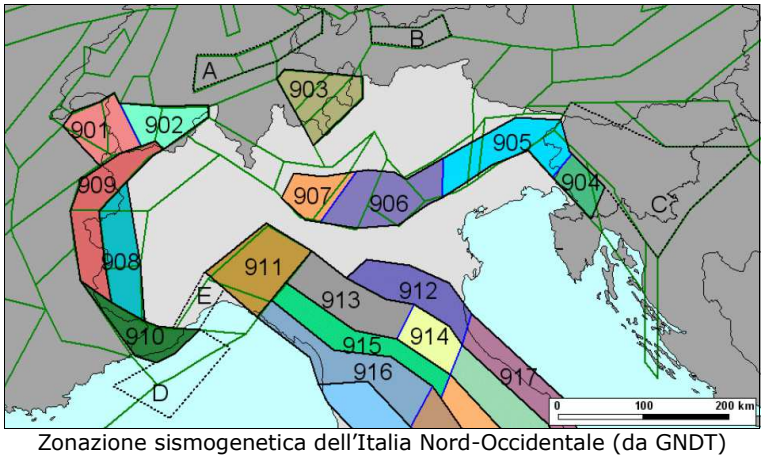


Stralcio cartografia CPTI15

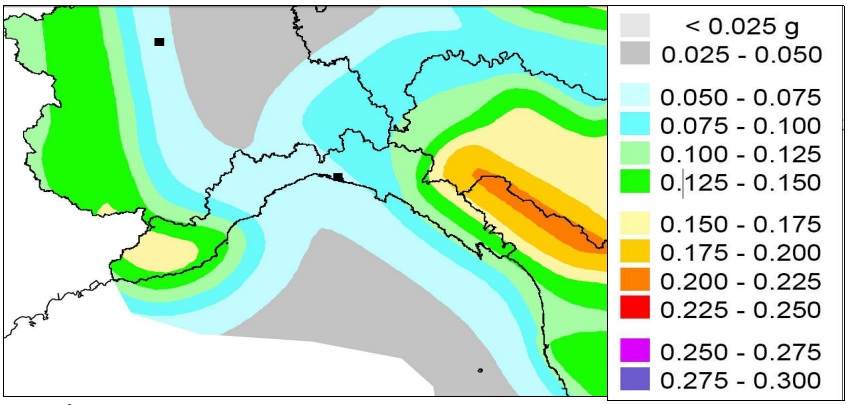
8-NOTE SISMICHE

Zonazione sismogenetica

Dall'esame della cartografia di zonazione sismogenetica ZS9 l'area in esame si colloca nella zona 916 che è classificata come settore in distenzione tirrenica definito dal modello sismotettonico di Meletti ed al. (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.



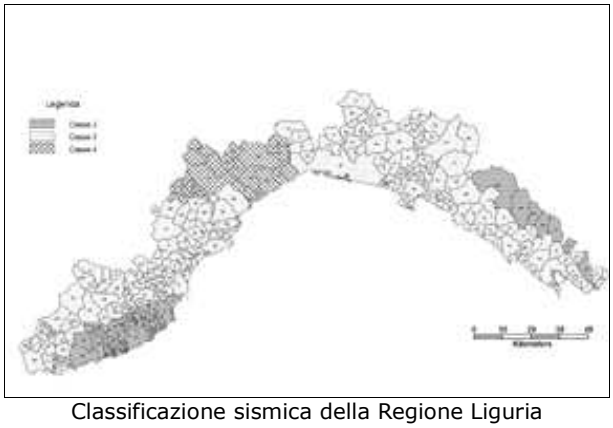
Zonazione sismogenetica dell'Italia Nord-Occidentale (da GNDT)



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV)

Classificazione sismica

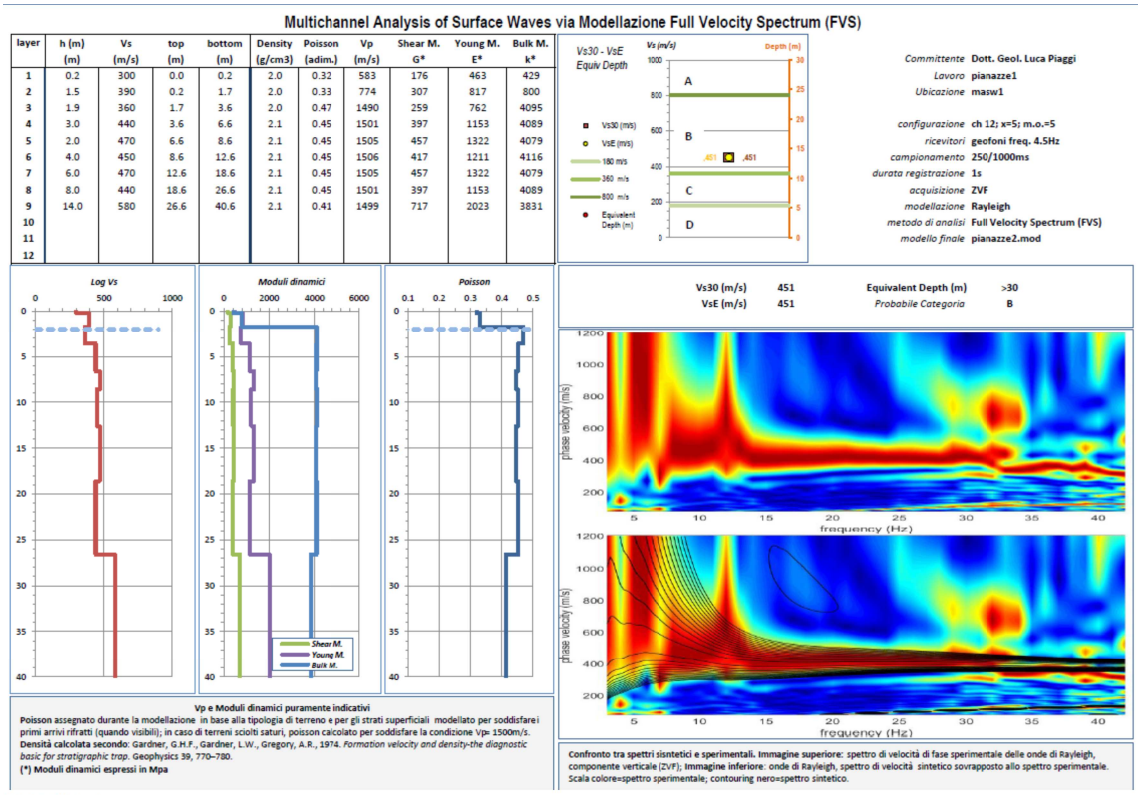
In base al D.G.R. N. 216/17 ("OPCM 3519/2006 - Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria"), il territorio del Comune di La Spezia è inserito in zona 3, corrispondente ad un valore di accelerazione orizzontale ag = 0,15 g.



