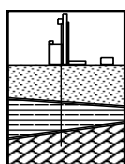


Comune	GENOVA
Progetto	PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA VOLTRI
Oggetto	RELAZIONE GEOLOGICA (D.M. 14/01/08)
Data	Aprile 2015
Committente	Spett. CONSORZIO UTRI MARE - Genova

## RELAZIONE TECNICA



**Dott. Francesco Valle**  
Geologo

via V. Poggi 4/4 - 17100 SAVONA  
tel. 019.828.156 - 3479072824  
e-mail: geolvalle@gmail.com  
P.IVA.: 02159710991

Cod. fisc.: VLLFNC70C17C823S



COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

## **1) PREMESSA**

La presente relazione riferisce su quanto è emerso dalla indagine geologica eseguita dal sottoscritto, dott. Francesco Valle, geologo iscritto al n° 409 dell'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria, su incarico dello Spett. "Consorzio Utri Mare" di Genova, in merito al progetto per la rifunionalizzazione (da eseguirsi in due fasi) della piscina comunale N. Mameli di Voltri, sita poco a ponente del tratto focivo del T. Leira (vedi anche TAV.1 – Corografia).

Si espongono qui di seguito le condizioni emerse, tenendo conto che l'indagine si è sviluppata secondo i seguenti criteri:

- inquadramento dell'area nell'ambito del Piano di Bacino Ambiti 12 e 13;
- rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona;
- esecuzione di prove geognostiche sul terreno direttamente interessato dall'intervento;
- assemblaggio ed elaborazione degli elementi acquisiti unitamente a quelli bibliografici reperiti presso l'Ufficio Geologico Comunale e redazione della presente relazione geologico-tecnica di commento.

## **2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M. 14/01/2008: Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- L. 267/1998. Piani di Bacino Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico
- Delibera della Giunta Regionale n° 1362 del 19/11/2010 (D.M. 14/01/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni . Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria)
- Art. 185 comma 1 lett. C bis del D.Lgs 152/06 - come da modifiche dal D.L. 185/2008 convertito in legge con L.2 del 28/01/09, Decreto n. 161 del 10/08/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

### **3) VINCOLI AMMINISTRATIVO - TERRITORIALI**

#### **3.1 - Inquadramento nella cartografia del Piano di Bacino Ambito 12 e 13**

L'area in oggetto è inserita nel Piano di Bacino degli Ambiti 12 e 13 (D.L. 180/98 convertito in L. 267/98).

Come visibile dagli stralci cartografici allegati (vedi ALL.1.1 ÷ 1.6), si tratta di un'area sostanzialmente pianeggiante sita poco a ponente della foce del Torrente Leira, caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali e/o di spiaggia, terreni permeabili per porosità, ma in un contesto urbanizzato ed impermeabilizzato superficialmente (vedi ALL.1.1).

La zona rientra nelle aree a rischio idrogeologico LIEVE o TRASCURABILE (R0), caratterizzata da una suscettività al dissesto MOLTO BASSA di tipo Pg0 (vedi ALL.1.2).

L'area di pertinenza del complesso della piscina comunale si trova ad oltre 40m ad occidente dell'argine destro del T. Leira, area in cui non sono previsti interventi geomorfologici od idraulici (vedi ALL.1.3).

Le indagini idrauliche effettuate a corredo del Piano di Bacino pongono la zona d'intervento all'interno della Fascia C delle aree con un tempo di ritorno di esondazione cinquecentennale (vedi ALL.1.4), caratterizzate da un rischio idraulico medio (R2); le calcolazioni idrauliche inoltre non evidenziano, all'altezza del sito d'indagine, esondazioni dagli argini (vedi ALL.1.5 ed ALL.1.6).

#### **3.2 - Inquadramento di zonizzazione geologica e suscettività d'uso del PUC**

In base alla suddivisione della zonizzazione e suscettività d'uso delle Norme Geologiche di Attuazione del P.U.C. del Comune di Genova, l'area in questione ricade nelle "Zone B" urbanizzate (sia per quanto riguarda la zonizzazione del PUC vigente sia per quella del PUC adottato - vedi ALL.2.4), cioè nelle aree con suscettività parzialmente condizionata; tali zone presentano condizionamenti eliminabili con interventi di piccola o media difficoltà e onerosità; le condizioni geologiche rilevate, in senso lato, non pongono in rilievo fenomeni geologici negativi in atto, ma solo possibili problemi connessi ai rapporti esistenti tra

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

substrato roccioso e coltri o depositi alluvionali o coperture incoerenti o semicoerenti, di spiaggia, nonché difficoltà di ordine geotecnico, pur trovandosi in aree pianeggianti o in debole pendio.

E' presente il vincolo di area inondabile di fascia C (vedi sempre ALL.2.5)

Per quanto riguarda l'Assetto Urbanistico, la zona ricade nell'ambito "complesso per la valorizzazione del litorale" ed in riferimento alla carta delle "Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" è sita in area B7s (Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, di sedimenti alluvionali e marini con spessore > 3m ed acclività < 15° (vedi ALL.2.6).

### **3.3 - Zonazione sismica**

In base alla Delibera della Giunta Regionale n° 1362 del 19/11/2010 (D.M. 14/01/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni . Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria) l'unità urbanistica del sito di Genova rientra nella zona sismica "4".

### **3.4 - Rocce e terre da scavo**

La zona è caratterizzata dalla presenza di "Sedimenti alluvionali" sovrastanti i "Calcescisti del Turchino" (vedi anche ALL. 2.1), litotipi non appartenenti alla famiglia delle "Pietre Verdi".

## **4) INQUADRAMENTO GENERALE**

L'area in questione è sita nella porzione terminale della valle del T. Leira, nella parte inferiore del versante, qui avente una morfologia a dosso, che da Bric Michele degrada verso il quadrante sud – occidentale fino alla sponda sinistra del torrente.

Più precisamente, l'area occupata dalla piscina comunale e dalle sue infrastrutture accessorie è sita oltre 40m a ponente della foce del T. Leira, ad una quota poco superiore ai +3m s.l.m.m..

Si tratta di un contesto subpianeggiante ormai completamente urbanizzato, ma confinante col litorale sabbioso.

Dal punto di vista geologico, siamo in presenza di sedimenti alluvionali e marini costituiti da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con frequenti



COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

blocchi. Dall'interpretazione delle prove sismiche effettuate nel sito d'indagine (vedi anche § 6 ed ALL.3), lo spessore delle alluvioni risulta mediamente intorno ai 15 ÷ 20m.

Al di sotto è presente il substrato roccioso rappresentato dai litotipi dei "Calcescisti del Turchino", scisti quarzoso – micacei e calcitici che costituiscono i rilievi retrostanti (vedi anche ALL.1.1 e 2.1).

I carotaggi geognostici effettuati nel 1990 a contorno di tutta l'area della piscina ne hanno rilevato la presenza a circa -10 m ÷ - 11.5m dal p.c. nella zona settentrionale mentre in quella più prossima alla costa sono a profondità maggiori dei - 20m (vedi anche stratigrafie - ALL.4).

I terreni alluvionali sono caratterizzati da valori di alta permeabilità per porosità, anche se la zona è sita in un contesto urbano sostanzialmente impermeabile superficialmente (anche i giardini ed i parcheggi presenti a contorno della piscina sono asfaltati).

La presenza di depositi alluvionali e della vicina linea di costa comportano la presenza di una falda freatica ad una quota media circa coincidente con quella del livello medio marino e quindi introno ai -3m dal p.c.; è tuttavia importante evidenziare quanto le fluttuazioni del livello piezometrico della falda superficiale possano essere variabili a seconda delle condizioni meteorologiche considerando anche la presenza di terreni sabbioso ghiaiosi caratterizzati da un'alta permeabilità (conducibilità idraulica dell'ordine dei  $10^{-2}$  m/sec).

Le acque superficiali in eccesso vengono intercettate e smaltite nella rete di raccolta urbana.

## **5) INTERVENTO PREVISTO**

Il progetto di rifunionalizzazione del complesso della piscina comunale di Voltri prevede in sintesi (vedi anche TAVV. 2 e 3 e come meglio specificato negli elaborati progettuali) la realizzazione di alcuni adeguamenti e rifacimenti dei locali esistenti, di un ampliamento della piscina (ma la cui profondità verrà ridotta ad un'unica quota), la creazione di locali tecnici, magazzini e spogliatoi,

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	rif.:
RELAZIONE TECNICA		

unitamente all'approntamento di una nuova copertura vetrata con chiusura telescopica.

## **6) PROVE IN POSTO**

In corrispondenza dei posizionamenti indicati in planimetria (TAV.2) sono state eseguite due stese sismiche elaborate con metodologia a rifrazione e MASW, acquisendo i dati mediante un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit, e tre prove sismiche verticali passive a stazione singola ("Tromino"), anche al fine di caratterizzare il sito dal punto di vista sismico e per la determinazione della velocità  $V_{S30}$ . Le risultanze delle più significative prove sono riportate in dettaglio in ALL.3.

Al fine della caratterizzazione stratigrafica e geotecnica media dei terreni presenti sono state acquisite informazioni dal Servizio Geologico del Comune di Genova, utilizzando le risultanze (vedi in dettaglio ALL.4) di una campagna geognostica del 1990 che ha comportato l'esecuzione di otto carotaggi continui, unitamente a prove in foro, in tutto l'intorno della piscina.

### **6.1 – Prove sismiche in sito**

#### **Prospezione sismica a rifrazione**

E' stato interpretato il profilo sismostratigrafico della prova P.S.1 considerando due strati:

1° strato: velocità media apparente  $V_p \approx 200$  m /sec; corrispondente a materiali da poco a moderatamente addensati presumibilmente costituiti da riporti frammisti ad alluvioni sabbioso - ghiaiose; lo spessore di questo livello risulta intorno ai 5m;

2° strato: velocità apparente  $V_p \approx 1150$  m /sec.: corrispondente a sedimenti alluvionali e marini ghiaioso – sabbiosi da moderatamente a molto addensati.

#### **Analisi sismica MASW e prospezione sismica verticale (Tromino)**

E' stata eseguita sia un'elaborazione attraverso lo specifico programma d'interpretazione "MASW" di Vitantonio Roma sia un'elaborazione congiunta con il software "Grilla" della "Micromed" utilizzando sia dati ottenuti dalla prova Masw

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

(della stesa P.S.1) sia acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tromografo digitale (Tromino).

Entrambe le elaborazioni hanno mostrato una stima della Vs30 caratteristica di sito  $Vs30 \approx 465 \div 482$  m/sec, riconducibile alla categoria di sottosuolo B.

## **6.2 – Carotaggi geognostici**

Sono stati eseguiti tra il Marzo e l'Aprile del 1990 dalla ditta Elci S.p.a. n°8 sondaggi a carotaggio continuo a profondità tra i 13m ed i 20 m dal p.c.; si può sinteticamente definire la seguente stratigrafia:

- Riporti eterogenei per uno spessore tra 1 ÷ 3 m
- Alluvioni marine formate livelli da francamente ghiaiosi in matrice sabbiosa debolmente argillosa a livelli più sabbiosi con raro ghiaietto. I sondaggi posti verso la linea di costa hanno inoltre intercettato, tra 8 ÷ 9 m, presumibilmente un'antica scogliera
- Il substrato roccioso in posto (in facies di molto alterata e fratturata – cappellaccio) è stato rinvenuto solo nei sondaggi più a settentrione (S1 ed S2) a partire dalle quote di – 10m e –11.5m.

La falda è stata intercettata intorno ai –3m dal p.c.

## **Prove S.P.T**

Si riportano nella tabella di seguito i dati ottenuti dalle n.10 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) effettuate durante l'esecuzione dei sondaggi:

ond.	profondità prova	N (ogni 15cm)	N <sub>SPT</sub>
S.1	da –5.50 a –5.95	18 – 29 - 36	65
S.2	da –5.30 a –5.75	18 – 28 - 39	67
S.2	da –11.0 a –11.45	16 – 25 - 32	57
S.4	da –16.0 a –16.45	29 – 36 - 38	74
S.5	da –7.00 a –7.45	20 – 34 - 38	72
S.6	da –9.50 a –9.95	18 – 30 - 36	66
S.7	da –5.70 a –6.15	22 – 32 - 38	69
S.7	da –11.0 a –11.45	20 – 33 - 39	72
S.8	da –5.40 a –5.85	20 – 32 - 38	70
S.8	da –12.0 a –12.45	22 – 32 - 40	72

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	rif.:
RELAZIONE TECNICA		

## 7) CONSIDERAZIONI TECNICHE

### 7.1 – Modellazione geologica del sito

Le indagini hanno permesso di elaborare il seguente modello:

- presenza di un primo livello dello spessore  $\approx 3 \div 5$  m di sedimenti alluvionali e/o marini generalmente sabbioso – ghiaiosi e con qualche blocco roccioso; superficialmente si trovano frammisti materiali di riporto e/o resti di precedenti strutture fondazionali.
- al di sotto del primo livello ne è presente un altro alluvionale decisamente più addensato costituito da materiali ancor più grossolani (ghiaia, sabbia e ciottoli).
- a partire da una profondità mediamente intorno ai  $-15 \div -20$  m dal p.c. è presente il substrato roccioso costituito da calcescisti.

### 7.2 - Modellazione idrogeologica

Pur in un contesto urbano quasi totalmente impermeabilizzato, si trovano terreni prevalentemente alluvionali granulari caratterizzati da un'alta permeabilità.

La presenza di depositi alluvionali e della vicina linea di costa comportano l'esistenza di una falda freatica ad una quota media circa coincidente con quella del livello medio marino, intorno ai  $-3$  m dal p.c., suscettibile comunque di oscillazioni stagionali e variazioni a seconda delle condizioni meteorologiche.

### 7.3 - Modellazione sismica

L'accelerazione massima prevedibile per il sito in esame (Lat. 44.42869 - Long. 8.751791) può essere valutata (D.M. 14/01/2008 e circolare 617/2009 C.S.LL.PP), con riferimento alla situazione stratigrafica e topografica attraverso la relazione:  $A_{max} = S_S \times S_T \times a_g$

L'interpretazione dei dati delle misurazioni sismiche ha individuato una stima della  $V_{s30}$  caratteristica di sito riconducibile alla categoria di sottosuolo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s.*

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

Per quanto riguarda il coeff. topografico  $S_T$ , ricadendo la zona d'intervento nella categoria T1 *"pendii e rilievi con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "*, risulta  $S_T = 1$

Per quello che riguarda infine l'accelerazione orizzontale massima al bedrock  $a_g$ , risulta atteso un valore massimo di 0.059g (vedi ALL.5.1 e 5.2), calcolato con una probabilità di superamento del 10% in 475 anni (corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita - SLV).

#### **7.4 - Suscettività alla liquefazione**

Per liquefazione si intende un processo di incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo (sabbia, ghiaia, limo non plastico), la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

Ai sensi dell'articolo 7.11.3.4.2 del D.M. 14.01.08, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- 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  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

(Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica sostanzialmente esterna alle zone di sabbia

Nel nostro caso si può omettere la verifica in quanto si è in presenza di terreni granulari prevalentemente ghiaiosi con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$ .

### **7.5 – Modellazione geotecnica media**

Sulla base di quanto emerso dalle indagini eseguite è possibile ipotizzare l'andamento stratigrafico del terreno indicato nelle sezioni stratigrafiche interpretative (TAV.3) e caratterizzare geotecnicamente i livelli (valori medi) dei terreni interessabili dagli interventi, in parte attraverso i dati acquisiti dalle prove, in parte sulla base di dati esperienziali e bibliografici.

#### **Caratterizzazione dei riporti frammisti a sedimenti alluvionali e marini superficiali**

Interessano mediamente i primi 3 ÷ 5m di terreno e sono costituiti da riporti eterogenei frammisti a depositi sabbioso ghiaiosi da poco a moderatamente addensati gli possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici medi di riferimento:

angolo d'attrito $\phi$	27° ÷ 32°
peso di volume $\gamma$	18 ÷ 20 kN/m <sup>3</sup>
Coesione effettiva $c'$	0 kPa
Densità relativa	60 ÷ 80%
Modulo di Young	100 ÷ 200 Kg/cmq
Modulo Edometrico	100 ÷ 200 Kg/cmq

#### **Caratterizzazione dei sedimenti alluvionali e marini più profondi**

Costituiti da alluvioni ghiaiose e ghiaioso – sabbiose da addensate a molto addensate gli possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici medi di riferimento:

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

angolo d'attrito $\varphi$	40° ÷ 45°
peso di volume $\gamma$	20 ÷ 22 kN/m <sup>3</sup>
Coesione effettiva $c'$	0 kPa
Densità relativa	80 ÷ 100%
Modulo di Young	500 ÷ 600 Kg/cmq
Modulo Edometrico	400 ÷ 500 Kg/cmq

## 8) CONCLUSIONI

La presente perizia ha permesso sia di definire l'andamento stratigrafico dell'area interessata dall'intervento sia di caratterizzare mediamente dal punto di vista geotecnico i terreni presenti.

Le opere previste dal progetto saranno eseguite in un contesto ampiamente antropizzato; tali opere non modificanti l'attuale morfologia dell'area, non creeranno disequilibri all'assetto idrogeologico e non interferiranno con il reticolo di deflusso relativo ai corsi d'acqua naturali.

L'indagine di sito eseguita ha comunque sempre carattere puntuale: in corso d'opera si dovrà obbligatoriamente verificare la rispondenza tra la caratterizzazione geologica-geotecnica media descritta nella presente relazione e le effettive caratteristiche geologiche del sottosuolo rilevate durante gli scavi. Qualora si rilevassero significative differenze tra quanto riportato nella presente relazione e le condizioni reali verificate in sito, si dovrà adeguare il progetto.

I nuovi interventi comporteranno movimentazioni terra piuttosto superficiali, limitate agli scavi per l'approntamento delle fondazioni dell'ampliamento della piscina e dei nuovi fabbricati sempre nella contigue aree.

Per quanto riguarda eventuali fronti temporanei di scavo, vista l'eterogeneità dei materiali presenti, non è possibile generalizzare circa le loro condizioni di stabilità. E' fondamentale tenere conto che nei materiali naturali presenti nel sottosuolo dell'area oggetto di studio sono possibili situazioni di stabilità precaria, passante ad instabilità nel caso di presenza di acqua nel terreno (eventi meteorologici, ...). Quindi in via cautelativa si consiglia per le pareti di tutti gli scavi di profondità eventualmente superiori a 2,0 m di essere adeguatamente

COMUNE DI GENOVA		
Prog.	RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI VOLTRI	Data: Apr. 2015
Rich.	Spett. CONSORZIO UTRI MARE	rif.:
Titolo:	PERIZIA GEOLOGICA (D.M.14/01/08)	
RELAZIONE TECNICA		

protette mediante armature in parete, strutture di sostegno provvisionali oppure idonee sbadacchiature di pendenza adeguata.

La presenza di una falda a profondità di circa – 3m dal p.c. ma suscettibile di variazioni stagionali, rende opportuno adottare un approccio cautelativo, che eventualmente valuti la spinta idrostatica esercitata dall'acqua sotterranea.

Riguardo l'allontanamento dal sito o riutilizzo in sito dei terreni scavati, si precisa che tale attività dovrà essere effettuata in accordo con quanto previsto dalla normativa in materia.

Per quanto sopra esposto, si dichiara che dal punto di vista geologico, anche sulla base delle caratteristiche del terreno riscontrate nel corso delle indagini, l'area studiata è da ritenersi idonea alla realizzazione degli interventi previsti e pertanto si esprime un parere di fattibilità geologica.

E' da considerarsi pure compatibile con la Normativa di Piano di Bacino degli Ambiti 12 e 13, non sussistendo problematiche legate alla stabilità dei terreni in un contesto a suscettività al dissesto molto bassa, ma tenendo sempre presente il vincolo idraulico della Fascia C normato dall'art. 15 comma 4 della normativa di attuazione: "Nella fascia C è consentito ogni tipo di intervento purché realizzato con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e, quindi, del rischio per la pubblica incolumità, e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dai presenti Piani e dai piani di protezione civile comunali".

