STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA Dott. Geologo CARLO CIPRIANI
Via privata mimosa 8/7 RECCO
Tel. 0185-76993
indagini geologiche
geotecniche
idrogeologiche
prospezioni geofisiche

COMUNE DI SAVIGNONE

(Città Metropolitana di Genova)

RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA AL PROGETTO DI ADEGUAMENTO TOMBINATURA ESISTENTE E DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CAMIASCA FINO ALLA CONFLUENZA CON LO SCRIVIA IN LOCALITA' PONTE DI SAVIGNONE



Localizzazione: Latitudine 44° 33' 24,42"
Longitudine 8° 58' 49,51"

Data: marzo 2018	Committente: Comune di Savignone	Il geologo

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA Dott. Geologo CARLO CIPRIANI
Via privata mimosa 8/7 RECCO
Tel. 0185-76993
indagini geologiche
geotecniche
idrogeologiche
prospezioni geofisiche

RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA AL PROGETTO DI ADEGUAMENTO TOMBINATURA ESISTENTE E DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CAMIASCA FINO ALLA CONFLUENZA CON LO SCRIVIA IN LOCALITA' PONTE DI SAVIGNONE

S O M M A R I O

1. PREMESSA

2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3. IDROGEOLOGIA

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

5. INDAGINI GEOFISICHE

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

7. CONCLUSIONI

TAV.1 CARTA GEOLOGICA GENERALE scala 1:50.000
TAV.2 CARTA PLANIMETRICA GENERALE scala 1:400
TAV.3 SEZIONI GEOLOGICHE scala 1:100 – 1:400 (longitudinale)

Allegati
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
RISULTATI ANALISI MASW- REMI
RAPPORTO SPETTRALE HVSR
PARAMETRI SISMICI

Data: marzo 2018	Committente: COMUNE Savignone	Il geologo

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA Dott. Geologo CARLO CIPRIANI
Via privata mimosa 8/7 RECCO
Tel. 0185-76993
indagini geologiche
geotecniche
idrogeologiche
prospezioni geofisiche

RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA AL PROGETTO DI ADEGUAMENTO TOMBINATURA ESISTENTE E DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO CAMIASCA FINO ALLA CONFLUENZA CON LO SCRIVIA IN LOCALITA' PONTE DI SAVIGNONE

1. PREMESSA

L'area sede dell'intervento è localizzata nel Comune di Savignone, l'intervento riguarda il progetto di adeguamento della tombinatura nel tratto finale del rio Camiasca alla confluenza del fiume Scrivia in quanto la tombinatura risulta essere sotto dimensionata rispetto alle portate di acqua registrate sia in occasione degli eventi dell'ottobre del 1970 che a quelle del recente ottobre 2014 quando l'acqua, straripando a monte dell'imboccatura della galleria, ha inondato il piano terra e i fondi dei fabbricati creando ingenti danni.

A seguito degli studi idraulici eseguiti e di un progetto preliminare è stata redatta, su incarico dell'Amministrazione comunale, la presente relazione geologica che ha pertanto lo scopo approfondire le conoscenze geologica dell'area per predisporre il progetto esecutivo e nel contempo per adempiere la normativa vigente con particolare riferimento:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, pubblicato nella G.U. del 4 febbraio 2008, n.29, "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e successive revisioni e aggiornamenti (NTC2018), testo normativo che raccoglie le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità con particolare riferimento alla puntuale valutazione della pericolosità sismica del territorio e quindi alle esigenze di una moderna progettazione sismoresistente delle opere di ingegneria civile ;
- "Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (Allegato al voto n.36 del 27.07.2007);
- DGR n.216 del 17.03.2017 "OPCM 3519/2006. "Aggiornamento classificazione sismica del territorio della regione Liguria"
- Leggi regionali in materia di pianificazione (PTCP)
- Legge Regionale in materia di vincolo idrogeologico N.4 del 12.1.99 - art. 34-35 con la '' Nota circolare'' R.L. 57382 del 6.05.91
- Variante al PTC bacini padani VBP delibera DCM del14,92,2018
- Regolamento urbanistico comunale (PUC) e relativa normativa geologica
- DGR n.1423 del 15/11/2013 Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo e DPR n.120 del 13/6/2017

Tenuto conto delle normative più sopra citata si è ritenuto di condurre a termine questa fase di indagini e rilevamenti mediante osservazione dirette di superficie, l'esecuzione di un sondaggio verticale e di 10 carotaggi orizzontali lungo la struttura tombinata oltre a indagini geofisiche necessarie per la costruzione di un primo modello geologico e sismico.

La caratterizzazione geologica e modellazione del sito ha comportato la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici strutturali, idrogeologici, geomorfologici e più in generale di pericolosità geologica del territorio. Essa è stata sviluppata in modo da costituire un utile elemento di riferimento per il progettista geotecnico e strutturista.

La stesura della presente relazione costituisce la elaborazione e l'interpretazione dei dati raccolti, con la documentazione della fattibilità ambientale dell'opera con relative indagini geologiche e idrogeologiche e della definizione del livello di pericolosità geologica. L'apporto geologico dovrà protrarsi con l'assistenza geologica in fase di progetto esecutivo con l'illustrazione delle problematiche emerse e delle verifiche analitiche in sede di apertura del cantiere.

1. 1 stato attuale

Allo stato attuale, in prossimità dell'abitato sulla sponda destra, il Camiasca si imbocca in una copertura lunga circa 50m e larga circa 6-7m costituita da una serie di manufatti più o meno autonomi, eseguiti in differenti epoche e per scopi diversi. Al di sopra di questa troviamo una via carrabile comunale e alcune aree utilizzate dai privati proprietari dei giardini confinanti. Procedendo lungo il torrente, da monte verso valle, si individua

1) una prima tombinatura in cemento non armato, realizzata nel 1959 come riportato sulla chiave della colta della copertura; essa è caratterizzata da una lunghezza di 18m con una volta a botte di larghezza di circa 6m e altezza interna pari a circa 3,1m e presenta delle spalle di altezza di 1,1m in cemento della larghezza di circa di 0,80m sporgenti di 16m rispetto alla volta. La copertura risulta su terreno demaniale, senza avere alcun nullaosta idraulico

2) Una seconda tombinatura ad arco ribassato realizzata in mattoni pieni della lunghezza di circa 23m e larghezza di circa 7m che appare eseguita in epoca precedente al tratto iniziale. Il fabbricato individuato dal map 469 appare realizzato in aderenza alla struttura muraria in mattoni (distaccato dalla spalla di circa 20-60cm). In sponda sinistra la struttura ad arco appare realizzata in aderenza e in continuità al fabbricato individuato al mappale 470

3) Nel tratto finale della tombinatura, circa 7m, si è riscontrata la presenza di due archi in pietra che fanno supporre all'originario attraversamento stradale su cui poggia l'attuale viabilità stradale di via degli alpini. La tombinatura termina con un arco in mattoni delle stesse caratteristiche della volta del secondo tratto.

4) La tombinatura ha termine a ridosso di uno scatolare in cemento armato di sezione quadrangolare, che sorregge la carreggiata della S.P. n. 10 e qui, senza soluzione di continuità, il torrente passa sotto una porzione di ponte più antico, una zona a cielo aperto e, infine, sotto un ponte di più recente costruzione, per poi sfociare nel torrente Scrivia con un salto pari a circa 3m

1.3.2. Descrizione degli interventi

Per la messa in sicurezza l'area della foce del rio Camiasca si rende necessario un intervento volto principalmente a modificare la configurazione della tombinatura che garantisca sia il passaggio dell'acqua di piena, sia le principali funzioni svolte oggi dalla copertura, in particolare il passaggio dei veicoli e dei pedoni .
In sintesi quindi la soluzione progettuale, che dovrà tenere conto delle indicazione emerse dallo studio geologico, ritenuta più efficace e dotata di maggiore grado di sicurezza, rispetto allo scenario attuale, dovrà prevede la realizzazione di un parapetto di protezione, la demolizione dei tre tratti di tombinatura e il rifacimento dei muri di argine.

Nel tratto in corrispondenza del mappale 359, le criticità sono in argine destro dove insiste un edificio che ha le fondazioni che costituiscono esse stesse argine al torrente. In questo caso la riprofilatura dell'alveo consentirà su questo lato un rivestimento se pur di modesto spessore (quasi un placcaggio) ma necessario per garantire condizioni di stabilità. Per ciò si renderà necessario recuperare l'ampiezza dell'alveo con lo spostamento dell'argine sinistro. Il muro d'argine in sponda sinistra, in questo tratto, sarà completamente rimosso e arretrato al fine di rendere la larghezza di questo tratto di torrente compatibile alle portate idrauliche richieste.

Dovrà essere posta particolare cura ed attenzione alla costruzione del muro d'argine destro, in sottomurazione all'edificio esistente (mapp.469), che dovrà essere eseguito "a campioni". Sarà necessaria una opera di rinforzo e consolidamento del tratto di muro d'argine/basamento al fine di impedire completamente che la demolizione della volta possa causare delle criticità nella struttura dell'edificio. Per la stabilità di tale muro, oltre alla realizzazione di un cordolo rinforzato mediante travi in acciaio (ancorate da pali a cavalletto ai lati del fabbricato – vedi sez. geol.9.1), è stata prevista la realizzazione di alcuni "sbadacchi" che diano contrasto con il muro d'argine nella spalla opposta.