Classificazione sismica della Regione Liguria

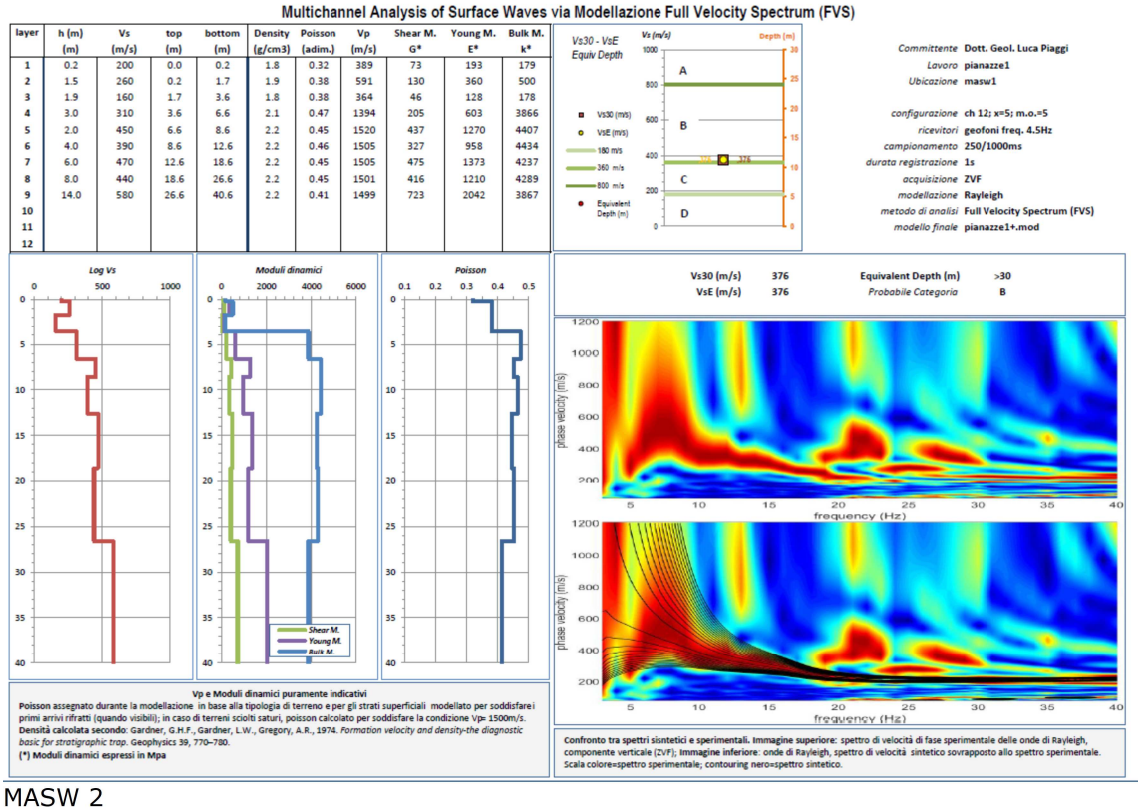
Categoria di suolo

Per quanto riguarda i valori delle Vs, sulla base della bibliografia e dai dati acquisiti direttamente in campagna si possono stimare i valori medi. Pertanto, la categoria del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica è assimilabile alla categoria come "**B**" e cioè: "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.", secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018.



layer	h (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear M. G*	Young M. E*	Bulk M. k*
1	0.2	300	0.0	0.2	2.0	0.32	583	176	463	429
2	1.5	390	0.2	1.7	2.0	0.33	774	307	817	800
3	1.9	360	1.7	3.6	2.0	0.47	1490	259	762	4095
4	3.0	440	3.6	6.6	2.1	0.45	1501	397	1153	4089
5	2.0	470	6.6	8.6	2.1	0.45	1505	457	1322	4079
6	4.0	450	8.6	12.6	2.1	0.45	1506	417	1211	4116
7	6.0	470	12.6	18.6	2.1	0.45	1505	457	1322	4079
8	8.0	440	18.6	26.6	2.1	0.45	1501	397	1153	4089
9	14.0	580	26.6	40.6	2.1	0.41	1499	717	2023	3831
10										
11										
12										

MASW 1



layer	h (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear M. G*	Young M. E*	Bulk M. k*
1	0.2	200	0.0	0.2	1.8	0.32	389	73	193	179
2	1.5	260	0.2	1.7	1.9	0.38	591	130	360	500
3	1.9	160	1.7	3.6	1.8	0.38	364	46	128	178
4	3.0	310	3.6	6.6	2.1	0.47	1394	205	603	3866
5	2.0	450	6.6	8.6	2.2	0.45	1520	437	1270	4407
6	4.0	390	8.6	12.6	2.2	0.46	1505	327	958	4434
7	6.0	470	12.6	18.6	2.2	0.45	1505	475	1373	4237
8	8.0	440	18.6	26.6	2.2	0.45	1501	416	1210	4289
9	14.0	580	26.6	40.6	2.2	0.41	1499	723	2042	3867
10										
11										
12										

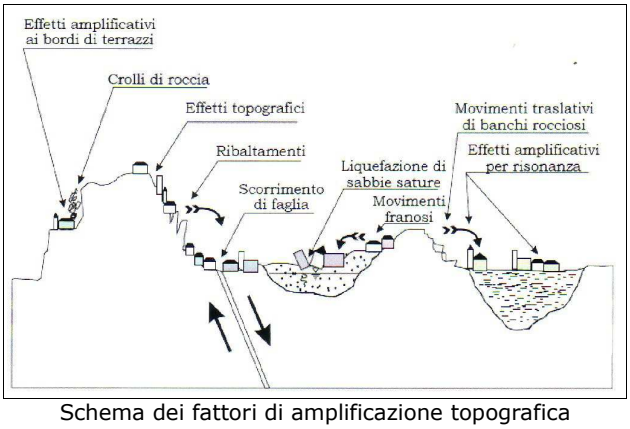
MASW 2

Coefficiente di amplificazione topografica St

Per quanto riguarda l'amplificazione sismica la morfologia dei luoghi influenza gli effetti del sisma, ed infatti si identificano tre conformazioni tipiche:

a) **conca**: conformazione rocciosa a conca con un riempimento di terreno soffice. Si realizzano fenomeni di rifrazione delle onde sismiche che risultano concentrate in una zona localizzata al centro della conca.
b) **pendio**: è dimostrato che le accelerazioni lungo il pendio sono maggiori rispetto al suolo pianeggiante.
c) **vetta**: rappresenta il caso più pericoloso. Le azioni sismiche si focalizzano sul punto sommitale in cui le azioni risultano notevolmente incrementate.

Il sito di intervento è collocato su di un'area pianeggiante, pertanto non sono possibili fenomeni di maggiori accelerazioni sismiche dovute alla topografia. La categoria topografica è **T1** (tabella 3.2.IV NTC) e il coefficiente di amplificazione topografica risulta **St=1**.

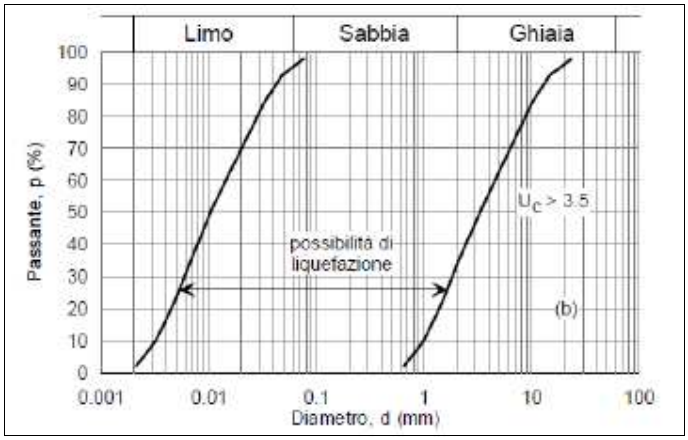


Schema dei fattori di amplificazione topografica

Liquefazione

Per quanto concerne la liquefazione viene valutata la possibilità dell'insorgenza del fenomeno sui terreni di fondazione in concomitanza di eventi sismici.
Affinché possa aver origine tale fenomeno, che porta una brusca riduzione della resistenza al taglio a causa di sovrappressioni interstiziali indotte a seguito di una sollecitazione sismica, i terreni devono presentare particolari caratteristiche; è noto, infatti, che soggetti a liquefazione sono in particolare i depositi monogranulari fini, saturi, a bassa densità relativa.