Savona, li 28/04/2015

il geologo



TAVOLE:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1 - COROGRAFIA                            | scala 1:5.000 |
| 2 - PLANIMETRIA                           | scala 1:200   |
| 3 - SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE | scala 1:200   |

ALLEGATI:

- 1.1 ÷ 1.6 - STRALCI CARTOGRAFIA PIANO DI BACINO
- 2.1 ÷ 2.6 - STRALCI CARTOGRAFIA PUC COMUNE DI GENOVA
- 3 - PROVE SISMICHE IN POSTO: Risultanze
- 4 - PROVE IN POSTO: CAROTAGGI - Risultanze
- 5.1 ÷ 5.2 - PARAMETRI SISMICI DI SITO





Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONA-  
LIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA  
COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI

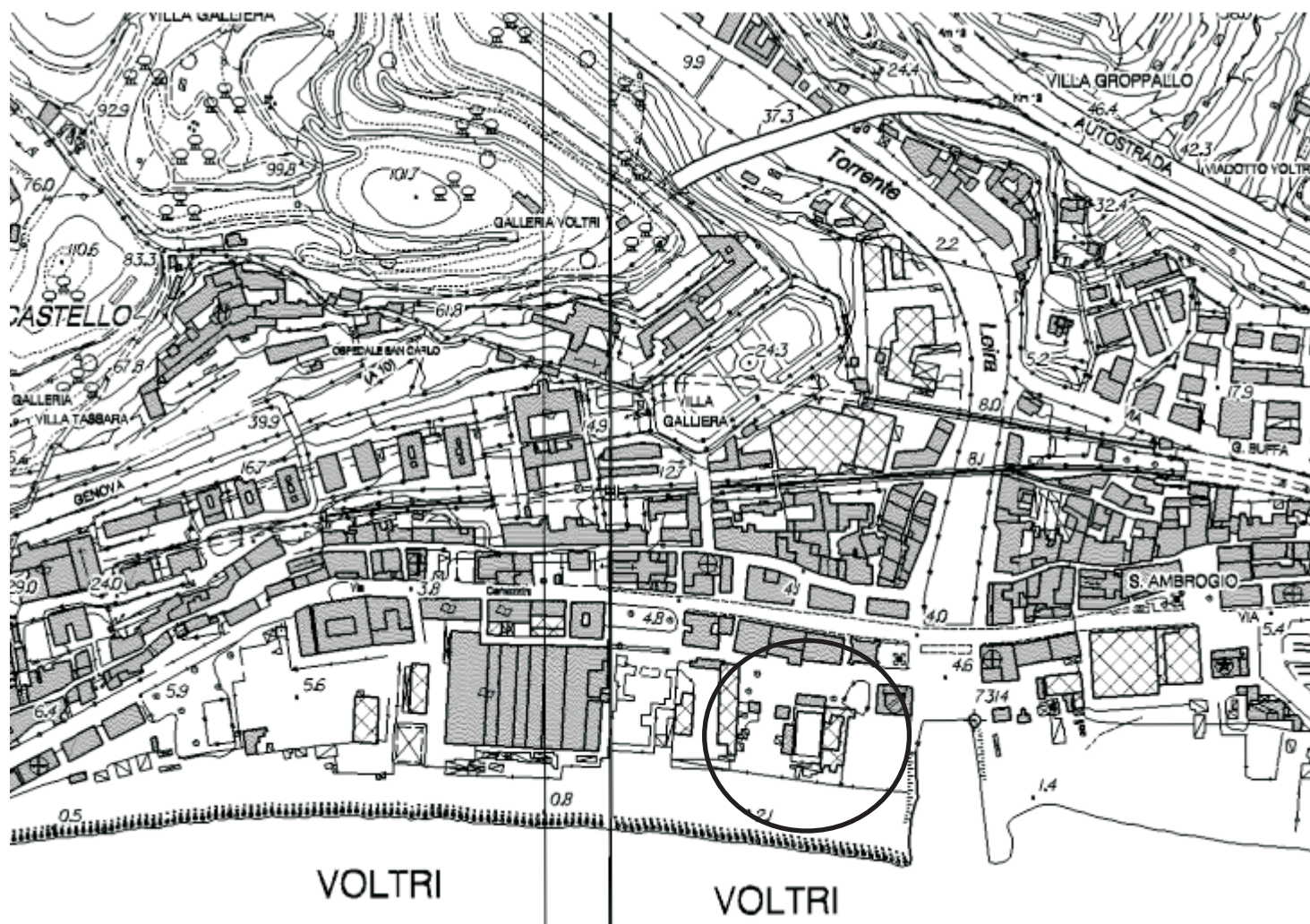
Data:

Apr. 2015

PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)

Rif.:

RELAZIONE TECNICA

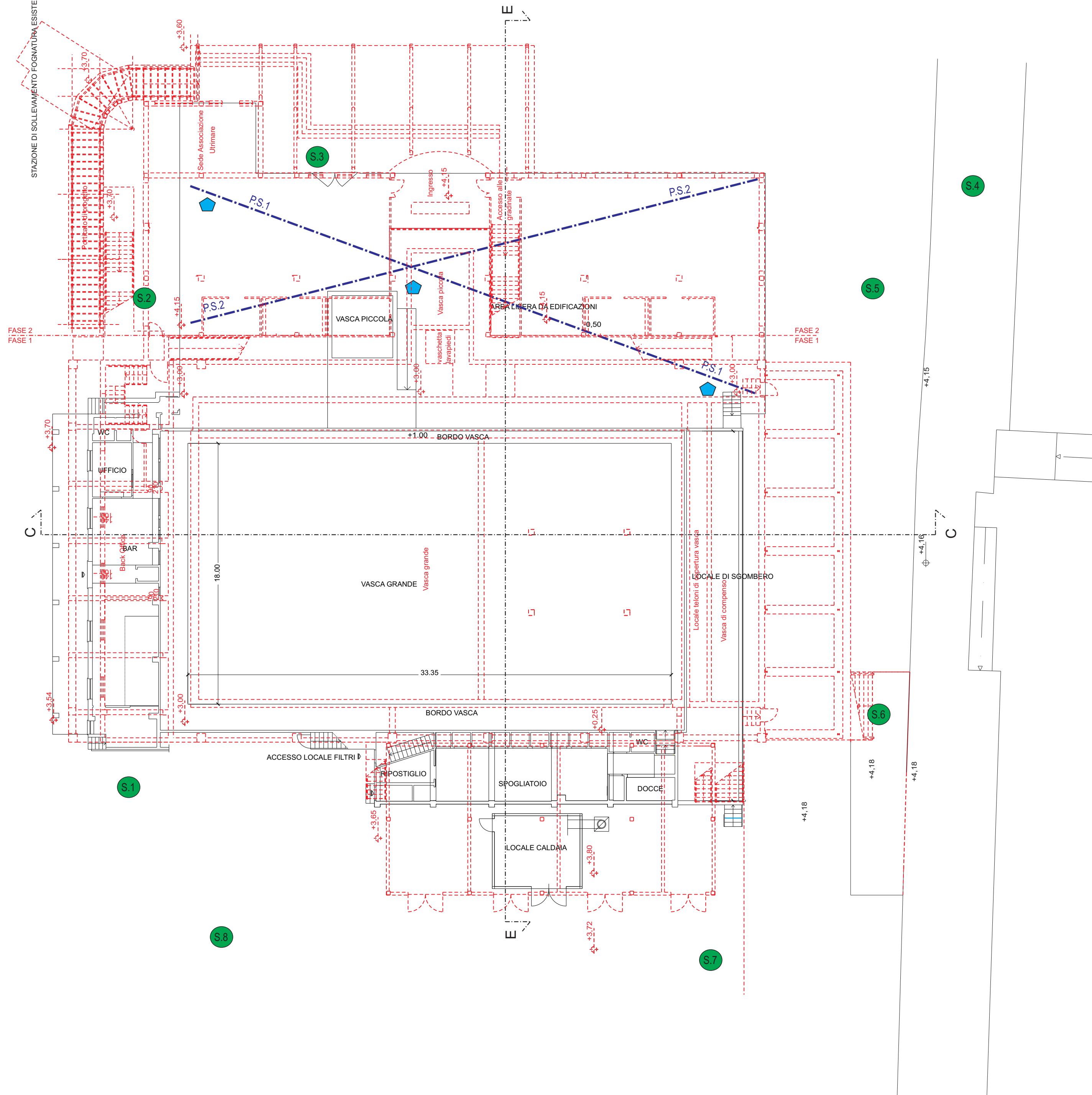


COROGRAFIA

scala 1:5000

TAV.

1



P.S.n  Stesa sismica

 Sondaggio sismico verticale  
(tromino)

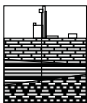
**S.n** Carotaggio geognostico

PLANIMETRIA

scala 1:200

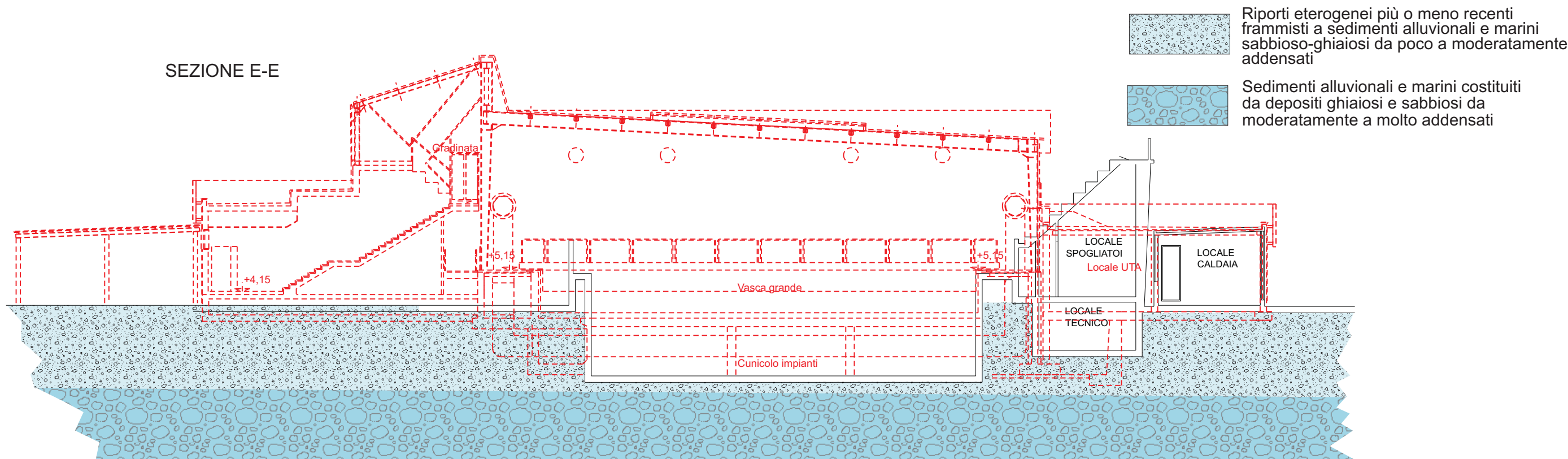
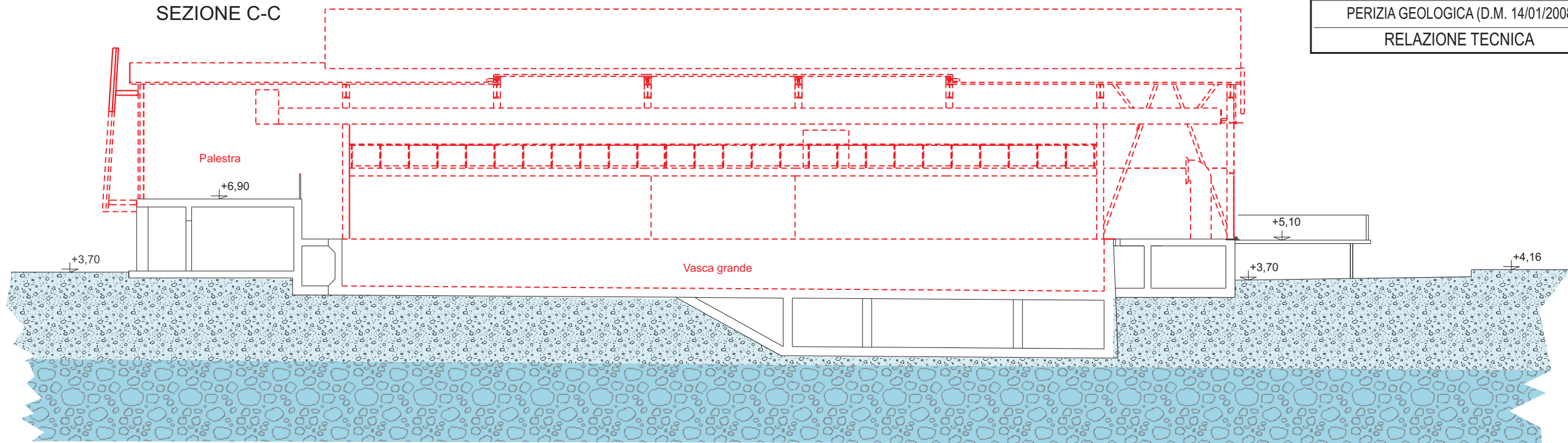
TAV.

2



Dott. Francesco Valle  
Geologo  
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

COMUNE DI GENOVA	
PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONA - LIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI	Data: Apr. 2015
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)	Rif.:
RELAZIONE TECNICA	



SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE	TAV. 3
scala 1:200	

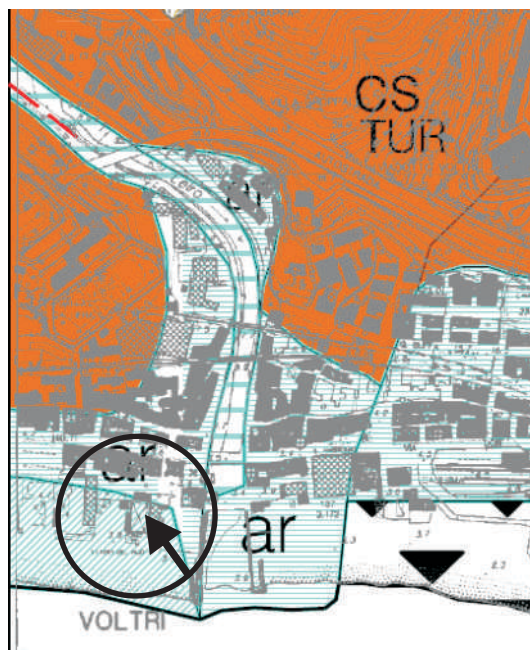




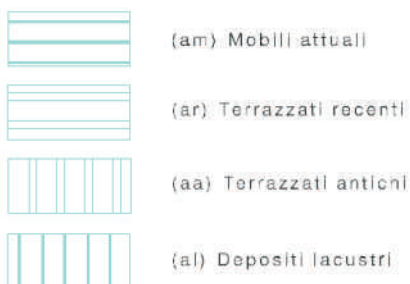
Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

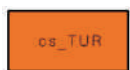
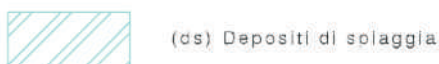
## Stralcio Carta Geolitologica



### DEPOSITI ALLUVIONALI

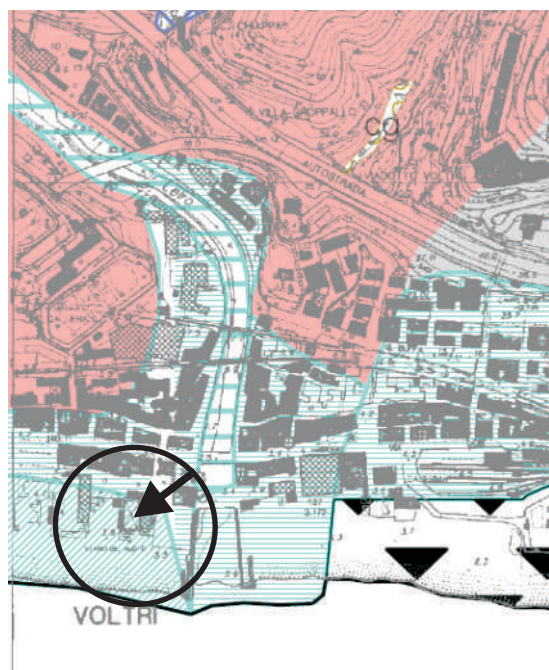


### DEPOSITI DI SPIAGGIA



CALCESCISTI  
(Formazione del Calcescisti del Turchino)

## Stralcio Carta Geomorfologica



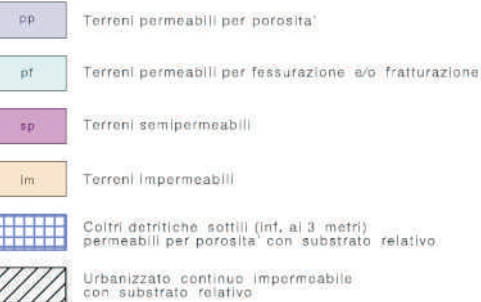
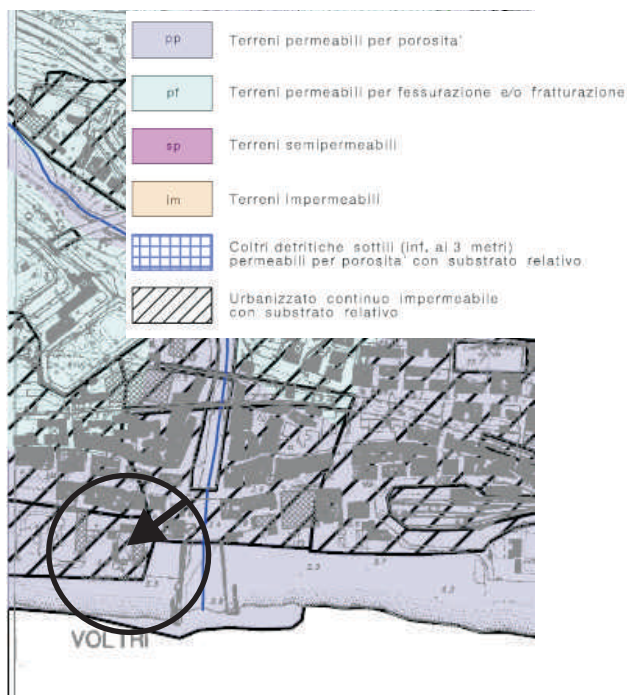
### DEPOSITI ALLUVIONALI



### DEPOSITI DI SPIAGGIA

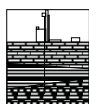


## Stralcio Carta Idrogeologica



**STRALCIO CARTE GEOLITOLOGICA, GEOMORFOLOGICA e IDROGEOLOGICA**  
(P.d.B. Ambito 12 e 13)

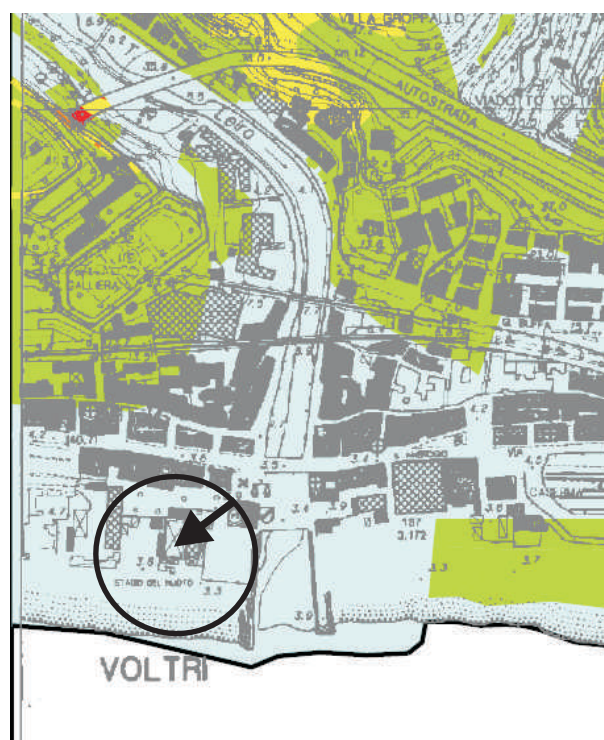
All.  
**1.1**



Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

## Stralcio Carta del Rischio Idrogeologico



### LEGENDA

#### CLASSI DI RISCHIO IDROGEOLOGICO

	RISCHIO MOLTO ELEVATO	R4
	RISCHIO ELEVATO	R3
	RISCHIO MEDIO	R2
	RISCHIO MODERATO	R1
	RISCHIO LIEVE O TRASCURABILE	R0

#### CLASSI SPECIALI




	CAVE ATTIVE, MINIERE ATTIVE E DISCARICHE IN ESERCIZIO
	EX CAVE, EX MINIERE E DISCARICHE DISMESSE

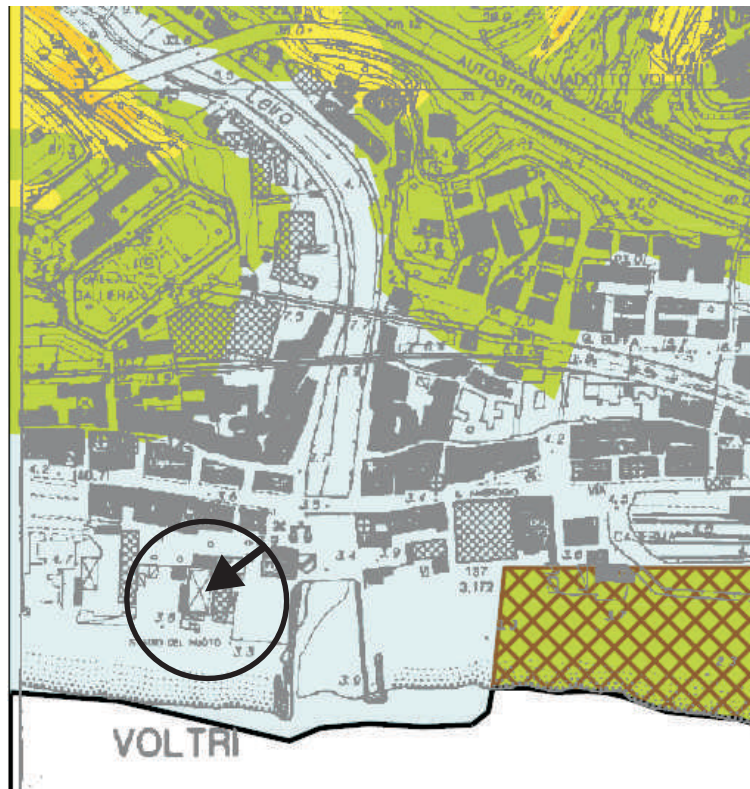
## Stralcio Carta della suscettività al dissesto

#### CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO

	FRANA ATTIVA	Pg4
	FRANA QUIESCENTE	Pg3
	SUSCETTIVITA' ALTA	Pg3a
	SUSCETTIVITA' MEDIA	Pg2
	SUSCETTIVITA' BASSA	Pg1
	SUSCETTIVITA' MOLTO BASSA	Pg0

#### CLASSI SPECIALI

	CAVE ATTIVE, MINIERE ATTIVE E DISCARICHE IN ESERCIZIO	
	EX CAVE, EX MINIERE E DISCARICHE DISMESSE	Pg3
	AREE NORMATE DAI PIANI DI BACINO STRALCIO AI SENSI DELLA LEGGE N. 183/89	



**STRALCIO CARTE RISCHIO IDROGEOLOGICO E  
SUSCETTIVITA' AL DISSESTO  
(P.d.B. Ambito 12 e 13)**

All.