Il fondo dell'alveo dovrà essere sistemato e regolarizzato verso valle a partire da monte del fabbricato individuato al map 359 e dovrà prevedere un abbassamento del fondo dell'alveo. Esso verrà tutto cementificato mediante costruzione di nuovi muri d'argine ed il fondo sagomato a forma trapezia in modo da consentire alle basse portate di scorrere con velocità tale da evitare la formazione di depositi di materiale. Il fondo sarà approfondito con le tecniche della demolizione controllata mediante macchinari ad utensile diamantato (segatrice diamantata) in uso nelle cave per l'estrazione dei blocchi ardesiaci; si eseguirà così il taglio nell'ammasso con lo scopo di "staccare" la porzione di roccia in posto dal basamento roccioso e renderla un'entità indipendente; successivamente, all'interno dei tagli verrà messo in opera un cuscino divaricatore idraulico necessario per lo spacco della roccia. Nell'eventualità non vi siano le modalità operative adatte al corretto utilizzo del cuscino idraulico verrà utilizzato un escavatore cingolato dotato di martello idraulico. Tale tecnica appare la meno invasiva nei riguardi degli edifici esistenti: l'uso di martelloni dovrà essere sempre evitato in quanto le vibrazioni potrebbero compromettere seriamente le condizioni statiche degli edifici limitrofi.
Tale operazione dovrà avvenire con la massima cautela e prudenza, soprattutto sotto il profilo delle vibrazioni, al fine di evitare sollecitazioni invasive che potrebbero arrecare squilibri alle strutture portanti dei fabbricati soprastanti e al contorno.

2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Nell'ambito dell'area interessata all'intervento sono presenti le seguenti formazioni, così identificate iniziando dalla più antica:

2.1 Unità tettoniche

L'Unità Ronco affiora in una fascia ad andamento NNE-SSO lungo il versante sinistro della Val Polcevera, che si estende da Sampierdarena fino al territorio comunale di Savignone, e si trova geometricamente compresa fra le unità tettoniche dell'Unità Montanesi e di quella dell'Unità Antola. Queste tre distinte unità sono costituite da successioni a flysch, con torbiditi a prevalenza arenacea e a prevalenza carbonatica, con un grado metamorfico basso o bassissimo. Queste unità costituite da flysch sono non metamorfiche o di basso grado metamorfico, il che indica che durante l'orogenesi alpina sono rimaste sempre a livelli strutturali piuttosto superficiali. Queste unità sono a loro volta accavallate sulle unità di grado metamorfico più elevato.Questo complesso impilamento di unità è ricoperto in discordanza dai depositi del Bacino Terziario Piemontese da conglomerati, una successione sedimentaria tardo eocenica-oligocenica, che all'interno del territorio comunale affiora a monte dell'abitato di Savignone.
Nella presenta trattazione viene esaminata la sola formazione di Ronco che affiora in maniera continua al di sotto della copertura oggetto di studio:

2.2. formazione di Ronco (ARO)

La formazione di Ronco è caratterizzata da un lieve metamorfismo ed è composta da torbiditi caratterizzate da alternanze di areniti fini, siltiti marnose ed argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici. Lo spessore, difficilmente quantificabile a causa delle pieghe sovrapposte, è ipotizzato da Marini (1998) tra 250 e 350 m, mentre Ellero (2000) riporta uno spessore apparente di circa 2000 m. La stratificazione è piano-parallela, e i meccanismi deposizionali più probabili sono torbiditi a bassa densità in cui prevalgono processi di trazione e decantazione, la stratificazione è piano-parallela, con sequenze incomplete di Bouma *tc-e* e *td-e*: l'ambiente di formazione è quindi attribuibile a una piana di bacino sovralimentata e/o a una frangia di conoide (Mutti & Ricci Lucchi, 1975). Lungo un allineamento grossolanamente N-S, da monte Vittoria a sant'Olcese circa, strati di arenarie quarzo-felspatiche alternate a torbiditi marnoso calcaree a base arenacea aumentano di spessore fino a potenze plurimetriche, con contemporanea riduzione degli interstrati argillosi.
Il contenuto paleontologico non molto significativo permette di datare la formazione all'Aptiano – Albiano e all'Albiano – Cenomaniano.

L'andamento della stratificazione è a reggippoggio: in corrispondenza di ogni sondaggio a carotaggio eseguito all'interno della condotta sono state rilevate le giaciture di strato dell'ammasso, che vengono riassunte nella tabella seguente con associata l'altezza tra il foro di sondaggio ed il tetto dell'affioramento corrispondente.

SONDAGGIO A carotaggio orizzontale	DIP DIRECTION	DIP	h (cm) dal piano dell'alveo
C1	80°	45°	100
C2	85°	52°	88
C3	80°	65°	87
C4	82°	45°	100
C5	100°	55°	65
C6	85°	51°	80
C7	75°	56°	50
C8	86°	56°	90
C9	80°	62°	70
C10	80°	55°	100

In tutte le unità tettoniche è stata riconosciuta una storia deformativa polifasica caratterizzata principalmente dalla sovrapposizione di più strutture plicative; le fasi deformative riconoscibili in questa formazione sono quattro.
La stratificazione lungo il rio presenta una direzione di immersione variabile da 80 a 100° con inclinazione variabile da 45° a 65°; gli spessori degli strati sono generalmente decimetrici mentre nella parte centrale si osservano per alcuni metri interstrati più argillitici con spessore centimetrino.

Alluvioni terrazzate
Depositi alluvionali posti a quote più elevate rispetto agli alvei attuali coperti da coltri colluviali. Sono costituite da livelli limo-sabbiosi con livelli basali di ciottoli e ghiaie.
Le prove HVSR interpretativa dei dati sismografici ci ha permesso di ipotizzare l'andamento del substrato al di sotto della coltre di copertura alluvione che presentano nell'area di intervento presentano spessori poco consistenti comunque non inferiori a 2m

3. IDROGEOLOGIA

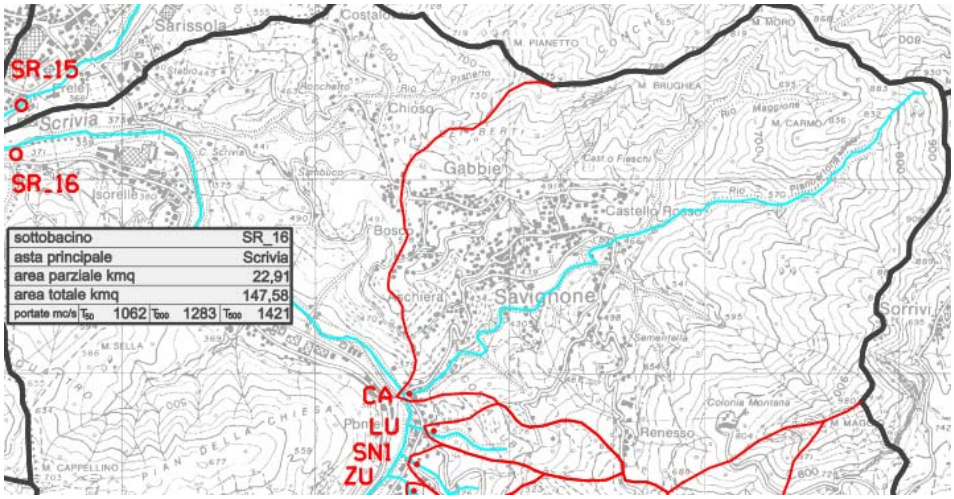
Le formazioni rocciose e i terreni descritti precedentemente presentano diverse caratteristiche di permeabilità:

* areniti fini, siltiti marnose ed argilliti poco permeabili, possono presentano localmente intensa fessurazione nelle quali si può riscontrare una circolazione di acqua. Nonostante ciò, possono costituire generalmente il substrato impermeabile di supporto ad una falda freatica;
* le coltri di copertura alluvionali sono da considerare permeabili per porosità con una circolazione idrica assai variabile dovuta al loro diverso spessore e alla variabilità della granulometria

