Studio associato di Geologia E. Berruti – G.P.Chella

Via Descalzi 7D 16043 Chiavari
P.IVA: 01121550998

Tel. 0185/598709

COMUNE DI CICAGNA

PROVINCIA DI GENOVA

Permesso di costruire convenzionato in variante al P. di F. per la realizzazione di un nuovo fabbricato ad uso produttivo in località Quartaie

RELAZIONE GEOLOGICA ESECUTIVA

Committenti: LAMES S.P.A.

Geol. Gian Paolo Chella

Geol. Emanuele Berruti

Chiavari, 18 Ottobre 2011

S O M M A R I O

1. PREMESSE 3

1.1 Oggetto dell'incarico 3

1.2 Normativa geologica di riferimento 4

2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA 5

3 IDROGEOLOGIA 6

4 INDAGINI 7

4.1. Sondaggi a carotaggio 7

4.2. Prove SPT 9

4.3. Prove di laboratorio 10

4.4. Prove penetrometriche dinamiche 13

4.5. Rilevamento geomeccanico 16

4.6. Stese Sismiche a Rifrazione 18

4.7. Analisi di Microtremore 20

5 CARATTERISTICHE DEI DEPOSITI ALLUVIONALI 23

6 CARATTERIZZAZIONE E ANALISI GEOMECCANICA 23

7 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO 25

8 SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 28

9 ZONIZZAZIONE E NORMATIVA 30

10 CONCLUSIONI 32

****

A l l e g a t i :

- Corografia;
- Estratti Piano di Bacino, Torrente Lavagna;
- Carta geologico-geomorfologica, scala 1:2.000;
- Carta idrogeologica, scala 1:2.000;
- Carta Ubicazione indagini, scala 1:1.000;
- Carta di Zonizzazione, scala 1:1.000;
- Sezioni geologiche interpretative, scala 1:500;
- Indagini esecutive:
  1. Stratigrafie sondaggi e fotografie cassette,
  2. Prove di laboratorio geotecnico,
  3. Istogrammi prove penetrometriche.

1. PREMESSE

1.1 Oggetto dell'incarico

Su incarico della LAMES S.P.A. nella persona del Direttore Acquisti Ivano Formentini, gli scriventi hanno redatto il presente studio volto alla valutazione della compatibilità fra le caratteristiche fisiche e meccaniche di un sito lungo la Strada Provinciale della Fontanabuona in località Quartaie nel Comune di Cicagna, e le alterazioni indotte sullo stesso dall'intervento in progetto, costituito dalla realizzazione di un insediamento produttivo.

Il progetto prevede un edificio di superficie complessiva di circa 16.600 m^2 di superficie coperta su più livelli con piano terreno essenzialmente produttivo, piano inferiore seminterrato lato fiume destinato ai servizi ed ai laboratori , piano superiore di limitata porzione in sopraelevazione destinato agli uffici tecnici e dell'amministrazione, e la parziale sopraelevazione del corpo lato fiume.

Le indagini geologiche e geotecniche condotte per la redazione di questo studio sono state programmate sulla scorta di alcuni sopralluoghi eseguiti preliminarmente nonché sulla base di un accurato rilevamento geologico-geomorfologico.

In questa fase d'indagine sono stati eseguiti:

- n° 5 sondaggi a carotaggio continuo spinti rispettivamente alla profondità di 8.7 metri (S1), 7.4 metri (S2), 6.7 metri (S3), 5.0 metri (S4) e 6.0 metri (S5),
- sono stati messi in opera n°3 tubi piezometrici in corrispondenza del carotaggi S1-S3-S4;
- n° 6 prove SPT indicativamente alla profondità di 1.5 e 3 metri dal p.c.;
- prove di laboratorio (granulometrie e limiti) sui n° 6 campioni disturbati estratti dal campionatore SPT in S2 e su altri campioni prelevati dalle cassette dei carotaggi;
- n° 3 stese sismiche a rifrazione (una di 50 metri trasversale all'intervento e due disposte su un unico allineamento di 100 metri longitudinale all'intervento) che sono state elaborate con tecnica tomografica,
- n° 3 misure di microtremore con sensore triassiale "Tromino" consistente in una misura di rumore ambientale (microtremore), al fine di determinare il profilo di Vs e la classe di sottosuolo ai sensi delle NTC 2008;
- n° 10 prove penetrometriche dinamiche con strumentazione medio-leggera (TECNOTEST TP 223/S), dotata di maglio da 30 kg con volata di 20 cm al fine di supportare con altri dati, gli esiti ottenuti mediante SPT nei depositi alluvionali.

L’indagine ha permesso di definire la situazione geologica presente nell’area e di determinare i parametri geotecnici dei terreni.

1.2 Normativa geologica di riferimento

L’area nella quale è previsto l’intervento è inserita, secondo la Normativa Geologica, in *Classe B 1 – Aree con Suscettività d’uso con limitati condizionamenti di carattere geologico e geotecnico per interventi mediamente o particolarmente incidenti sull’attuale assetto del territorio e di carattere idraulico in funzione della zonizzazione fluviale del Piano di Bacino.*

Per quanto riguarda il Piano di Bacino stralcio– Torrente Lavagna, l’area oggetto d’intervento è censita come di seguito indicato (vd. allegati):

- Le nuove volumetrie sono posta a distanza inferiore di 40 m dal torrente Lavagna nella Carta della Rete Idrografica Significativa;
- L’area è caratterizzata da media pericolosità al dissesto nella Carta della Suscettività al Dissesto e delle Aree Inondabili;
- Si segnala inoltre che il Torrente Lavagna nel tratto prospiciente l’intervento non risulta indagato nella Carta di Ubicazione delle Sezioni Idrauliche,
- L’area è censita come FI-MA (Fodovalle Insediato – Mantenimento di tipo A) nella Carta dei Regimi Normativi .

Per quanto riguarda la conformità del progetto al Piano di Bacino in merito alla presenza di un tratto non indagato del torrente Lavagna nel tratto prospiciente l’intervento, esterno al perimetro del centro urbano, è stata redatta dall’Ing. Sergio Brizzolara apposita Relazione Idraulica.

Sono stati recepiti gli aspetti metodologici disposti dalla circolare *2077/1988* della Regione Liguria.

Sono state redatte le seguenti cartografie di dettaglio: carta geologica-geomorfologia e carta idrogeologica. E’ stata elaborata la carta di zonizzazione con la relativa norma geologica.

Il piano delle indagini esperito ha sostanzialmente confermano la coerenza della variante al Piano di Fabbricazione con l’impianto normativo geologico vigente.

Per quanto riguarda invece la classificazione sismica la recente Delibera di Giunta Regionale n. 1362 del 19 Novembre 2010 “*Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*” classifica il territorio del Comune di Cicagna come zona sismica 3.

Per quanto riguarda la modellizzazione sismica dell’intervento si rimanda al paragrafo 6.

2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area di sedime oggetto del presente Studio è localizzata ad una quota compresa fra 100 e 110 metri s.l.m. al piede del versante in corrispondenza del cambio di acclività fra la collina e le alluvioni terrazzate del torrente Lavagna in località Quartaie.

La strada Statale n°225 che localmente corre in corrispondenza del cambio di acclività delimita l'area ad Ovest, mentre il torrente Lavagna la circoscrive a Nord e ad Est.

Dal punto di vista geologico il substrato roccioso è costituito da Argilliti scure manganesifere alternate a strati medi e spessi di siltiti ed arenarie fini marnose.

Le litologie sopradescritte affiorano estesamente sia lungo la Strada Statale n°225 in prossimità del ponte ad Ovest dell'area d'intervento sia all'interno dell'alveo del torrente che lungo le sponde.



L'area su cui è prevista la realizzazione del nuovo insediamento produttivo è costituita da depositi alluvionali terrazzati recenti del Torrente Lavagna, la cui composizione verificata sia mediante esame visivo sugli spaccati naturali che sponde del torrente, e confermata durante l'esecuzione dei carotaggi, è costituita prevalentemente da ghiaia e ciottoli immersi in una matrice sabbioso limosa con rari trovanti arrotondati.

La granulometria può variare a seconda della posizione rispetto all'alveo sia arealmente che verticalmente ed è quindi funzione della storia e della

evoluzione del torrente, alternandosi vari cicli sedimentari; è stata anche riscontrata la deposizione di materiali fini in amigdali a composizione prevalentemente limo-argillosa.

Lo spessore dei depositi alluvionali sembra incrementato in direzione Sud fino ad un massimo di circa 4÷6 metri di profondità rispetto al p.c.. Tale situazione è stata anche confermata dalla tomografia sismica eseguita nel settore meridionale dell'area.

3 IDROGEOLOGIA

Deflusso superficiale

L'idrografia naturale è regolata dalla presenza del torrente Lavagna che con andamento meandriforme attraversa la valle da ovest-nordovest in direzione est-sudest; l'alveo risulta incassato ed in alcuni tratti in erosione in quanto ha re-inciso il substrato roccioso argillitico.

Il torrente Lavagna nel tratto prospiciente l'intervento non risulta indagato ed è esterno al perimetro del centro urbano; pertanto come previsto dalla Normativa vigente del Piano di Bacino L. 183/89 e ss.mm.ii. – torrente Lavagna, è stata redatta dall'Ing. Sergio Brizzolara una Relazione Idraulica volta ad ottenere la conformità dell'intervento a progetto al Piano di Bacino stesso. Tale relazione dimostra che l'area interessata dall'intervento non presenta particolari problematiche sotto il profilo idraulico ed in particolare che l'intervento non interagisce in alcun modo con il normale deflusso delle portate di piena (Tr = 50 anni e Tr = 200 anni); la realizzazione del nuovo volume si mantiene ad una distanza minima di 10 m dall'argine destro del torrente Lavagna e i movimenti di terra (scavi – riporti) rispettano le indicazioni contenute nelle Norme di attuazione di Piano.

Deflusso profondo

In questa fase d'indagine l'esecuzione di n° 3 carotaggi (S1-S3-S4) attrezzati con piezometro a tubo aperto, ha permesso di constatare che non vi è una falda freatica all'interno dei depositi alluvionali in questo periodo estivo e autunnale, ma l'acqua presente nei piezometri interessa porzioni di ammasso roccioso poco fratturato all'interno del quale ristagna l'acqua di perforazione.
In data 24 Giugno e 10 Ottobre 2011 l'acqua è stata infatti individuata nel sondaggio S 1 alla profondità di circa 6.7 metri dal p.c., in S 3 a circa 5.7 metri dal p.c., mentre S 4 è stato rinvenuto completamente asciutto.

Si può quindi ipotizzare l'instaurarsi di una falda temporanea in occasione di intensi eventi meteorici.

CONDIZIONI DI PERMEABILITÀ

Per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche dei litotipi presenti nella zona, possiamo distinguere i seguenti comportamenti in base alla diversa permeabilità:

- *Argilliti*– sono impermeabili in condizioni di integrità, limitatamente permeabili per fratturazione e fessurazione in quanto il materiale d'alterazione di natura argillosa s'infiltra nelle fratture e tende a sigillarle.

- *Alluvioni antiche e recenti*- la prevalenza di fusi granulometrici nell'ambito delle classi della ghiaia, della sabbia e del silt inducono a considerare tali terreni permeabili per porosità congrado medio ed alto, localmente possono essere presenti lenti di terreno con prevalente componente fine e quindi poco permeabili.

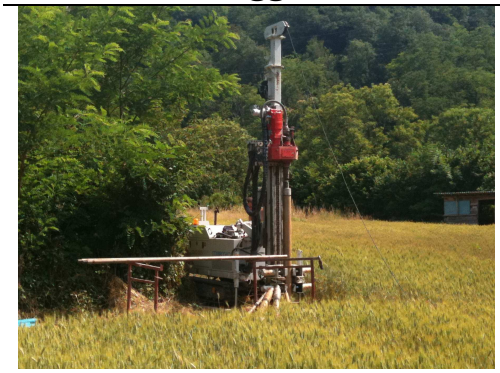
- *Alluvioni attuali*- la prevalenza di fusi granulometrici nell'ambito delle classi dei ciottoli, della ghiaia e della sabbia inducono a considerare tali terreni permeabili per porosità con grado elevato.