**1.2**

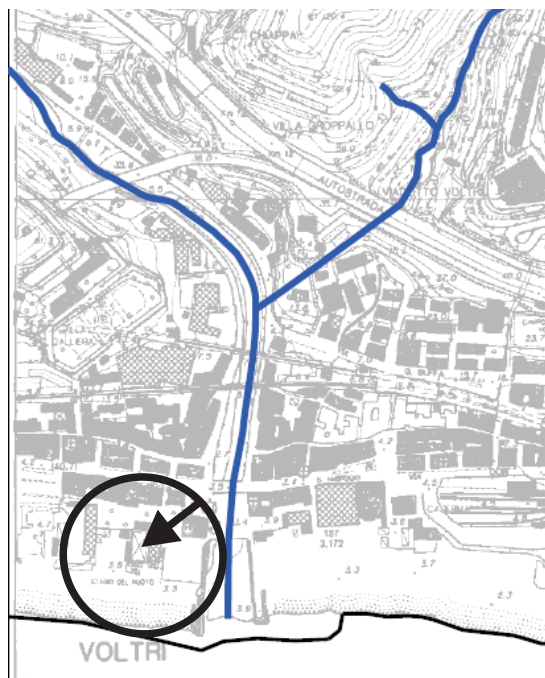




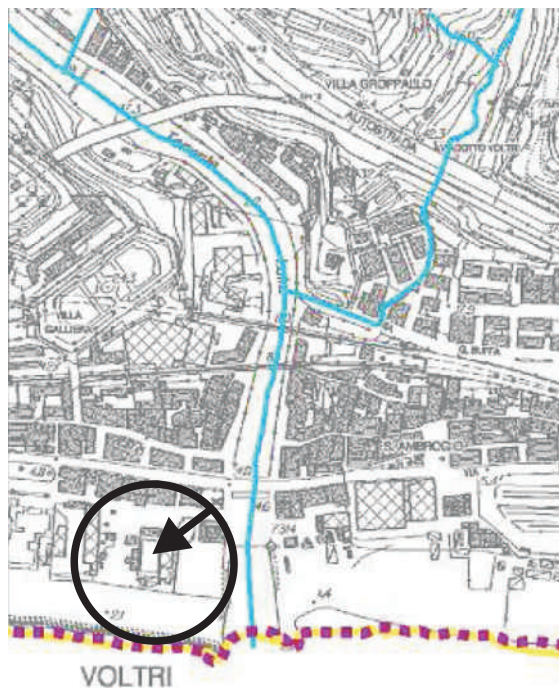
Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

## RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE

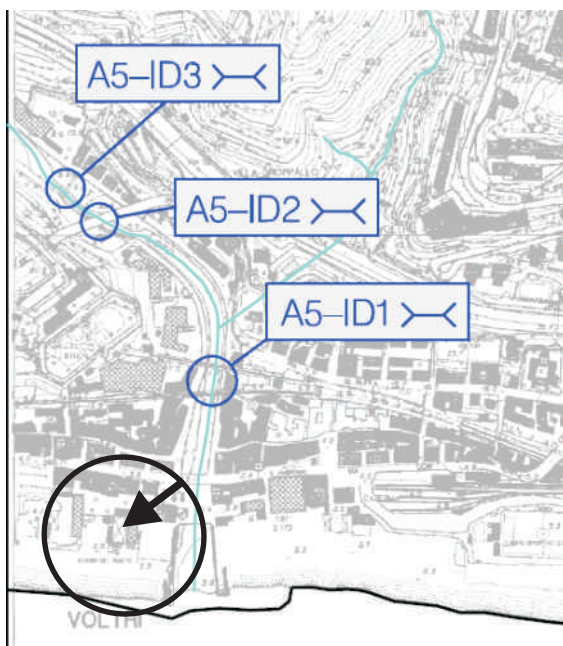


## RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE



- Limite del Piano di Bacino
- Reticolo idrografico

## INTERVENTI



RIFACIMENTO PONTI E TOMBINATURE

**STRALCIO CARTE RETICOLO SIGNIFICATIVO  
E INTERVENTI  
(P.d.B. Ambito 12 e 13)**

All.

**1.3**

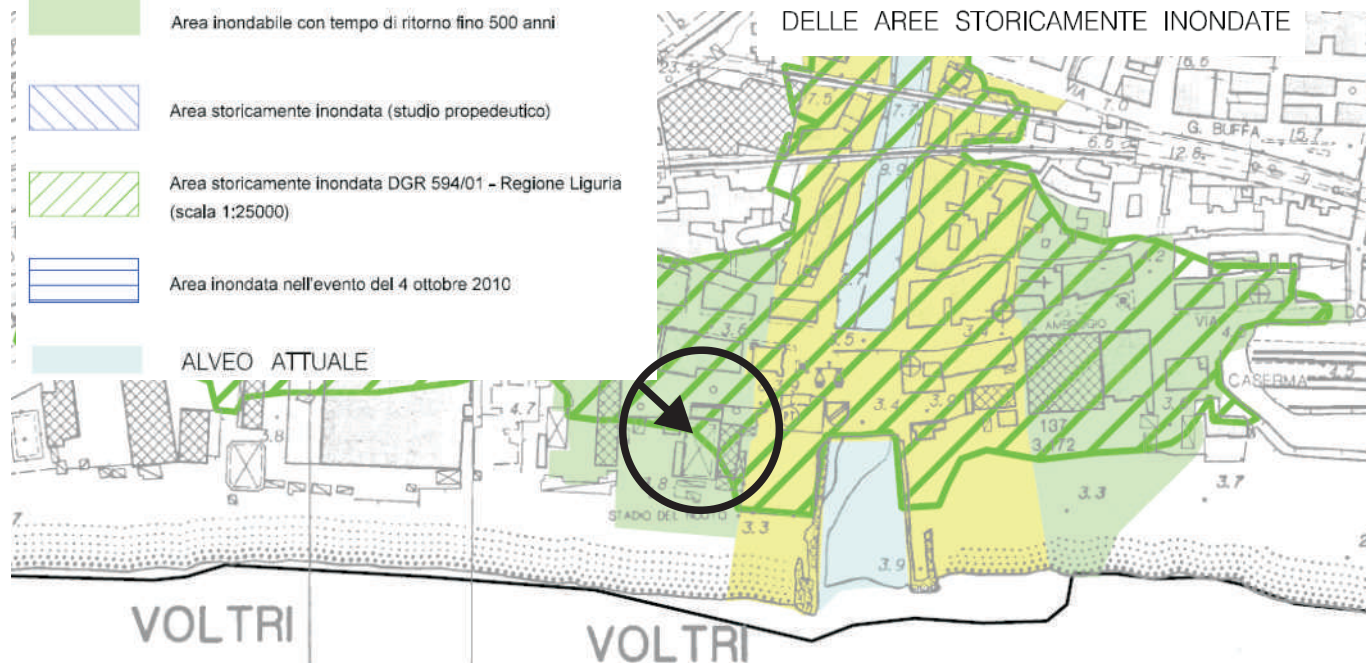


Dott. Francesco Valle  
Geologo

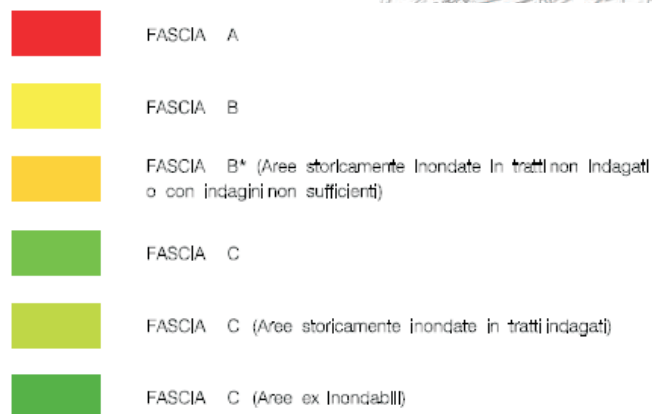
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona



CARTA DELLE AREE INONDABILI E  
DELLE AREE STORICAMENTE INONDATE



CARTA DELLE FASCE FLUVIALI



**STRALCIO CARTE AREE INONDABILI - STORICAMENTE  
ESONDATE E FASCE DI INONDABILITA'  
(P.d.B. Ambito 12 e 13)**

All.

**1.4**





Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

## CLASSI DI RISCHIO IDRAULICO



RISCHIO MOLTO ELEVATO

R4



RISCHIO ELEVATO

R3



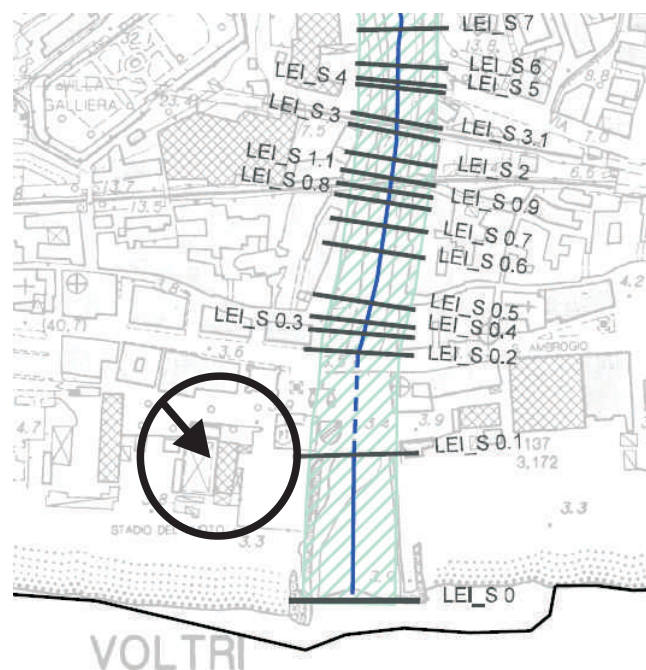
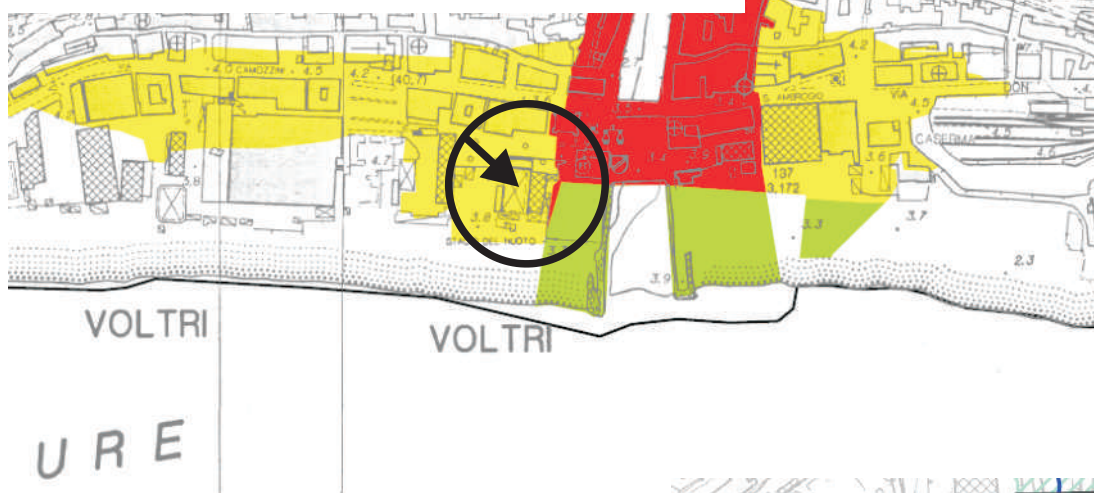
RISCHIO MEDIO

R2



RISCHIO MODERATO

R1

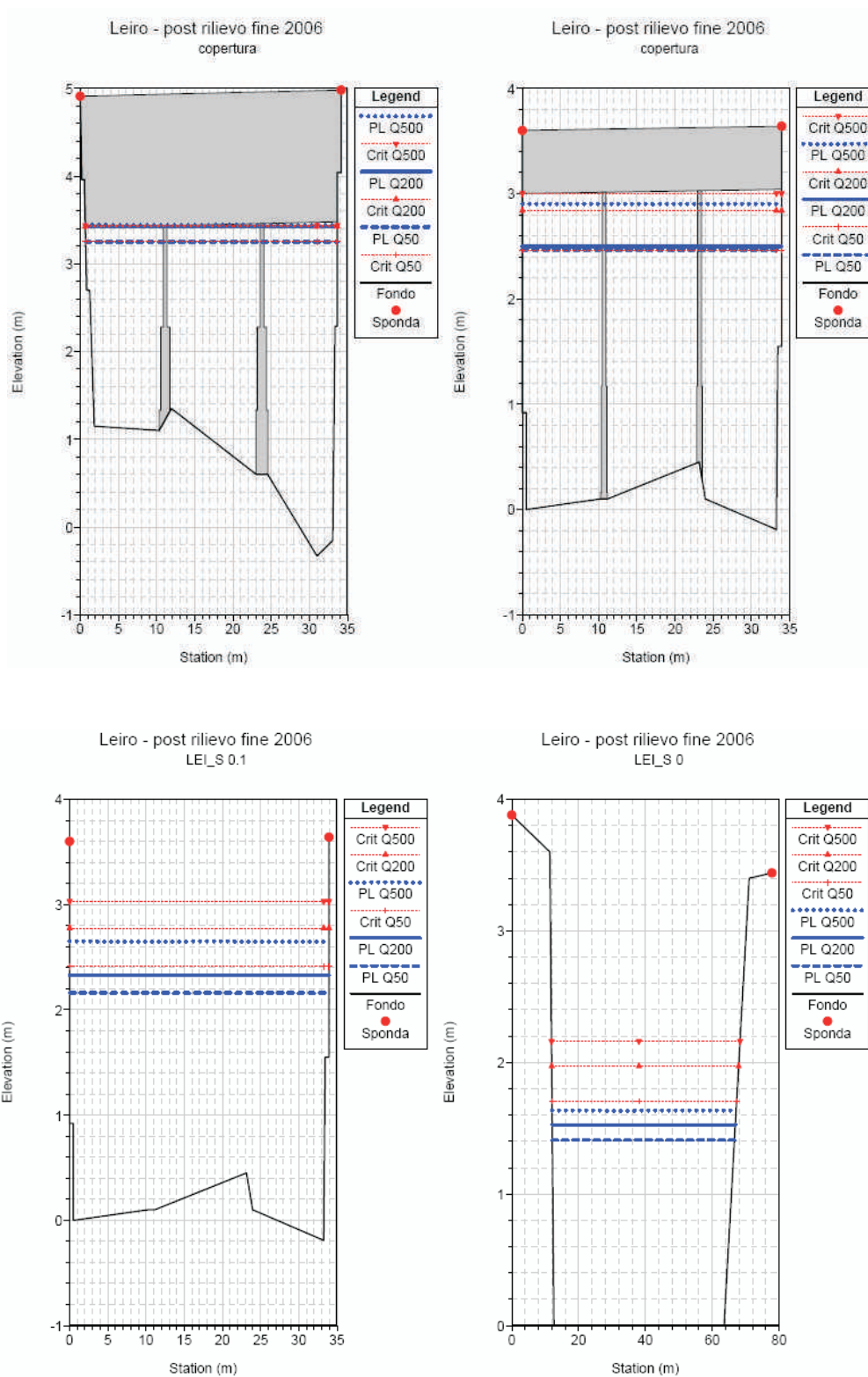


**STRALCIO CARTE RISCHIO IDRAULICO E  
TRACCE SEZIONI DI CALCOLO IDRAULICO  
(P.d.B. Ambito 12 e 13)**

All.

**1.5**



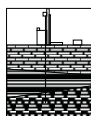


**SEZIONI IDRAULICHE IN PROSSIMITA' DEL SITO**

**(P.d.B. Ambito 12 e 13)**

All.

**1.6**



Dott. Francesco Valle

Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE  
(FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI  
DI GENOVA - VOLTRI

Data: Apr. 2015

Rif.:

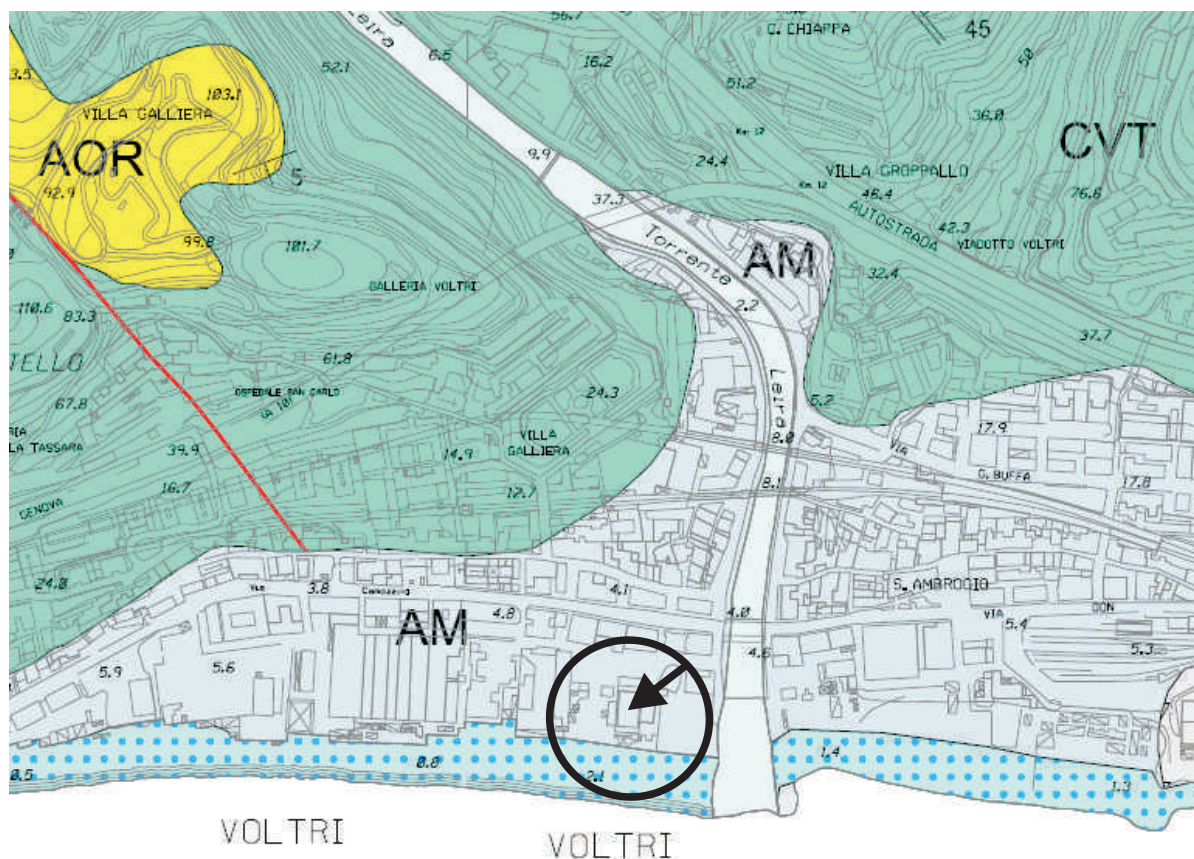
ALL.