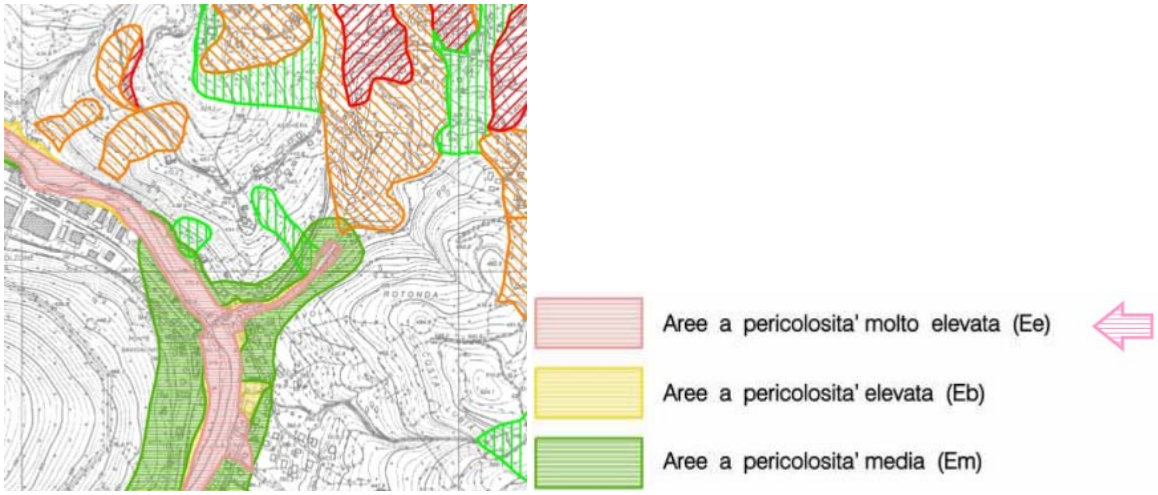
Il sondaggio approfondito fino a circa –4.5m dal p.c. non hanno individuato alcuna falda ma comunque si sono osservate impregnazioni idriche dovute probabilmente ad apporti sia di origine urbana che emergenze idriche a contatto tra coltre di copertura e il substrato; ciò è confermata dalla presenza specie in sponda sinistra di sbocchi di scarico e dalla venute di acqua osservate nei fondi del fabbricato individuato al map 470

Il bacino del rio Camiasca ha una superficie sottesa alla sezione di chiusura di Kmq 4,80 e presenta portate di piena al colmo di 88,7mc/sec con tempo di ritorno 50anni e di 128mc/sec per tempi di ritorno duecentennali.

Dal punto di vista geomorfologico il corso d'acqua scende da nord- est in una valle piuttosto incisa, dominata dalla presenza dei conglomerati nella parte alta della valle e da estese coltri detritiche originate dallo smantellamento dei conglomerati sovrastanti; queste coperture sono caratterizzate da dei corpi di frana in parte attive per la presenza al piede del rio di fenomeni erosivi che creano conseguenti apporti solidi in occasione di eventi alluvionali. L'alveo nel tratto finale prima di imboccare la tombinatura è per lo più naturale, con sponde prive di arginature e fondo in ciottoli e ghiaia con rocce affioranti; la larghezza dell'alveo è di variabile tra 3,5 e 4 metri e la pendenza è pari al 3% circa



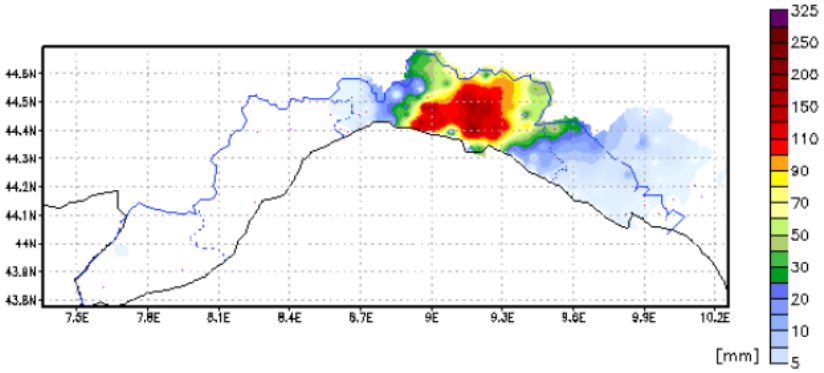
Il fondovalle del rio Camiasca nel punto di confluenza dello Scrivia presenta fattori di criticità dovuti al rischio idraulico come segnalato nella variante del 2010 al PTCP della Provincia di Genova, nella T2 - carta del dissesto troviamo che l'intera area di intervento ricade in "aree di pericolosità molto elevata Ee" per quanto riguarda le "esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio".



Numerosi eventi alluvionali anno hanno interessato il territorio comunale attraversato dal torrente Scrivia e in particolare quelli occorsi nel 1970, nel 1977, nel 1982 e quello più recente del 2014.

Uno dei più gravi è stato quello del 1979 quando nei giorni 8 e 9 di ottobre furono registrati valori pluviometrici fuori della norma, infatti a fronte dei 948mm registrati nelle 24 ore nella stazione di Bolzaneto, nel bacino dello Scrivia per lo stesso intervallo di tempo furono registrate altezze di pioggia notevoli di 500mm nella vicina in Val di Noci. Tali piogge generarono deflussi rilevanti che crearono la prima esondazione del rio Camiasca a seguito della realizzazione delle opere di tombinatura nel 1959 con tiranti di circa 70-80cm.

Le forti precipitazione registrate il giorno 9 ottobre del 2014 in Val Bisogno e valle Scrivia con una cumulata nelle 24 ore di 300mm, causate da un fenomeno temporalesco con spiccate caratteristiche di stazionarietà, ha portato ad una piena torrentizia con intensa attività erosiva lungo le aste del rio Camisasca determinando asportazione e trasporto di materiali detritici e vegetali accumulatisi lungo i versanti; la corrente di piena caricandosi di detriti, alberi e arbusti e rifiuti ha determinato un flusso che ha ostruito in parte la tombinatura provocando un sovralluvionamento e l'allagamento dei pianiterra dei fabbricati adiacenti alla tombinatura che furono invasi da acqua e fango.



Cumulated rainfall on 12 hours reported at 09:30 local time of October 10, 2014 by inverse distance squared weighted interpolation (modified from ARPAL net).

Il flusso delle acque ha oltrepassato la copertura attraversando i terreni e strade defluendo a valle della strada comunale invasa dall'acqua e dal materiale trasportato con tirante massimo di 2,4m (2.4m registrato presso il fabbricato al mapp 469 e 1,8m a monte presso il fabbricato al mapp. 354) nelle parti più depresse a piano strada e con tiranti maggiori nei cortili e nei locali interrati






Il filmato pubblicato su you tube da Andrea Savignone 1893 evidenzia il deflusso delle acque direttamente dalla strada comunale di via degli Alpini nello Scrivia

5. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le indagini geognostiche sono consistite in un sondaggio verticale a carotaggio continuo con martello fondo foro con sonda idraulica a rotazione Fraste PL che hanno permesso di ricostruire con buona approssimazione la stratigrafia e la situazione strutturale del sottosuolo in corrispondenza della sponda sinistra.

Il sondaggio è stato spinto fino al raggiungimento del substrato compatto, il foro è stato rivestito con tubo da diametro di 127mm nei primi metri di perforazione, il carotaggio è stato eseguito inizialmente con diam.127mm e quindi con 101mm fino a fondo foro. Il carotaggio in roccia è avvenuto con carotiere doppio diam=101mm impiegando sempre corone diamantate.

Per potere aver maggiori informazione sulla consistenza delle murature, sulle caratteristiche delle coltri e dei riempimenti e sulla presenza del substrato a monte delle spalle della copertura, si è ritenuto di eseguire n.10 carotaggi orizzontali per una lunghezza complessiva di 21,1m lungo le spalle del condotto utilizzando una carotatrice elettrica Cardi modello T6 375-ELA1 da 3420W e 230 volt.
il foro è stato rivestito con tubo da 80mm nei primi metri di perforazione, il carotaggio è stato eseguito inizialmente con diametro=80mm e quindi con 66mm fino a fondo foro.
Tutte le carote estratte sono state alloggiate in cassette catalogatrici, con relative quote di prelievo (vedi allegato fotografico). Dall'esame delle carote prelevate si sono potuti definire i seguenti strati e livelli stratigrafici più significativi riportati nelle sezioni geologiche in allegato e di seguito descritti:

5.1. Colonna stratigrafica

Sondaggio S1

	Profondità dal p.c	Spessore strati	Tipo di terreno
1	0.0 ÷ 1,0	1.0	Riporti (ciottoli,calcinacci,mattoni) con presenza impregnazioni idriche
2	1.0÷ 3-00	2.00	Limi argillosi con ghiaia (riporti)
3	3.00 ÷ 4.60	4.60	Substrato

Un prima indicazione circa lo stato di addensamento dello strato dei livelli alluvionali può venire dedotto dai risultati delle prove SPT in foro; infatti i valori di Nspt possono essere utilizzati solo per una classificazione orientativa dei terreni. Vengono riportati i valori Spt ricavabili dal sondaggio a diverse profondità e così sintetizzati:

SOND. N.	Profondità dal p.c		Tipo di terreno	Punta	Colpi SPT	N_{SPT}
S1	1.00-1.45m		(materiali rimaneggiati)	Aperta Lunghezza campione 16cm	**1-11-6**	**8**
S1	2.0-2.45m		Limi argillosi e ghiaia fine	chiusa	**1-11-8**	**9**