4 INDAGINI

4.1.Sondaggi a carotaggio

In questa fase sono stati eseguiti n° 5 sondaggi a carotaggio continuo, ubicati come in allegato, ed eseguito dalla Ditta Borghi Drill S.r.l. di Chiavari con sonda Comacchio Geo 205 tra il 16 e il 22 Giugno 2011.

Di seguito sono riassunte le principali caratteristiche dei sondaggi e le prove in foro che sono state effettuate. Si rimanda agli allegati per la consultazione della stratigrafia dettagliata e delle fotografie delle cassette.

Sondaggio S1	Caratteristiche
	**Profondità totale di perforazione dal p.c. (m): -8,7** **Profondità substrato (m): -6** **Prove S.P.T.: 1 (a -3, m)** **Strumentazione: piezometro a tubo aperto (8.1 m)** **Ripristino: chiusino**

Sondaggio S2	Caratteristiche
	**Profondità totale di perforazione dal p.c. (m): 7.4** **Profondità substrato (m): 3,6 m** **Prove S.P.T.: 1 (a -1.5 m)** **Strumentazione: nessuna** **Ripristino: reinterro**

Sondaggio S3	Caratteristiche
	**Profondità totale di perforazione dal p.c. (m): 6,7** **Profondità substrato (m): 5,3m** **Prove S.P.T.: nessuno** **Strumentazione: piezometro a tubo aperto (5.7 m)** **Ripristino: chiusino**

Sondaggio S4	Caratteristiche
	**Profondità totale di perforazione dal p.c. (m): 5,0** **Profondità substrato (m): 3,0 m** **Prove S.P.T.: 1 (a -1.5 m)** **Strumentazione: piezometro a tubo aperto (4.7 m)** **Ripristino: chiusino**

Sondaggio S5	Caratteristiche
	**Profondità totale di perforazione dal p.c. (m): 6,0** **Profondità substrato (m): 3,5m** **Prove S.P.T.: nessuno** **Strumentazione: nessuno (6 m)** **Ripristino: reinterro**

4.2.Prove SPT

Durante l'esecuzione delle indagini, sono state eseguite alcune prove SPT in avanzamento nei fori di sondaggio. Le profondità d'esecuzione sono riportate nelle stratigrafie allegate.

La prova penetrometrica dinamica SPT permette di ottenere un valore N_{spt} di resistenza alla penetrazione che può essere correlato con i principali parametri geotecnici quali la densità relativa e l'angolo d'attrito; può essere eseguita su qualunque tipo di terreno anche se il normale campo d'applicazione è rivolto essenzialmente ai terreni granulari.

La prova si effettua per infissione di un campionatore con una batteria di aste sulla testa delle quali agisce un maglio da 63.5 Kg che cade da un'altezza di 76 centimetri. I primi 15 centimetri della prova (denominato tratto di avviamento N_1) vengono annotati, ma scartati nel conteggio di N_{spt} che è dato dalla somma di N_2 ed N_3 presi rispettivamente a 30 e a 45 centimetri di infissione del campionatore. Le seguenti tabelle riportano per ogni carotaggio la profondità di esecuzione della prova con la relativa stratigrafia, il numero di colpi (N_{spt}) e l'angolo di resistenza al taglio stimato (ϕ) .

I terreni in studio presentano variabilità granulometriche sia orizzontali che verticali. Il comportamento geotecnico è altresì influenzato dallo stato di addensamento anch'esso variabile.

L'angolo d'attrito è stato ottenuto mediante elaborazione delle prove S.P.T. con le correlazioni di Peck-Hanson (1956) e Meyerhof (1965).

I valori SPT sono stati normalizzati tenendo conto della correzione litostatica, del rendimento dell'attrezzatura utilizzata (60%), della profondità della falda, del diametro di perforazione e della lunghezza delle aste.

Le correlazioni utilizzate e sintetizzate nella sottostante tabella per fornire i risultati disaggregati sono di seguito specificate.

Angolo di Attrito

- *Peck-Hanson-Thornburn- (1956) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie. Correlazione storica molto usata, valevole per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)*
  $\varphi' = 27.2 + 0.28N_{spt}$

- *Meyerhof (1965) Il metodo correla ϕ con Nspt medio dello strato in funzione della sua granulometria, è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità inferiori a 5 m (relazione 1) e 3 m (relazione 2) nel caso di terreni sopra falda.*

$$\text{(rel.1)}\quad \varphi = 29{,}47 + 0{,}46N_{spt} - 0{,}004N^2_{spt}\ (< 5\%\ \text{di limo})$$

$$\text{(rel.2)}\quad \varphi = 23{,}7 + 0{,}57N_{spt} - 0{,}006N^2_{spt}\ (> 5\%\ \text{di limo})$$

CAROTAGGIO S1			
Profondità	**Terreno**	**N_{spt}**	**ϕ'**
3.0 p.a.	Sabbia passante a trovante	Rif	--°
4.5 p.c.	Cappellaccio alterazione	35	37°

CAROTAGGIO S2			
Profondità	**Terreno**	**N_{spt}**	**ϕ'**
1.5 p.a.	Sabbia fine limosa -argillosa	3	25°

CAROTAGGIO S3			
Profondità	**Terreno**	**N_{spt}**	**ϕ'**
1.5 p.c.	Sabbia limosa	39	37°

CAROTAGGIO S4			
Profondità	**Terreno**	**N_{spt}**	**ϕ'**
1.5 p.c.	Ghiaia e sabbia debolmente limose	36	36°

CAROTAGGIO S5			
Profondità	**Terreno**	**N_{spt}**	**ϕ'**
2.0 p.c.	Ghiaia e sabbia in matrice limosa	58	42°

4.3.Prove di laboratorio

Si è ritenuto utile in questa fase eseguire n° 06 analisi granulometriche su alcuni orizzonti significativi all'interno dei depositi alluvionali nonché sui terreni estratti con campionatore "SPT" a punta aperta.

Sono stati prelevati n°2 campioni in S1, n°1 campione su ciascun carotaggio da S2 ⟶ S5

Sono state eseguite analisi granulometriche su tutti i campioni con la distinzione del passante al Setaccio ASTM n°200, laddove la componente fine superava il 30% in peso unitamente alla determinazione dei limiti di Atterberg per la valutazione del comportamento plastico del terreno.

Le prove di laboratorio riportate in allegato forniscono informazioni utili sul comportamento dei campioni. Le parametrizzazioni geotecniche dei livelli stratigrafici sono riportate nel successivo paragrafo. Per quanto riguarda gli orizzonti granulari i parametri attritivi sono basati sulle prove SPT.

1. CAMPIONE S1-CR1: Sabbia fine limosa-argillosa di bassa plasticità prelevato alla profondità di 2.60-2.70 metri p.c..

Classificazione ASTM	ML-CL
Frazione fine	51.68%
Limo	36.97%
Argilla	14.71%
Indice di plasticità	5.4
Ghiaia	0%
Sabbia	48.32%

2. CAMPIONE S1-CR2: Sabbia limosa con argilla e rara ghiaia prelevato alla profondità di 1.70-1.90 metri p.c.

Classificazione ASTM	SM
Frazione fine	30.76%
Limo	22.79%
Argilla	7.97%
Indice di plasticità	nd
Ghiaia	0.5%
Sabbia	68.74%

3. CAMPIONE S2- CR1:Sabbia fine limosa-argillosa di bassa plasticità prelevato alla profondità di 1.60-1.80 metri p.c. tramite campionatore “SPT”.

Classificazione ASTM	ML-CL
Frazione fine	51.83%
Limo	32.95%
Argilla	18.88%
Indice di plasticità	4.2
Ghiaia	1.68%
Sabbia	46.48%

4. CAMPIONE S3-CR1: Sabbia con limo e argilla e rara ghiaia prelevato alla profondità di 1.70-1.90 metri p.c..

Classificazione ASTM	SM
Frazione fine	40.19%
Limo	21.74%
Argilla	18.45%
Indice di plasticità	8.4
Ghiaia	2%
Sabbia	57.82%

5. CAMPIONE S4- CR1:Ghiaia prevalente e sabbia debolmente limoso prelevato alla profondità di 2.30-2.50 metri p.c.

Classificazione ASTM	---
Frazione fine	17.86%
Limo	nd
Argilla	nd
Indice di plasticità	nd
Ghiaia	49.81%
Sabbia	32.33%

6. CAMPIONE S5- C1: Ghiaia prevalente e sabbia debolmente limoso prelevato alla profondità di 1.70-1.90 metri p.c..

Classificazione ASTM	---
Frazione fine	26.74%
Limo	nd
Argilla	nd
Indice di plasticità	nd
Ghiaia	40.45%
Sabbia	32.81%

4.4.Prove penetrometriche dinamiche

In data 24 Giugno 2011 adottando le indicazioni sugli standard di lavoro per le prove geotecniche in sito (Cestari F., 1990) sono state eseguite n° 10 prove penetrometriche dinamiche continue con strumentazione medio-leggera di tipo standardizzato (TECNOTEST TP 223/S). In relazione alla situazione logistica e all'accessibilità del sito la strumentazione risulta la più idonea a caratterizzare i depositi alluvionali superficiali con maggior dettaglio in quanto di facile trasporto.

La prova consiste nell'infissione di una punta conica a perdere, d'area standard pari a 10 cm^2, attraverso una batteria d'aste che riceve l'energia necessaria tramite l'impatto di un maglio di 30 kg che cade ripetutamente da un'altezza di 20 cm.

Il conteggio del numero di colpi necessario per l'avanzamento di un tratto di 10 cm, in condizioni di assenza di attrito laterale (controllata tramite la periodica rotazione delle aste), permette una stima della stratigrafia del terreno attraversato e delle sue caratteristiche di resistenza al taglio in funzione delle correlazioni con la prova standard SPT (Standard Penetration Test).

Le prove dalla P1 alla P8 hanno riscontrato un orizzonte superficiale di terreno vegetale agricolo di 30-50 centimetri, dopodiché hanno riscontrato terreni prevalentemente granulari con numero dei colpi mediamente superiore a 20 e si sono arrestate a profondità comprese fra 1.5 e 2.2 metri, unica eccezione la P6 che si è arrestata alla profondità di 3.7 metri.

La prova P9 e P10 hanno riscontrato un orizzonte di terreno fine mediamente con numero di 4÷5 colpi e quindi con caratteristiche geotecniche scadenti sino alla profondità di circa 2.6÷3.1 metri dal piano campagna.

Le prove hanno fornito i seguenti risultati.

PROVA 1

0.00-0.10 m: terreno vegetale agricolo;
0.10-1.20 m: sabbia e ghiaia;
1.20-1.50 m: ciottoli.



PROVA 2

0.00-0.60 m: terreno vegetale agricolo;
0.60-1.60 m: sabbia e ghiaia;
1.60-1.90 m: ciottoli.



PROVA 3
0.00-0.60 m: terreno vegetale agricolo;
0.60-2.00 m: sabbia e ghiaia;
2.00-2.20 m: ciottoli.



PROVA 4
0.00-0.60 m: terreno vegetale agricolo;
0.60-1.20 m: sabbia e ghiaia;
1.20-1.60 m: ciottoli.



PROVA 5
0.00-0.50 m: terreno vegetale agricolo;
0.50-3.40 m: sabbia e ghiaia;
3.40-3.70 m: ciottoli (substrato alterato?).



PROVA 6
0.00-0.70 m: terreno vegetale agricolo;
0.70-1.70 m: sabbia e ghiaia;
1.70-2.10 m: ciottoli



PROVA 7
0.00-0.70 m: terreno vegetale agricolo;
0.70-2.30 m: sabbia e ghiaia;
2.30-2.40 m: ciottoli.



PROVA 8

0.00-1.00 m: terreno vegetale agricolo;
1.00-1.40 m: ciottoli.



PROVA 9

0.00-0.50 m: terreno vegetale agricolo;
0.50-3.10 m: sabbie in matrice limo argillosa;
3.10-3.50 m: ciottoli (substrato alterato?).



PROVA 10

0.00-0.50 m: terreno vegetale agricolo;
0.50-2.60 m: sabbie in matrice limo argillosa;
2.60-3.10 m: ciottoli (substrato alterato?).



Tutte le prove sono state interrotte al raggiungimento dello stato di "rifiuto" strumentale imputabile all'incontro di un trovante o del substrato roccioso alterato, con questo termine s'intende che il maglio rimbalza ripetutamente con un numero di colpi > 50 senza produrre avanzamenti significativi.