2.1

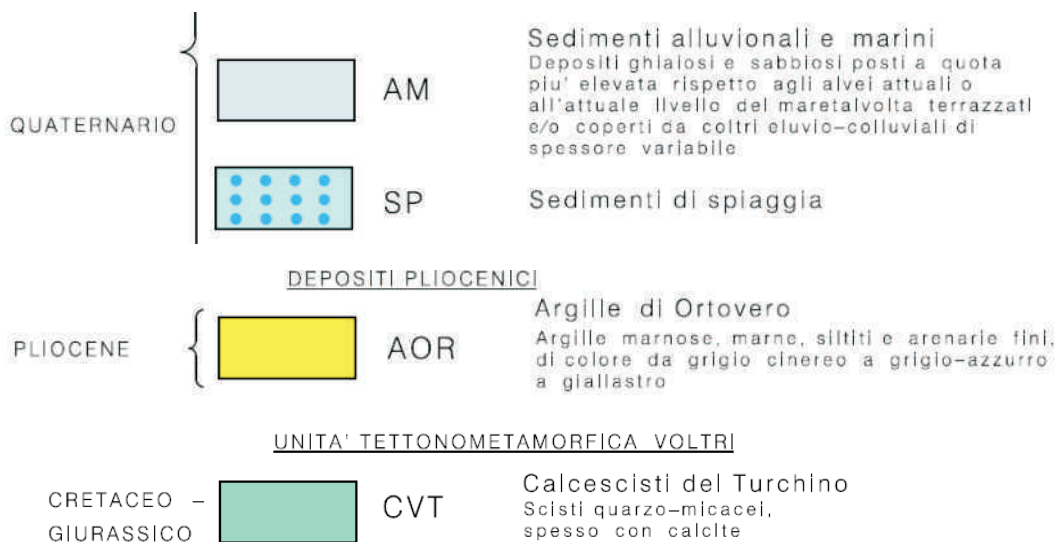
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)

## STRALCI CARTOGRAFIA NORME GEOLOGICHE DEL PUC DEL COMUNE DI GENOVA

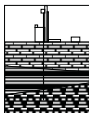
### CARTA GEOLOGICA



LIGURE







Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE  
(FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI  
DI GENOVA - VOLTRI

Data: Apr. 2015

Rif.:

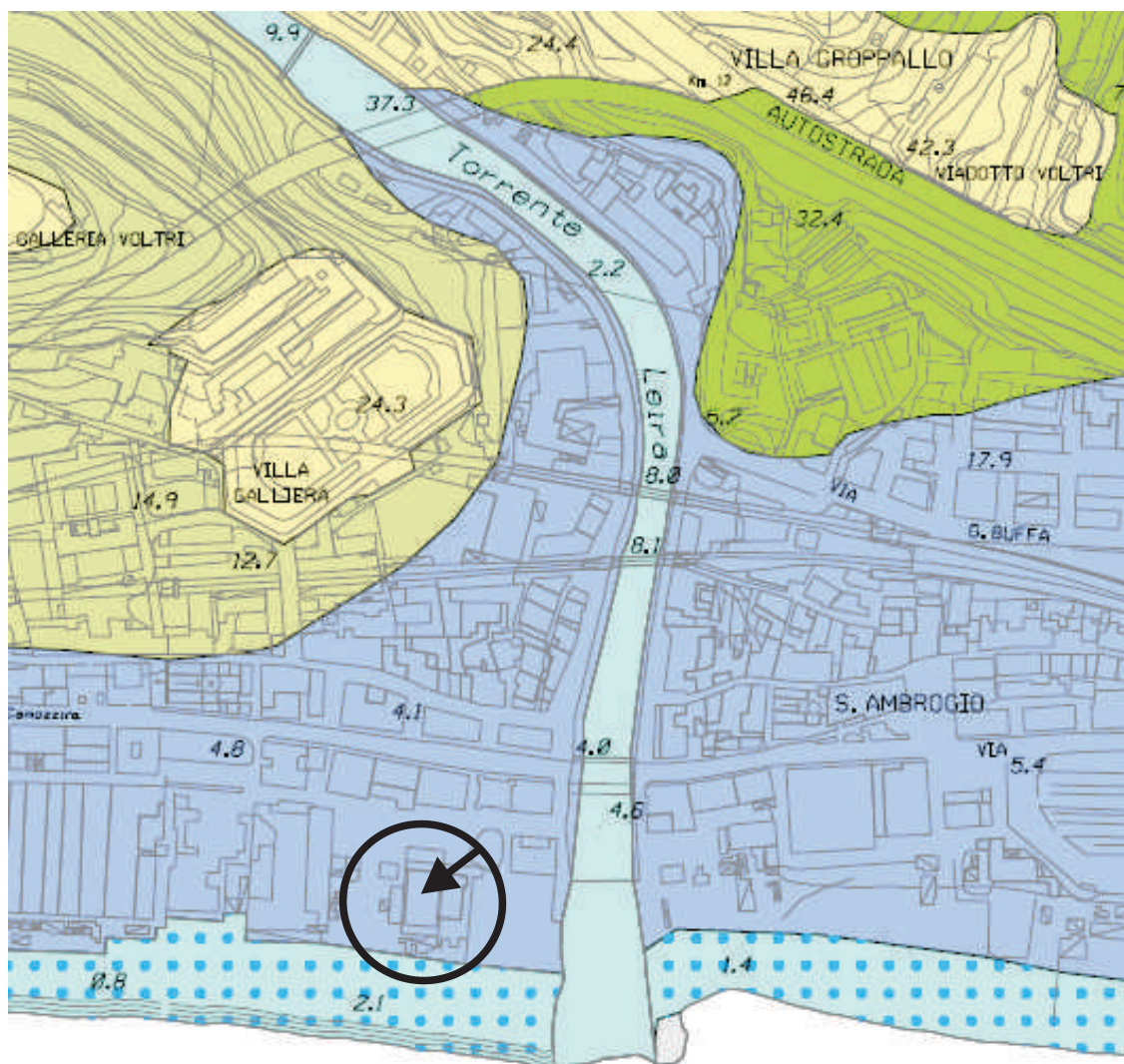
ALL.

2.2

PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)

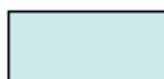
## STRALCI CARTOGRAFIA NORME GEOLOGICHE DEL PUC DEL COMUNE DI GENOVA

### CARTA GEOMORFOLOGICA



VOLTRI

#### 1) ALLUVIONI E SPIAGGE



Alvei attuali (a cielo libero e/o tombinati)



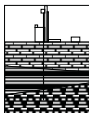
Alluvioni e/o depositi di spiaggia antichi



Alluvioni lacustri antiche



Spiagge attuali



Dott. Francesco Valle

Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156

COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE  
(FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI  
DI GENOVA - VOLTRI

Data: Apr. 2015

Rif.:

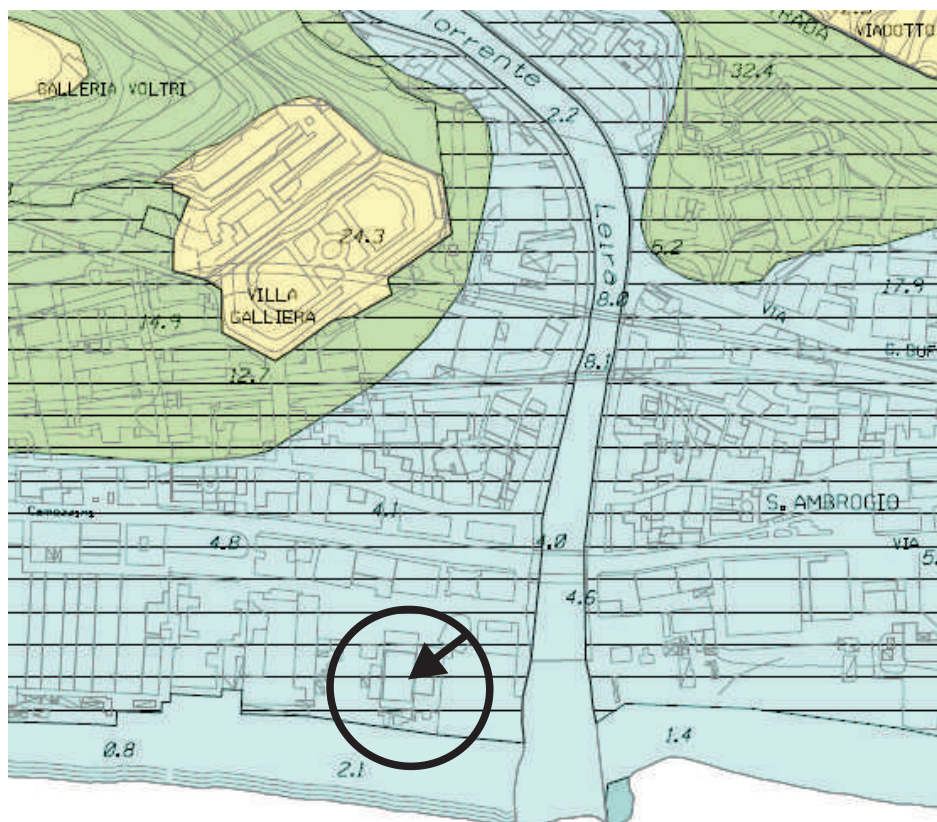
ALL.

2.3


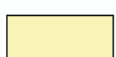





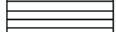
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)

## STRALCI CARTOGRAFIA NORME GEOLOGICHE DEL PUC DEL COMUNE DI GENOVA

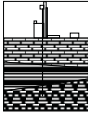
### CARTA IDROGEOLOGICA



VOLTRI

-  Zone permeabili per porosità  
(Alluvioni e spiagge)
-  Zone permeabili per porosità su substrati permeabili o semipermeabili  
(Coltri sciolte, depositi periglaciali, ammassi detritici)
-  Zone permeabili per porosità su substrati impermeabili  
(Coltri sciolte, depositi periglaciali, ammassi detritici)
-  Zone permeabili per fessurazione e/o carsismo  
(Ammassi rocciosi)
-  Zone a bassa permeabilità per fessurazione  
(Ammassi rocciosi)
-  Zone impermeabili  
(Ammassi rocciosi)
-  Zone a permeabilità variabile  
(Colmate, riporti e discariche)
-  Zone urbanizzate sostanzialmente impermeabili

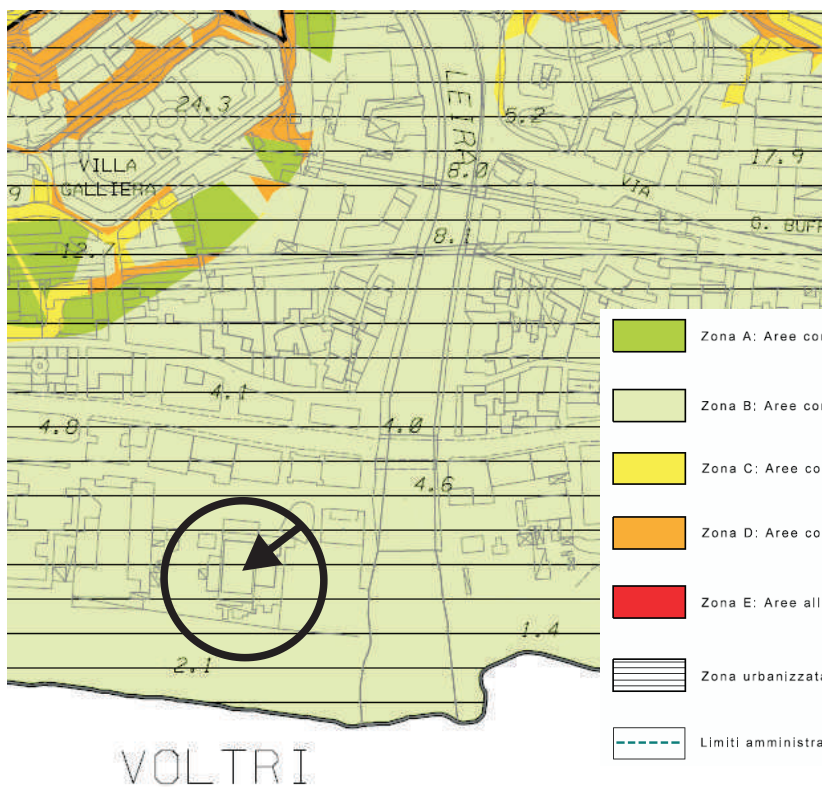


 <p><b>Dott. Francesco Valle</b> Geologo</p> <p>Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156</p>	COMUNE DI GENOVA		Data: Apr. 2015
	PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI		Rif.:
			ALL.








2.4

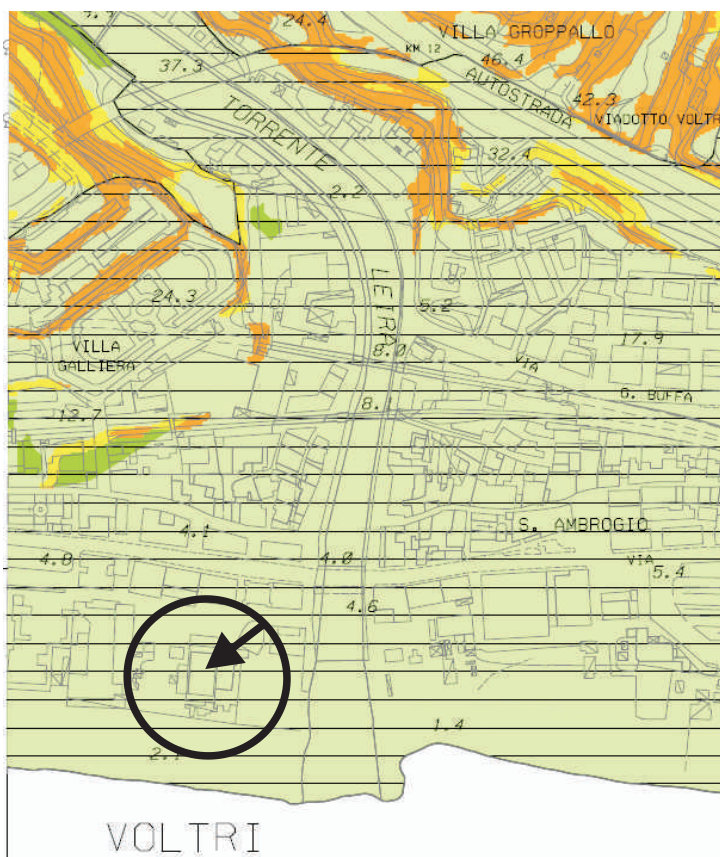
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)

## STRALCI CARTOGRAFIA NORME GEOLOGICHE DEL PUC DEL COMUNE DI GENOVA

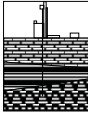


### ZONIZZAZIONE GEOLOGICA PUC VIGENTE

-  Zona A: Aree con suscettività d'uso non condizionata
-  Zona B: Aree con suscettività parzialmente condizionata
-  Zona C: Aree con suscettività limitata
-  Zona D: Aree con suscettività limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche
-  Zona E: Aree allo stato attuale interdette
-  Zona urbanizzata
-  Limiti amministrativi: Comune e Municipi

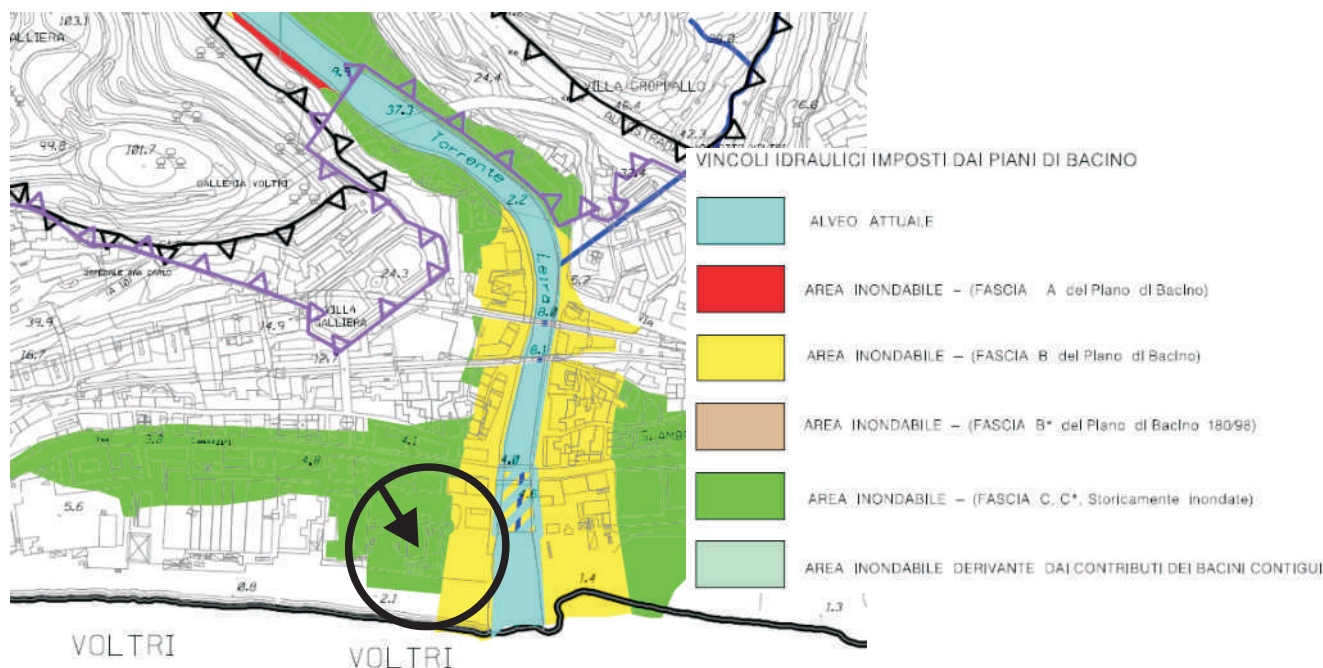


### ZONIZZAZIONE GEOLOGICA PUC ADOTTATO

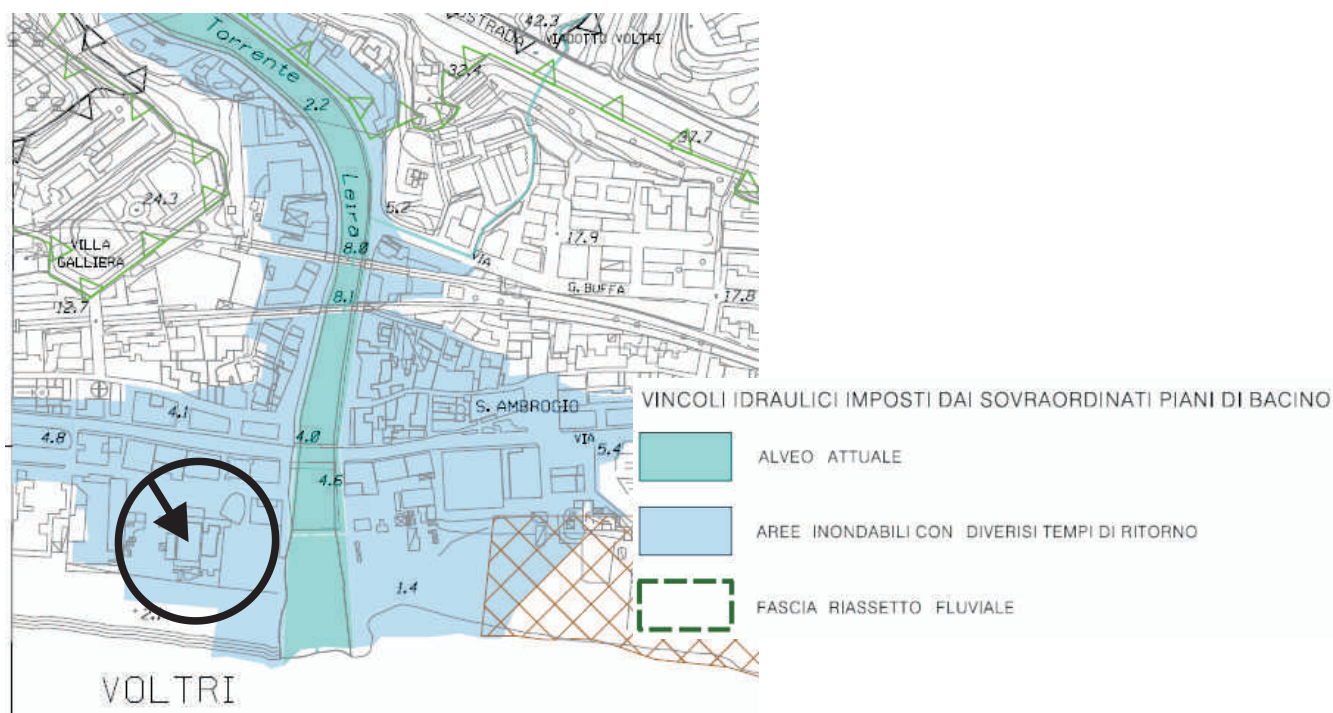
 <p><b>Dott. Francesco Valle</b> Geologo</p> <p>Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156</p>	<p>COMUNE DI GENOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI</p>	<p>Data: Apr. 2015</p> <p>Rif.: ALL.</p>
<p>PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)</p>		
<p>STRALCI CARTOGRAFIA NORME GEOLOGICHE DEL PUC DEL COMUNE DI GENOVA</p>		

2.5

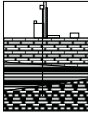
## VINCOLI GEOMORFOLOGICI ED IDRAULICI - PUC VIGENTE