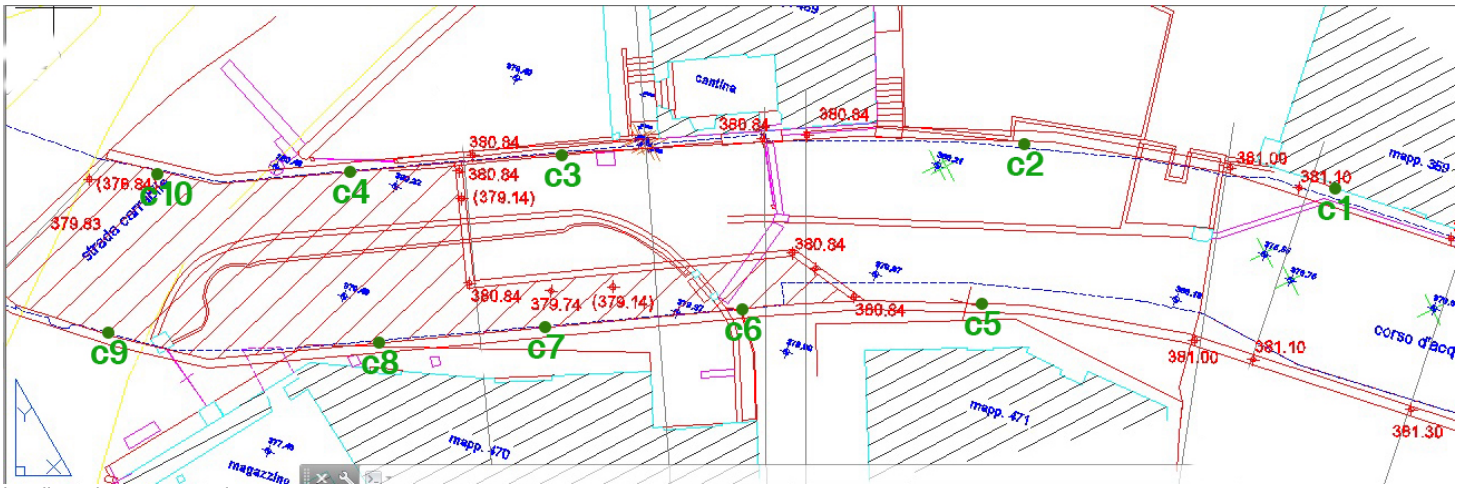
Il valori del numero di colpi per 30.5cm di penetrazione (il primo approfondimento di 15cm è di impostazione e il secondo di 30,5cm rappresenta la prova in due tratti) indicano che i materiali limosi sono da ritenere sciolti secondo per valori di 4<Nspt<10 fino a una profondità di circa 3m dal p.c.

5.2. Carotaggi orizzontali

Le caratteristiche di ogni singolo carotaggio sono state così sintetizzate in tabella:

carotaggi	**Distanza**	**altezza**	**Diametro carotatrice**	**Lunghezza carotaggio**	**Posizione**	**stratigrafia**	**note**
C1	**4.2m** a monte dell'imbocco della galleria e 2.2m dallo spigolo del fabbricato	**1.0m**	**80mm**	**1,5m**	Sponda destra	**0.0-0-65** muro in pietra con legante malta e cemento con sabbia di fiume **0-65-0.90** terreno bruno grigiastro con ghiaia fine **0.90-1.50** terreno con rari ciottoli	Arresto del carotaggio per contrarietà del proprietario
C2	**8.5m** dal – l'imbocco galleria	**0.88m**	**80mm** **80-66mm** **66mm**	**2,7m**	Sponda destra	**0.0-0.4** muro in cemento senza ferri **0.4-1,2** pietre e ghiaia di drenaggio **1.2-2.4** terreno con rari ciottoli e riporti **2.4-2.70** roccia alterata e fratturata	Muro sporge di 16cm Larghezza totale del spalla dell'arco muro 56 cm
C3	**28m** dal- l'imbocco	**0.87m**	**80mm**	**2,60m**	Sponda destra	**0.0-0.8** muro in pietra **0.8-2.3** ghiaia e pietre di drenaggio con terreno di riporto **2.3-2,60** roccia fratturata	Spalle arco mattoni

	Distanza	carotaggi	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C4	**36.4m** dal-l'imbocco	**1,0m**	**80mm**	**1,50m**	Sponda destra	**0.0-0.5** muro in pietra **0.5-1.0** pietre e ghiaia di drenaggio i **1.0-1,50** roccia fratturata	Spalle arco mattoni
C5	**8,6m** dal bordo copertura	**0,65m**	**80mm** **66mm**	**2,6m**	Sponda sinistra	**0.0-0.8** muro in cemento senza ferri **0.8-1.2** pietre e ghiaia di drenaggio **1,2- 1,6** terreno con rari ciottoli e riporti **1.6-2,60** roccia alterata e livelli argillitici non campionabili	Muro sporge di 16cm Larghezza totale del spalla 56 cm
C6	**19.7m** dal-l'imbocco	**0.8m**	**80mm** **66mm**	**2.50m**	Sponda sinistra, inizio arco ribassato in mattoni	**0.0-0.6** muro in pietra **0.6-1.1**pietre e ghiaia di drenaggio **1.1-1,5** terreno alluvionale e riporti **1.5-2,50** roccia alterata	Spalle galleria arco in mattoni
C7	**27m** dal-l'imbocco	**0,5m**	**80mm** **66mm**	**2.10 m**	Sponda sinistra, inizio arco ribassato in mattoni	**0.0-1.0**muro in pietra **1.0-2.0** ghiaia di drenaggio **2-2.1** roccia fratturata	
C8	**34.2m** dal-l'imbocco	**0,9m**	**80mm** **66mm**	**1.70 m**	Sponda sinistra, inizio arco ribassato in mattoni	**0.0-0.8**muro in pietra **0.8-1.0**pietre e ghiaia di drenaggio **1.0-1,2** terreno alluvionale e riporti **1.2-1.70** roccia fratturata	
C9	**46m** dal-l'imbocco	**0.7m**	**80mm**	**2.00m**	Sponda sinistra	**0.0-1.5** muro in pietra con legante malta con sabbia di fiume **1.5-2** roccia	Arco di via alpini d'Italia
C10	**45.8m** dal-l'imbocco	**1.0m**	**80mm**	**3.00m**	Sponda destra	**0.0- 3.00** muro in pietra con legante malta con sabbia di fiume	Arco di via alpini d'Italia



localizzazione carotaggi

5. INDAGINI GEOFISICHE

Si è proceduto alla realizzazione di una nuova campagna geognostica consistita nell'esecuzione di **Indagini sismiche** il cui scopo è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofìsiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (Vp), velocità delle onde trasversali S (Vs) e i relativi parametri elastici. Questa indagine è consistita in:

1) *analisi spettrale delle onde di superficie MASW:* ha consentito di stimare il parametro sismico Vs30 necessario per definire il tipo di categoria del sottosuolo secondo le indicazioni della normativa sismica. La prova è stata eseguita su roccia subaffiorante, sul solo terreno su cui poter eseguire una stesa minima a monte del fabbricato individuato al mapp. 359 in sponda destra
2) *rapporto spettrale HVSR a stazione singola:* ha permesso una valutazione attendibile della frequenza fondamentale del sito. Le informazioni permettono di validare il modello del sottosuolo nel suo complesso Sono state eseguite tre prove due in sponda destra in corrispondenza dei fabbricati e uno in sponda sinistra dove à stato eseguito il sondaggio geognostico (vedi Tav.2 planimetria)

I profili effettuati hanno dato risultati reciprocamente compatibili e correlabili tra loro. L'impiego congiunto della tecnica MASW e della misura HVSR ha permesso una migliore definizione della struttura sismostratigrafica del sottosuolo contribuendo a eliminare eventuali incertezze insite nell'impiego di una sola tecnica geofisica. Vengono di seguito esposte le risultanze delle indagini eseguite .

5.1 Indagine sismica

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 7 Kg battente verticalmente su piastra circolare del diametro di 25 cm posta direttamente sul terreno per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito in questo caso da 11 geofoni frequenza propria 4.5 Hz (masw), ovvero dei trasduttori di velocità grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio d onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: sismografo a trasmissione digitale del segnale costituito da unità miniaturizzate e indipendenti distribuisce l'elettronica lungo tutto lo stendimento. Dispone di 127 dB di dinamica a qualsiasi frequenza di campionamento, con memoria dinamica a 64KBytr, frequenza da 200 a 20000Hz;
- un sistema di trigger: innesca la registrazione nel preciso istante in cui avviene un'energizzazione e fissa l'inizio della registrazione.

Lo strumento utilizzato è il sismografo *Do.Re.Mi*. della ditta *Sara elettronic instruments s.r.l.* di Perugia. Il softwere per l'acquisizione dei dati sismici è stato fornito dalla ditta costruttrice dello strumento.