I dati delle prove penetrometriche sono stati elaborati alla luce dei risultati ottenuti dalla campagna di sondaggi geognostici e relative analisi di laboratorio geotecnico sui campioni disturbati estratti.

Si possono stimare le caratteristiche geotecniche dei livelli granulari associando l'indice N_{10} all'indice N_{spt} della prova Standard Penetration Test secondo la correlazione di Bruzzi e Cestari ('83) si ha $N_{spt} \approx 0.75\ N_{10}$; ed i valori di N_{spt} possono essere utilizzati con le medesime correlazioni già citate al

paragrafo 4.2 per stimare l'angolo di resistenza al taglio ϕ' dei depositi alluvionali.

descrizione	N_{10}	N_{spt}	ϕ'
Sabbie fini in matrice limo argillosa	≈ 5	≈ 4	26°
Sabbie e ghiaie	≈ 20	≈ 15	35°

4.5. Rilevamento geomeccanico

In occasione di molteplici sopralluoghi durante i quali è stato possibile accedere all'alveo del torrente Lavagna, è stata constatata la presenza di roccia che affiora estesamente sia all'interno dell'alveo che lungo le sponde fino ad un'altezza di circa 4÷5 metri.

In generale si è potuta constatare che sul versante il substrato roccioso è sub-affiorante in condizioni di marcata alterazione e fratturazione.

Negli affioramenti osservati sono state individuate tre-quattro famiglie di superfici di discontinuità comprensive della stratificazione.

Sono riportate di seguito le giaciture delle famiglie di giunti per ogni stazione geomeccanica (in allegato è riportata l'ubicazione):

Stazione G 1
STRATO 200°/ 10°
SET 1 90°/65°
SET 2 30°/65°
SET 3 135°/70°



Stazione G 2
STRATO 145°/10°
SET 2 210°/45°
SET 3 140°/70°



Stazione G 3
STRATO 45°/40°
SET 1 270°/65°
SET 3 210°/45°



Stazione G 4
STRATO 180°/30°



Stazione G 5
STRATO 50°/60°
SET 1 270°/60°
SET 3 160°/60°



4.6.Stese Sismiche a Rifrazione

In data 01 Luglio 2011 sono state effettuate tre stendimenti sismici a rifrazione elaborati con tecnica tomografica due stese sismiche longitudinali ed una trasversale all'intervento.

L'acquisizione dei dati sismici a rifrazione è stata realizzata con un **sistema multicanale digitale** di ultima generazione (Soilspy Rosina della Micromed Spa). Presso ogni geofono è presente un convertitore analogico/digitale a 24 bit, che digitalizza il segnale e lo invia all' acquisitore costituito da un computer portatile che provvede all'immagazzinamento, alla visualizzazione e alla gestione del dato acquisito.

La digitalizzazione presso ogni geofono permette di aumentare il rapporto segnale/rumore e consente una più facile interpretazione dei primi arrivi.

Sono stati utilizzati dei **geofoni** Geospace, con frequenza propria pari a 4,5 Hz

L'**energizzazione** è stata ottenuta con mazza battente da 6 kg, con geofono trigger.

Per **l'elaborazione dei dati** si è utilizzato il software **RAYFRACT ™** (32 – bit version),della Intelligent Resources Inc..

Per le tre linee sismiche a rifrazione, lo schema d'acquisizione ha previsto il posizionamento di 24 geofoni interspaziati di 2 metri, e la realizzazione di 6 basi di energizzazione (presso i geofoni 1-5-10-15-20-25).

Tale geometria è stata ritenuta la più idonea alla luce della stratigrafia emergente dai sondaggi geognostici eseguiti.

Risultati ottenuti

Stese sismiche

I risultati dell'inversione tomografica relativi alle tre stese sono riportati nelle sottostanti figure, dove si osserva quanto segue:

1. la massima profondità raggiunta è di circa 15-20 m
2. l'intervallo di valori delle onde di compressione Vp è compreso tra 200 m/s (tonalità di colore blu) e circa 4000 m/s (tonalità di colore rosso).

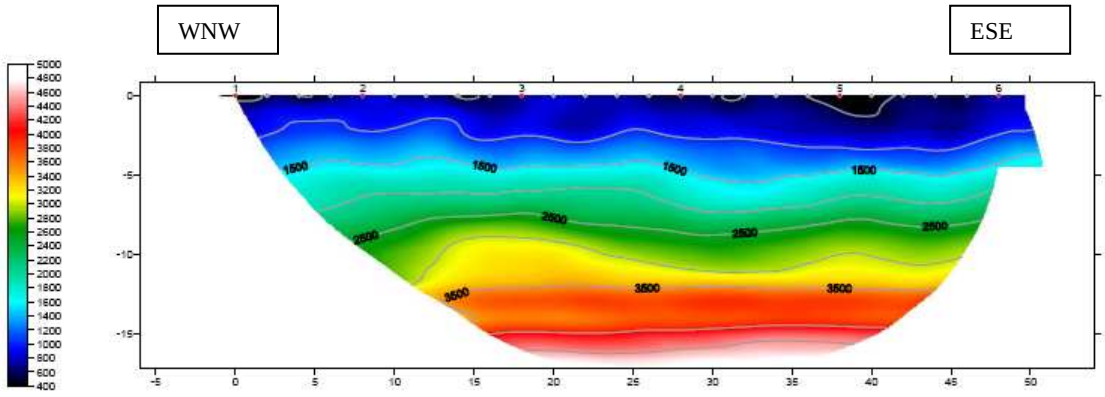


Figura 1 - Sezione sismica a rifrazione 1 Velocità Vp espresse in m/s

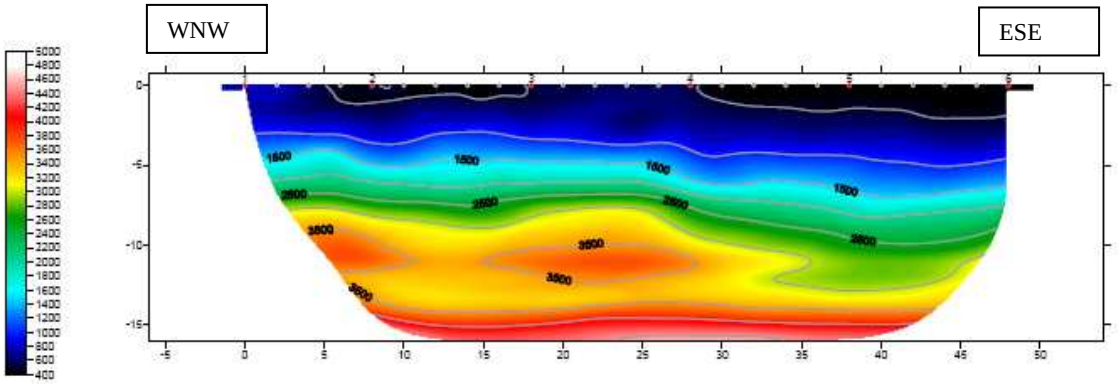


Figura 2 - Sezione sismica a rifrazione 2 Velocità Vp espresse in m/s

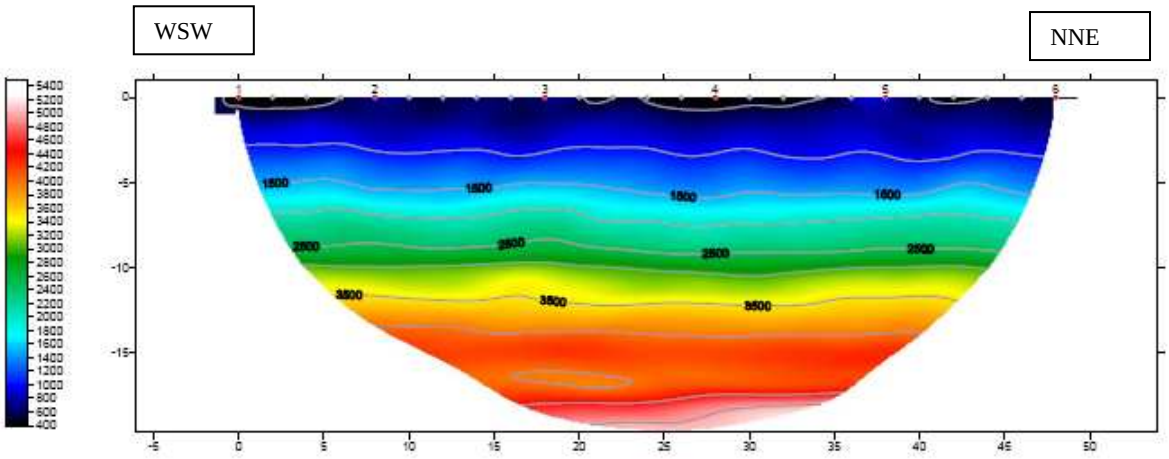


Figura 3 - Sezione sismica a rifrazione 3 Velocità Vp espresse in m/s

La distribuzione delle velocità sismiche è caratterizzata da un

- ⇒ uno strato superficiale molto "lento" (velocità da 200 a 400 m/s, tonalità di colore nero-blu), si colloca fino ad una profondità variabile tra i 2 e i 3 metri dal piano campagna (p.c.). Si tratta dell'orizzonte aerato, scarsamente addensato, di suolo naturale .
- ⇒ un secondo orizzonte con velocità comprese fino a circa 1500 m/s (tonalità di colore da blu ad azzurro. L'orizzonte è piuttosto sottile (da 3 finoa 6 m di profondità) ed ha un andamento suborizzontale. Si tratta verosimilmente di depositi misti grossolani o dell'orizzonte più alterato del substrato roccioso.
- ⇒ Al di sotto di tale orizzonte si osserva un aumento marcato della velocità che raggiunge valori superiori a 3000÷4000 m/s a 10 metri circa di profondità. Ciò è compatibile con le caratteristiche del substrato roccioso costituito da alternanze di argilliti e marne calcaree poco alterate. Nella stesa 2 si può notare un leggero approfondimento dell'orizzonte veloce nella parte Est-Sud est della stessa.

4.7.Analisi di Microtremore

Il programma di indagine ha previsto la realizzazione di tre acquisisizioni di rumore sismico (microtremore) per l'applicazione della tecnica dei rapporti spettrali (metodo di Nakamura).

Il confronto tra differenti metodologie geofisiche ha permesso di ridurre l'ambiguità interpretativa propria delle metodologie di indagine indiretta e, grazie alle indicazioni derivanti dai sondaggi geognostici realizzati nell'ambito dello stesso progetto, ha consentito di dettagliare ulteriormente il modello geologico-stratigrafico del sottosuolo.

L'acquisizione di rumore sismico è stata realizzata con un sensore triassiale con banda di registrazione utile compresa tra 0.1 Hz e 64 Hz. (Tromino Engy della Micromed Spa). Il segnale acquisito è stato elaborato attraverso il software **Grilla™** (2011) della Micromed Spa, per l'applicazione della tecnica dei rapporti spettrali, che attraverso il fit congiunto con le stratigrafie dei sondaggi geognostici, ha permesso la determinazione della categoria di sottosuolo.

L'acquisizione di rumore sismico ambientale ha previsto la registrazione di tracce di 14 minuti, ubicate presso le verticali indagate dai carotaggi, al fine di correlare la stratigrafia al rapporto spettrale ottenuto.

Tali misure sono state effettuate al fine di determinare la frequenza fondamentale (f_0) del sito di studio e ottenere una stima della velocità di propagazione delle onde di taglio negli strati di terreno (V_S).