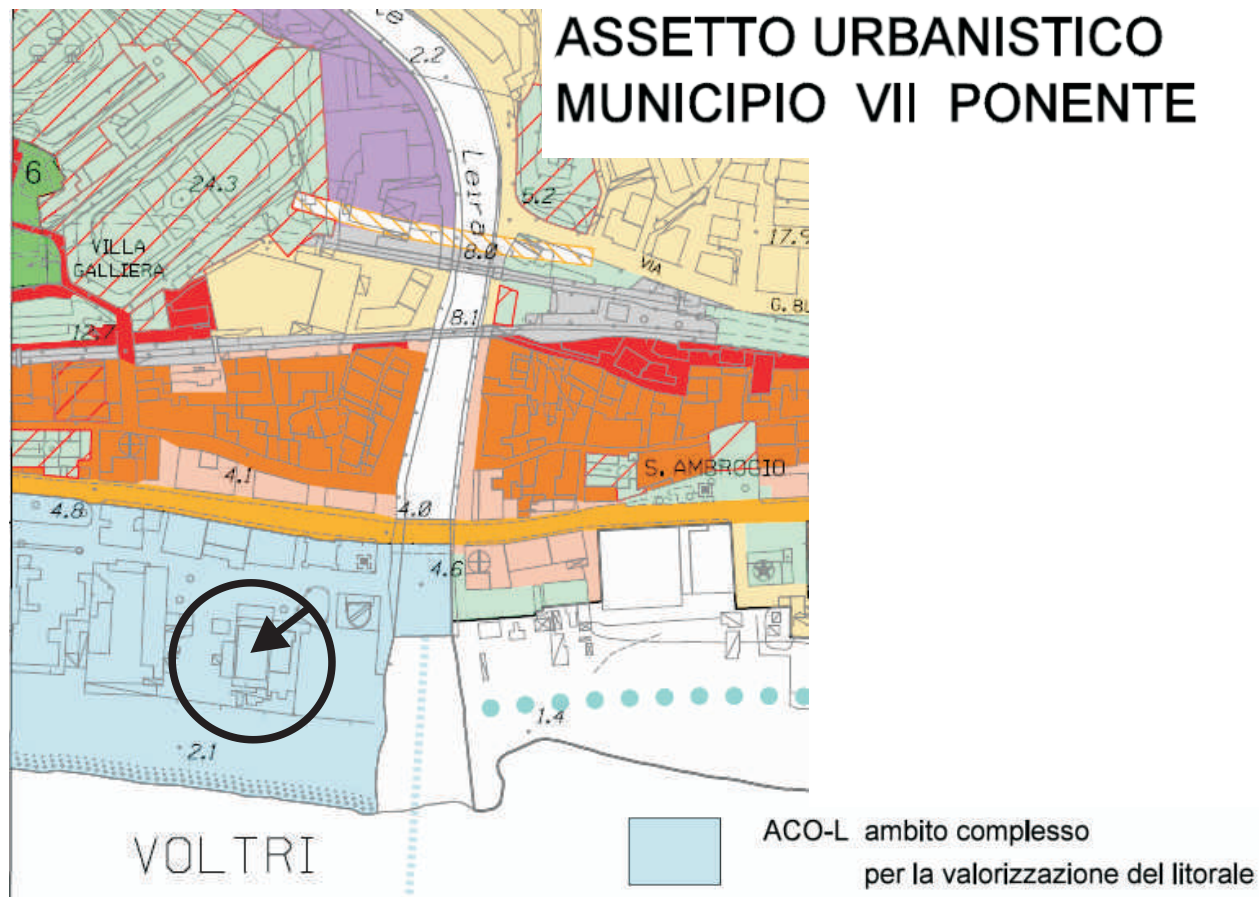
## VINCOLI GEOMORFOLOGICI ED IDRAULICI - PUC ADOTTATO



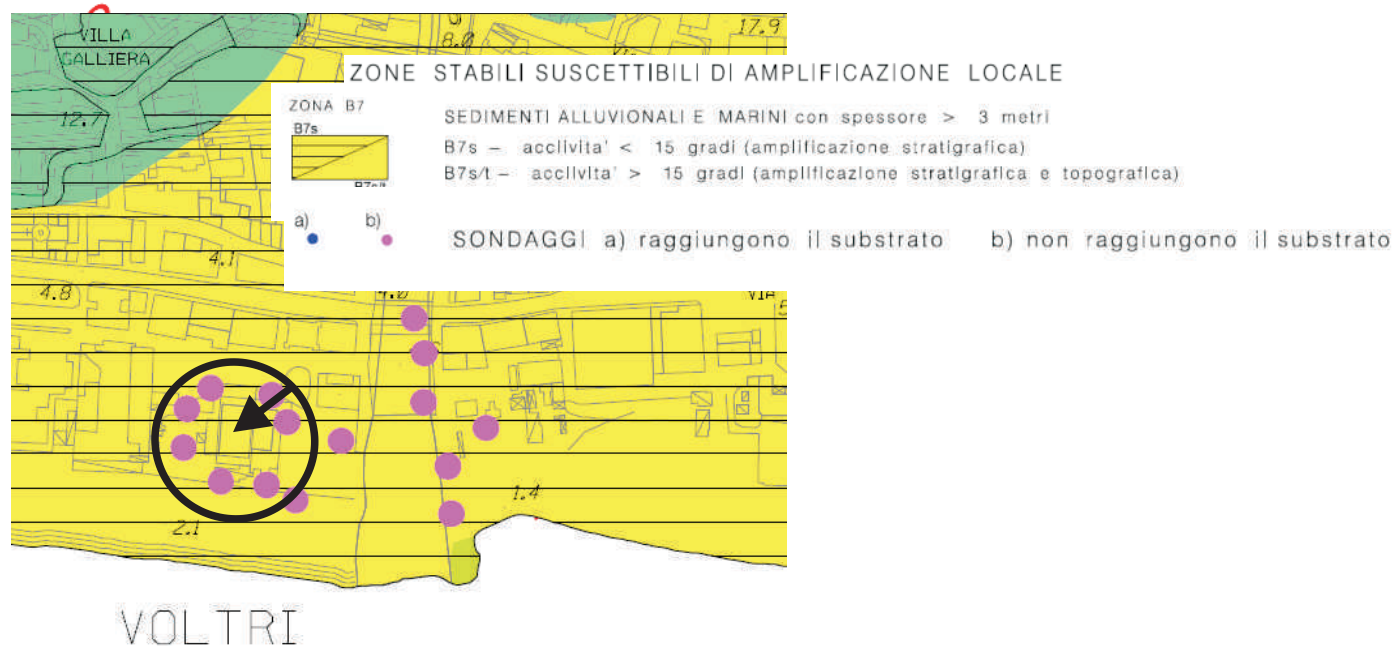


 <p><b>Dott. Francesco Valle</b> Geologo</p> <p>Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156</p>	<p>COMUNE DI GENOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI</p>	<p>Data: Apr. 2015</p> <p>Rif.: ALL.</p>
<p>PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)</p>		
<p>STRALCI CARTOGRAFIA NORME GEOLOGICHE DEL PUC DEL COMUNE DI GENOVA</p>		

2.6



### CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MUNICIPIO VII PONENTE





Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

COMUNE DI GENOVA	
PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONA - LIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI	Data: Apr. 2015
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)	Rif.:
RELAZIONE TECNICA	

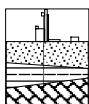
### PROVE IN SITO

- prospezione sismica a rifrazione
- analisi M.A.S.W.
- sondaggi sismici passivi - Tromino

risultanze

PROVE SISMICHE IN POSTO PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE, MASW E SONDAGGI SISMICI PASSIVI (TROMINO)	ALL. <b>3</b>
Risultanze	





Dott. Francesco Valle  
Geologo  
Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

COMUNE DI GENOVA	
PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI	Data: Apr. 2015
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)	Rif.:
RELAZIONE TECNICA	

## PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE P.S.1

### NOTE TECNICHE

#### Premessa

Nel sito in esame è stata eseguita, lungo l'allineamento indicato in planimetria (TAV.2), una prospezione sismica a rifrazione denominata P.S.1

Scopo della prova l'individuazione dello stato di conservazione sia del substrato roccioso più superficiale che di quello più profondo e, se possibile, della profondità in cui collocare il passaggio tra i due.

La prova è stata effettuata utilizzando un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit con energizzazione a massa battente dal peso di 10 Kg. L'interpretazione dei dati è stata effettuata con il software *INTERSISM* della "Geo&Soft International".

L'elaborazione dei sismogrammi ha consentito di ricavare gli allegati profili sismici coniugati delle dromocrone andata-ritorno e la relativa sezione sismo-stratigrafica.

#### Specifiche metodologiche.

L'indagine sismica a rifrazione è una prova indiretta che utilizza i contrasti di velocità delle onde sismiche, velocità dipendente dalla densità e dalla rigidità del materiale attraversato o da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.

Sempre presso la superficie vengono disposti (a distanza reciproca nota e normalmente costante) appositi sensori, chiamati geofoni, in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel terreno a seguito della generazione dell'onda elastica; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di files.

I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico ( $\pm$  mV) sull'asse verticale. La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (le riflessioni, nel presente metodo, non vengono considerate).

Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia. La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica. La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione, ecc.) è definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo nei pressi e del fine dell'indagine. Il metodo permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento geofonico fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 dello sviluppo lineare dello stesso e presuppone, come elemento imprescindibile alla base della trattazione, un incremento della velocità di propagazione delle onde elastiche con la profondità: non potranno essere individuate eventuali inversioni di velocità.

I tempi impiegati dagli impulsi elastici per percorrere, in via diretta o attraverso fenomeni di rifrazione, lo spazio compreso tra il punto sorgente ed i geofoni sono graficati su diagrammi (dromocrone) nei quali risultano leggibili le posizioni dei singoli geofoni in ascisse (proiettate sul piano orizzontale) ed i tempi - espressi in millesimi di secondo - in ordinate. Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d'onda degli impulsi sismici alle varie profondità, velocità che sono generalmente proporzionali al grado di densità dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi - intercetta, alla pendenza delle curve in dromocrona ed alle variazioni di tempo sulle stesse, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.

Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione degli spessori degli orizzonti sismici al di sotto dello sviluppo della stesa può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

### **Descrizione delle prove e risultati: P.S.1**

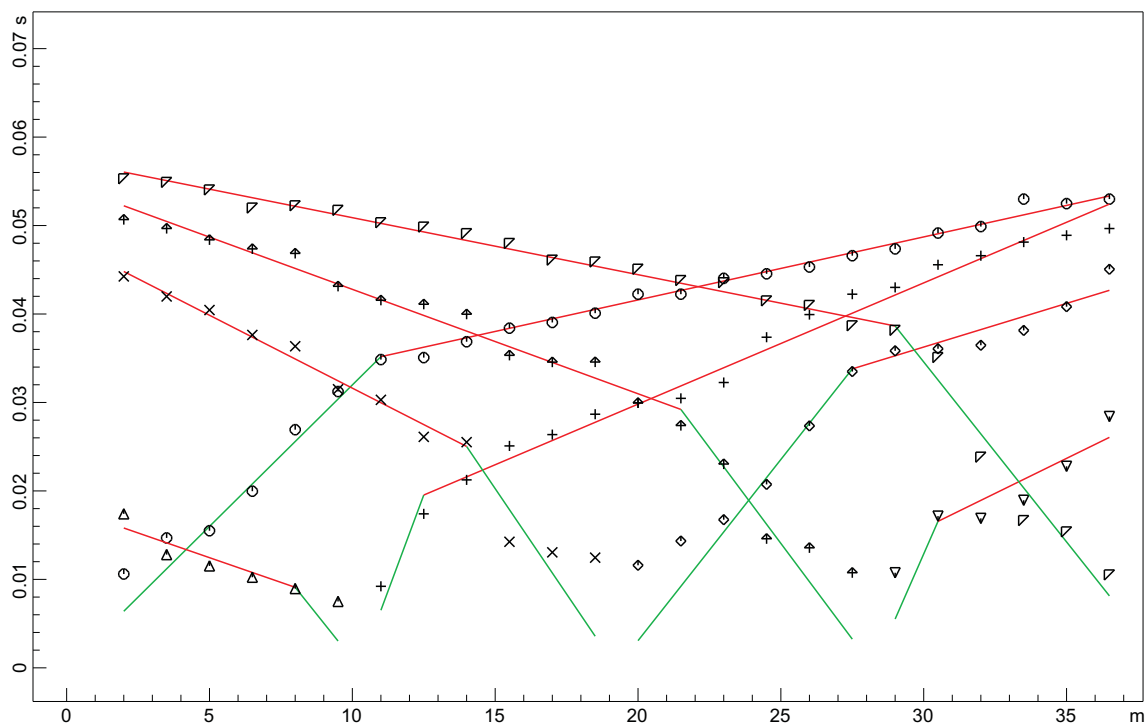
Nella prova si è operato con una stesa sismica di 38.5 m, 5 energizzazioni, effettuate per mezzo di mazza battente di 10 Kg, ed una distanza intergeofonica (spacing) di 1 m.

In questa prova si è ritenuto di interpretare il profilo del terreno con il metodo convenzionale a due strati individuando le seguenti fasce di velocità:

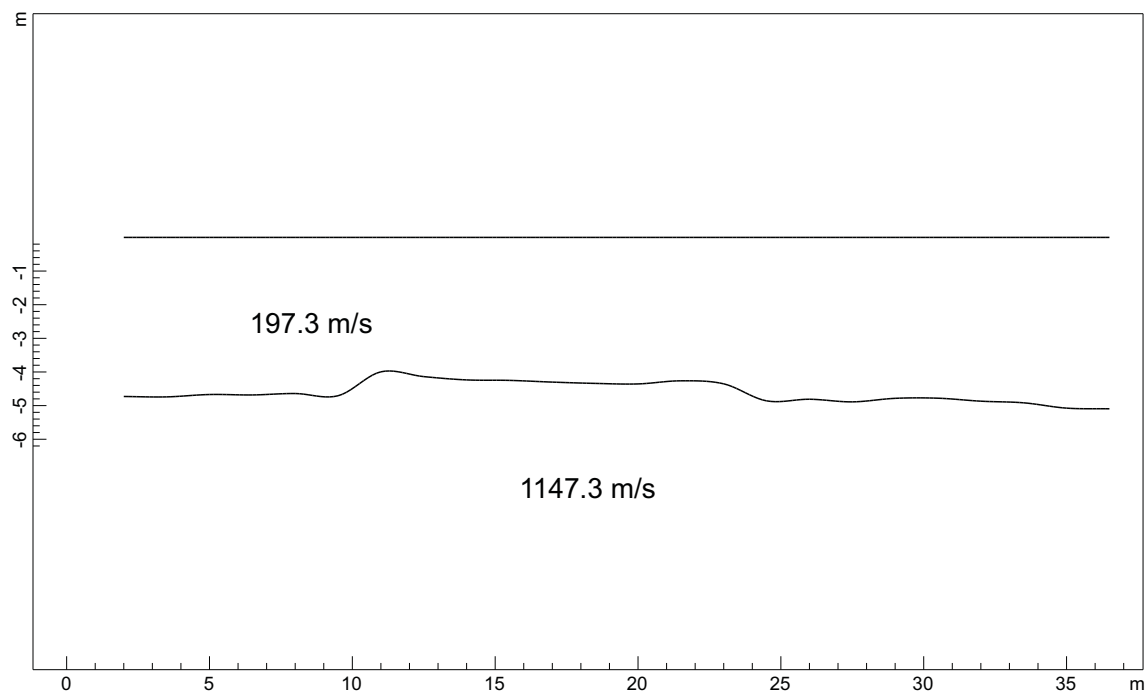
1° strato: velocità media apparente  $V_p \approx 200$  m /sec; corrispondente a materiali da poco a moderatamente addensati presumibilmente costituiti da riporti frammisti ad alluvioni sabbioso - ghiaiose; lo spessore di questo livello risulta intorno ai 5m;

2° strato: velocità apparente  $V_p \approx 1150$  m /sec.: corrispondente a sedimenti alluvionali e marini ghiaioso – sabbiosi da moderatamente a molto addensati.

### DROMOCRONE ORIGINALI



### SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA VERTICALE



# ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE – Voltri piscina

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	FILE1109.su
10.25	0.00	FILE1110.su
19.25	0.00	FILE1111.su
28.25	0.00	FILE1112.su
38.50	0.00	FILE1113.su

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 10.25 [ms]	FBP da 19.25 [ms]	FBP da 28.25 [ms]	FBP da 38.5 [ms]
1	2.00	0.00	10.61	17.41	44.25	50.67	55.27
2	3.50	0.00	14.69	12.80	41.98	49.66	54.87
3	5.00	0.00	15.50	11.52	40.45	48.38	54.02
4	6.50	0.00	19.97	10.24	37.63	47.36	51.97
5	8.00	0.00	26.92	8.96	36.35	46.85	52.22
6	9.50	0.00	31.24	7.50	31.49	43.13	51.71
7	11.00	0.00	34.85	9.22	30.30	41.55	50.31
8	12.50	0.00	35.07	17.41	26.11	41.10	49.82
9	14.00	0.00	36.86	21.25	25.51	39.98	49.08
10	15.50	0.00	38.40	25.09	14.25	35.33	47.97
11	17.00	0.00	39.04	26.37	13.06	34.56	46.08

12	18.50	0.00	40.09	28.67	12.46	34.57	45.87
13	20.00	0.00	42.24	29.95	11.59	29.95	45.06
14	21.50	0.00	42.24	30.46	14.34	27.39	43.78
15	23.00	0.00	44.03	32.26	16.75	23.04	43.53
16	24.50	0.00	44.54	37.38	20.74	14.59	41.47
17	26.00	0.00	45.31	39.94	27.35	13.57	40.96
18	27.50	0.00	46.59	42.24	33.49	10.75	38.66
19	29.00	0.00	47.36	43.01	35.84	10.75	38.14
20	30.50	0.00	49.15	45.57	36.07	17.15	35.07
21	32.00	0.00	49.88	46.59	36.47	16.90	23.81
22	33.50	0.00	52.99	48.13	38.14	18.94	16.64
23	35.00	0.00	52.48	48.90	40.83	22.78	15.36
24	36.50	0.00	52.99	49.66	45.06	28.42	10.50

#### DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	4.7
2	4.7
3	4.7
4	4.7
5	4.6
6	4.7
7	4.0
8	4.1
9	4.2
10	4.3

11	4.3
12	4.3
13	4.4
14	4.3
15	4.4
16	4.9
17	4.8
18	4.9
19	4.8
20	4.8
21	4.9
22	4.9
23	5.1
24	5.1

#### VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	197.3
2	1147.3

# Risultati delle analisi MASW

Redatto da MASW  
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

## 1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce .....1115.SG2  
Numero di ricevitori.....24  
Distanza tra i sensori:..... 1.5m  
Numero di campioni temporali .....2048  
Passo temporale di acquisizione ..... 0.512ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....24  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 1048.06ms  
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

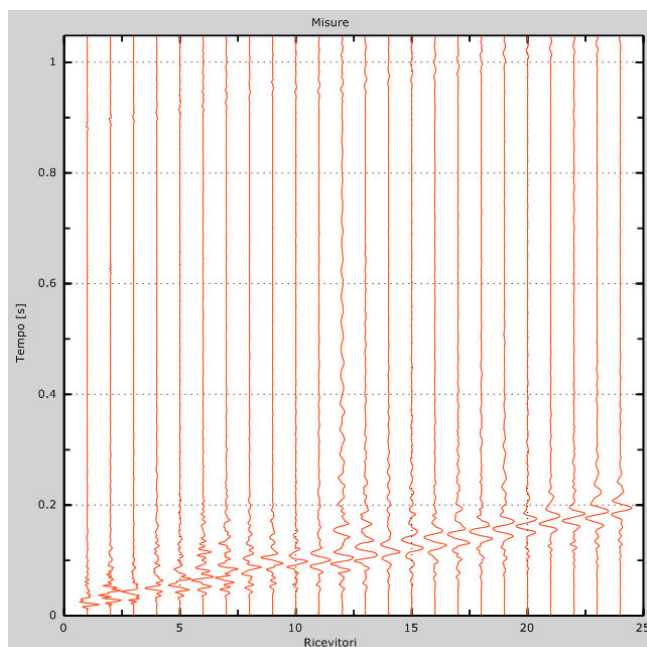


Figura 1: Tracce sperimentali



## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 60Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

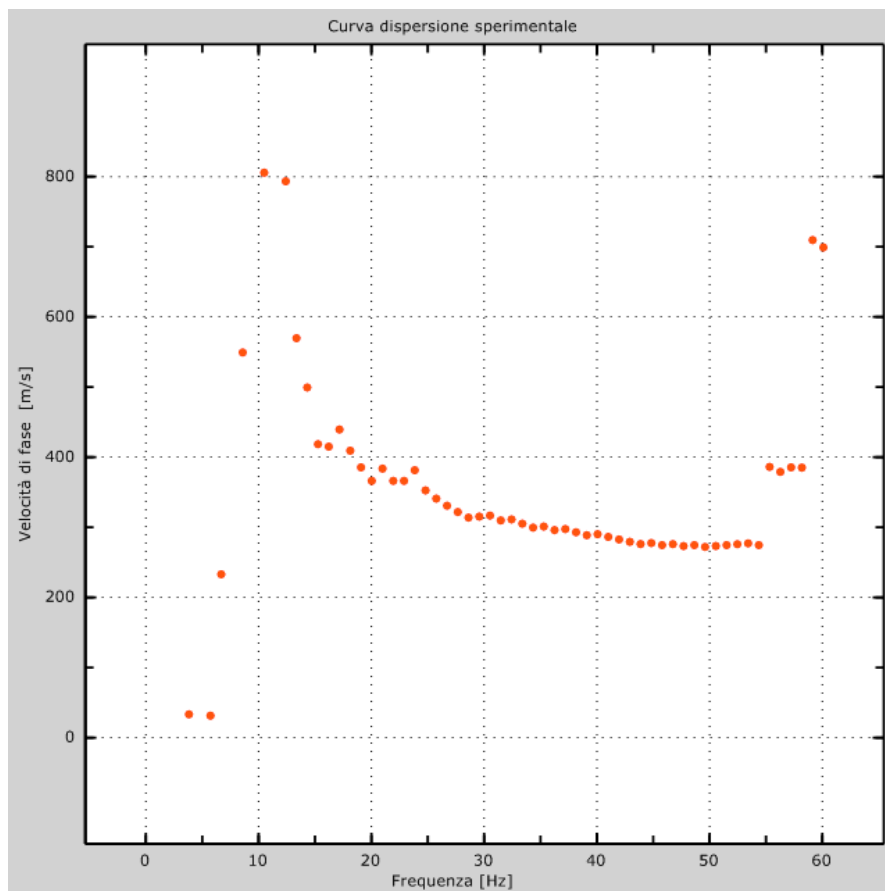


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
24.4492	365.757	334.466	397.049
31.6941	315.095	279.333	350.856
44.04	280.823	245.061	316.585
54.3899	279.333	251.021	307.644