5.1.1 Indagine MASW e REMI con metodo-programma MASW (Roma,2002)

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo *attivo* e metodo *passivo* o in combinazione di entrambi come nel nostro caso. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto della superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori; nel caso del metodo passivo si registra un segnale di maggior durata generato da qualsiasi attività antropica o solo dal rumore ambientale di fondo esistente, lo stendimento nel nostro caso è stato di tipo lineare.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 10Hz e 70Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m in funzione della rigidezza del suolo e delle caratteristiche della sorgente; il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0Hz e 10Hz, quindi dà informazione su strati più profondi del suolo generalmente al di sotto di 50m.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno sempre riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20° sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche. La metodologia utilizzata consiste in tre fasi:

• calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento, energizzando uno dei due estremi dello stendimento;
• calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001)
• calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998)
• Individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vsv, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vsv e di compressione Vp (o in alternativa il coefficiente di Poisson *v*)), la densità di massa *p* degli strati che costituiscono il modello del suolo fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità Vs trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (V. Roma. 2007) e l'acquisizione è stata eseguita lungo uno stendimento utilizzando 11 geofoni da 4.5 Hz secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

PARAMETRI CONFIGURAZIONE SISMICA MASW –RE.MI		
	Metodo attivo MASW	Metodo passivo RE.MI.
Orientazione	NE-SW	NE-SW
Dislivello altimetrico tra gli end-shot	0m	0m
Lunghezza stendimento ricevitori	20m	20m
Numero geofoni	11	11
Distanza intergeofonica	2m	2m
Numero punti energizzazione dal punto estremo	1	Nessuno
Distanza dal Off-set sorgente	2-4m	Nessuno
Durata / lunghezza acquisizione	2 -4sec	30 sec
Intervallo di campionamento	500 micro sec	2 micro sec
Massima frequenza campionabile	2000-3000 Hz	500 Hz

Per valutare la validità delle ipotesi di monodimensionalità (strati piani e paralleli) sono state eseguite più acquisizioni con diversa durata di acquisizione.

Durante la fase di acquisizione della prova MASW si sono eseguiti diversi shots esterni a 2-4m per valutare la stabilità della curva dispersione sperimentale apparente, necessaria per verificare l'assenza di eccessive variazioni laterali e fondamentale prima di eseguire la fase di inversione 1D. Sono state acquisiti i microtemori (Re.Mi) ambientali effettuando più registrazioni di 30sec con frequenza di 500Hz. 'elaborazione dei segnali Masw e ReMi è eseguita nel dominio della frequenza, analizzando l'acquisizione in termini di energia attraverso lo spettro f-k (vedi allegato 2). Le curve di dispersione ottenute dalle registrazione con il metodo attivo e passivo sono state combinati in modo da ottenere una curva di dispersione complessiva.

Il processo di inversione, condotto sulla curva di dispersione più significativa e meglio definita nel tratto per frequenze comprese tra 15 e 50Hz è stato eseguito manualmente vincolando la scelta del modello numerico ai dati acquisiti ed accettando soluzioni con errore medio inferiore o uguale al 7% sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente. La tabella di seguito riportata rappresenta il modello geofisico suddiviso nelle diverse unità geofisiche e rappresenta la soluzione ritenuta più attendibile dell'inversione della curva di dispersione sperimentale ottenuta dal sito analizzato.

Per valutare la validità delle ipotesi di monodimensionalità (strati piani e paralleli) sono state eseguite più acquisizioni con diversa durata di acquisizione.

Unità strato	Spessore (m)	Prof. (m)	Coeff. Poisson	Densità (kg/m^3)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	falda	Note interpretative
U1	2	-2	0.2	2300	1497	2445	------	Terreno agricolo e roccia
U2	6	-8	0.2	2400	1497	2445	------	Roccia stratificata
U3	4	-12	0.2	2500	1503	2454	------	Roccia stratificata
U4	4	-16	0.2	2500	1436	2345	------	Roccia stratificata
U5	5	-21	0.2	2500	1658	2708	------	Roccia stratificata
U6	5	26	0.2	2500	1571	2565		Roccia stratificata
U7	6	-32	0.2	2500	1699	2774	------	Roccia stratificata
		-oo	0.2	2500	1416	2312	------	Roccia stratificata

Il calcolo del *Vs 30 equivalente* come previsto dalle nuove norme corrisponde a 1550 m/sec

5.1.2.Indagine sismica passiva HVSR a stazione singola

La sismica passiva a stazione singola è una tecnica di esplorazione del sottosuolo nata negli anni '50 e si è diffusa in campo applicativo solo negli anni '90 grazie al metodo di Nakamura (1989). La tecnica consiste nel registrare il microtemore sismico ambientale in sito (oscillazioni continue di piccola ampiezza nel suolo originate dalla sovrapposizione di effetti generati da sorgenti naturali e disturbi artificiali) per diversi minuti tramite strumenti (n.3 velocimetri) opportunamente sensibili.

Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Per questo motivo la prova assume anche la denominazione di prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o prova “di Nakamura”.

L’esito di queste prove è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (Tav. 3.1-3.4-3.7). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. Solo quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1.

Le registrazioni dei microtemori presente in questo studio sono state eseguite con geofono 3D-4.5Hz ed elaborate secondo le linee guida SESAME utilizzando il *Software Geopsy* . L’alogaritmo è basato su una selezione automatica delle finestre d’analisi (anti –trigger) al fine di mantenere la parte stazionaria del segnale. Le registrazioni di almeno 20 minuti sono state selezionate le finestre di durata di 24-25sec delle quali ne sono state utilizzate almeno 10 per l’analisi.

La tecnica HVSR nel nostro caso è impiegata principalmente per determinare la **frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo**, ma può essere utilizzata come elementi di supporto ad altre indagini stratigrafiche e per stimare gli spessori degli strati sedimentari per la stima della Vs30. Nell’area di studio la frequenza di picco caratteristica del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle frequenze di **25.4 Hz** è associabile al presenza di livelli alluvionali e riporti (circa 2,3-2,4m di profondità) in sponda destra mentre la frequenza di **49 Hz** evidenzia la presenza del substrato a modesta profondità (circa 1.4m)

Con il programma GeoExplorer HVSR è stato possibile eseguire la ricerca o *fitting* manuale del profilo stratigrafico che meglio si adatta ai dati di campagna. Infatti si è potuto modellare la curva di ellitticità corrispondente al profilo stratigrafico (curva sintetica) e compararla, sovrapponendola, con la curva sperimentale ottenuta elaborando i dati dell’indagine HVSR .

A tal fine, disponendo di un modello del sottosuolo, si sono definiti i parametri dei singoli strati (spessore, velocità delle onde S e P, densità) come riportati in tabella:

HVRS n.1

numero strati	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (kg/m^3)	H(m)
1	350	210	1850	2.4
2	1620	1100	2400	30
3	1700	1100	2500	>32.4

HVRS n.2

numero strati	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (kg/m^3)	H(m)
1	345	200	1900	2.3
2	1200	900	2400	30
3	1200	1000	2500	>32.3

HVRS n.3

numero strati	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (kg/m^3)	H(m)
1	400	235	1900	1.4
2	1200	900	2400	30
3	1200	1000	2500	>31.4

Ciò ci ha permesso di ricavare un profilo di Vs utile a stimare la rigidità media degli strati e pertanto si può ritenere che il sottosuolo sia ad una profondità di circa 2,3-2.4 in sponda destra e circa 1.4 in sponda sinistra (spessore inferiore rispetto al carotaggio S1 in quanto la prova è posizionata più a monte del sondaggio S1)

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1 Rilevamento geomeccanico

E' stato effettuato un rilievo geomeccanico sugli affioramenti individuati all'interno del tratto di canale oggetto di intervento, ubicati come indicato nella planimetria di Tav.2, per valutare l'assetto e la qualità dell'ammasso roccioso. Come accennato in precedenza trattasi del Flysch di Ronco dove possono essere distinte marne calcareee, calcari marnosi in subordine calcareniti ed infine argilliti come sottili intercalazioni.

Si è proceduto ad effettuare due stazioni di rilievo, denominate A e B, e posizionate la prima in sponda sinistra a circa 13m dall'imbocco a monte mentre la seconda sul tratto finale della sponda destra in corrispondenza del tratto finale della copertura secondo un allineamento di lunghezza pari a 5 metri.
Sono state individuate alcune superfici di discontinuità oltre alla stratificazione, e si è constatata inoltre la presenza di un certo numero di fratture indipendenti.
Tali giaciture[1] sono state rappresentate su un reticolo di Schmidt, prima per grandi cerchi poi per poli, al fine di individuare le famiglie di discontinuità