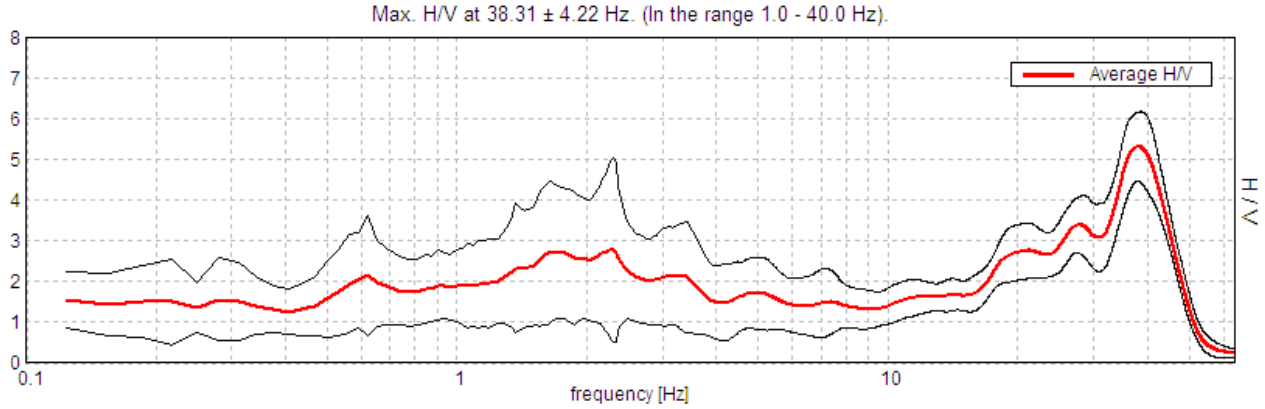
Analizzando congiuntamente le tre acquisizioni di rumore sismico eseguite si può dedurre come solo nel primo caso si possa distinguere un picco in ampiezza interpretabile come il risultato di un salto litologico-stratigrafico (contrasto d'impedenza tra i depositi alluvionali superficiali ed il substrato roccioso). Le acquisizioni n°2 e n°3 invece presentano un rapporto spettrale praticamente piatto.

L'elaborazione ha permesso di ricostruire, sulla base delle informazioni geologiche-stratigrafiche acquisite dalla campagna d'indagine geognostica, nonché dall'esecuzione della tomografia sismica, velocità delle $V_{S,30}$ (calcolato a partire dal piano campagna) di circa 900 m/s.

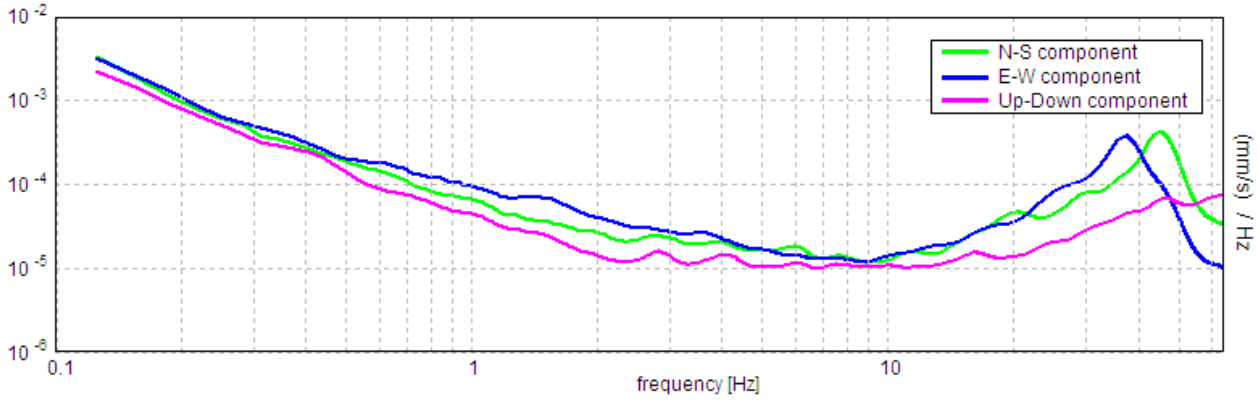
Ai fini della classificazione sismica del sottosuolo di fondazione, nonché in considerazione che il piano d'imposta delle fondazioni verrà approfondito fino al raggiungimento del substrato roccioso, si ritiene di poter classificare il suolo di fondazione nella categoria A (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato d'alterazione, con spessore massimo pari a 3 m).

H/V 1

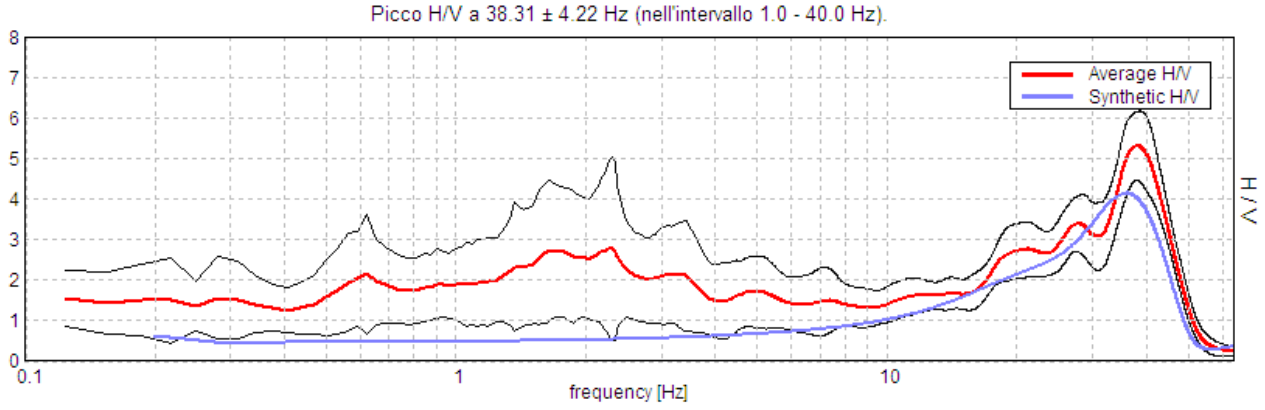
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

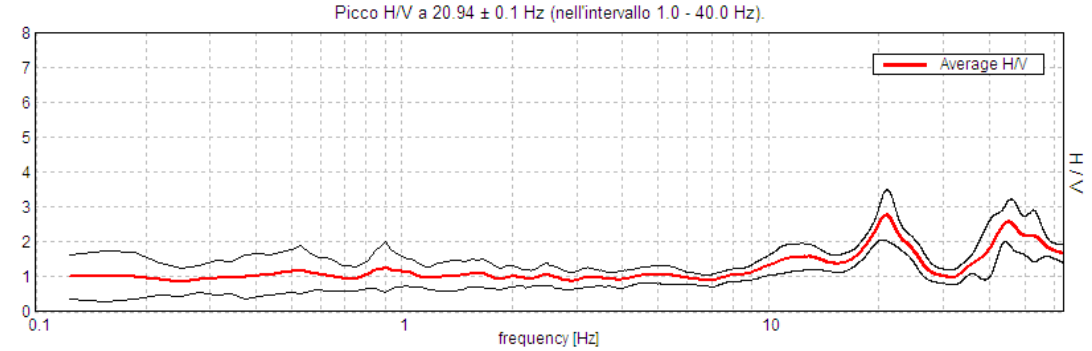


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

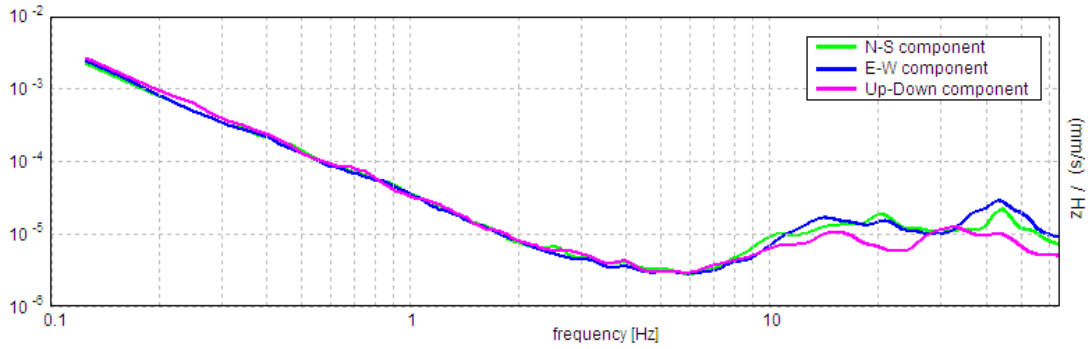


H/V 2

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

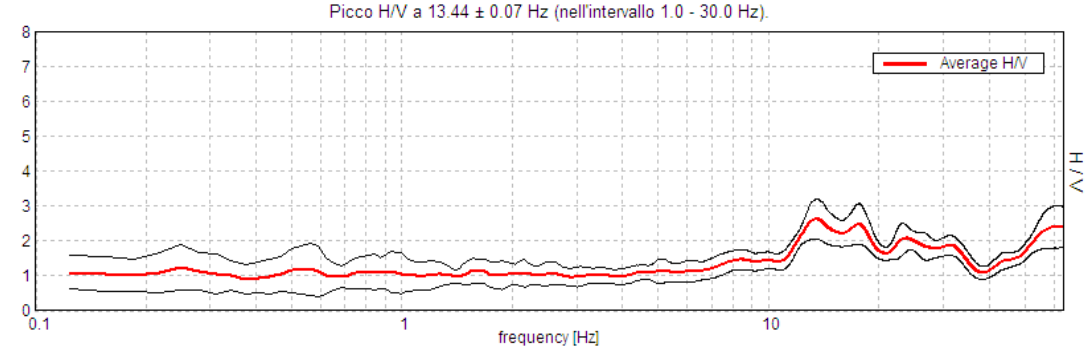


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

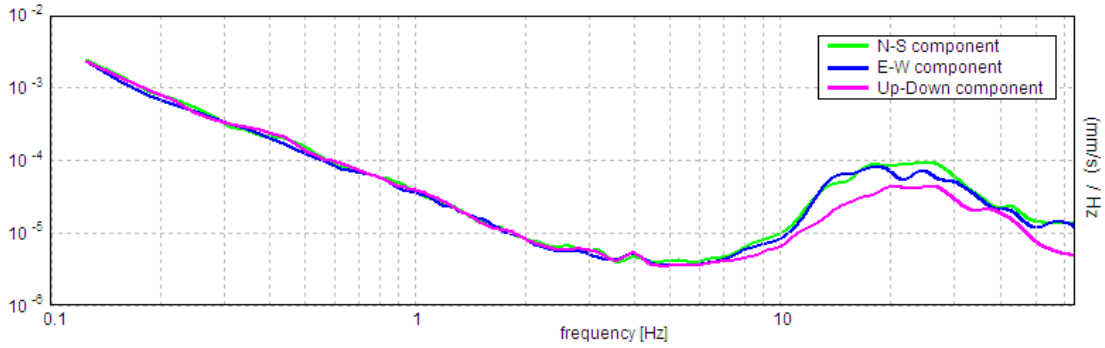


H/V 3

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



5 CARATTERISTICHE DEI DEPOSITI ALLUVIONALI

In considerazione di quanto emerso dalla campagna d'indagine geognostica costituita dall'esecuzione di n° 5 sondaggi a carotaggio ulteriormente dettagliata dall'esecuzione delle n°10 prove penetrometriche dinamiche continue, si possono eseguire le seguenti semplificazioni stratigrafiche: i depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da sabbia e ghiaia in matrice limosa, localmente però possono essere presenti orizzonti o aree dove prevalgono sabbie fini in abbondante matrice limo argillosa: occasionalmente tale matrice può divenire prevalente rispetto alla frazione granulare.

Sabbia e ghiaia in matrice limosa: le indagini svolte su tali terreni (SPT in S1, S3, S4 ed S5, prove penetrometriche da P1 a P8) permettono di indicare su tali terreni un angolo d'attrito medio efficace $\phi' \approx 35° \div 38°$ e coesione nulla.
Il peso di volume (γ) della coltre può essere considerato pari a 18 kN/m^3.

Sabbia fine in abbondante matrice limo-argillosa: le indagini svolte su tali terreni (SPT in S2, prove penetrometriche P9 e P10) permettono di indicare su tali terreni un angolo d'attrito medio efficace $\phi' \approx 25° \div 26°$. Il peso di volume ($\gamma$) della coltre può essere considerato pari a 19 kN/m^3.

6 CARATTERIZZAZIONE E ANALISI GEOMECCANICA

Per stimare quindi i parametri geotecnici dell'ammasso roccioso si è ricorsi al nuovo criterio di rottura (Edizione 2002) di Hoek-Brown.