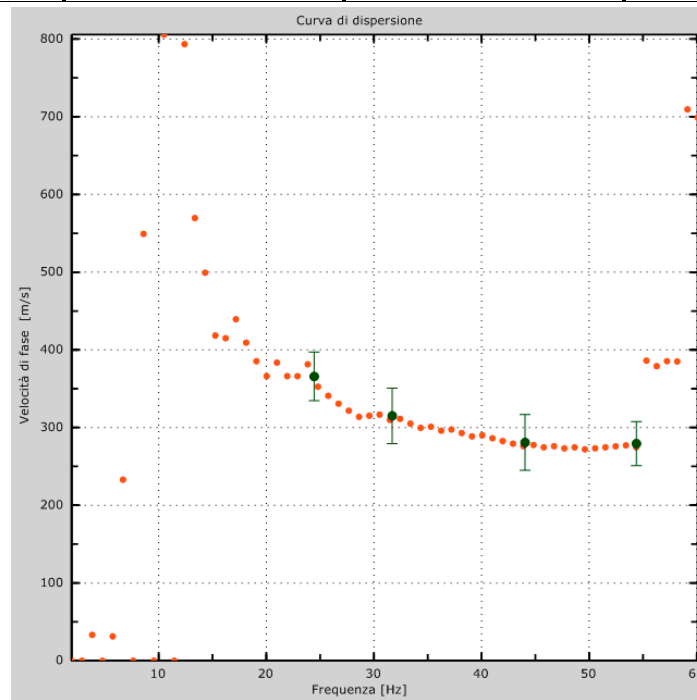


Figura 3: Curva di dispersione

### 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	4
Spaziatura ricevitori .....	1.5m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

#### Strato 1

h [m] .....	2
z [m] .....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	270
Vp [m/s] .....	562

Vs min [m/s] .....	155
Vs max [m/s] .....	405
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	270

#### Strato 2

h [m] .....	3
z [m] .....	-5
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2000
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	310
Vp [m/s] .....	645
Vs min [m/s] .....	175
Vs max [m/s] .....	465
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	310

#### Strato 3

h [m] .....	3
z [m] .....	-8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2200
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	406
Vp [m/s] .....	845
Vs min [m/s] .....	203
Vs max [m/s] .....	813
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	406

#### Strato 4

h [m] .....	0
z [m] .....	-∞
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2400
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	550
Vp [m/s] .....	1145
Vs min [m/s] .....	203
Vs max [m/s] .....	825
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	550

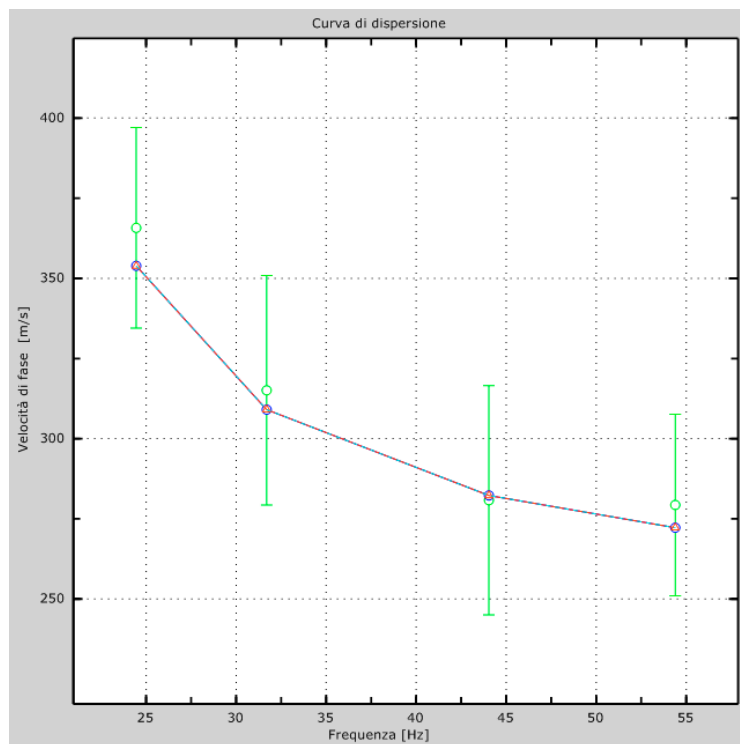


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

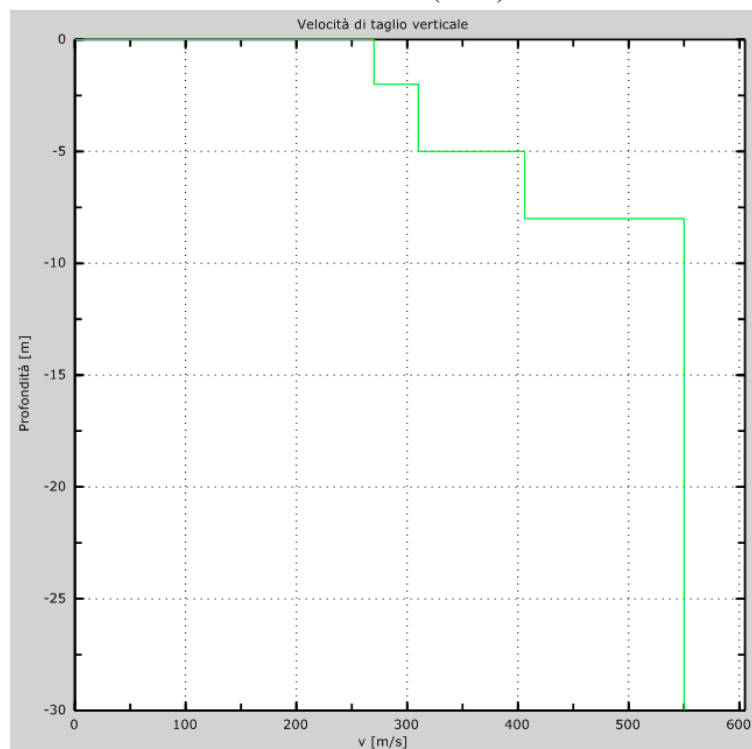


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Piano di riferimento  $z=0$  [m] .....0  
Vs30 [m/s].....465  
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008  
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).  
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.  
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 4  
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità  
**Tipo di suolo ..... B**

### Appendice Tipo di suolo

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

T

### Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

L'indagine è stata eseguita lungo lo stendimento SS1 utilizzando un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit con energizzazione a massa battente dal peso di 10 kg con piastra di battuta in alufer (Foto 1).



Foto 1. Localizzazione della linea SS1 per l'esecuzione dell'indagine MASW.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri utilizzati.

Parametri	Settaggi
Configurazione dello stendimento	Lineare "base distante in linea" con sorgente sismica posta agli estremi della linea sismica
Lunghezza dello stendimento	34.5 m
Intervallo dei geofoni	1.5 m
Numero totale dei geofoni	24
Frequenza propria dei geofoni	4.5 Hz
Distanza sorgente primo geofono	2 m
Sorgente	Massa battente di 10 kg
Intervallo di campionamento	512 ms
Durata acquisizione	1049 ms
Guadagno	Uguale per tutti i canali
Campionatura del segnale	2000 Hz
Numero di campioni	2048
Automatic Gain Control (AGC)	Nessuno

Attraverso il software Grilla della Micromed in Figura 1 sono mostrati i sismogrammi riguardanti l'acquisizione della componente verticale (ZVF) delle onde di Rayleigh.

La separazione delle onde di superficie in ragione della frequenza di propagazione nel multistrato risulta abbastanza netta procedendo dal ventiquattresimo al primo geofono mostrando una discreta qualità del dato registrato.

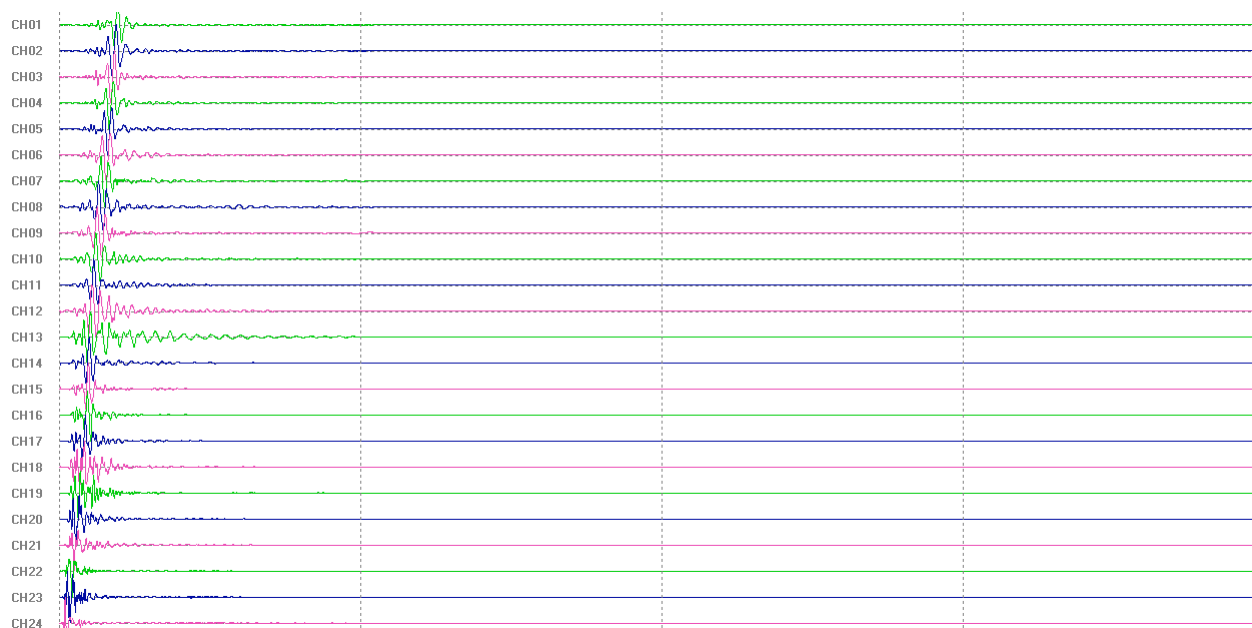


Fig. 1. Sismogrammi ottenuti (in ordinata i canali e in ascissa il tempo in secondi – intervallo 1 s).

In Fig. 2 sono mostrati gli spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh. Il software preleva automaticamente l'ampiezza massima per ogni frequenza definendo la curva di dispersione.

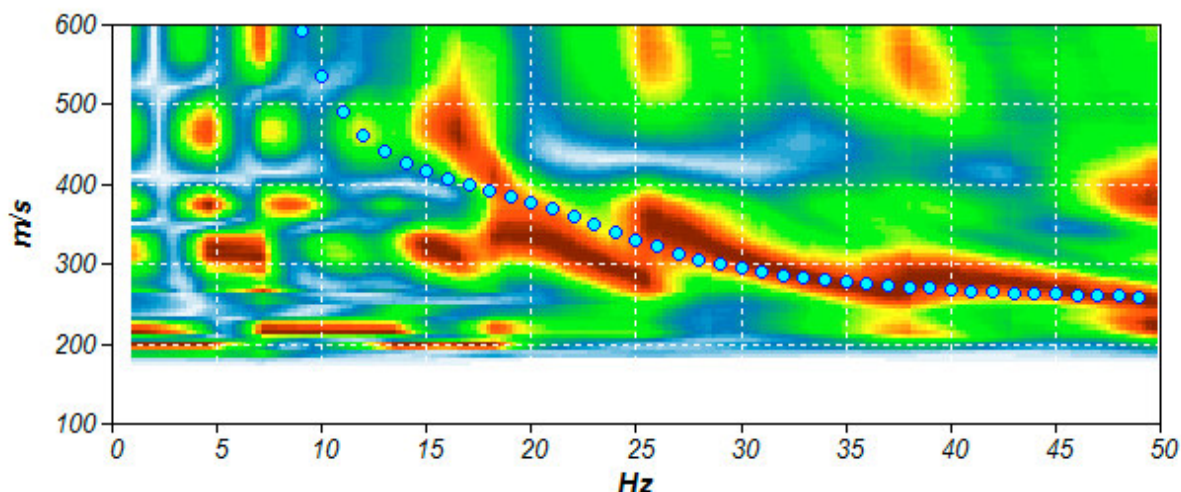


Fig. 2. Spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh (countour), modo fondamentale della curva di dispersione teorica (cerchi pieni blu) ottenuta dal modello di sottosuolo di Fig. 4.

### Sismica passiva a stazione singola

I metodi di sismica passiva sono basati sullo studio del campo d'onde associato al rumore sismico ambientale (microtremore). Questo rumore è presente in ogni parte della superficie della Terra per effetto di cause naturali (onde oceaniche, perturbazioni atmosferiche, vento) e antropiche (traffico veicolare, produzione industriale, ecc.).

Il campo di rumore sismico è costituito da molte e differenti fasi sismiche. Sebbene le onde di volume siano largamente presenti, le onde superficiali giocano sempre un ruolo

importante. Molti studi hanno evidenziato che le onde superficiali che compongono il rumore ambientale sono costituite da onde di Love e Rayleigh in proporzione variabile.

Il metodo utilizzato in questo studio è basato sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono tra il rumore sismico misurato sul piano orizzontale (H) e quello misurato lungo la componente verticale (V).

L'idea che sta alla base della procedura è quella secondo cui il rapporto H/V consente di eliminare il ruolo della sorgente (ipoteticamente presente nella stessa misura nelle componenti verticali e orizzontali) isolando gli effetti delle modalità di propagazione delle onde sismiche.

I risultati che si possono ottenere da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello Tromino@Zero della Micromed s.r.l. È costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale, rispettivamente ortogonali tra loro. La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 200 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale. Inoltre, in considerazione dell'influenza che le condizioni meteorologiche (pioggia, vento forte, ecc.) possono avere sulle registrazioni, va specificato che le misure sono state effettuate in una giornata senza particolari condizioni meteorologiche sfavorevoli a questo tipo di indagine.

I risultati delle analisi sono stati ottenuti con il software Grilla della Micromed s.r.l. In sintesi il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo di 20 minuti. Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- a) le curve H/V ricavate con i seguenti parametri:
  - larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
  - lisciamiento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
  - rimozione nelle finestre di eventuali transienti ancora presenti.
- b) le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto, ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto (a).

La scheda in esteso, secondo le linee guida del progetto europeo Sesame, del sito analizzato è riportata in Allegato. I criteri di significatività consistono in una serie di criteri di tipo statistico aventi lo scopo di valutare la significatività delle misure H/V.

La prima parte di criteri è dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V (in pratica, individuata la frequenza di risonanza, i criteri servono a verificare se la registrazione è stata eseguita per un tempo abbastanza lungo, e analizzata attraverso un numero sufficiente di sotto-finestre di durata adeguata).

La seconda parte si riferisce alla valutazione della chiarezza del picco H/V (cioè i criteri servono per analizzare la morfologia del picco e per valutare se la sua forma sia geometricamente ben definita).



Affinché la curva H/V sia affidabile, occorre che ciascuno dei primi tre criteri sia soddisfatto, mentre per valutare la chiarezza del picco H/V dovrebbero essere verificati almeno 5 dei 6 criteri stabiliti. La verifica dei criteri Sesame è eseguita in automatico dal software Grilla ed è compresa nel rapporto finale (Allegato).

Le curve H/V sono curve sperimentali che rappresentano il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali (riferite alla componente verticale e alle componenti orizzontali del moto) in funzione della frequenza.

I picchi della curva H/V presenti a una data frequenza possono essere più o meno evidenti e interpretabili a seconda dell'entità del contrasto d'impedenza sismica tra il substrato rigido e lo strato più superficiale di copertura.

L'asse orizzontale rappresenta la frequenza in scala logaritmica per rendere più visibili i primi metri (5-50 Hz), che sono più importanti in ambito geologico. La scala verticale è il rapporto adimensionale tra lo spettro orizzontale e quello verticale.

### **Uso combinato MASW-sismica passiva a stazione singola**

Questa analisi è stata sviluppata utilizzando il software Grilla della Micromed s.r.l. per ottenere un modello sismo-stratigrafico nel sito di misura, rappresentativo della parte centrale dello stendimento SS1.

L'inversione delle misure ai fini stratigrafici sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli sintetici cioè quelli calcolati sul campo d'onde completo di un modello 3D.

Poiché il modello sul quale si basa l'inversione della tecnica MASW si fonda sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli, sono state eseguite anche tre misure a sismica passiva a stazione singola lungo lo stendimento SS1 (Foto 2-4).



Foto 2. Localizzazione HV1.



Foto 3. Localizzazione HV2.

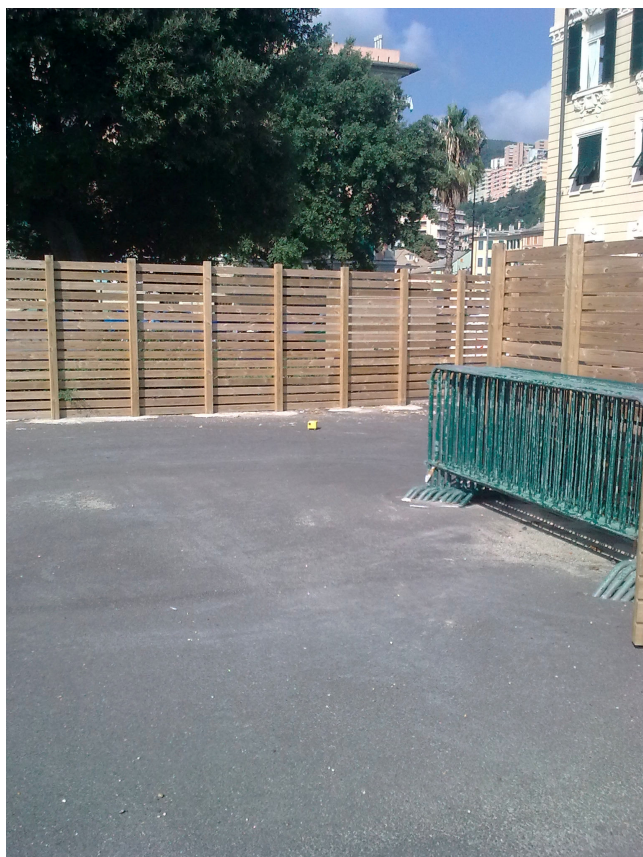
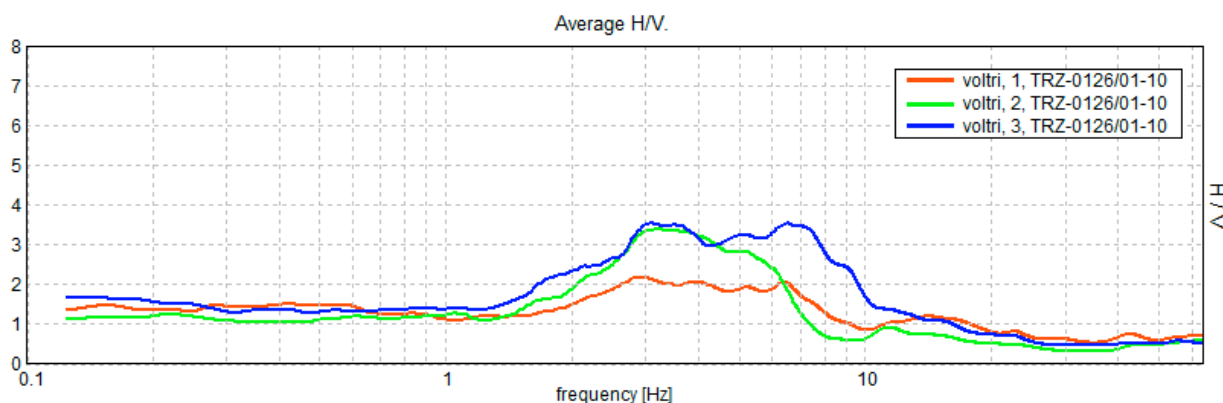


Foto 3. Localizzazione HV3.

Dal confronto dei risultati ottenuti nel grafico, riportato sotto, è possibile assumere in generale una geometria piano parallela all'interno della zona d'intervento.



Per produrre un profilo sismostratigrafico dalla curva HV è indispensabile avere un vincolo riguardante la profondità del riflettore. È naturalmente possibile anche che il vincolo sia fornito anziché dalla sua profondità da indicazioni sul profilo Vs ottenuto dalla prova MASW. In questo caso l'approccio misto della tecnica MASW e a stazione singola si rivela ideale poiché la prova MASW fornisce il vincolo per il fit della prova HV anche in assenza di sondaggi o prove penetrometriche e la prova HV permette di ottenere profili Vs fino a profondità maggiori di quelle raggiungibili dalla sola prova MASW. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati sono vicini a quelli sintetici (Fig. 3).

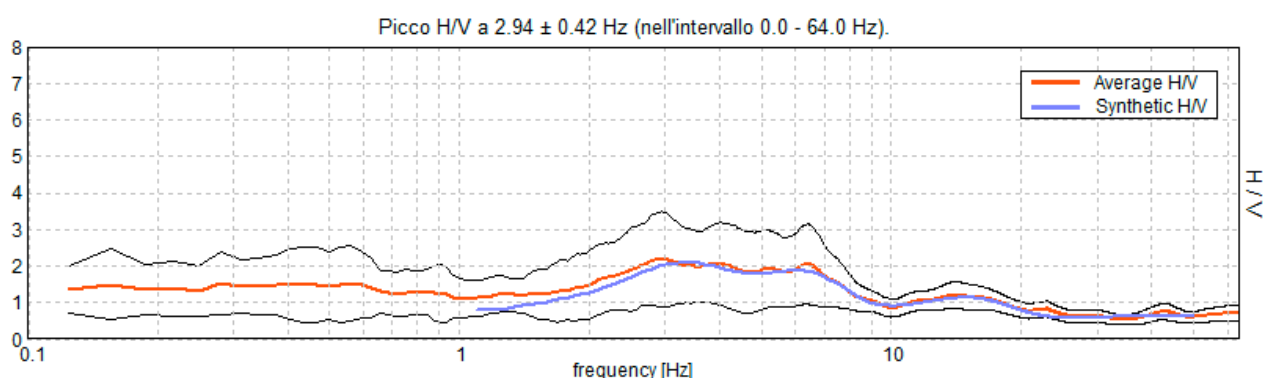


Fig. 3. Confronto tra la curva sperimentale H/V (in rosso) e la curva sintetica H/V (in blu) ottenuta dal modello di sottosuolo per HV1 (misura eseguita al centro dello stendimento SS1).