1 Clar's notation (azimuth della linea di massima pendenza / inclinazione rispetto all'orizzontale)





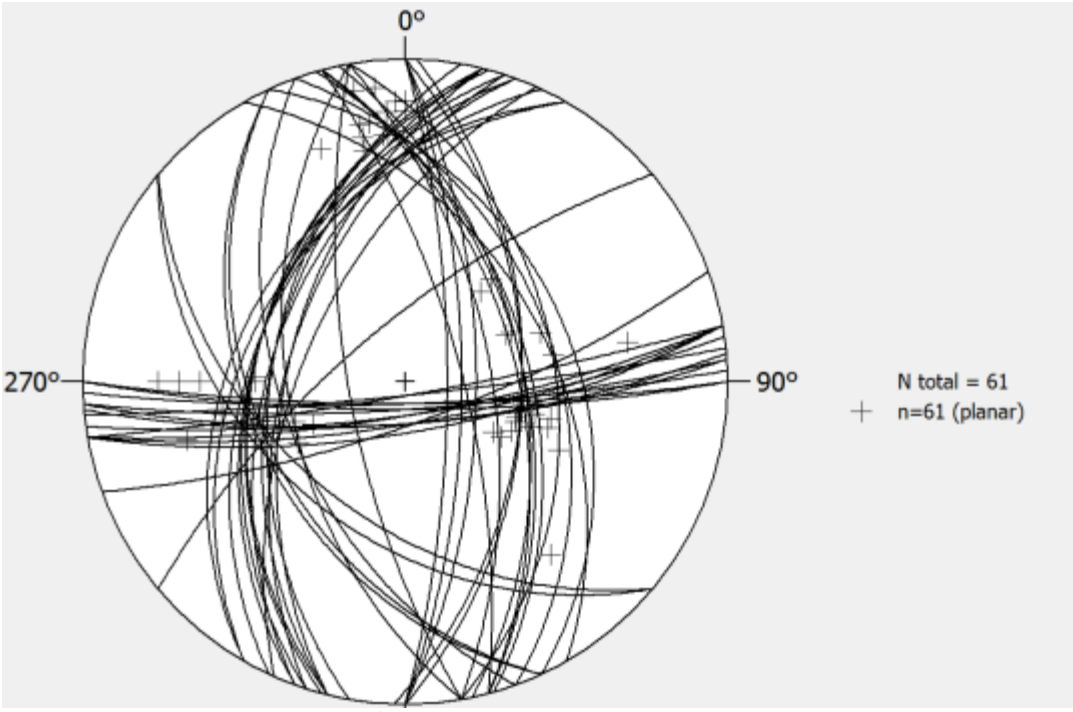
rilievo stazione A sponda sinistra *Misura sclerometrica*

Stazione A

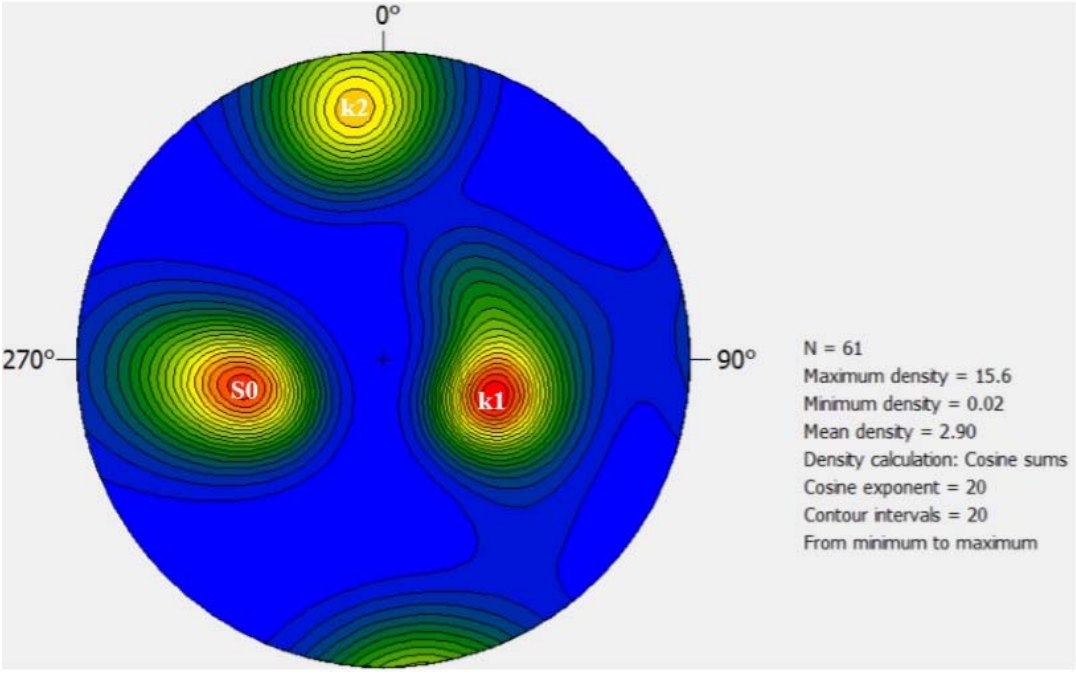
No:	Azimut:	Dip/Plunge:	Type:	Mark:	Comment:
1:	80.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
2:	80.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
3:	300.00	35.00	Planar	1:	//great circle//
4:	290.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
5:	320.00	70.00	Planar	1:	//great circle//
6:	176.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
7:	170.00	72.00	Planar	1:	//great circle//
8:	92.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
9:	90.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
10:	90.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
11:	260.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
12:	284.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
13:	284.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
14:	280.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
15:	260.00	70.00	Planar	1:	//great circle//
16:	170.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
17:	170.00	78.00	Planar	1:	//great circle//
18:	174.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
19:	176.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
20:	290.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
21:	285.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
22:	65.00	35.00	Planar	1:	//great circle//
23:	74.00	48.00	Planar	1:	//great circle//
24:	75.00	52.00	Planar	1:	//great circle//
25:	75.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
26:	75.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
27:	75.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
28:	74.00	48.00	Planar	1:	//great circle//
29:	80.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
30:	78.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
31:	80.00	60.00	Planar	1:	//great circle//

No:	Azimut:	Dip/Plunge:	Type:	Mark:	Comment:
32:	290.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
33:	288.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
34:	290.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
35:	250.00	48.00	Planar	1:	//great circle//
36:	245.00	38.00	Planar	1:	//great circle//
37:	245.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
38:	245.00	38.00	Planar	1:	//great circle//
39:	180.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
40:	178.00	82.00	Planar	1:	//great circle//
41:	180.00	82.00	Planar	1:	//great circle//
42:	70.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
43:	60.00	42.00	Planar	1:	//great circle//
44:	90.00	70.00	Planar	1:	//great circle//
45:	75.00	70.00	Planar	1:	//great circle//
46:	300.00	35.00	Planar	1:	//great circle//
47:	300.00	38.00	Planar	1:	//great circle//
48:	295.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
49:	288.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
50:	290.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
51:	284.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
52:	294.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
53:	175.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
54:	160.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
55:	170.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
56:	172.00	78.00	Planar	1:	//great circle//
57:	220.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
58:	220.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
59:	90.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
60:	90.00	65.00	Planar	1:	//great circle//
61:	90.00	75.00	Planar	1:	//great circle//

numero di discontinuità rilevate lungo l'allineamento di riferimento ─



rappresentazione delle discontinuità mediante tracce ciclografiche –



rappresentazione delle discontinuità mediante distribuzione di densità dei poli -

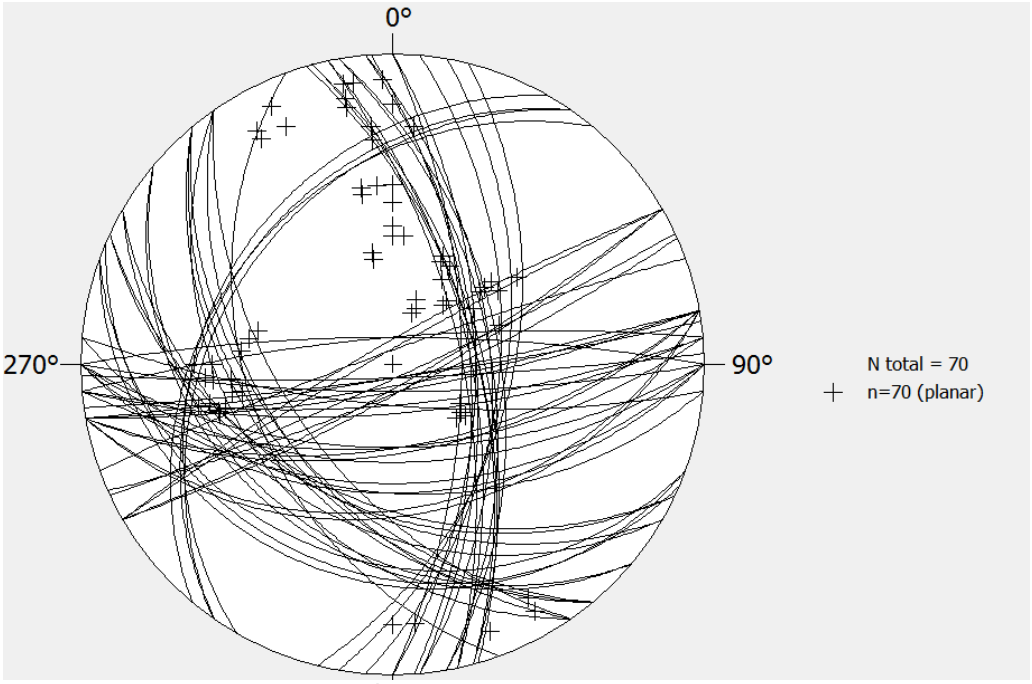
discontinuità	***dip direction***	***dip***
S0 (strato)	78°	50°
k1	288°	42°
k2	174°	80°