Con questa nuova versione della formulazione del criterio vengono fornite funzioni uniche e continue, definite in tutto il campo di valori che può assumere GSI (Geological Strength Index) , per la determinazione dei parametri del criterio.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}\left(m_b \times \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + S\right)^a$$

dove:

- $\boldsymbol{\sigma_1}$ è lo sforzo principale massimo applicato a rottura;
- $\boldsymbol{\sigma_3}$ è lo sforzo principale minimo applicato a rottura:
- $\boldsymbol{\sigma_{ci}}$ è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- $\mathbf{m_b}$, **S** e **a** sono coefficienti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso ed in particolare:

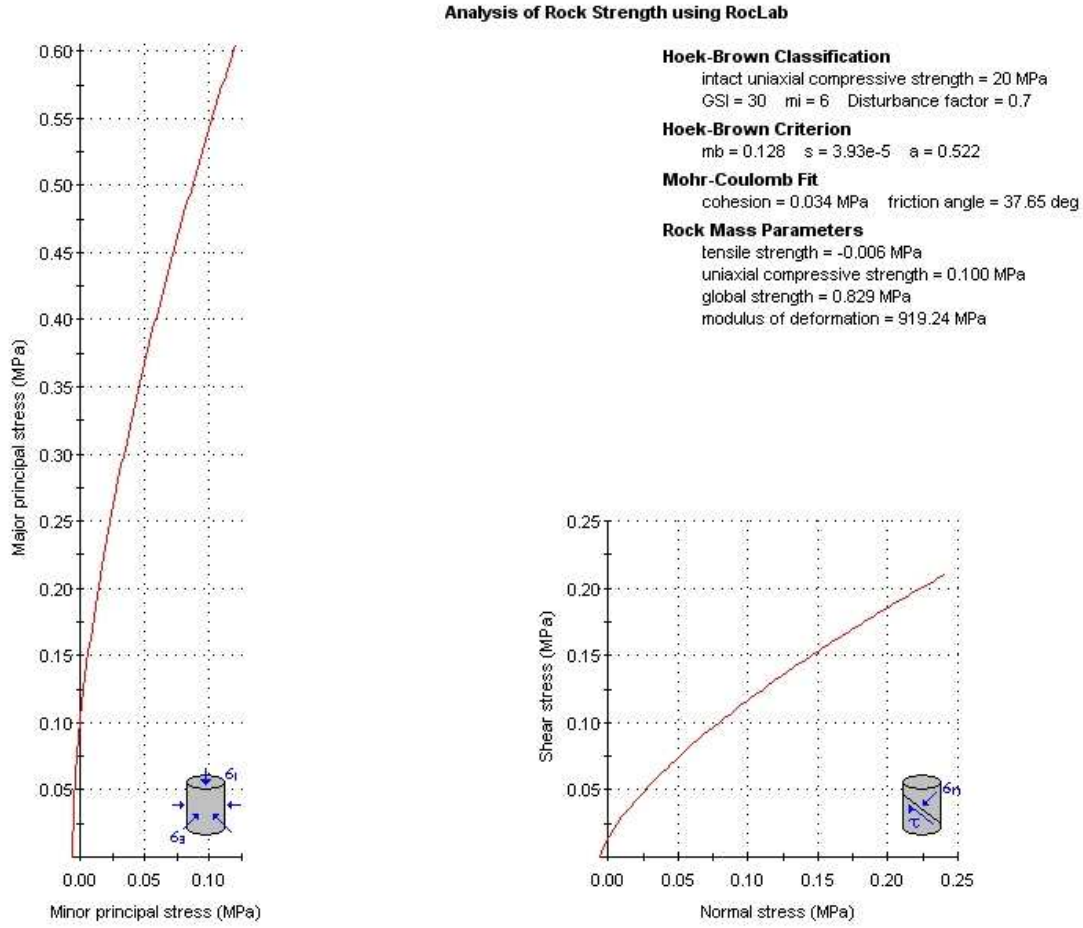
$$m_b = m_i \times e^{\frac{GSI-100}{28-14D}}$$

$$S = e^{\frac{GSI-100}{9-3D}}$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right)$$

Tale criterio di rottura, dopo l'introduzione del fattore di disturbo D che definisce i pendii come ammassi "molto disturbati", risulta adatto a descrivere il comportamento di ammassi rocciosi a matrice debole.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici (coesione e angolo d'attrito) dell'ammasso roccioso, si indicano i valori riportati nel grafico di seguito allegato.

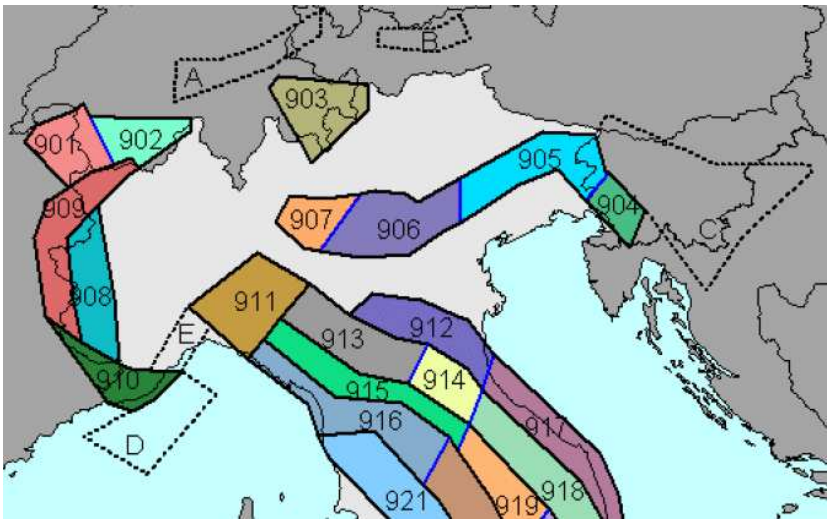


La caratterizzazione sopra riportata è stata elaborata con la classificazione HoeK-Brown per fornire parametri a fini fondazionali sulle litologie prevalenti. Gli strati superficiali delle argilliti si presentano in condizioni di marcata alterazione-destrutturazione creando un livello di transizione fra il terreno sciolto di copertura e il substrato roccioso.

I valori di resistenza a compressione monoassiale verticale delle Argilliti manganesifere ricavato mediante correlazioni dei test sclerometrici eseguiti con Martello di Schmidt, è compresa fra 10 e 20 MPa per le argilliti in condizioni di bassa alterazione mentre risulta compreso.fra 35 e 50 MPa sugli orizzonti subordinati di arenarie e siltiti.

7 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

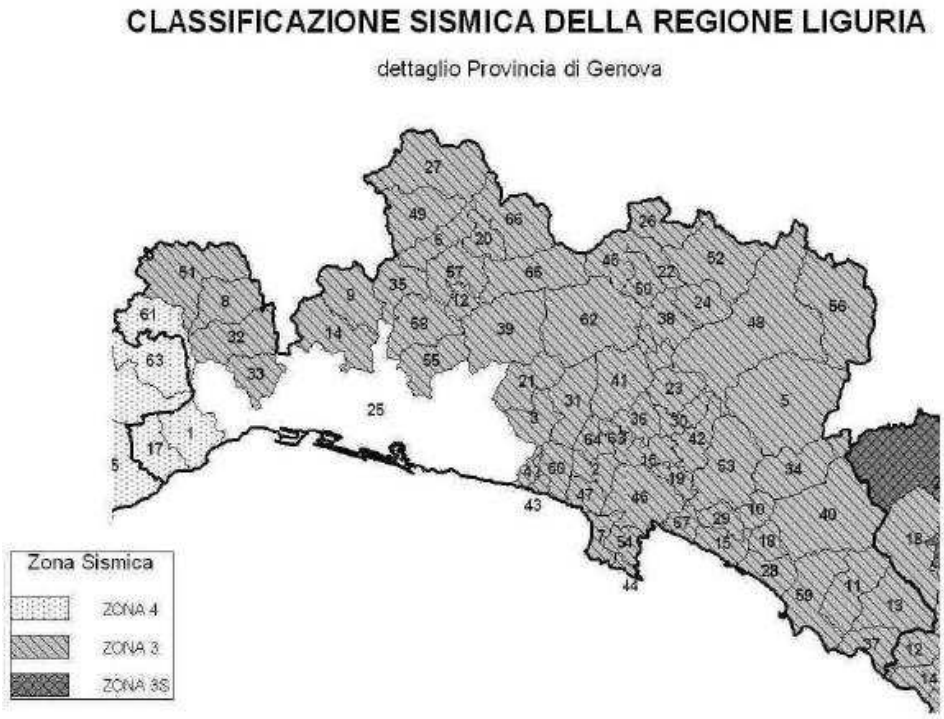
Il territorio della Val Fontanabuona è sede di attività sismica generalmente modesta in termini d'intensità. La Carta di seguito allegata riporta la Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia dove sono evidenziate alcune delle 42 zone–sorgente. Si può dedurre che il Tigullio Orientale (da Sestri Levante a Chiavari) è inserito in una delle cinque fasce longitudinali parallele alla catena appenninica e più precisamente nella ZS 916, mentre il Tigullio occidentale (da Zoagli a Camogli) e la Val Fontanabuona, sono inseriti all'interno della zona di "svincolo" fra tali zone-sorgente e la zona asismica.



Le zone 916 e 920 coincidono con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismo tettonico di Meletti et Al. (2000). Queste zone sono caratterizzate da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati; la maggior frequenza di questi eventi nella zona 920 suggerisce di distinguerla dall'adiacente zona 916.

La fascia che dalla Lunigiana arriva fino al confine Abruzzo-Molise è indicata come l'area a maggior rilascio di energia dell'Appennino centro-settentrionale in quanto corrisponde al settore più interno della catena appenninica ed è interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche; questa lunga fascia è stata suddivisa in tre zone (915, 919 e 923) dove la zona 915 pur avendo al suo interno le aree della Garfagnana, della Lunigiana e del Mugello, appare complessivamente caratterizzata da tassi di sismicità leggermente inferiori.

Il territorio del Comune di Cicagna successivamente all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 pubblicata in data 20.03.2003, ricade in zona 3. La recente Delibera di Giunta Regionale n. 1362 del 19 Novembre 2010 "Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria" che ha sostituito la classificazione sismica precedentemente disposta con D.G.R. n.1308 del 28 Aprile 2008 riclassifica il territorio del Comune come zona sismica 3, dove l'accelerazione sismica orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% con tempo di ritorno 50 anni, è 0.15g.



Con l'entrata in vigore delle NTC con D.M. 14 Gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica deve essere fornita mediante un criterio sito-dipendente e non più con un approccio zona-dipendente. Pertanto l'azione sismica di progetto va definita in base alla risposta sismica locale (azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato rigido) mediante specifiche analisi, o in assenza di tali analisi, sulla base di un approccio semplificato che si basa sull'identificazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Nel caso in esame, in considerazione che le fondazioni andranno attestate nell'ammasso roccioso, si dovrà far riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione A (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato d'alterazione, con spessore massimo pari a 3 m).

Indicativamente, salvo diverse indicazioni del Progettista, si può indicare una vita nominale Vn (numero di anni d'uso della struttura) maggiore o uguale a 50, una Classe d'uso (Cu) pari a II corrispondente a costruzioni il cui uso preveda un normale affollamento, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, a cui corrisponde quindi un coefficiente d'uso pari a 1.

Come periodo di riferimento per l'azione sismica si dovrà considerare:

$$Vr = Vn \times Cu = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Ss) e di amplificazione topografica (St) considerati, sono entrambi pari a 1,0 .