Secondo quanto riportato nel cap. 7.11.3.4.2 delle NTC18 la verifica alla liquefazione di un terreno può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:
· accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
· profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
· depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$;
· distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure sottostanti.



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Tale aspetto dovrà essere pertanto opportunamente confermato in sede di relazione esecutiva, una volta avviati gli scavi.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fronti di scavo e rilevati
Muro rigido: 0

Sito in esame.
latitudine: 44,113933
longitudine: 9,883799
Classe: 1
Vita nominale: 35

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 18263	Lat: 44,1293	Lon: 9,8683	Distanza: 2113,133
Sito 2	ID: 18264	Lat: 44,1314	Lon: 9,9379	Distanza: 4735,527
Sito 3	ID: 18486	Lat: 44,0815	Lon: 9,9408	Distanza: 5806,205
Sito 4	ID: 18485	Lat: 44,0794	Lon: 9,8712	Distanza: 3971,040

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 35anni
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,042 g
Fo: 2,515
Tc*: 0,227 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 35 [anni]
ag: 0,045 g
Fo: 2,514
Tc*: 0,232 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 332 [anni]
ag: 0,111 g

Fo:	2,445	
Tc*:	0,287	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	682	[anni]
ag:	0,146 g	
Fo:	2,391	
Tc*:	0,295	[s]

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,480
St:	1,000
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	0,495
Beta:	0,000

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,470
St:	1,000
Kh:	0,025
Kv:	0,013
Amax:	0,529
Beta:	0,470

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,051
Kv:	0,025
Amax:	1,306
Beta:	0,380

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,400
St:	1,000
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	1,718
Beta:	0,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine:	44.112972
longitudine:	9.882780

9-CONCLUSIONI

Dalla disamina delle tavole progettuali e dall'esame del sito, si conferma la fattibilità geologica del progetto in oggetto.

L'area in esame è posta su un deposito alluvionale fluviale, le cui caratteristiche geotecniche sono da confermare con indagini in situ di tipo diretto come ad esempio prove con scissometro, scavi, analisi granulometriche, prove DPM/DPSH.

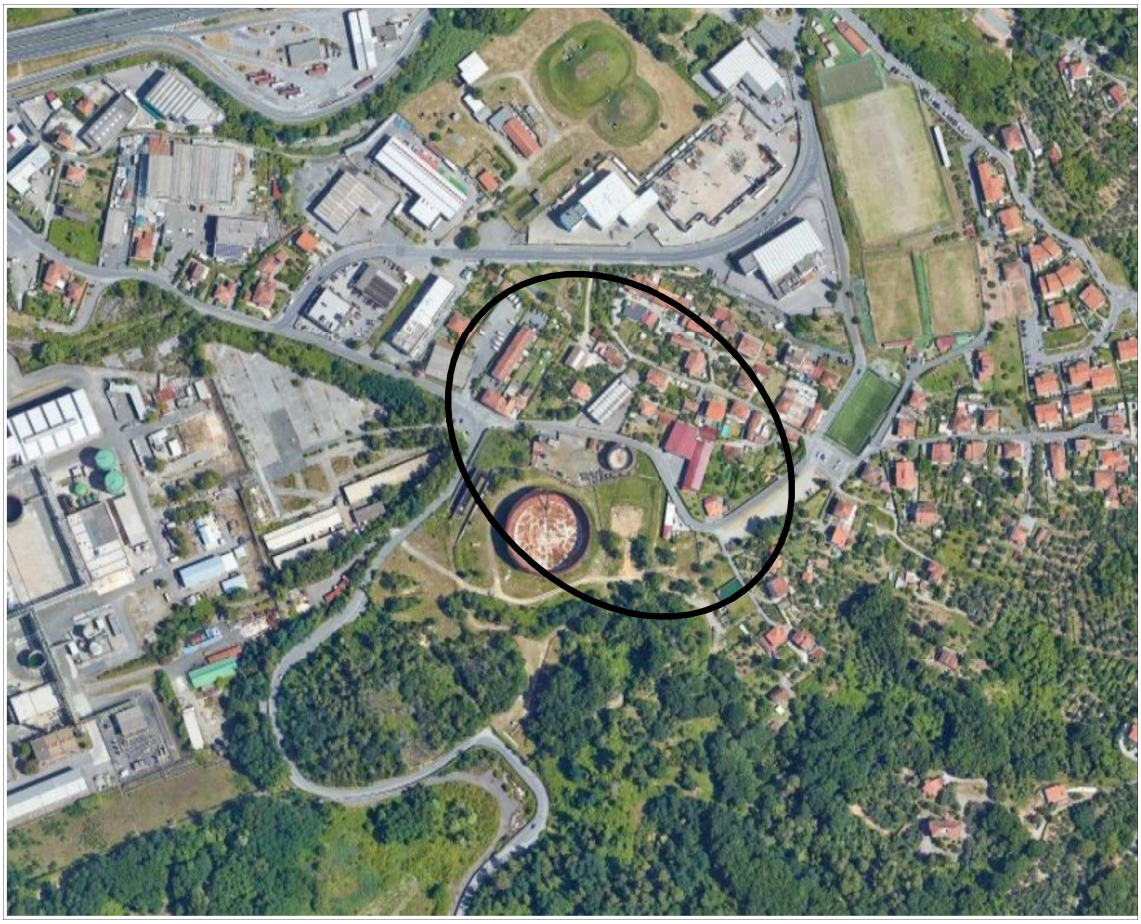
Si prescrive di eseguire gli scavi esclusivamente il periodo di asciuttore, avendo cura a realizzare opportune strutture di supporto, che dovranno essere preventivamente verificate.

Nel rispetto delle modalità realizzative suggerite non si ravvisano, per quanto di competenza, altre prescrizioni di carattere geologico; in ogni caso, tutti gli interventi dovranno essere attentamente verificati in fase di esecuzione lavori e adattati alle situazioni che dovessero risultare difformi da quanto previsto.