Stazione B

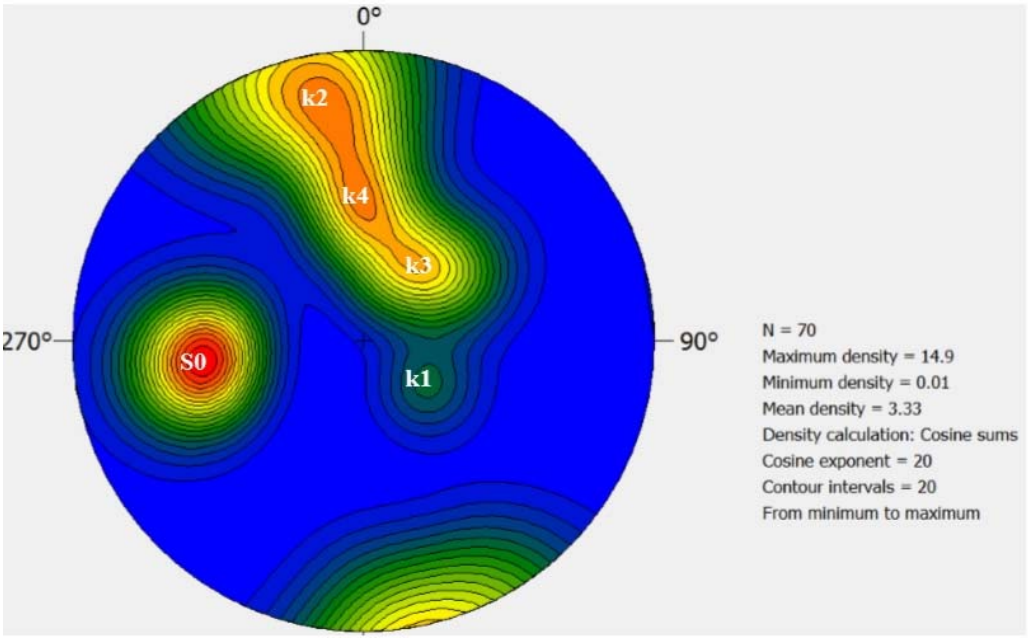
No:	Azimut:	Dip/Plunge:	Type:	Mark:	Comment:
1:	74.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
2:	78.00	65.00	Planar	1:	//great circle//
3:	78.00	62.00	Planar	1:	//great circle//
4:	78.00	62.00	Planar	1:	//great circle//
5:	90.00	65.00	Planar	1:	//great circle//
6:	75.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
7:	85.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
8:	90.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
9:	155.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
10:	156.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
11:	85.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
12:	80.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
13:	185.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
14:	170.00	58.00	Planar	1:	//great circle//
15:	170.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
16:	175.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
17:	180.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
18:	180.00	48.00	Planar	1:	//great circle//
19:	180.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
20:	200.00	20.00	Planar	1:	//great circle//
21:	200.00	25.00	Planar	1:	//great circle//
22:	203.00	22.00	Planar	1:	//great circle//
23:	210.00	35.00	Planar	1:	//great circle//
24:	210.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
25:	205.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
26:	205.00	42.00	Planar	1:	//great circle//
27:	180.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
28:	172.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
29:	170.00	82.00	Planar	1:	//great circle//
30:	180.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
31:	340.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
32:	170.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
33:	180.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
34:	220.00	30.00	Planar	1:	//great circle//
35:	220.00	28.00	Planar	1:	//great circle//

No:	Azimut:	Dip/Plunge:	Type:	Mark:	Comment:
36:	330.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
37:	330.00	82.00	Planar	1:	//great circle//
38:	178.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
39:	175.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
40:	175.00	72.00	Planar	1:	//great circle//
41:	80.00	52.00	Planar	1:	//great circle//
42:	80.00	55.00	Planar	1:	//great circle//
43:	75.00	58.00	Planar	1:	//great circle//
44:	170.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
45:	170.00	38.00	Planar	1:	//great circle//
46:	185.00	75.00	Planar	1:	//great circle//
47:	305.00	30.00	Planar	1:	//great circle//
48:	300.00	28.00	Planar	1:	//great circle//
49:	305.00	32.00	Planar	1:	//great circle//
50:	310.00	30.00	Planar	1:	//great circle//
51:	104.00	48.00	Planar	1:	//great circle//
52:	95.00	52.00	Planar	1:	//great circle//
53:	100.00	50.00	Planar	1:	//great circle//
54:	0.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
55:	355.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
56:	235.00	35.00	Planar	1:	//great circle//
57:	235.00	52.00	Planar	1:	//great circle//
58:	235.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
59:	180.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
60:	150.00	82.00	Planar	1:	//great circle//
61:	150.00	80.00	Planar	1:	//great circle//
62:	170.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
63:	170.00	85.00	Planar	1:	//great circle//
64:	250.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
65:	230.00	45.00	Planar	1:	//great circle//
66:	180.00	60.00	Planar	1:	//great circle//
67:	230.00	40.00	Planar	1:	//great circle//
68:	230.00	42.00	Planar	1:	//great circle//
69:	86.00	62.00	Planar	1:	//great circle//
70:	85.00	60.00	Planar	1:	//great circle//

numero di discontinuità rilevate lungo l'allineamento di riferimento



rappresentazione delle discontinuità mediante tracce ciclografiche



rappresentazione delle discontinuità mediante distribuzione di densità dei poli –

discontinuità	***dip direction***	***dip***
S0 (strato)	82°	58°
k1	300°	30°
k2	170°	80°
k3	220°	35°
k4	178°	55°

Il substrato in affioramento, nei due tratti campione indagati (iniziale sponda sinistra e terminale sponda destra della tombinatura), presenta quindi una buona omogeneità nell'assetto geostrutturale, mantenendo una disposizione degli strati pressochè costante:

stratificazione: 78/50 e 82/58

e riproponendo sostanzialmente gli stessi set di discontinuità, benchè leggermente variabili, presumibilmente a causa di disturbi tettonici di basso grado.

Si evidenzia la presenza di una zona intermedia alla base della sponda destra che risulta caratterizzata da un minore spaziatura delle discontinuità di strato, dell'ordine di qualche centimetro, rispetto ad una media negli altri settori di 20-25 cm.

I giunti sono quasi in tutti i casi osservati sigillati o mineralizzati, e la roccia benchè fittamente stratificata si presente compatta e senza manifestazioni idriche degne di nota, per cui si suggerisce di considerarla in condizioni asciutte o di semplice umidità.

La stima del valore di RQD (Rock Quality Designation Index) dell'ammasso roccioso nel suo complesso è stata ottenuta mediante la relazione di Palmstrom (1982):
RQD = 115 - 3.3 Jv

dove Jv = 1/S1 + 1/S2 + 1/S3 + ... (con S_i spaziatura del sistema i-esimo)
e mediante la relazione di Priest e Hudson (1981):
RQD = (100 e $^{-(N\lambda)}$) (Nλ+1)
dove λ = numero medio di giunti per metro ed N = 0.1.

Ne è derivato un valore di RQD = 49 % ÷ 65.5 %, a seconda di variazioni locali nelle spaziature delle famiglie di giunti tra un settore investigato e l'altro. l grado di continuità effettuato sui campioni estratti dal sondaggio definito dal valore RQD appare leggermente più alto e raggiunge più del 70%. (71% tra 3 e 4m e 75% tra 4 e 4,6m)

Per una valutazione della resistenza a compressione uniassiale sono stati eseguiti test in sito sull'ammasso roccioso, sia in affioramento che su alcune carote del sondaggio geognostico, mediante apposito sclerometro da roccia, i cui risultati sono indicati nelle figure che seguono.
Seppur da considerarsi solo in via indicativa, forniscono informazioni sul modulo di Young e soprattutto sulla resistenza a compressione uniassiale, calcolata secondo due approcci differenti (anche per gli esiti). Vengono stimati tali parametri sia per il substrato di migliori caratteristiche, che descrive la situazione media del comparto, che per le porzioni afferenti quella zona ristretta in sponda destra descritta in precedenza.

substrato di migliori caratteristiche

HR test - GeoHammer "L type"



HR min	25
HR med	32
HR max	40

ln (E) (in GPa) = - 8.967 + 3.091 x ln (HR) ± 0.101 **(Modulo di Young)**

	E (GPa)	E (MPa)
min	2.67 ± 0.10	2671
med	5.72 ± 0.10	5729
max	11.4 ± 0.10	11419

ln (U) (in MPa) = 0.792 + 0.067 (HR) ± 0.231 **(Res. Compr. Uniax)**

	U (Mpa)
min	11.7 ± 0.231
med	18.8 ± 0.231
max	32.2 ± 0.231

Valutazione delle proprietà meccaniche della roccia per mezzo dello sclerometro

O. Katz - *Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Israele*
Z. Reches - *Geological Survey of Israel, Israele*
J.-C. Roegiers - *Rock Mechanics Institute, University of Oklahoma, U.S.A.*

Relazione di Miller (1965):

$Log_{10}JCS(MPa) = 0.00088\ \gamma\ R + 1.01$

Dove:

γ = peso di volume della roccia (24.5 kN/m^3 = 2.5 t/m^3);

R = indice dello sclerometro.