Pertanto il coefficiente S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche è espresso dalla seguente relazione:

$$S = Ss \times St = 1,0$$

I parametri sismici sono stati dedotti con programma GEOSTRU -PS che è un software atto ad individuare la pericolosità sismica direttamente dalla mappa geografica. I parametri sismici stimati per le Fondazioni sono i seguenti:

Sito in esame. (Coordinate espresse in ED50)

latitudine: 44,41883296 [°]
longitudine: 9,22012991 [°]
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16921 Lat: 44,4056 Lon: 9,1516 Distanza: 5635,626
Sito 2 ID: 16922 Lat: 44,4081 Lon: 9,2215 Distanza: 1197,209
Sito 3 ID: 16700 Lat: 44,4581 Lon: 9,2180 Distanza: 4364,100
Sito 4 ID: 16699 Lat: 44,4555 Lon: 9,1480 Distanza: 7028,724

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

Stato limite Operatività (SLO)		Stato limite di Danno (SLD)		Salvaguardia della vita (SLV)		Prevenzione dal collasso (SLC)	
P_{Vr}:	81 %	P_{Vr}:	63 %	P_{Vr}:	10 %	P_{Vr}:	5 %
Tr:	30 [anni]	Tr:	50 [anni]	Tr:	475 [anni]	Tr:	975 [anni]
a_g:	0,031 g	a_g:	0,039 g	a_g:	0,094 g	a_g:	0,122 g
Fo:	2,499	Fo:	2,548	Fo:	2,509	Fo:	2,501
Tc*:	0,202 [s]	Tc*:	0,217 [s]	Tc*:	0,283 [s]	Tc*:	0,290 [s]

Coefficienti Sismici:

SLO:		SLD		SLV		SLC	
Ss:	1,000	Ss:	1,000	Ss:	1,000	Ss:	1,000
Cc:	1,000	Cc:	1,000	Cc:	1,000	Cc:	1,000
St:	1,000	St:	1,000	St:	1,000	St:	1,000
Kh:	0,006	Kh:	0,008	Kh:	0,019	Kh:	0,033
Kv:	0,003	Kv:	0,004	Kv:	0,009	Kv:	0,017
a_{max}:	0,308	a_{max}:	0,379	a_{max}:	0,923	a_{max}:	1,199
Beta:	0,200	Beta:	0,200	Beta:	0,200	Beta:	0,270

8 SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \phi$$

con:

c = coesione del terreno

σ_{vo} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

ϕ= angolo di resistenza al taglio del terreno

è evidente che la grandezza $<\tau>$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate contemporaneamente le due seguenti condizioni:

a) c = 0;
b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\phi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione c=0 non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) esclude che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

In definitiva quindi una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito a prevalenza sabbiosa, saturo.
I fattori principali che predispongono un terreno alla liquefazione sono:

1 - Granulometria
2 - Profondità del livello potenzialmente liquefacibile
3 - Grado di addensamento dei depositi

In linea generale, si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

a) granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
b) si trovano sotto falda;
c) sono da poco a mediamente addensati.
d) si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri).

Alla luce di quanto sopra esposto, il rischio di liquefazione dei terreni interessati dalla realizzazione del nuovo insediamento produttivo appare dunque poco significativo in relazione all’assenza di falda (condizione b).

9 ZONIZZAZIONE E NORMATIVA

Le indagini condotte per la redazione di questo studio hanno permesso redigere una carta geologica e geomorfologia e una carta idrogeologica di dettaglio riportate in allegato in scala 1 : 1.000.

La zonizzazione risultante tiene conto anche delle prescrizioni derivanti dall'applicazione della Normativa del Piano di Bacino nonché dello Studio Idraulico dell'Ing. Sergio Brizzolara ed è stato possibile definire 4 classi.

Si riporta di seguito la normativa geologica riferita alla carta di zonizzazione allegata ed alle relative classi di suscettività d'uso:

Classe A1 – *Con vincoli legislativi in rapporto alla Fascia di Inedificabilità di 10 metri dai limiti dell'alveo del torrente Lavagna.*

Tale classe deriva dall'applicazione delle N.T.A. del Piano di Bacino ed in particolare dipende dalla definizione della sponda. Nel nostro caso è stata scelta l'intersezione del livello della piena duecentennale con la superficie topografica estratta dagli allegati della relazione idraulica a firma dell'Ing. Sergio Brizzolara.

Classe A2 – *Con limitati condizionamenti di carattere geologico*

Si dovranno accertare i seguenti punti:

a) Natura, origine, potenza, caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche delle coperture.
b) Natura, giacitura, assetto strutturale, stato di conservazione e caratteristiche geotecniche del substrato roccioso al fine di accertare quali accorgimenti adottare prima dell'esecuzione delle opere per non compromettere l'assetto geologico-geomorfologico e alterare il regime idrologico ed idrogeologico.

<u>*Prima della domanda di autorizzazione e/o concessione edilizia.*</u>

Relazione geologica di fattibilità**:**

-documentazione cartografica dell'assetto geologico e idrogeologico del substrato roccioso e delle condizioni geotecniche delle coperture, ricostruita da rilevamenti diretti e/o da dati bibliografici

-programma delle prospezioni geognostiche in funzione della tipologia d'intervento.

<u>*Prima del rilascio della concessione ed autorizzazione*</u>

Relazione geologica e geotecnica per il progetto esecutivo

-la documentazione degli accertamenti spinti fino al substrato roccioso in posto e non alterato desunti dalla campagna geognostica

Prima o contestualmente alla denuncia di fine lavori

Relazione di fine lavori contente la certificazione, a firma congiunta del progettista, del consulente geologico-geotecnico e del direttore dei lavori, sulla corretta esecuzione degli interventi eseguiti sul suolo e sottosuolo a garanzia della stabilità delle opere realizzate.

Classe A3 - *Suscettività bassa -Contenuti condizionamenti superabili con modesti interventi tecnici-economici*

Si dovranno accertare i seguenti punti:

a) Natura, origine, potenza, caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche delle coperture superficiali.
b) Natura, giacitura, assetto strutturale, stato di conservazione e caratteristiche geotecniche del substrato roccioso al fine di garantire la stabilità del versante ed accertare con quali accorgimenti siano eseguibili i previsti interventi modificatori dell'assetto geologico-geomorfologico attuale ed idrogeologico.
c) Particolare attenzione ai problemi di equilibrio del versante in relazione ad interventi di qualsiasi comportanti scavi estesi e/o con fronti con sviluppo verticale significativi.

Prima della domanda di autorizzazione e/o concessione urbanistica.

Relazione geologica di fattibilità:

-documentazione cartografica dell'assetto geologico e idrogeologico del substrato roccioso e delle condizioni geotecniche delle coperture, ricostruita da rilevamenti diretti e/o da dati bibliografici

-programma delle prospezioni geognostiche e/o indagini geotecniche in funzione della tipologia d'intervento

Prima del rilascio dell'autorizzazione edilizia.

Relazione geologica e geotecnica di progetto esecutivo di consistenza rapportata alla rilevanza all'intervento di progetto.

Verifiche di stabilità del versante nello stato attuale e di progetto in condizioni sismiche.

Prima o contestualmente alla denuncia di fine lavori

Relazione di fine lavori contente la certificazione, a firma congiunta del progettista, del consulente geologico-geotecnico e del direttore dei lavori, sulla corretta esecuzione degli interventi eseguiti sul suolo e sottosuolo a garanzia della stabilità delle opere realizzate.

Classe A4 – *Inedificabile ai sensi della Normativa del Piano di Bacino del torrente Lavagna.*

Tale classe deriva dall'applicazione delle N.T.A. del Piano di Bacino.

Nel nostro caso, in considerazione dell'entità dell'intervento e vista la suscettività d'uso (Classe A2), è stata redatta già in questa fase la relazione geologica esecutiva ed è stato fornito il modello geologico e geotecnico sugli esiti dell'esecuzione di n° 5 carotaggi, n°10 prove penetrometriche dinamiche e dell'indagine geofisica.

10 CONCLUSIONI

In conclusione si ribadisce che dal punto di vista geologico-geotecnico non sono state rilevate problematiche tali da inficiare o limitare l'intervento a progetto.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici con particolare riferimento a quanto previsto dal vigente Piano di Bacino L. 183/89 e ss.mm.ii. – torrente Lavagna, è stata redatta dall'Ing. Sergio Brizzolara una Relazione Idraulica volta ad ottenere la conformità dell'intervento a progetto al Piano di Bacino stesso. Tale relazione prevede anche il dimensionamento di una vasca in adempimento a quanto indicato nelle Norme di Attuazione del Piano di bacino stralcio del torrente Lavagna come sistema di compensazione delle portate volto a compensare l'aumento del grado di impermeabilizzazione del suolo a seguito dell'intervento edilizio.

In considerazione delle caratteristiche geotecniche del terreno che costituirà il sedime delle opere, nonché dell'estensione del nuovo fabbricato produttivo di superficie complessiva di circa 16.600 m^2 di superficie coperta con settori articolati su diversi livelli da uno ad un massimo di tre, si ritiene opportuno allogare le fondazioni direttamente al substrato roccioso sano riscontrato nei carotaggi a profondità comprese fra i 3 e i 6 metri dal p.c.. Tale prescrizione potrà essere più facilmente ottenuta in considerazione che il piano d'imposta delle opere a progetto risulta in gran parte più basso del piano campagna allo stato attuale (vedi sezioni geologiche allegate).

In generale per l'inserimento delle fondazioni si potrà ricorrere all'esecuzione di scavi a campioni da eseguirsi in periodo asciutto prevedendo scarpate compatibili coi parametri geotecnici dei materiali stimati nei precedenti paragrafi; laddove invece il substrato roccioso sano si trovi a profondità superiore a due-tre metri rispetto al sedime del nuovo fabbricato produttivo, si potrà ricorrere a fondazioni mediante opere speciali.

Per quanto riguarda la realizzazione della viabilità lungo il perimetro esterno del fabbricato produttivo e la realizzazione di tutte le aree destinate a parcheggio, sosta e manovra dei mezzi, non risultano interventi ed in particolare scavi che costituiscono interferenze con l'esistente, eventuali modifiche progettuali e varianti dovranno essere analizzate dal punto di vista geologico e geotecnico. In generale per i modesti riporti stradali a progetto, dovrà essere messo in opera uno strato di sottofondazione adeguatamente rullato e costipato prima di procedere ad eventuale pavimentazione.

Contestualmente alle consuete verifiche strutturali dovrà essere redatta una Relazione Geotecnica con la definizione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto sulla base dei parametri geotecnici medi determinati nei precedenti paragrafi nonchè le verifiche agli stati limite relative alle opere interagenti con i terreni di fondazione.

Tutti gli interventi dovranno essere verificati dal punto di vista geologico durante la fase esecutiva ed in particolare, dovrà essere prodotta la **relazione geologica di fine lavori** in cui il geologo attesta la corretta esecuzione delle opere che hanno interferito con il suolo e nel sottosuolo.

Rimangono quindi fondamentali le osservazioni in corso d'opera e la validità delle ipotesi di progetto andrà "controllata" durante la costruzione, come peraltro previsto dalla legge.

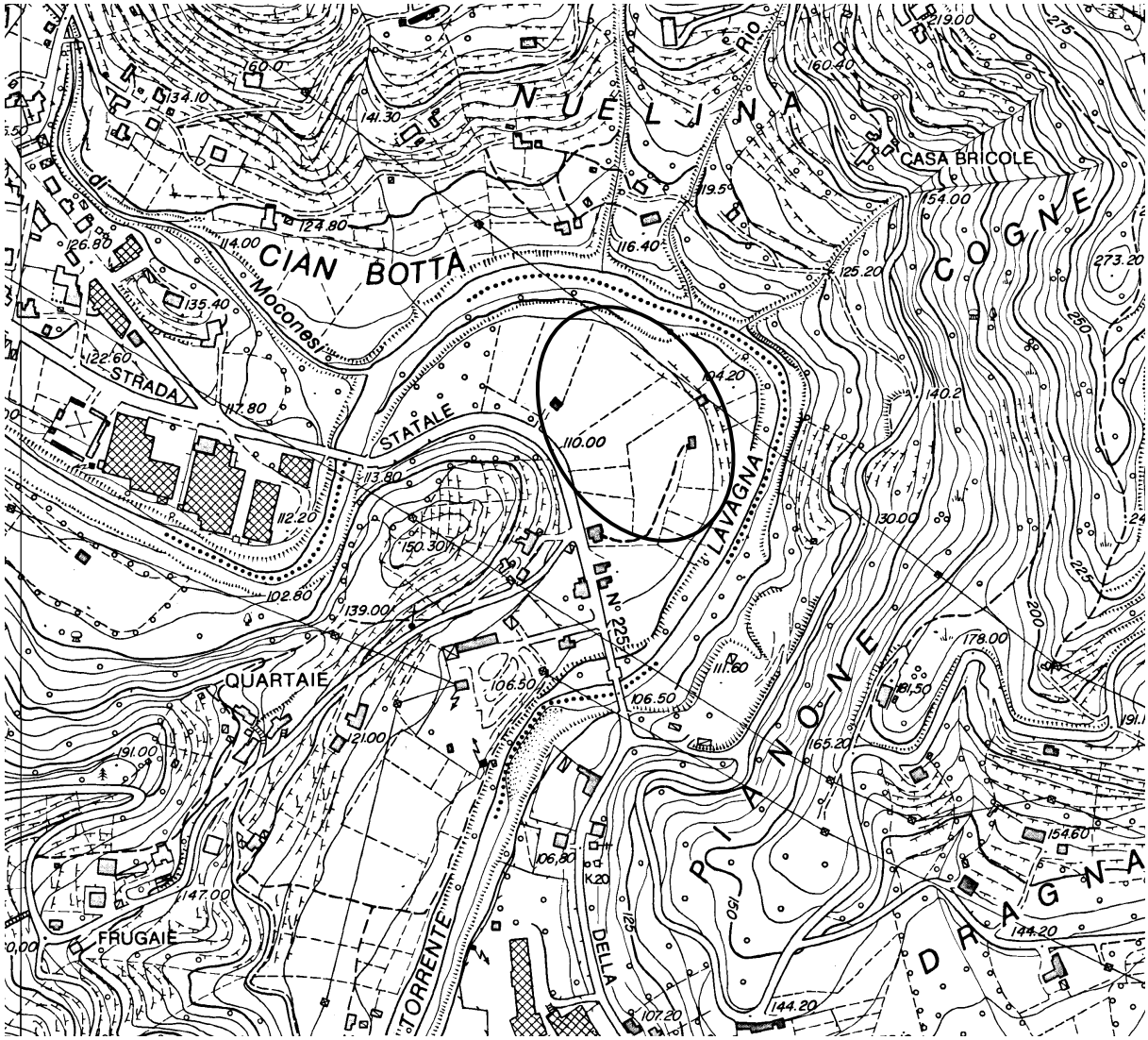
I sottoscritti professionisti confermano per questa fase di studio la più completa disponibilità.