Il tecnico incaricato
Dott. Geologo Angela Sartelli



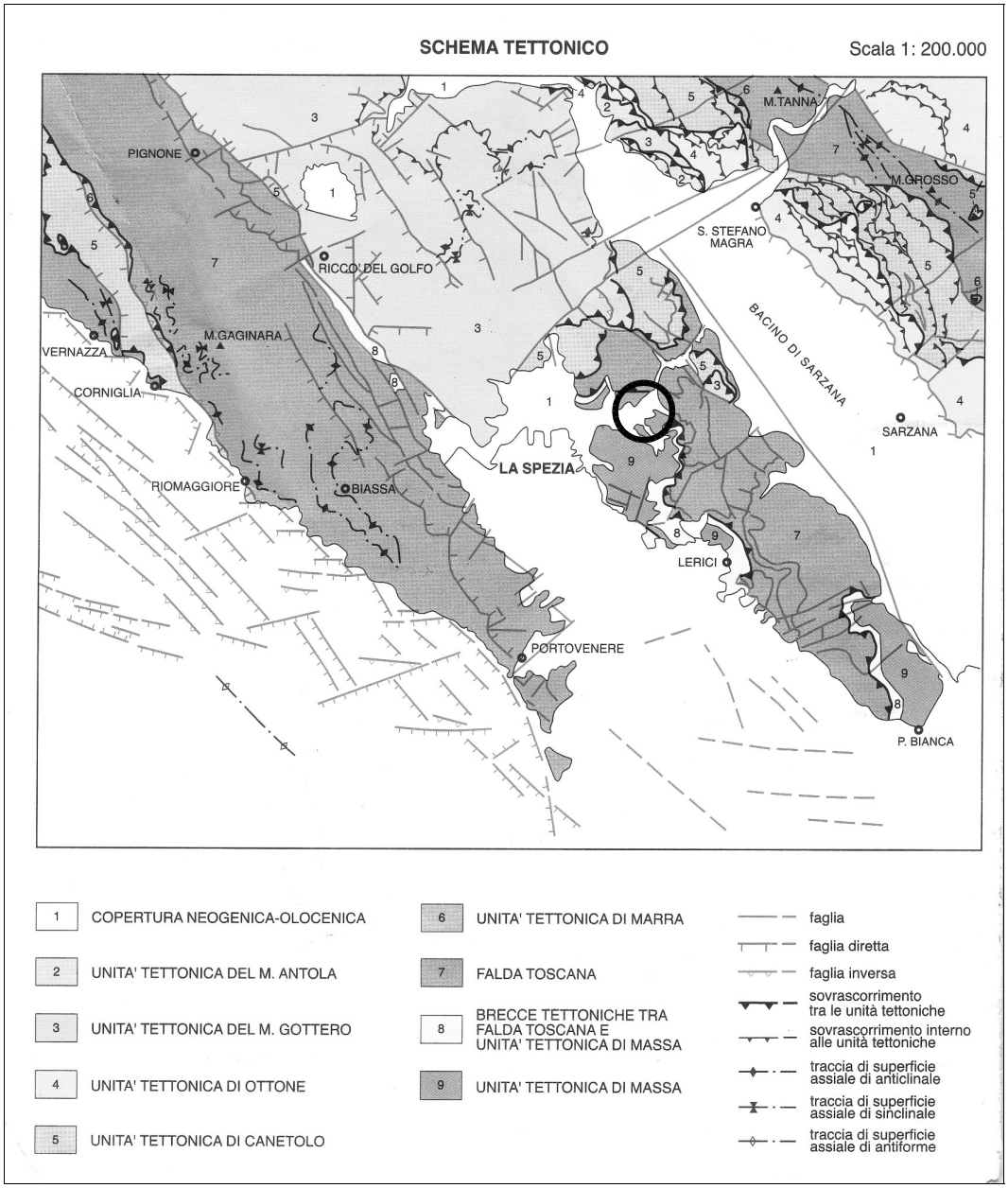
10-ALLEGATI



INQUADRAMENTO TERRITORIALE

LEGENDA

Area di studio



SCHEMA GEOLOGICO DELLA VAL DI MAGRA E DEL GOLFO DELLA SPEZIA

LEGENDA

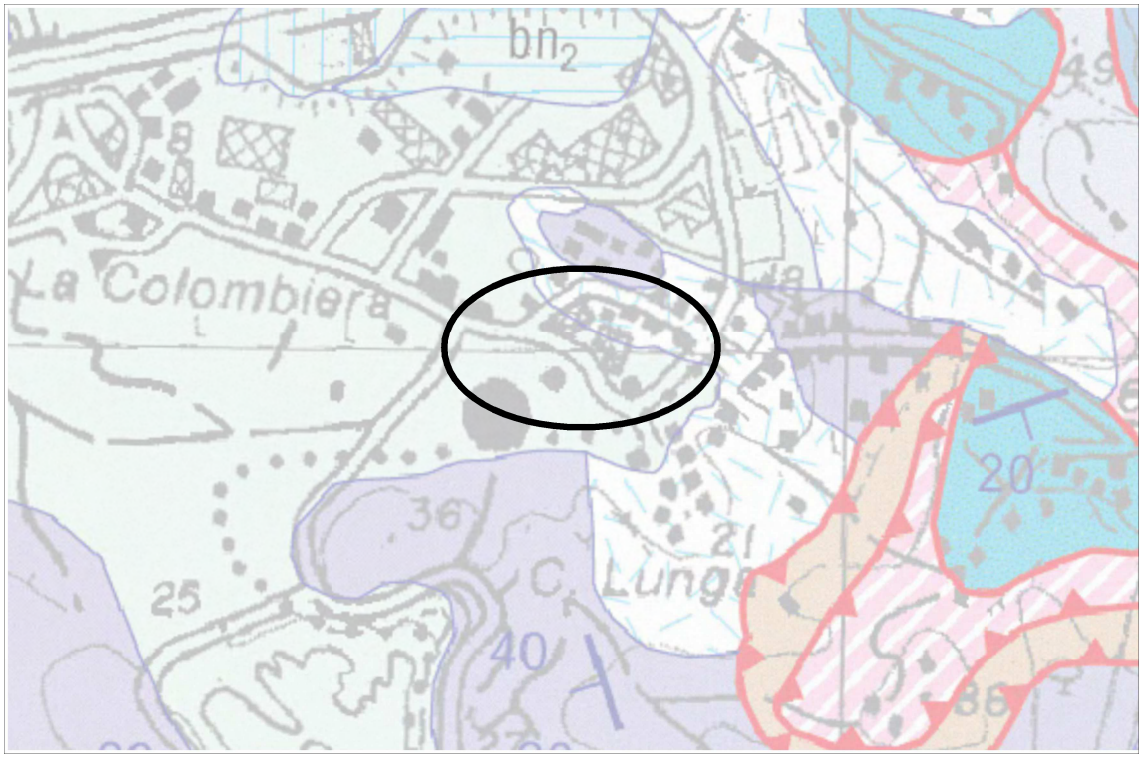
Area di studio



CARTA GEOLOGICA PUC 2003 DI LA SPEZIA – NON IN SCALA

LEGENDA

- Area di studio
- Copertura detritica
- Riporto
- Depositi continentali terrigeni
- Depositi fluviali
- Carbonile