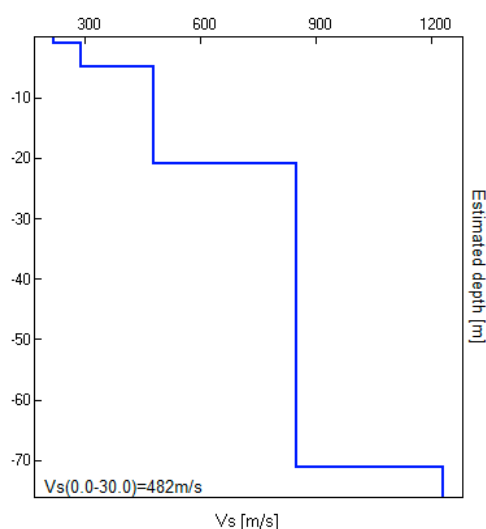


Fig. 4. Modello di sottosuolo in termini di Vs derivato dal fit congiunto della prova MASW e a stazione singola.

L'elaborazione ha fornito la seguente stratigrafia sismica:

<b>Profondità alla base dello strato [m]</b>	<b>Spessore [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>
1.00	1.00	220
5.00	4.00	290
21.00	16.00	480
71.00	50.00	850
inf.	inf.	1230

$$V_s(0.0-30.0) = 482 \text{ m/s}$$



**MASW**

Inizio registrazione: 08/09/14 15:00:39 Fine registrazione: 08/09/14 15:20:39

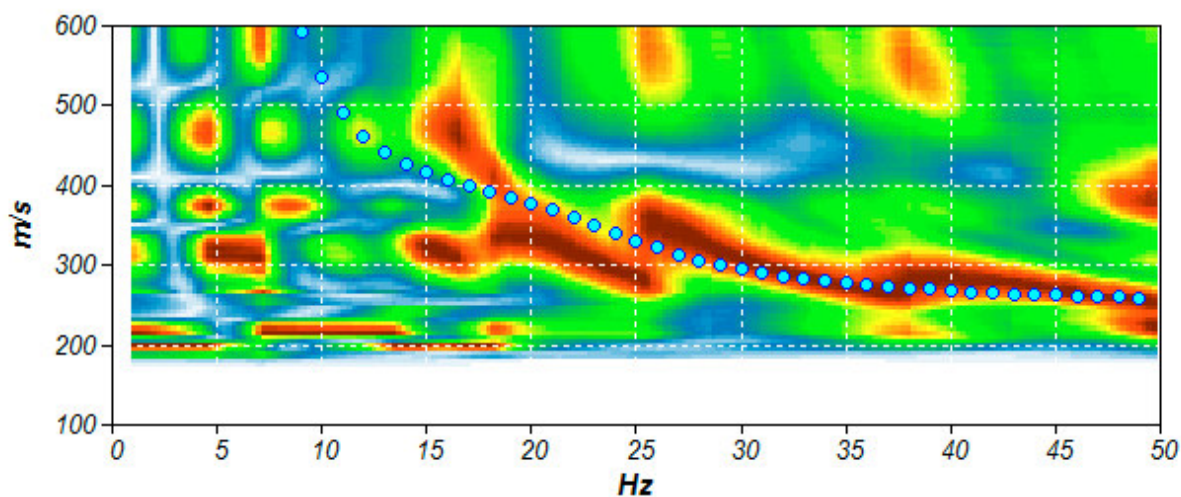
Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

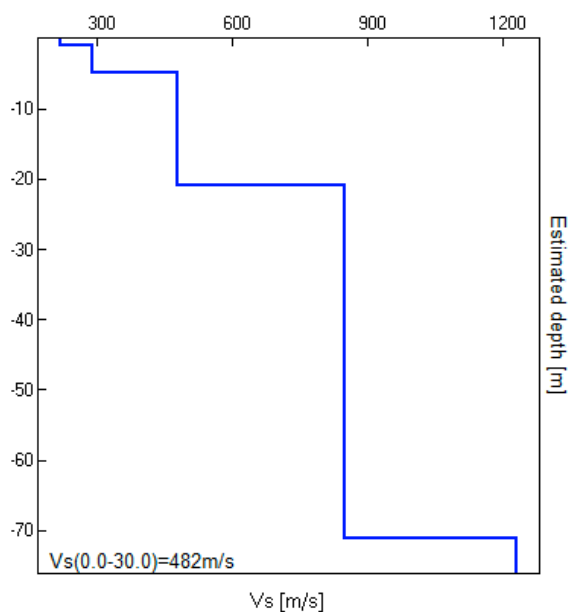
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Array geometry (x): 0.0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0 10.5 12.0 13.5 15.0 16.5 18.0 19.5 21.0 22.5 24.0 25.5 27.0 28.5 30.0 31.5 33.0 34.5 m.

**MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE**

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	220	0.35
5.00	4.00	290	0.35
21.00	16.00	480	0.35
71.00	50.00	850	0.35
inf.	inf.	1230	0.35

$V_s(0.0-30.0) = 482 \text{ m/s}$



## HV1

Inizio registrazione: 08/09/14 15:00:39 Fine registrazione: 08/09/14 15:20:39

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

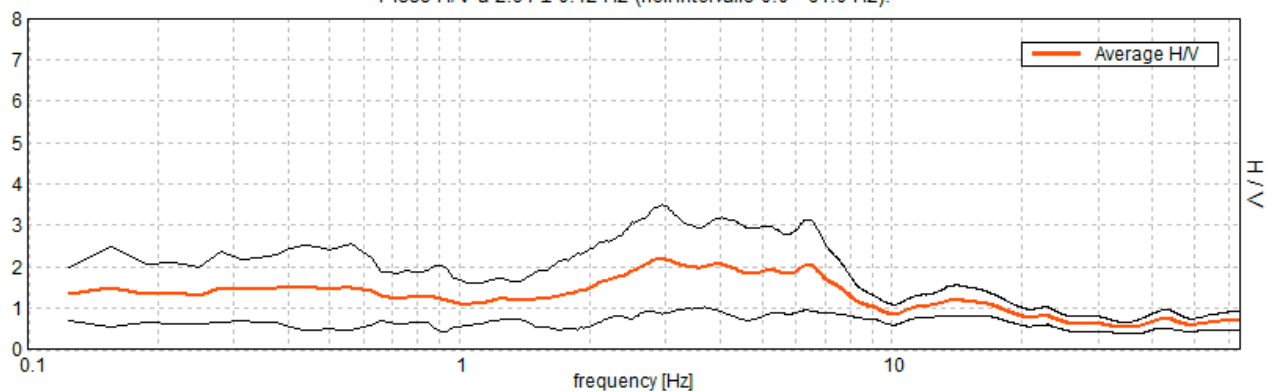
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

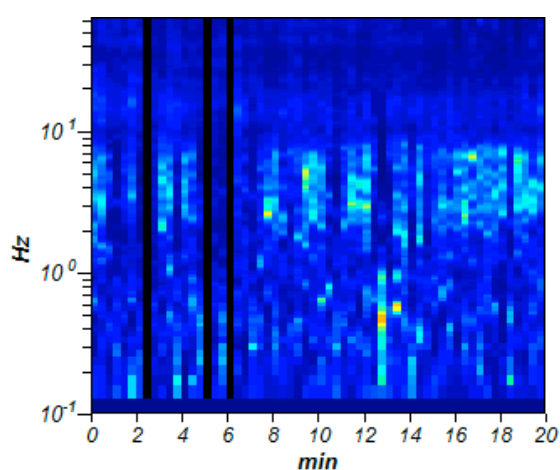
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

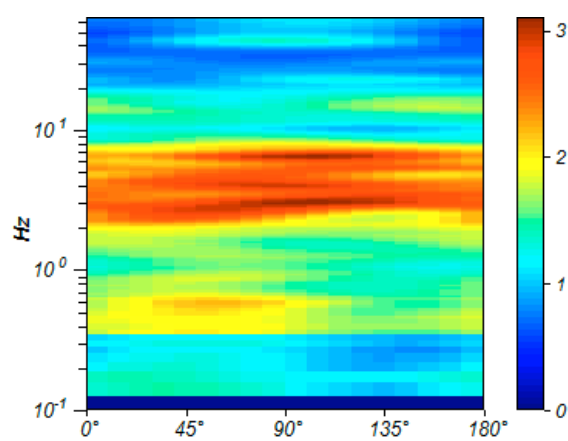
Picco H/V a  $2.94 \pm 0.42$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



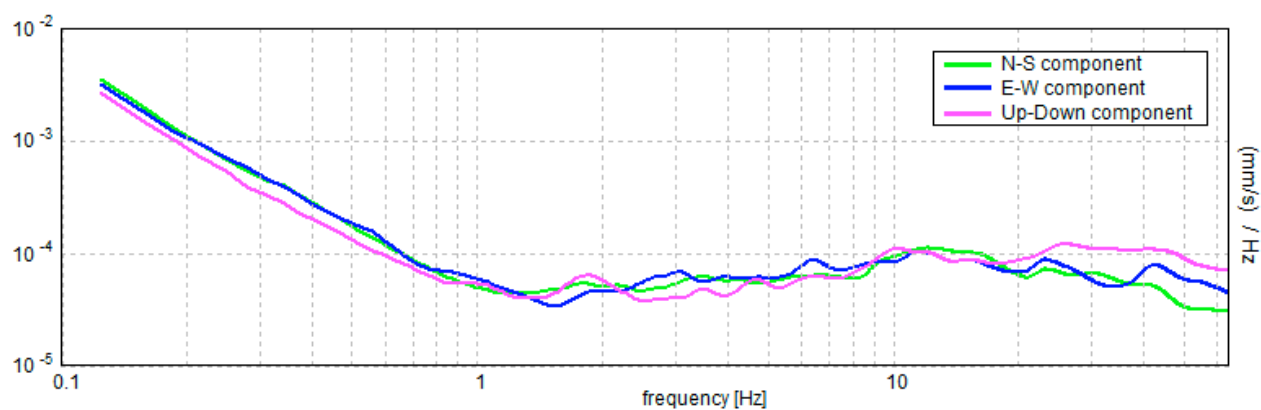
### SERIE TEMPORALE H/V



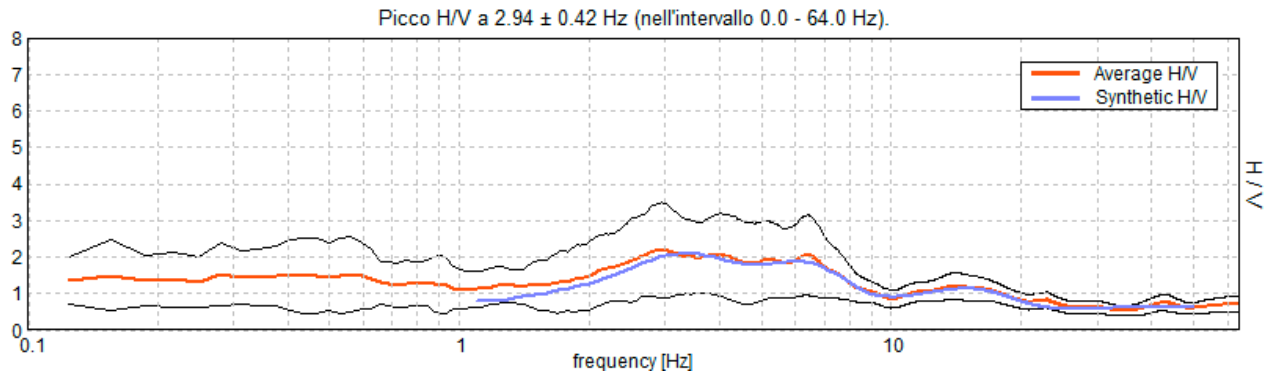
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

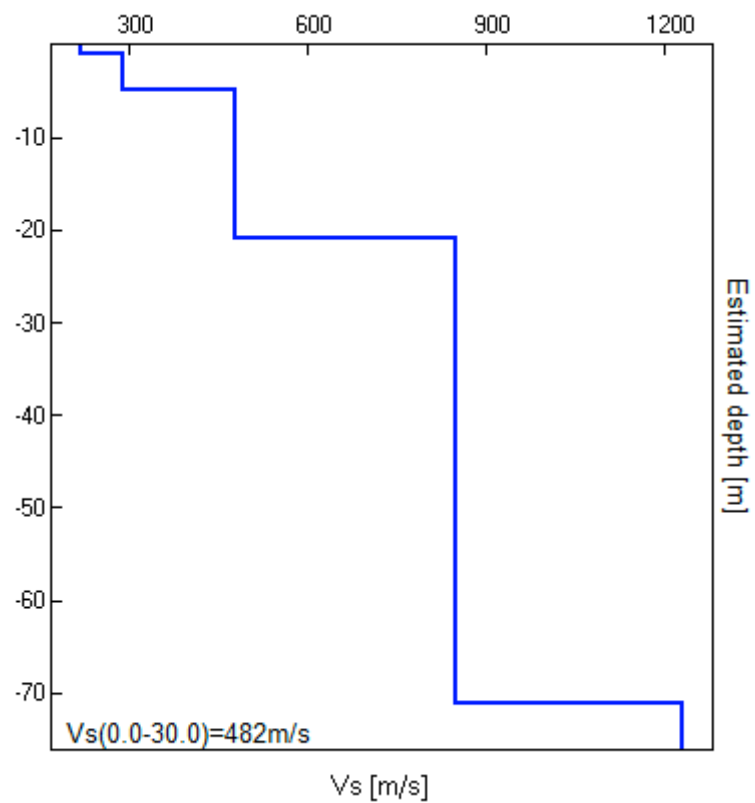


## H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	220	0.35
5.00	4.00	290	0.35
21.00	16.00	480	0.35
71.00	50.00	850	0.35
inf.	inf.	1230	0.35

$V_s(0.0-30.0)=482\text{m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.94 \pm 0.42$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3348.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 142	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.19 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14145  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.41551 < 0.14688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.3138 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## HV2

Inizio registrazione: 08/09/14 15:34:56 Fine registrazione: 08/09/14 15:54:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

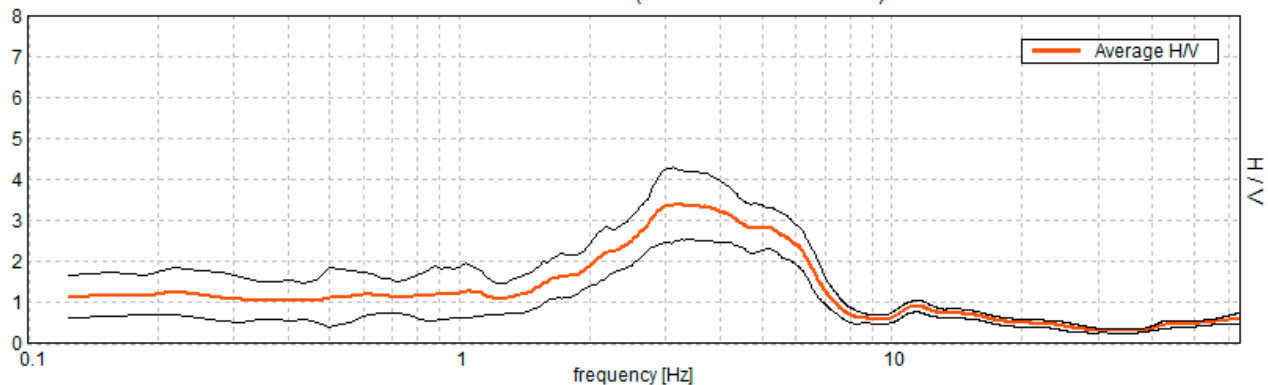
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

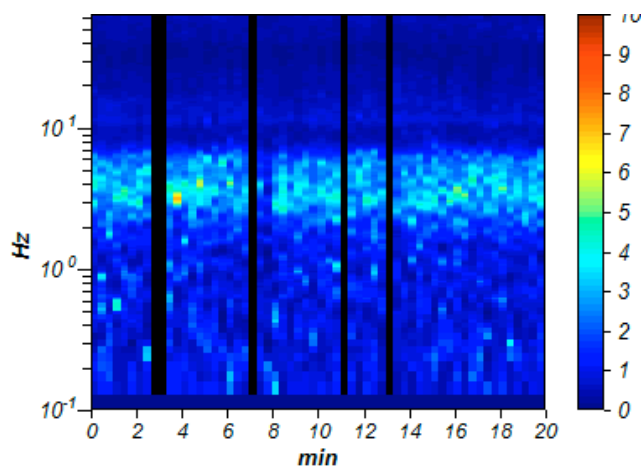
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

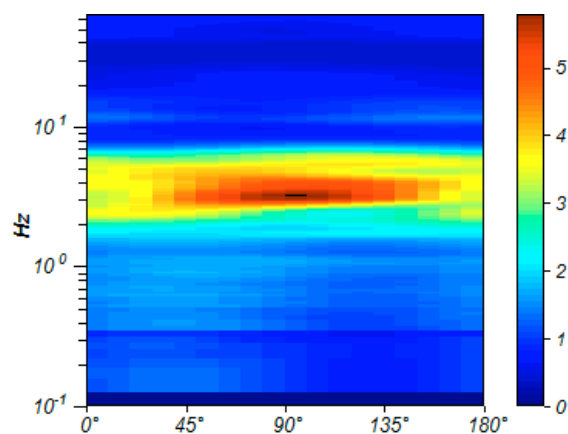
Picco H/V a  $3.16 \pm 0.49$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



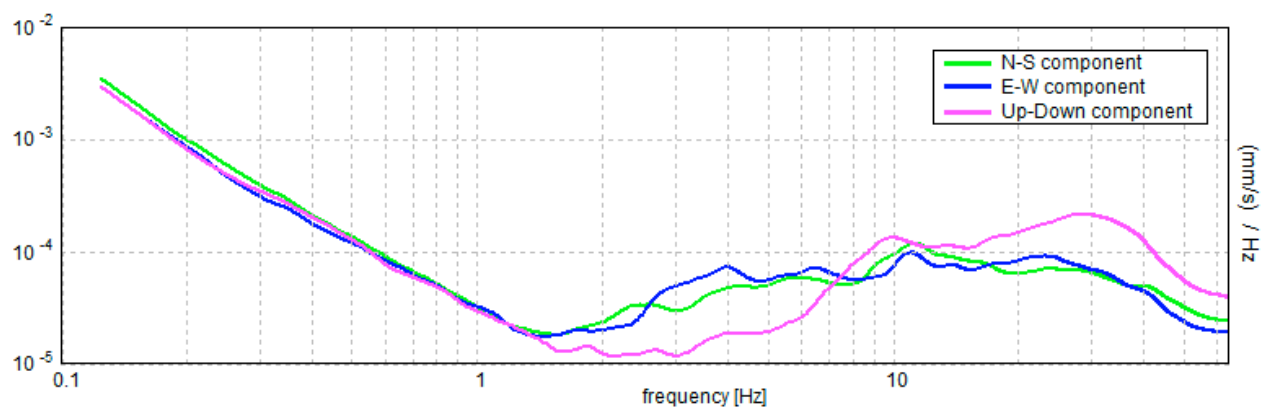
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.16 \pm 0.49$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.16 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3471.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 152	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.875 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.38 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15538  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.49041 < 0.15781$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8906 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### HV3

Inizio registrazione: 08/09/14 16:02:58 Fine registrazione: 08/09/14 16:22:58

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

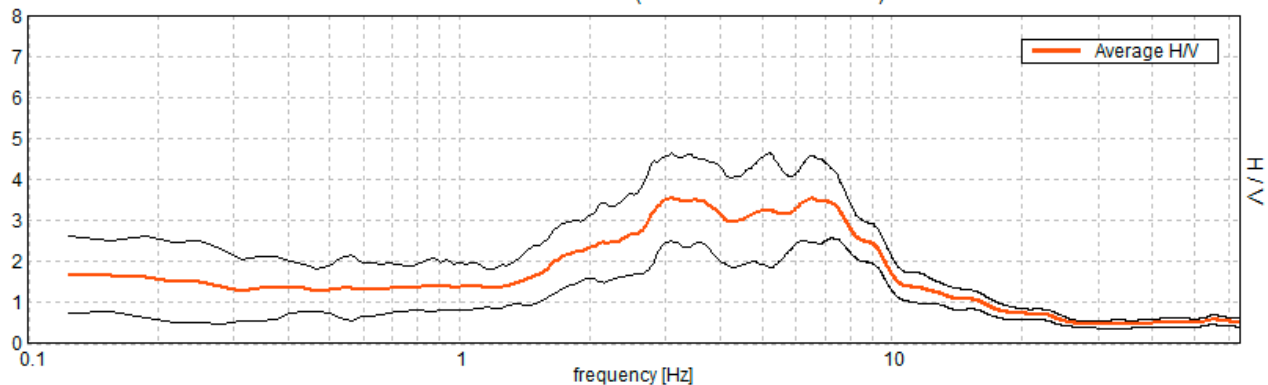
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