Geol. Gian Paolo Chella



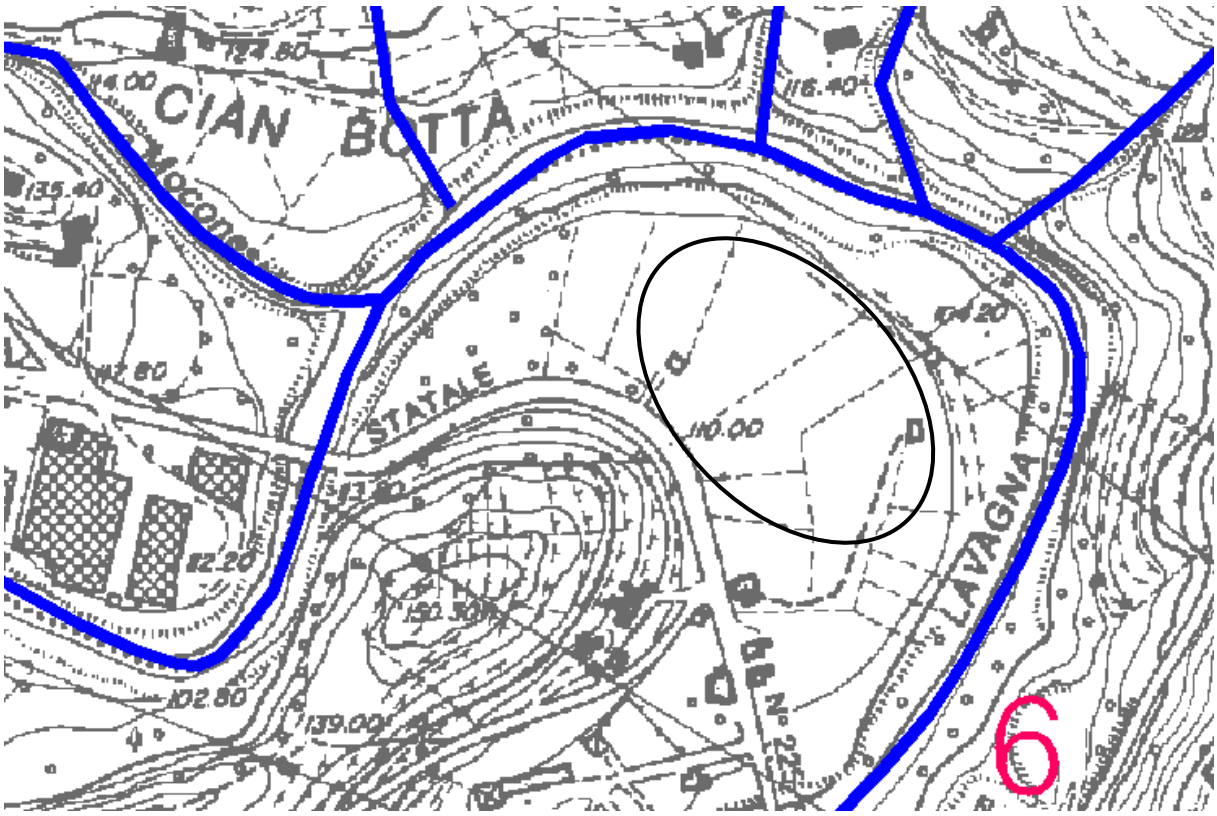
Geol. Emanuele Berruti





COROGRAFIA

Ubicazione dell'intervento



CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA
Allegato 1 Tav. N. 14b del Piano di Bacino del Torrente Lavagna

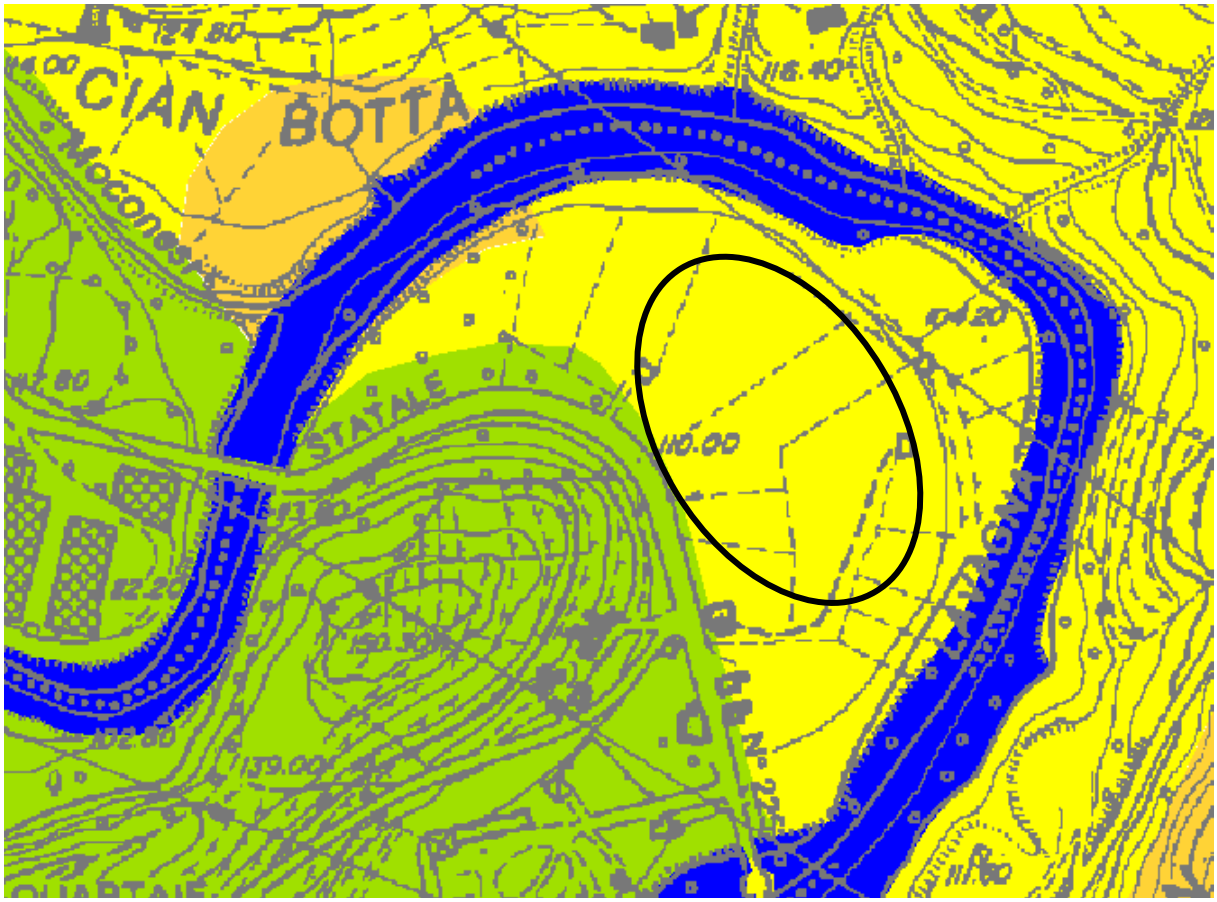
LEGENDA

corso d'acqua significativo

corso d'acqua non significativo

1 . . 7 numero d'ordine del corso d'acqua

ubicazione intervento



CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO
E DELLE AREE INONDABILI
Allegato 1 Tav. N.15 del Piano di Bacino del Torrente Lavagna