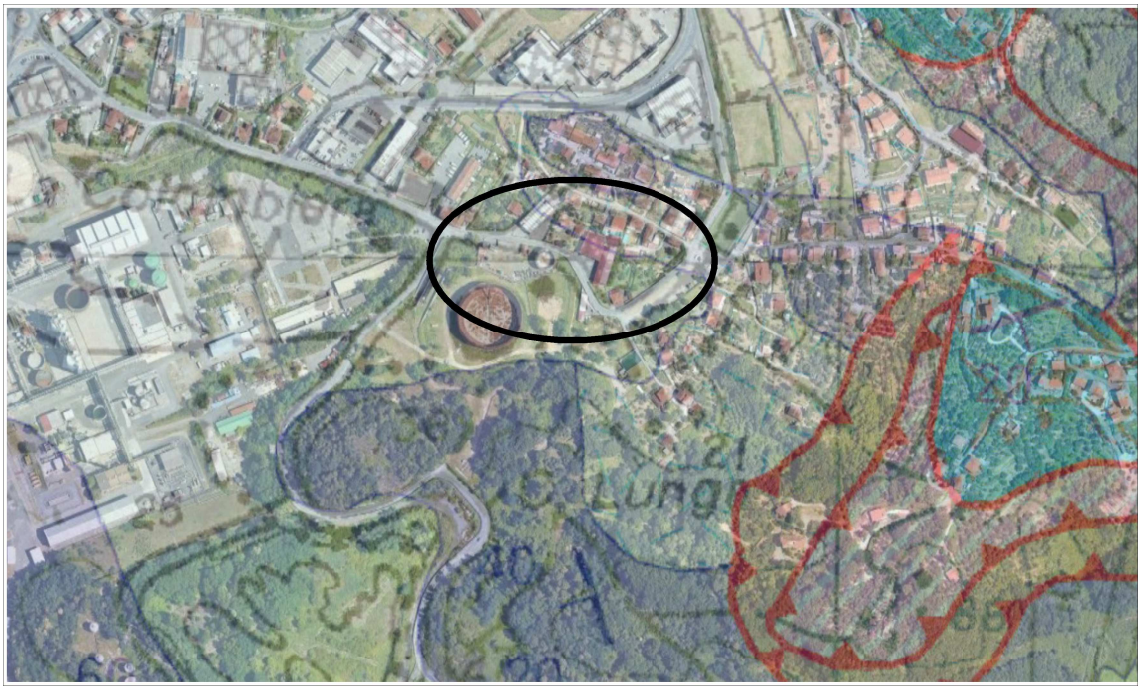


STRALCIO CARTOGRAFIA CARG – DA CARTA 1:25000

LEGENDA

Area d'intervento

bn – Depositi alluvionali terrazzati
QFL – Quarziti e filladi



STRALCIO CARTOGRAFIA CARG – DA CARTA 1:25000

LEGENDA

Area d'intervento

bn – Depositi alluvionali terrazzati
QFL – Quarziti e filladi



CARTA GEOMORFOLOGICA PUC 2003 DI LA SPEZIA – NON IN SCALA