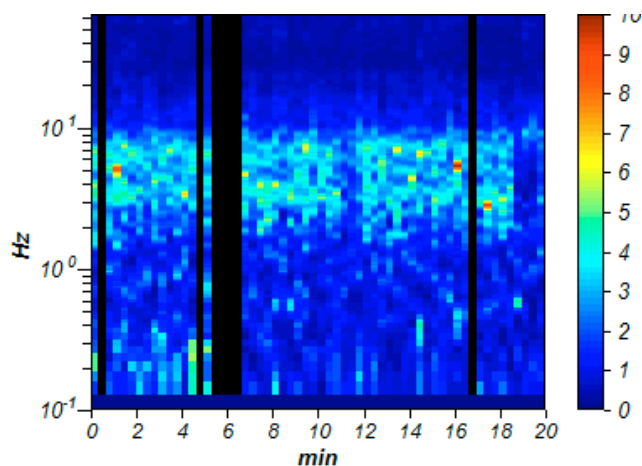
Lisciamento: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

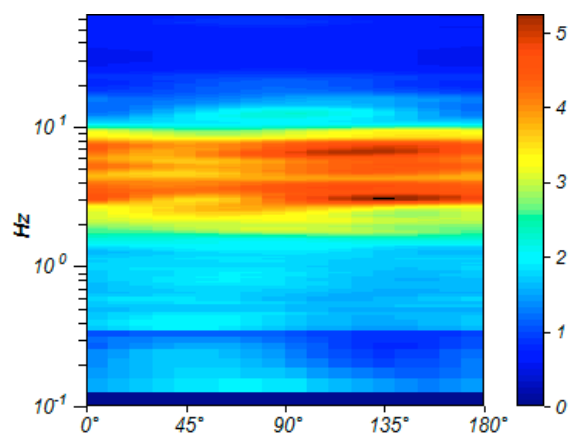
Picco H/V a  $3.09 \pm 2.09$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



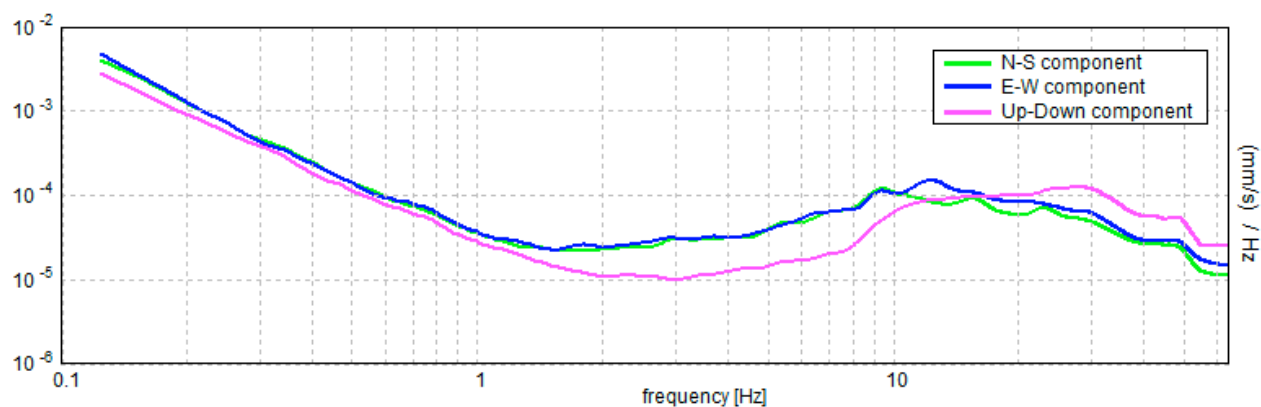
#### SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V



#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Picco H/V a  $3.09 \pm 2.09$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3279.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 150	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.563 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.57 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.67647  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.09282 < 0.15469$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0789 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Dott. Francesco Valle  
Geologo

Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona

COMUNE DI GENOVA	
PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONA - LIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI	Data: Apr. 2015
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)	Rif.:
RELAZIONE TECNICA	

## PROVE IN SITO

- sondaggi a carotaggio continuo

risultanze

PROVE IN POSTO SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	ALL.
Risultanze	4



VOLTURI



edilizia, opere civili, industriale s.p.a.

16157 GENOVA PRA VIA PRA 11 tel. 010 663.347-48-49

E.L.C.I.

8

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
S.E.P.

LOCALITA': Voltri - Piscina Maneli

DATA

03/04/90

METODO DI PERFORAZIONE:

Rotazione a carotaggio continuo

S INIZIALE mm. 101

S FINALE mm. 101

INCLINAZIONE: Verticale discendente

CASSETTE CAMPIONE N° 3

QUOTE	POT.	SCHEMA	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PIEZOM.	CORONA	DOPPIO	CEMEN	RIPERFO	RQD	CAROT.
Assol.	Relat.	STRATI- GRAFICA	STRATI- GRAFICO	LIVELLO ACQUA	DIAMANT.	CAROT. mt.	TAZIO NE	S.P.T.	%	%
0.00										
1.00		100	Materiali di riporto							100%
2.00		100	Sabbia debolmente ghiaiosa							100%
8.60		660	Ghiaia con sabbia debolmente argillosa. presenza di ciottoli fra mt. 8.00-8.60					5.40 20-32-38		90%
13.00		440	Sabbia localmente debolmente argillosa, con ghiaia				10.00 10.00	12.00 22-32-40		95%



edilizia ligure civile industriale s.p.a.

16157 GENOVA PRA VIA PRA 11 ☎ 010 663.347-48-49

**ELCI**

SONDAGGIO N.

1

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA

LOCALITA': Volti-Piscina Mameli

DATA  
02/04/90

METODO DI PERFORAZIONE:  
Rotazione a carotaggio continuo

Ø INIZIALE mm. 101  
Ø FINALE mm. 101

INCLINAZIONE: Verticale discend.  
CASSETTE CAMPIONE N° 3

QUOTE		POT. SIRATI- GRAFICA	SCHEMA SIRATI- GRAFICO	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PIEZOM. LIVELLO ACQUA	CORONA DIAMANTI	DOPPIO CAROT. mt.	CEMENTAZIONE	RIPERFORAZIONE	S.P.T.	RQD %	CAROT. %
Assol.	Relat.											
0,10				Asfalto stradale	0,00			0,00	0,00			
3,00		280		Materiali vari di riporto								90%
		540		Ghiaia con sabbia	3,10				5,50	18-29-36		95%
8,40		60		Trovante fratturato di serpentina	8,40	8,40						90%
9,00		100		Ghiaia con sabbia	9,00	9,00	10,00					95%
10,00		400		Calcescisto, molto alterato e frantumato in scaglie e in frammenti. Colore marroncino grigio Cappellaccio di alterazione			10,00	10,00	12,00	R(3 cm)		95%
14,00					14,00	14,00						

edilizia ligure civile industriale s.p.a.

16157 GENOVA PRA VIA PRA 11 ☎ 010 663 347/48/49

**ELCI**

SONDAGGIO N.

2

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA

LOCALITA': Voltri-Piscina Mameli

DATA  
05/04/90

METODO DI PERFORAZIONE:

Rotazione a carotaggio continuo

INIZIALE mm. 101  
FINALE mm. 101

INCLINAZIONE: Verticale discend.

CASSETTE CAMPIONE N° 3

QUOTE	Relat.	POT. STRATI- GRAFICA	SOEMA STRATI- GRAFICO	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PIEZOM. LIVELLO ACQUA	CORONA DIAMANT	DOFPIO CAROT. mt.	CEMEN TAZIO NE	RIPERFO	S.P.T.	ROD %	CAROT. %
0.00	0.10	10		Asfalto stradale	0.00			0.00	0.00			
2.00		180		Materiale di riporto								100%
6.40		440		Ghiaia con sabbia debolmente argillosa	3.00				5.30	18-28-39		90%
9.00		260		Sabbia debolmente argillosa con ghiaia								90%
11.50		250		Limo argilloso sabbioso inglobante elementi lapidei di varia natura, forma e dimensione				10.00	10.00	16-25-32		100%
13.00		150		Calcescisto, molto alterato e frantumato in frammenti. Colore marroncino grigio. Cappellaccio di alterazione.								95%
					13.00		13.00					

Edilizia ligure, civile industriale s.p.a.

16157 GENOVA PRA VIA PRA 11 010 663 347 48 49

ELCI

SONDAGGIO N.

3

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
S.E.P.

LOCALITA': Volti - Piscina Mameli

DATA  
06/04/90

METODO DI PERFORAZIONE:

Rotazione a carotaggio continuo

Ø INIZIALE mm. 101

Ø FINALE mm. 101

INCLINAZIONE: Verticale discend.

CASSETTE CAMPIONE N° 3

QUOTE	POT. STRATI- GRAFICA	SCHEMA STRATI- GRAFICO	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PIEZOM. LIVELLO ACQUA	GENOVA DIAMANTI	DOZZIO CAROT. mt.	CEMENTAZIONE	RIPERFORAZIONE	S.P.T.	RCD %	CAROT. %
0.00	10		Asfalto stradale	0.00			0.00	0.00			
0.10		ΔΔΔΔ	Materiale di riporto								100%
2.00	190	ΔΔΔΔ	Ghiaia con sabbia debolmente argillosa Presenza di ciottoli.	3.00	4.00	4.00					
4.00	200	○ ○ ○ ○					4.00	4.00			
5.00	100	~~~~~	Trovante di prasinite fratturato					5.00	R(6 cm.)		95%
6.00	100	~~~~~	Trovante di serpentina fratturato				6.00	6.00			95%
7.40	140	○ ○ ○ ○	Ghiaia con sabbia debolmente argillosa. Presenza di ciottoli		6.00	6.00					90%
	470	○ ○ ○ ○	Sabbia debolmente argillosa con ghiaia								100%
12.10		○ ○ ○ ○						12.00			
13.00	8	○ ○ ○ ○	Argilla variabilmente sabbiosa con ghiaia	13.00			12.00	13.00	29-R(7 cm)		100%

edilizia, civile industriale s.p.a.

16157 GENOVA PRA VIA PRA 11 ☎ 010 663.347-48-49

ELCI

SONDAGGIO N.

4

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
S.E.P.

LOCALITÀ: Voltri - Piscina Mameli

DATA 29/03/90 30/03/90  
dal ..... al .....

METODO DI PERFORAZIONE:

Rotazione a carotaggio continuo

Ø INIZIALE mm. 101

Ø FINALE mm. 101

INCLINAZIONE Verticale discendente

CASSETTE CAMPIONE N° 4

QUOTE		POT.	SCHEMA	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PNEUM.	CHINA	DOPIO	CEMENTAZIONE	RIPERFORAZIONE	RQD %	CAROT. %
Assol.	Relat.	STRATI- GRAFICA	STRATI- GRAFICO		LIVELLO ACQUA	DIAMANTI	CAROT. mt.	NE	S.P.T.		
0.00				100				0.00	0.00		90%
0.50		50		Sabbia di spiaggia attuale							
1.50		100	ΔΔΔΔ ΔΔΔΔ ΔΔΔΔ	Materiale di riporto		1.50					90%
4.50		450		Trovanti di varia natura litologica (cal- cescisti, serpentinoscisti, prasiniti) Trattasi di massi di scogliera del vecchio molo.							90%
6.00				Sabbia - Poco addensata		6.00					
7.50		150				7.50					85%
10.00		250		Trovanti di varia natura litologica Molto fratturati							85%
15.00		300		Sabbia con ghiaia - Poco addensata		10.00					100%
20.00		700		Sabbia debolmente ghiaiosa Moderatamente addensata				16.00 29-36-38 17.00 17.00 20.00 28-32-39			100%

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
S.E.P.

LOCALITA': Valtri - Piscina Memoli

DATA: 31/03/90  
ORA: 10.30

METODO DI PERFORAZIONE:  
Rotazione a carotaggio continuo

Ø INIZIALE mm. 101  
Ø FINALE mm. 101

INCLINAZIONE: Verticale discend.  
3  
CASSETTE CAMPIONE N°

QUOTE	POT. STRATI- GRAFICA	SCHEMA STRATI- GRAFICO	DESCRIZIONE DEL TERENO	PIEZOM. LIVELLO ACQUA	CITIZIA DIAMANT	DOPPIO CAROT. mt.	CEMENTAZIONE	RIPERFORAZIONE	ROD S.P.T.	CAROT. %
0.00			P.C.				0.00	0.00		
2.00	200		Sabbia di spiaggia attuale							100%
6.00	400		Ghiaia con sabbia							90%
8.00	200		Sabbia con ghiaia		8.00			7.00	20-34-38	90%
9.00	100		Trovanti fratturati di varia natura litologica - Presenza di matrice sabbiosa							95%
10.00	100		Sabbia debolmente argillosa con ghiaia		9.00					95%
15.00	500		Ghiaia e sabbia debolmente argillosa Presenza di magrone fra mt. 10.80-11.00				12.00	12.00	22-34-40	100%



edilizia figure civile industriale s.p.a.

16157 GENOVA PRA VIA PRA 11 ☎ 010 663.347-48-49

ELCI

SONDAGGIO N.

6

COMMITTENTE: COMUNE DI GENOVA  
S.E.P.

LOCALITA': Voltri - Piscina Manelli

DATA

30/03/90

METODO DI PERFORAZIONE:

Rotazione a carotaggio continuo

S INIZIALE mm. 101

S FINALE mm. 101

INCLINAZIONE: Verticale discend.

3

CASSETTE CAMPIONE N°

QUOTE		POT.	SCHEMA	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PIEZOM.	CORONA	DOPPIO	CENEN	RIPERFO	S.P.T.	RCD	CAROT.
Assol.	Relat.	STRATI- GRAFICA	SPATI- GRAFICO		LIVELLO ACQUA	DIAMANT	CAROT. mt.	TAZIO NE			%	%
0.00				Sabbia di spiaggia attuale				0.00	0.00			90%
2.00		200										
3.00		100		Ghiaietto con sabbia								90%
5.00		200		Sabbia con ghiaia		5.00	5.00					90%
5.50		50		Troventi fratturati di varia natura lito-		5.50	5.50					90%
8.00		250		Ghiaia con sabbia								90%
9.50		150		Troventi fratturati di varia natura lito-					9.50			90%
12.00		250		Sabbia con ghiaia poco addensata		9.50				18-30-36		90%
15.00		300		Sabbia debolmente ghiaiosa Moderatamente addensata				12.00 13.00	12.00 13.00	21-35-44		100%

16157 GENOVA PRÀ - VIA PRÀ 11 ☎ 010 663.347-48-49

*ELCI.*

SONDAGGIO N.

3

LOCALITA' :

Voltri - Piscina Maveli

DATA

DATE ..... 04/04/1990 .....

**METODO DI PERFORAZIONE:**

8 INIZIALE mm. ....


INCLINAZIONE... Verticale discendi...

### Rotazione a carotaggio continuo

Ø FINALE mm. . . . .

CASSETTE CAMPIONE N° .....<sup>3</sup>.....

QUOTE		FOT. SINAI- GRAFICA	SCHEMA STRATI- GRAFICO	DESCRIZIONE DEL TERRENO	PIEZIM. LIVELLO ACQUA	CONNA DIAMANT	COPPIO CAROT. mt.	CEMEN TAZIO NE	RIPERFO	RQD %	CAROT. %
Absol.	Relat.										
	0.00			P.C.				0.00	0.00		
	1.60	160		Terra di riporto							100%
	5.70	410		Ghiaia con sabbia debolmente argillosa							90%
	8.50	280		Sabbia con ghiaia		8.50	8.50			5.70 22-31-38	96%
	9.00	80		Provanți fratturati di varia natura litologica. Presenza di matrice sabbiosa		9.00	9.00				90%
	15.00	600		Sabbia, localmente debolmente argillosa, con ghiaia. Poco addensata				12.00	12.00	11.00 20-33-39	100%

 <div><b>Dott. Francesco Valle</b> Geologo  Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156</div>	COMUNE DI GENOVA		Data: Apr. 2015
	PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI		Rif.:
			ALL.
PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)			<b>5.1</b>
PARAMETRI SISMICI DEL SITO			
			elaborazione stabilità dei pendii e fondazioni

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii  
Muro rigido: 0

Sito in esame.  
latitudine: 44,42869  
longitudine: 8,751791  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16693	Lat: 44,4395	Lon: 8,7287	Distanza: 2186,281
Sito 2	ID: 16694	Lat: 44,4422	Lon: 8,7986	Distanza: 4007,963
Sito 3	ID: 16916	Lat: 44,3923	Lon: 8,8025	Distanza: 5708,433
Sito 4	ID: 16915	Lat: 44,3895	Lon: 8,7327	Distanza: 4611,344

Parametri sismici

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

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,021	g
Fo:	2,566	
Tc*:	0,168	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,027	g
Fo:	2,539	
Tc*:	0,198	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,059	g
Fo:	2,573	
Tc*:	0,292	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,074	g
Fo:	2,599	
Tc*:	0,309	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,570
St:	1,000
Kh:	0,005
Kv:	0,002
Amax:	0,242
Beta:	0,200

SLD:

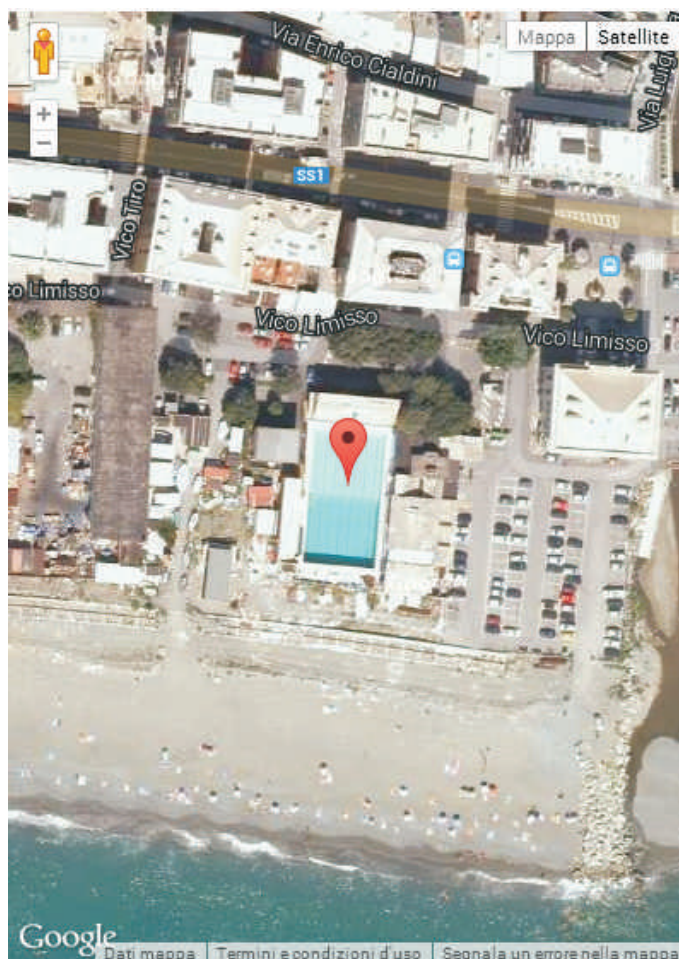
Ss:	1,200
Cc:	1,520
St:	1,000
Kh:	0,006
Kv:	0,003
Amax:	0,315
Beta:	0,200

SLV:

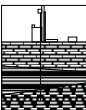
Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,696
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,390
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,872
Beta:	0,200



Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru software - www.geostru.com  
Coordinate WGS84  
latitudine: 44.427726  
longitudine: 8.750741

 <div><div>Dott. Francesco Valle</div><div>Geologo</div><div>Via V. Poggi 4/4 - 17100 Savona - Tel. 019.828.156</div></div>	COMUNE DI GENOVA		Data: Apr. 2015
	PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIFUNZIONALIZZAZIONE (FASE 1 E FASE 2) DELLA PISCINA COMUNALE N. MAMELI DI GENOVA - VOLTRI		Rif.: ALL.
	PERIZIA GEOLOGICA (D.M. 14/01/2008)		5.2
PARAMETRI SISMICI DEL SITO		elaborazione muri di sostegno	

Tipo di elaborazione: opere di sostegno  
Muro rigido: 0

Sito in esame.  
latitudine: 44,42869  
longitudine: 8,751791  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16693	Lat: 44,4395	Lon: 8,7287	Distanza: 2186,281
Sito 2	ID: 16694	Lat: 44,4422	Lon: 8,7986	Distanza: 4007,963
Sito 3	ID: 16916	Lat: 44,3923	Lon: 8,8025	Distanza: 5708,433
Sito 4	ID: 16915	Lat: 44,3895	Lon: 8,7327	Distanza: 4611,344

Parametri sismici

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

Operatività (SLO):  
Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,021 g  
Fo: 2,566  
Tc\*: 0,168 [s]

Danno (SLD):  
Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,027 g  
Fo: 2,539  
Tc\*: 0,198 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):  
Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,059 g  
Fo: 2,573  
Tc\*: 0,292 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):  
Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,074 g  
Fo: 2,599  
Tc\*: 0,309 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,570
St:	1,000
Kh:	0,004
Kv:	0,002
Amax:	0,242
Beta:	0,180

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,520
St:	1,000
Kh:	0,006
Kv:	0,003
Amax:	0,315
Beta:	0,180

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,013
Kv:	0,006
Amax:	0,696
Beta:	0,180

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,390
St:	1,000
Kh:	0,016
Kv:	0,008
Amax:	0,872
Beta:	0,180

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru software - www.geostru.com  
Coordinate WGS84  
latitudine: 44.427726  
longitudine: 8.750741