alveo

molto bassa suscettivita' al dissesto

bassa suscettivita' al dissesto

media suscettivita' al dissesto

alta suscettivita' al dissesto

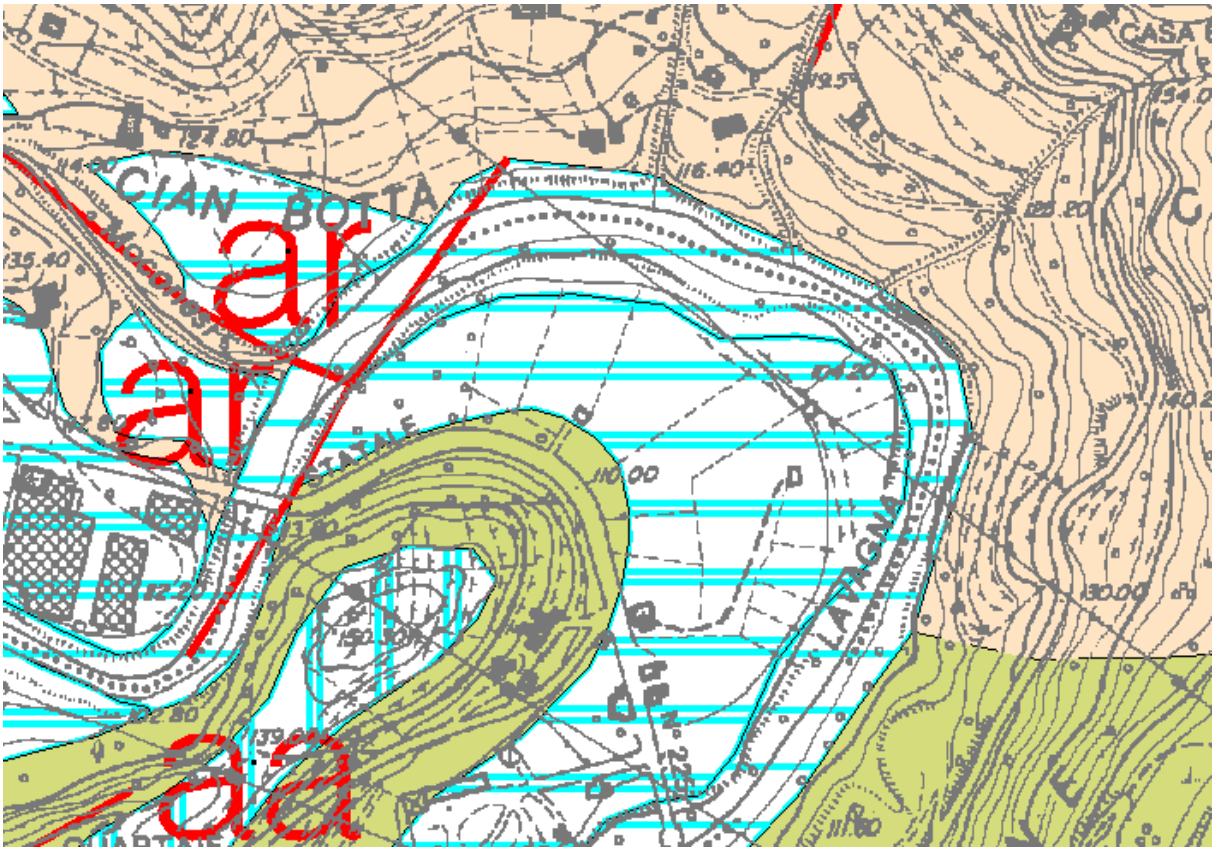
molto alta suscettivita' al dissesto

aree inondabili T = 50 anni

aree inondabili T = 200 anni

aree inondabili T = 500 anni

ubicazione intervento



CARTA GEOLITOLOGICA
Allegato 1 Tav. N.4 del Piano di Bacino del Torrente Lavagna

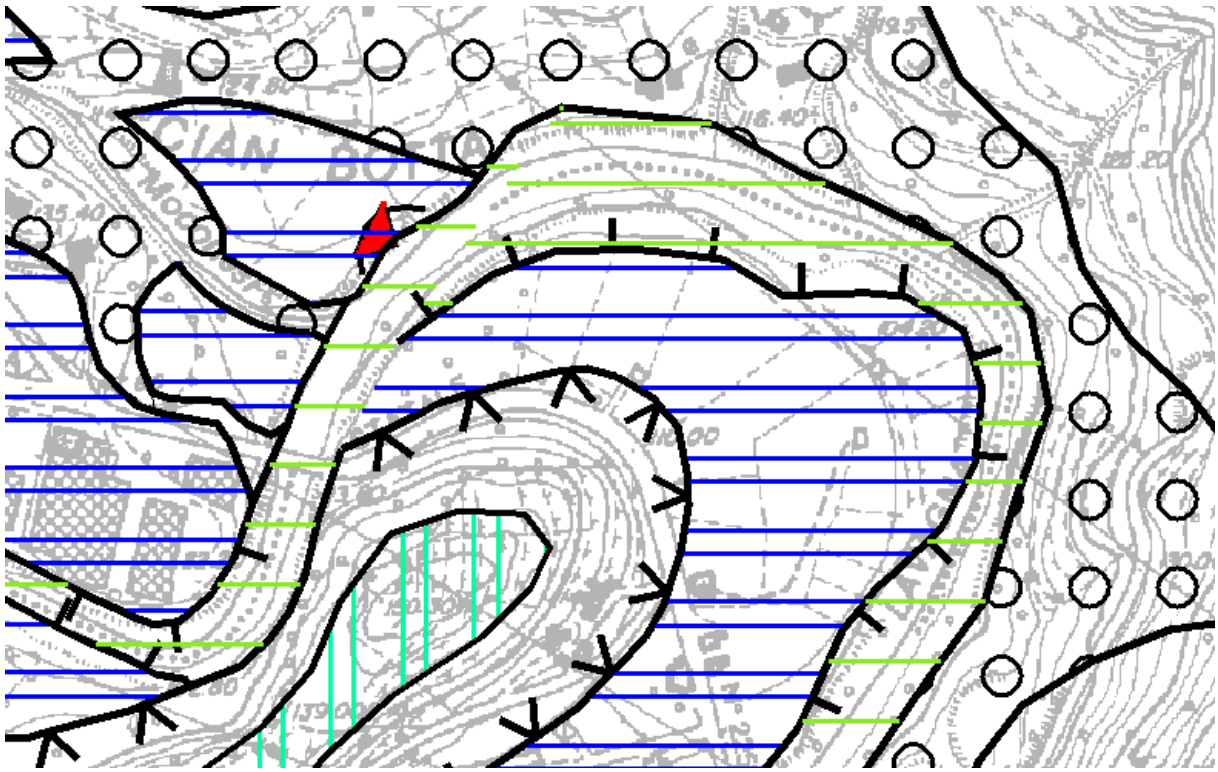
(AM) DEPOSITI ALLUVIONALI MOBILI ATTUALI

(AA) DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI ANTICHI

(AR) DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI RECENTI

(MA) MARNE

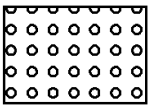
(AG) ARGILLITI



CARTA GEOMORFOLOGICA
Allegato 1 Tav. N.5 del Piano di Bacino del Torrente Lavagna



Depositi alluvionali terrazzati recenti



Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 mt.



Ciglio di frana quiescente



Ruscellamento diffuso



Ciglio di frana attivo



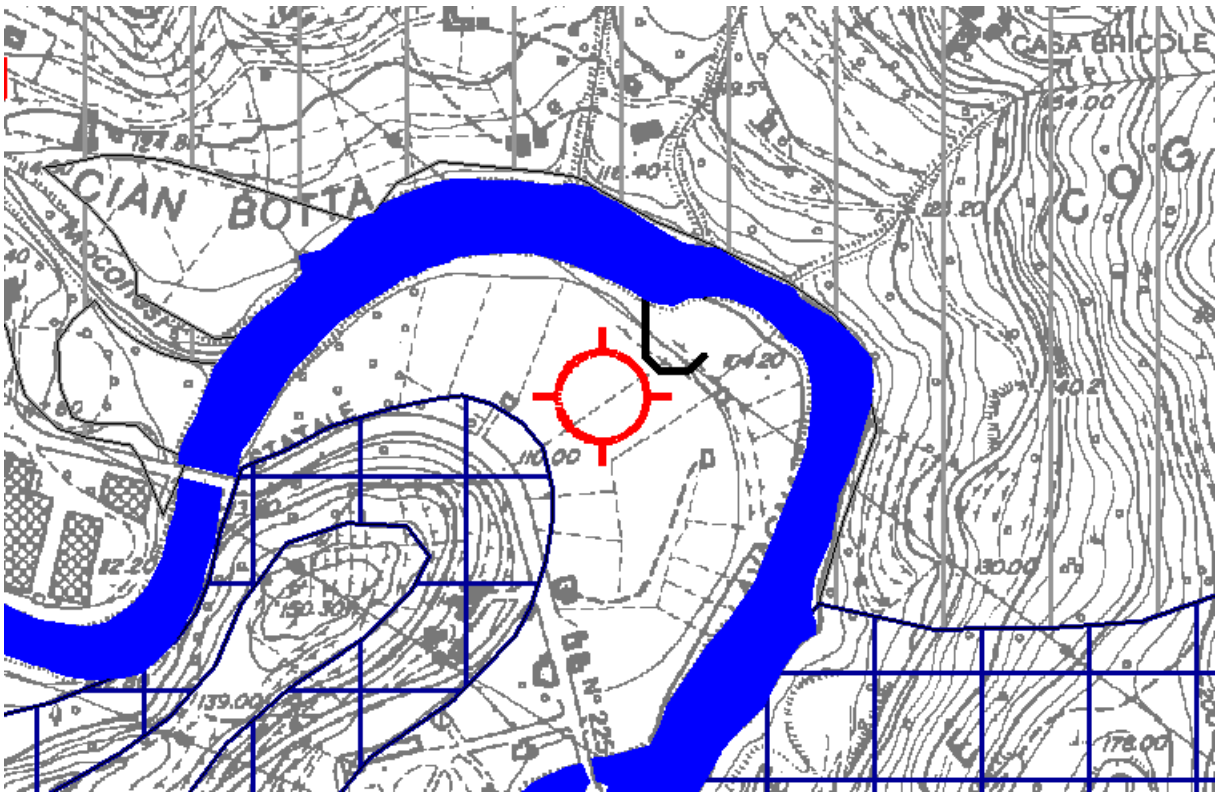
Orlo di terrazzo fluviale



Erosione spondale



Nicchia di terrazzo



CARTA IDROGEOLOGICA
Allegato 1 Tav. N.7 del Piano di Bacino del Torrente Lavagna

Alveo

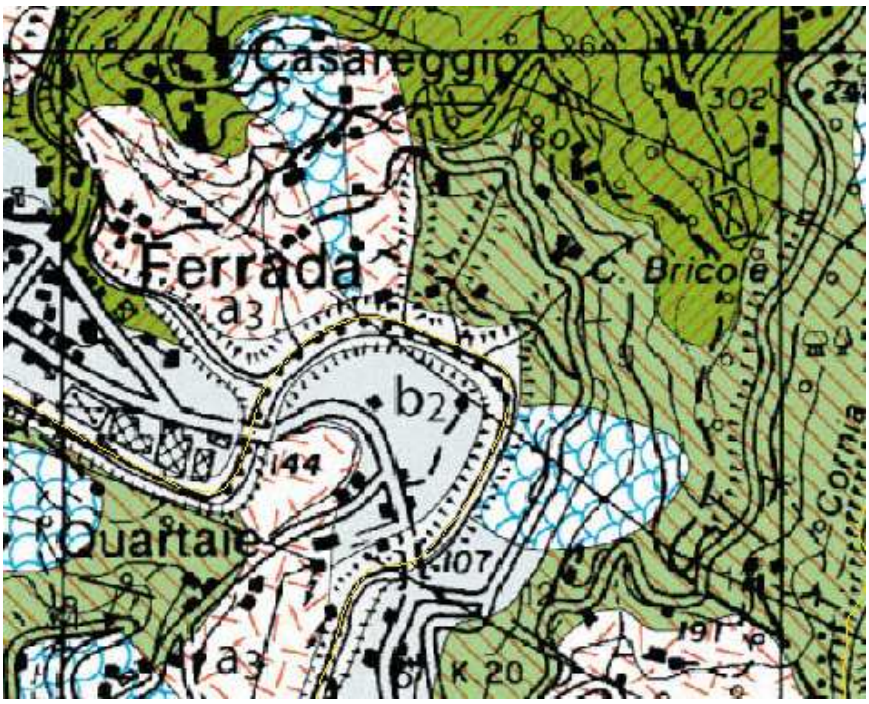
pp Terreni permeabili per porosita`

sp Terreni semipermeabili

Pozzi e/o derivazioni d'acqua

A uso potabile
B uso industriale
C uso irriguo
D uso misto

im Terreni impermeabili



UNITÀ GOTTERO

Giurassico - Paleocene

ARGILLITI DI GIAIETTE (*cfr. Scisti del Bocco Auctt.*)
GTT
Argilliti, argilliti varicolori, siltiti, areniti fini e calcareniti in strati medi e sottili con scarsa continuità laterale. Questa formazione può contenere intercalazioni lenticolari di brecce monogeniche a prevalente matrice argillitica con clasti angolari e subangolari di calciutiti riferibili alla formazione delle Argille a Palombini.
Olistoliti con dimensioni da decametriche a ettometriche di Arenarie di Monte Gottero e di Argille a Palombini.
Emipelagiti e torbiditi di ambiente marino profondo alternati a depositi da scivolamento in massa e flussi gravitativi di ambiente di scarpata.
PALEOCENE INF.

ARENARIE DI MONTE GOTTERO
GOT
Areniti a composizione arkosica e subarkosica alternate a siltiti ed argilliti in strati gradati medi e spessi. Frequenti strati arenacei medio-grossolani non gradati e mal selezionati, spesso amalgamati.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo con depositi da colata di detrito.
CAMPANIANO SUP./MAASTRICHTIANO INF.-PALEOCENE INF.

SCISTI ZONATI
SZO
SZOs
Siltiti, areniti fini a composizione silicoclastica, argilliti e marne in strati gradati sottili e medi. Presso il Passo della Forcella sono presenti intercalazioni di brecce monogeniche (*Olistostroma di Passo della Forcella Auctt.*) a matrice argillitica prevalente con clasti da angolari a subangolari di calciutiti riferibili alla formazione delle stesse Argille a Palombini (SZO_S).
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo con depositi da colata di detrito.
?CAMPANIANO SUP.- MAASTRICHTIANO INF.

ARDESIE DI MONTE VERZI
AMV
Marne, marne calcaree e calcari marnosi in strati gradati da medi a molto spessi, generalmente con base arenitica fine a composizione ibrida, con intercalazioni di peliti non carbonatiche in strati molto sottili. In modo subordinato presenti areniti a composizione arkosica alternate a peliti in strati gradati di spessore da medio a sottile.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo.
CAMPANIANO

SCISTI MANGANESIFERI
SMG
Argilliti scure manganesifere, siltiti ed areniti fini in strati gradati medi e spessi. Verso l'alto intercalazioni di areniti medie e grossolane a composizione subarcosica e peliti in strati gradati medi.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo.
CAMPANIANO INF.

ARGILLE A PALOMBINI
APA
Alternanze regolari di calciutiti talvolta con base arenitica in strati medi e di peliti scure in strati medi e spessi. Presenti verso la parte sommitale della formazione marne e marne calcaree in strati medi e spessi ed areniti fini in strati sottili.
Torbiditi ed emipelagiti di ambiente bacinale.
BERRIASIANO-SANTONIANO p.p.