LEGENDA

Area di studio

zona di alluvionamento

deposito detritico

riporto

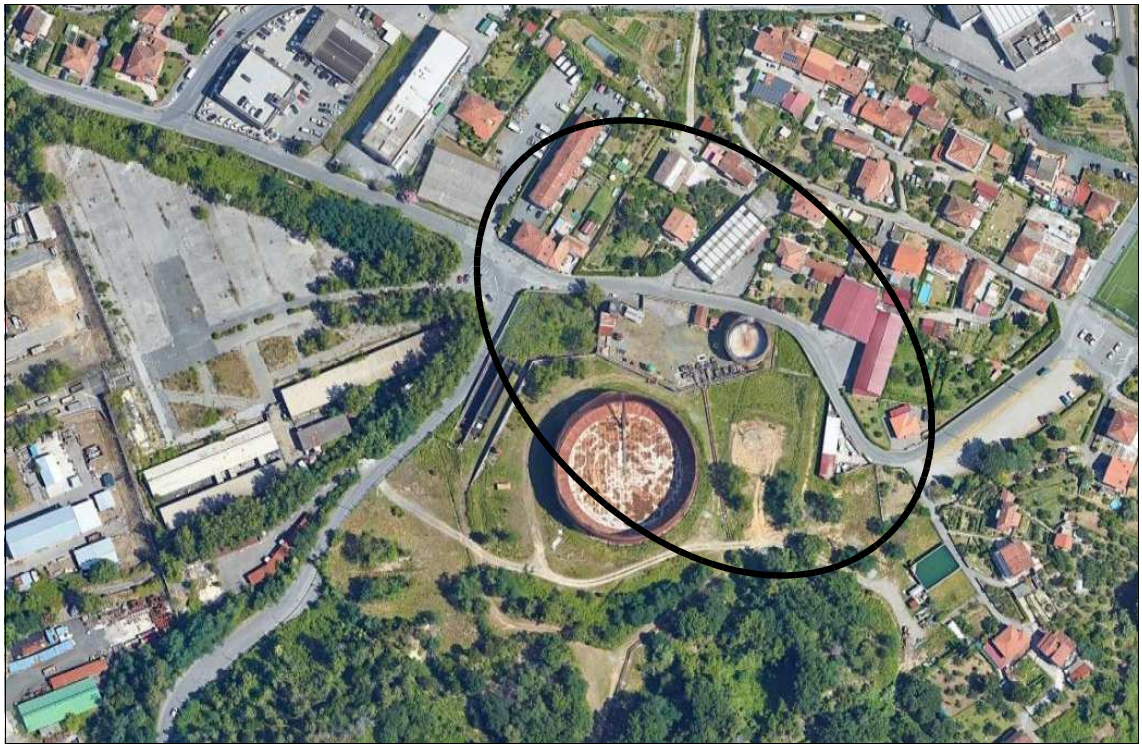


FOTO SATELLITARE

LEGENDA

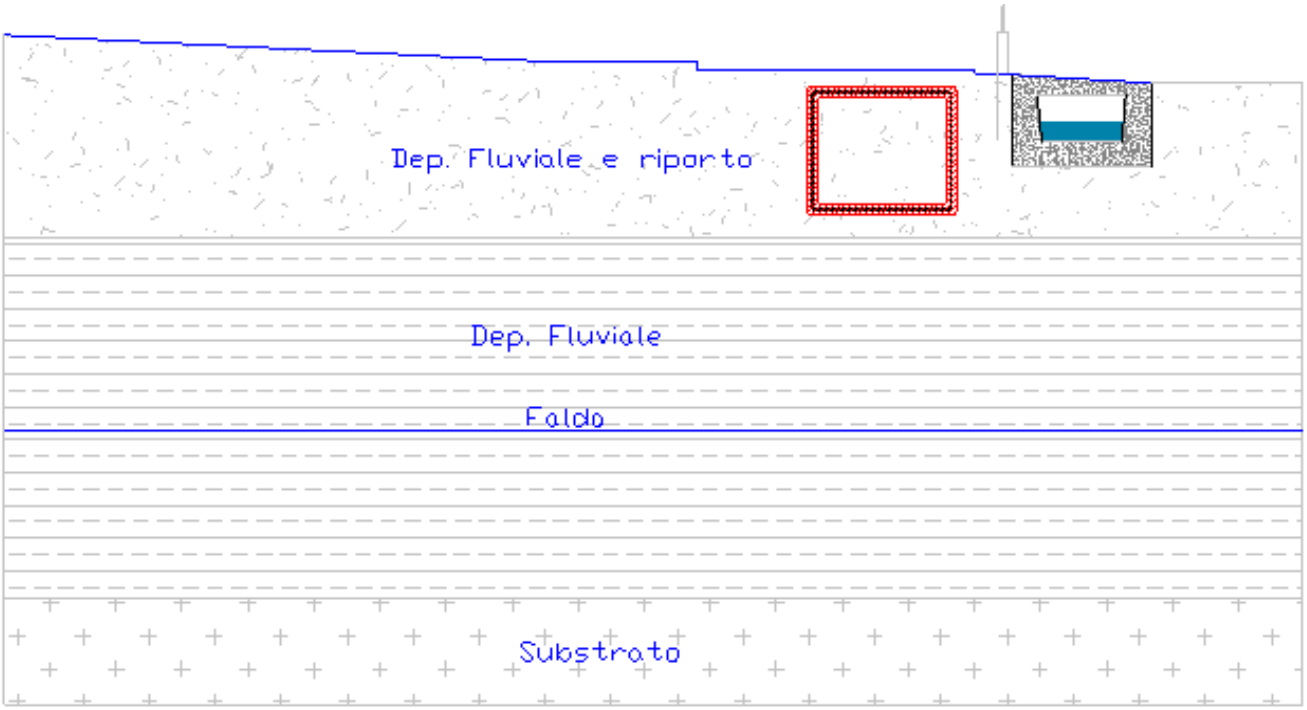
Area d'intervento



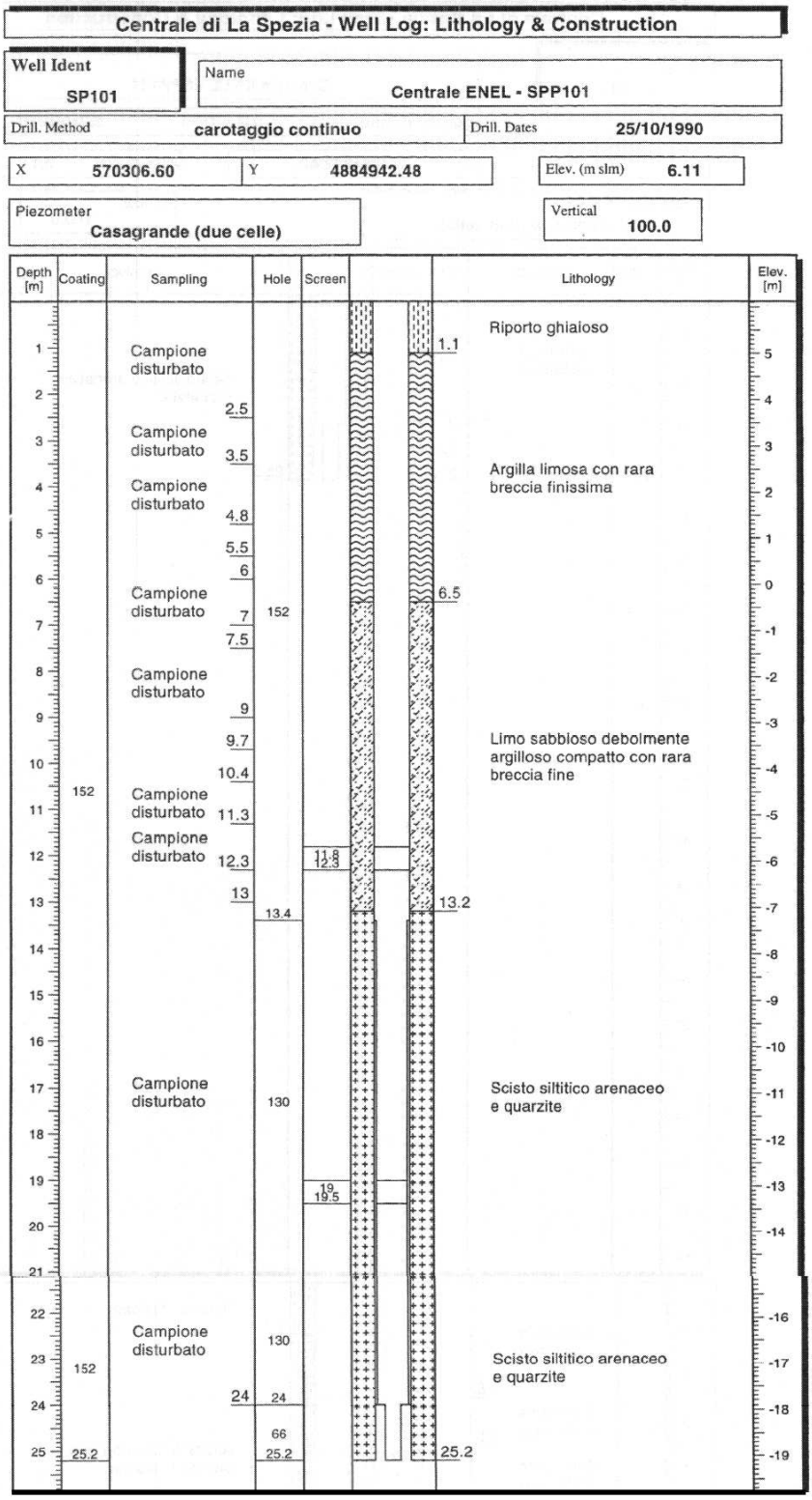
IMMAGINE SATELLITARE CON UBICAZIONE DEL PIANO DI INDAGINI PREVISTO PER L'AREA DI STUDIO

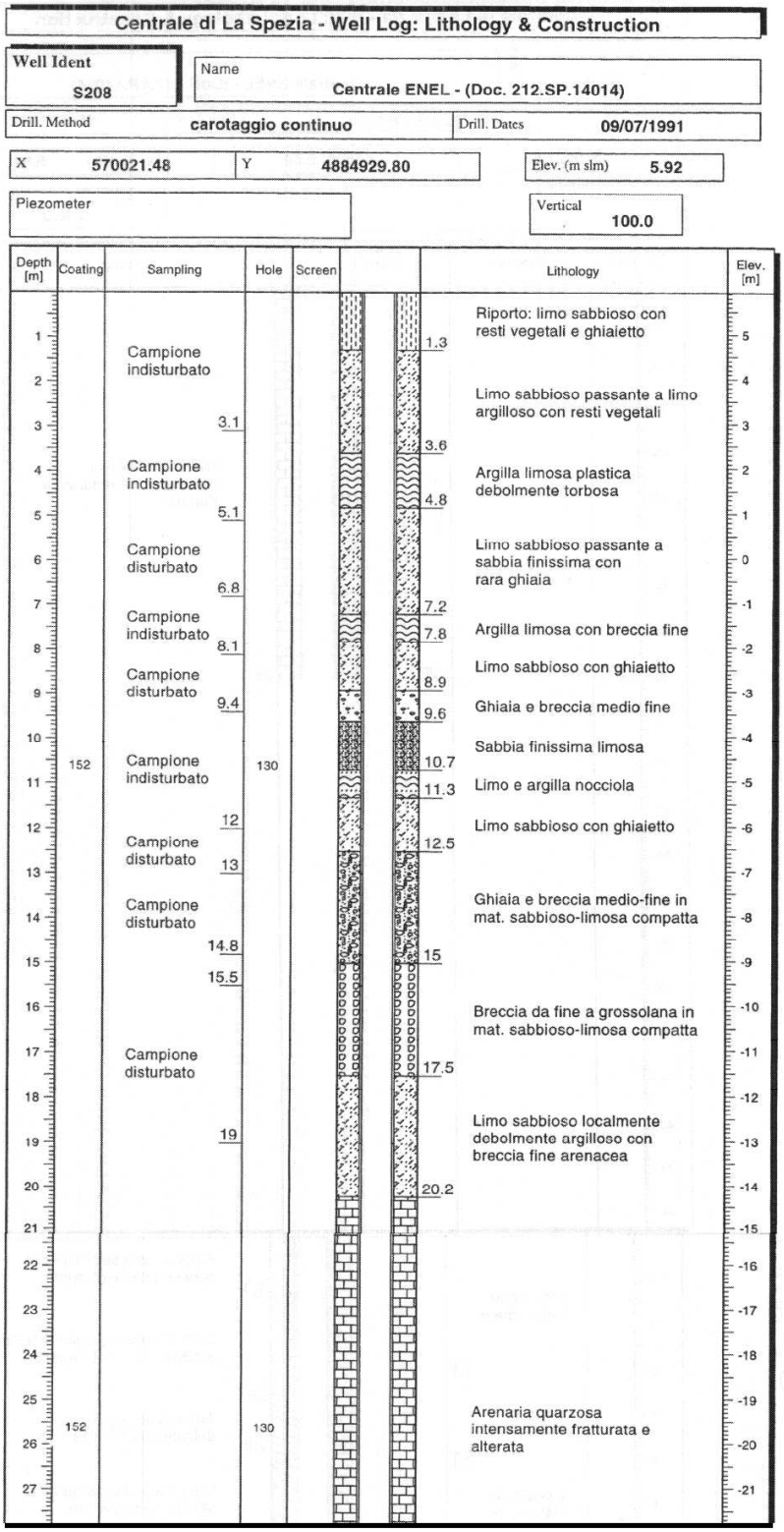
LEGENDA

Indagine geofisica



SEZIONE GEOLOGICA TIPO – SCALA 1:150


Centrale di La Spezia - Well Log: Lithology & Construction
Well Ident
SP101
Name
Centrale ENEL - SPP101
Drill. Method
carotaggio continuo
Drill. Dates
25/10/1990
X
570306.60
Y
4884942.48
Elev. (m slm)
6.11
Piezometer
Casagrande (due celle)
Vertical
100.0
Depth [m]
Coating
Sampling
Hole
Screen
Lithology
Elev. [m]
Campione disturbato
Riporto ghiaioso
Argilla limosa con rara breccia finissima
Limo sabbioso debolmente argilloso compatto con rara breccia fine
Scisto siltitico arenaceo e quarzite
Scisto siltitico arenaceo e quarzite


Centrale di La Spezia - Well Log: Lithology & Construction
Well Ident
S208
Name
Centrale ENEL - (Doc. 212.SP.14014)
Drill. Method
carotaggio continuo
Drill. Dates
09/07/1991
X
570021.48
Y
4884929.80
Elev. (m slm)
5.92
Piezometer
Vertical
100.0
Depth [m]
Coating
Sampling
Hole
Screen
Lithology
Elev. [m]
Campione indisturbato
Campione indisturbato
Campione disturbato
Campione indisturbato
Campione disturbato
Campione indisturbato
Campione disturbato
Campione disturbato
Campione disturbato
152
130
Riporto: limo sabbioso con resti vegetali e ghiaietto
Limo sabbioso passante a limo argilloso con resti vegetali
Argilla limosa plastica debolmente torbosa
Limo sabbioso passante a sabbia finissima con rara ghiaia
Argilla limosa con breccia fine
Limo sabbioso con ghiaietto
Ghiaia e breccia medio fine
Sabbia finissima limosa
Limo e argilla nocciola
Limo sabbioso con ghiaietto
Ghiaia e breccia medio-fine in mat. sabbioso-limosa compatta
Breccia da fine a grossolana in mat. sabbioso-limosa compatta
Limo sabbioso localmente debolmente argilloso con breccia fine arenacea
Arenaria quarzosa intensamente fratturata e alterata

Committente: S.A.L.T. p.a.

Località: Stagnoni - La Spezia

RIELABORAZIONE DEL SONDAGGIO EFFETTUATO DALLA DITTA BORGHI DRILL S.r.l. NEL 1998

Sondaggio: 1 — Foglio: 1/1

Quota di superficie:

Quota del fondo: - 42.50 m. da p.c.

Profondita': 42.50

Posizione:

Coordinate: N = E =

Inclinazione (dalla verticale): 0°

Direzione:

Committente:

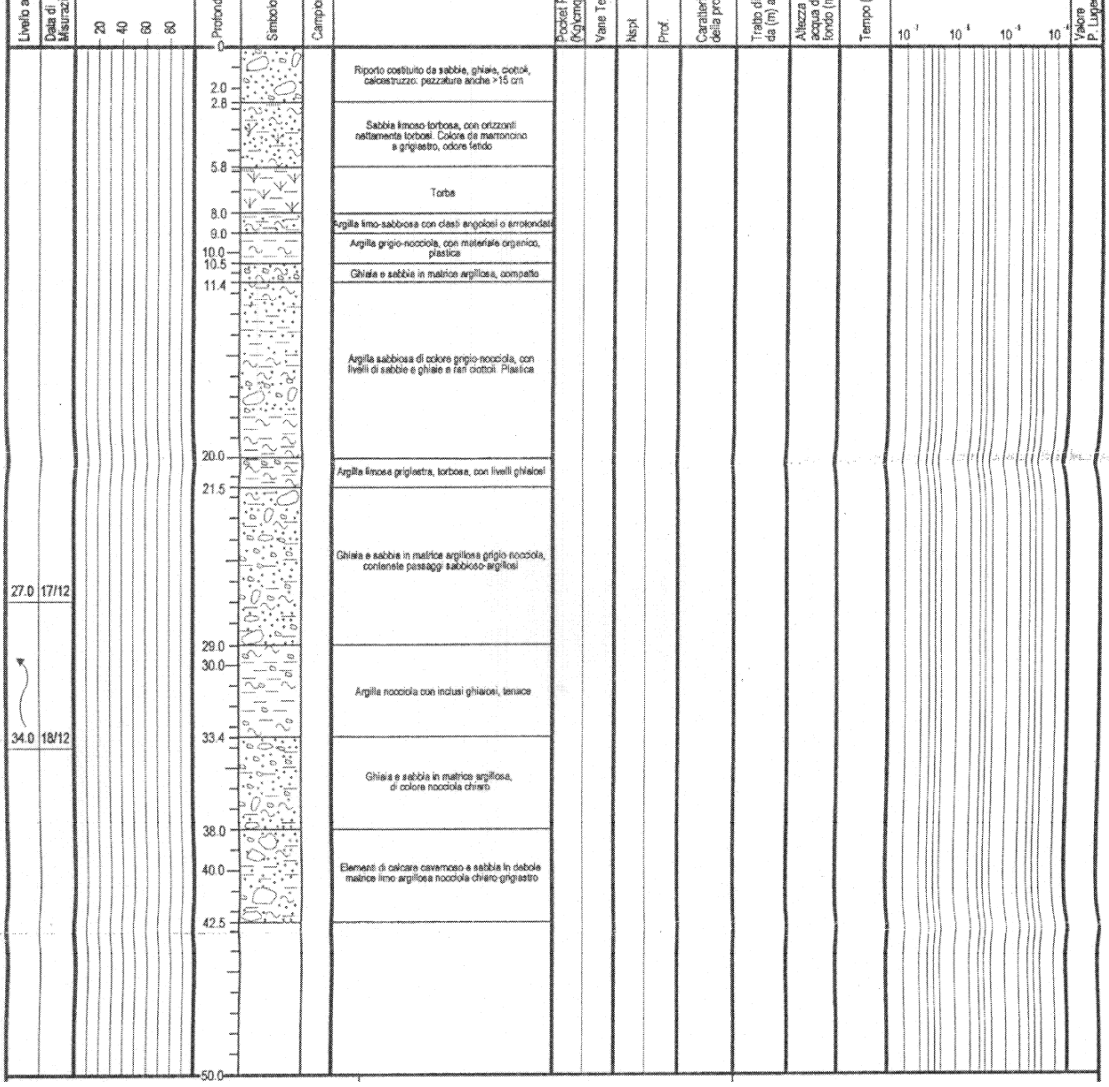
Caposquadra:

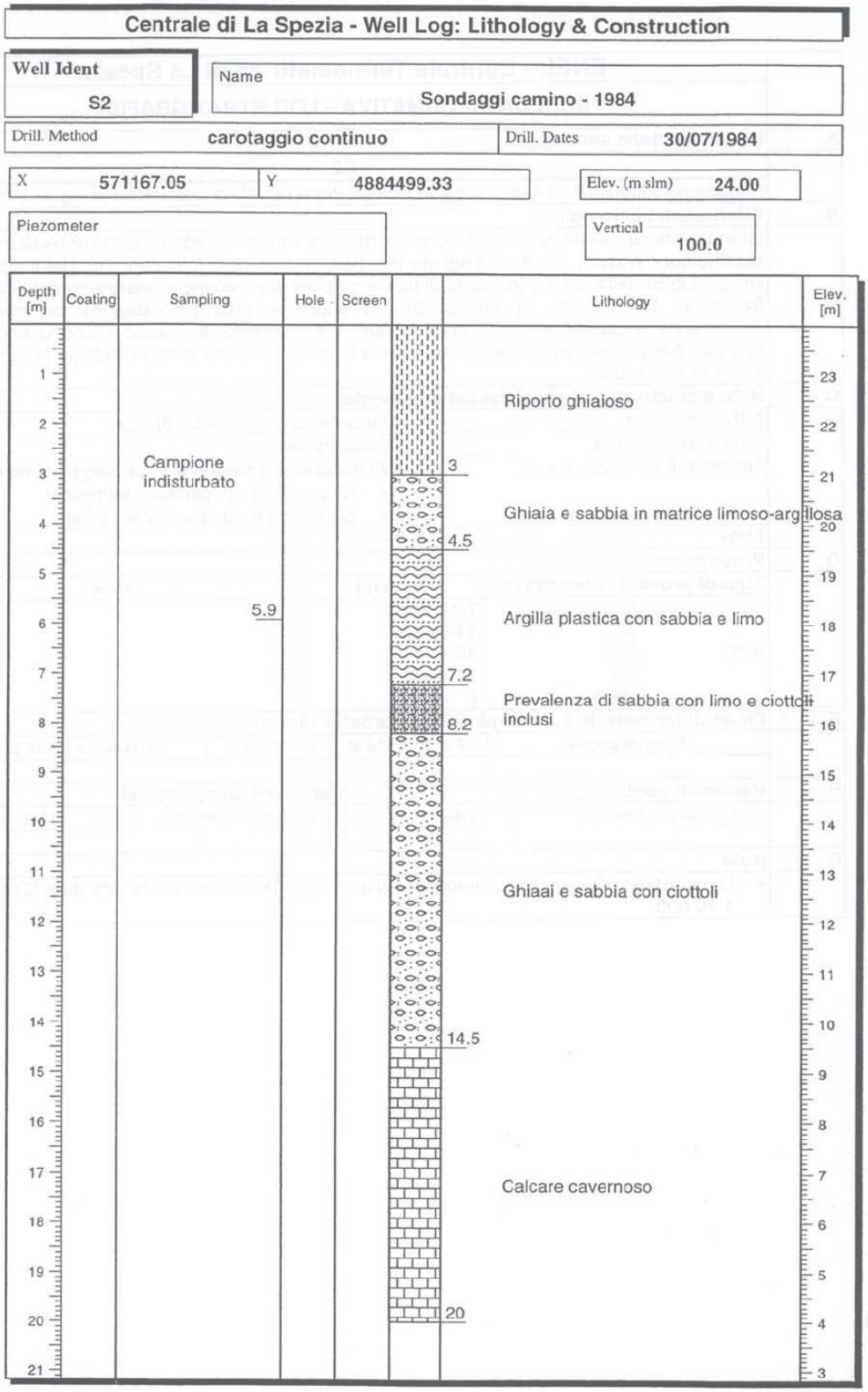
Iniziato il: 17/12/98

Ultimato il: 18/12/98

Compilato da:

Controllato da:




Centrale di La Spezia - Well Log: Lithology & Construction
Well Ident
S2
Name
Sondaggi camino - 1984
Drill. Method
carotaggio continuo
Drill. Dates
30/07/1984
X
571167.05
Y
4884499.33
Elev. (m slm)
24.00
Piezometer
Vertical
100.0
Depth [m]
Coating
Sampling
Hole
Screen
Lithology
Elev. [m]
Campione indisturbato
5.9
3
4.5
7.2
8.2
14.5
20
Riporto ghiaioso
Ghiaia e sabbia in matrice limoso-argillosa
Argilla plastica con sabbia e limo
Prevalenza di sabbia con limo e ciottoli inclusi
Ghiaai e sabbia con ciottoli
Calcare cavernoso

Documentazione fotografica



Foto 1: Via delle Pianazze



Foto 2: Via delle Pianazze e sulla sinistra il canale

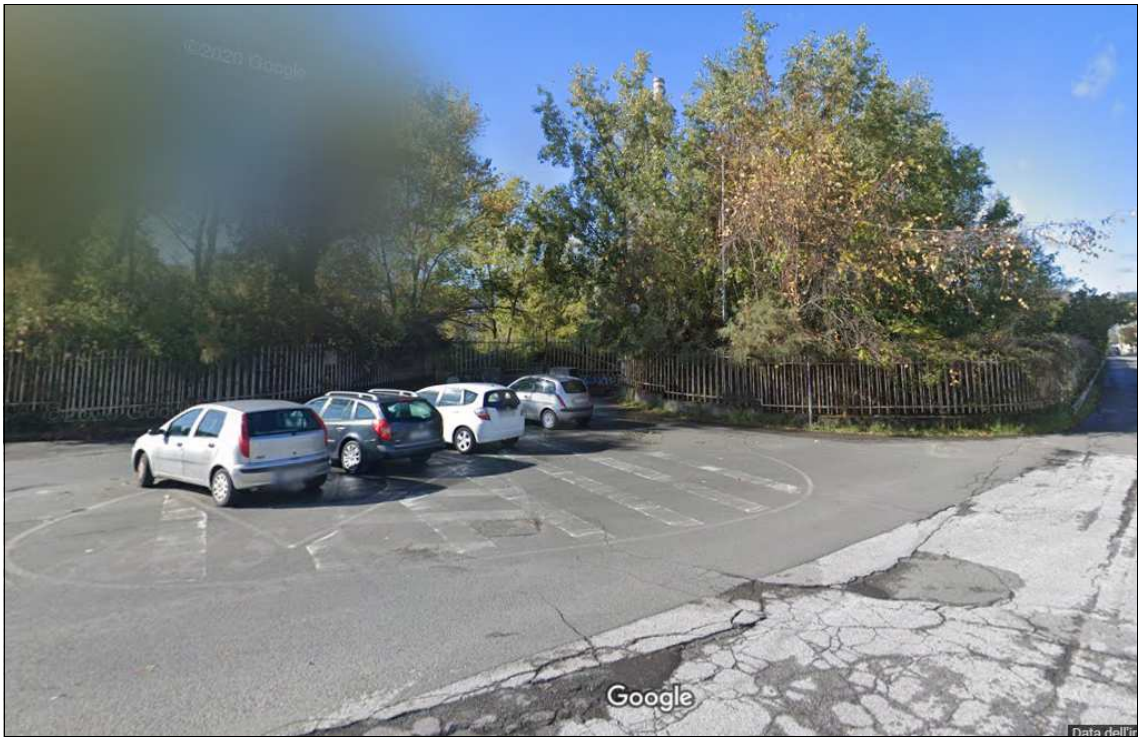


FOTO 3: FINE DELL'AREA DI INTERVENTO