HR min	25
HR med	32
HR max	40

(C_o) - resistenza a compressione monoassiale :

	(MPa)
min	35.3
med	50.1
max	74.5

substrato di peggiori caratteristiche

HR test - GeoHammer "L type"



HR min	8
HR med	14
HR max	19

ln (E) (in GPa) = - 8.967 + 3.091 x ln (HR) ± 0.101 **(Modulo di Young)**

	E (GPa)		E (MPa)
min	0.08	± 0.10	80
med	0.44	± 0.10	445
max	1.14	± 0.10	1144

ln (U) (in MPa) = 0.792 + 0.067 (HR) ± 0.231 **(Res. Compr. Uniax)**

	U (Mpa)	
min	3.77	± 0.231
med	5.64	± 0.231
max	7.88	± 0.231

Valutazione delle proprietà meccaniche della roccia per mezzo dello sclerometro

O. Katz - *Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Israele*
Z. Reches - *Geological Survey of Israel, Israele*
J.-C. Roegiers - *Rock Mechanics Institute, University of Oklahoma, U.S.A.*

Relazione di Miller (1965):

$Log_{10}JCS(MPa) = 0.00088\ \gamma\ R + 1.01$

Dove:

γ = peso di volume della roccia (24.5 kN/m^3 = 2.5 t/m^3);

R = indice dello sclerometro.

HR min	8
HR med	14
HR max	19

(C_o) - resistenza a compressione monoassiale :

	(MPa)
min	15.2
med	20.5
max	26.2

Analizzando il substrato secondo la classificazione di Bieniawski se ne deduce mediamente una *Classe III Discreta*.

		Intervallo	Coeff.
1. Compressione semplice	*Qu (Mpa)*	5 - 25	2
2. RQD	*RQD calcolato*	50 - 75	13
3. Spaziatura dei giunti	*Spaziatura (mm)*	60 - 200	8
4. Condizioni dei giunti	*Continuità (m)*	> 20 m	0
	Apertura(mm)	0,1 - 1 mm	4
	Scabrezza	Lievemente scabri	3
	Riempimento	Duri<5 mm	4
	Alterazione	Moderata	3
5. Condizioni idrauliche	*Situazione generale*	Umido	10
RMRbase	*47*		
Classe	*III - Roccia discreta*		

Coltre alluvionali

Le alluvioni hanno caratteristiche geotecniche a causa della composizione da variabile da limo-argillosa più superficialmente passando a ghiaie e sabbie con la profondità. Dall'esame dei dati ricavati anche dalle prove SPT eseguite si possono valutare i seguenti parametri geotecnici per i livelli più superficiali:

Livello terroso (terreno agrario) assimilabile a limi-argillosi (m 0-1)

- angolo di attrito ..... 21°-24°
- peso di volume ..... 1.8-1.9 Ton/mc

Livelli alluvionali sabbie e ghiaie-limose (m 1-2m)

- N colpi SPT ..... (8-9)
- angolo di attrito ..... 26°-28°
- peso di volume 1.9Ton/mc

Caratterizzazione sismica

Per quanto riguarda i parametri sismici da assegnare al suolo di fondazione si deve fare riferimento all'aggiornamento della Regione Liguria che con deliberazione n. *1362 del 19/11/2010* ha modificato la classificazione sismica del territorio della Regione allegata alla *DGR n. 1308 del 24.10.2008*; quest'ultima già sostituiva la classificazione sismica di cui all'allegato 1 della DGR n.530 del 16.05.2003 che faceva riferimento alle tabelle elaborate sulla base delle norme tecniche di cui alla O.P.C.M. n. 3274.

La Giunta della Regione Liguria con delibera n. 216/2017 ha aggiornato la classificazione delle zone sismiche.. Le risultanze della nuova zonizzazione, frutto dello studio commissionato al DISTAV dell'Università di Genova, relativo all'analisi della pericolosità sismica regionale ha visto la reintroduzione della zona 2 e il reinserimento in zona 3 dei Comuni di Genova e Savona.

I risultati sono rappresentati attraverso mappe di pericolosità sismica, espresse in termini di *Peak Ground Acceleration* (PGA) su roccia per i periodi di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e 975 anni (probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni), corrispondenti allo Stato Limite della Vita (SLV) e Stato Limite di Collasso (SLC).
Il territorio comunale viene classificato in **zona 3** (bassa pericolosità).

Con l'entrata in vigore del Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio di sito dipendente e l'azione sismica di progetto viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito. Per definire l'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle cinque categorie di sottosuolo di riferimento (tab 3.2.II del NTC).

Per definire l'azione sismica di progetto si può fare riferimento al modello geofisico-sismico misurato (misura MASW) che ha permesso di definire la situazione monodimensionale più sfavorevole dal punto di vista dei fenomeni di amplificazione stratigrafica assegnando al parametro $\mathbf{V_{s30}}$ un valore di **1550m/sec** e pertanto si può ritenere che il sottosuolo possa essere classificato come di **tipo A** .

I coefficienti sismici elaborati secondo il programma *Geostru Softwere* sono riportati in Allegato 4 in relazione al sito in esame che presenta le seguenti caratteristiche:

Localizzazione sito	latitudine	44° 33’ 24,42“
	longitudine	8° 58’ 49,51”
Tipo di costruzione	Opere ordinarie	2
Vita nominale	Vn in anni	>50
Classe d’uso in presenza di azioni sismiche		Classe II
Coefficiente d’uso Cu		1
Vita e periodo di riferimento	Vr = Vn x Cu	50
Categoria sottosuolo		A
Amplificazione stratigrafica Ss		1
Categoria topografica S_T	Versante con pendenza >15°	T2
Amplificazione topografica S_T		1,2

7. CONCLUSIONI

Questa fase di indagini geologico-tecniche mediante osservazione dei terreni e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivate dai sondaggi geognostici, dalle risultanze delle indagini geofisiche eseguite, hanno consentito il raggiungimento di una buona definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame. Vengono di seguito riportate alcune considerazioni applicative :

- dal punto di vista geomorfologico si è potuta accertare che l’area oggetto di intervento è localizzata in ambito di fondovalle su tessuto urbano il cui sottosuolo è costituito da depositi alluvionali in gran parte rimaneggiata dalla costruzione della tombinatura e dalla realizzazione dei fabbricati esistenti; facendo riferimento al regolamento urbanistico e al piano di Bacino è da sottolineare che il manufatto esistente ricade nella fascia fluviale B.
  Per ridurre la vulnerabilità dell’area interessata dagli eventi alluvionali del 2014 si dovranno attuare accorgimenti tecnico-costruttivi che riducano l rischi di alluvionamento dell’area e prevedano misure a tutelare la pubblica incolumità. Gli interventi dovranno permettere il deflusso per eventi duecentennali
  Pertanto per un tratto a monte della zona di intervento, come opera accessoria ma necessaria, dovrà essere effettuata una pulizia periodica del letto del fiume eliminando tutti gli alberi che nel tempo vi potrebbero crescere.
  Oltre alle opere di sistemazione idraulica dovranno anche essere attuate specifiche azioni di protezione civile (vedi piano di protezione civile comunale e piano di Bacino) e, nello specifico, l'interdizione al passaggio ed allo stazionamento di persone nei locali al piano terra nel corso di piogge intense o persistenti ovvero nel caso di allerta meteorologico emesso dagli Organi Regionali preposti e reso pubblico dal Comune e dai mass media. Le finestre delle case che si affacciano sul torrente al di sotto del livello di piena dovranno essere dotate di chiusure stagne rimuovibili (panconi) che dovranno essere messe in opera dai privati ogni qualvolta venga diramato lo stato di allerta

Un'apposita segnaletica all'ingresso di tali locali interrati e al piano terra dovranno preavvertire di detta eventualità. Dovrà altresì essere predisposto un piano di evacuazione con l'indicazione delle vie di fuga per raggiungere le aree in cui non esiste rischio di inondazione .
Dovrà inoltre essere valutata la necessità di creare una struttura di allertamento comunale collegata a quella già installata sul ponte che attraversa lo Scrivia

- dal punto di vista idrogeologico I terreni in sponda sinistra del rio Camiasca sono sottoposti a vincolo idrogeologico; allo stato attuale non è individuata la falda superficiale all'interno della coltre alluvionale pur se si è constatata la presenza di impregnazioni idriche in fase di perforazione e carotaggio.
Gli sbocchi di scarichi o prese d'aria presenti lungo il tratto attualmente tombinato, ove non sia possibile eliminarli, dovranno essere opportunamente trattati a seconda dei casi al fine di impedire la risalita dell'acqua in caso di piena (valvole, deviazioni...); anche la presenza di diverse impregnazioni idriche richiede la predisposizione di un accurato schema della regimazione delle acque nere e bianche presenti e di quelle che potrebbero individuarsi in fase di scavo e demolizione delle coperture. La rete fognaria necessiterà di un riassetto totale prevedendo l'allacciamento di tutti i fabbricati.
Infine la quota del fondo in corrispondenza dello sbocco nel torrente Scrivia sarà abbassata avendo però cura di garantire che la quota di fondo del torrente Camiasca sia comunque al di sopra del livello della piena dello Scrivia. Durante le fasi di avanzamento dei lavori in alveo si dovrà costantemente valutare la presenza di venute idriche al fine di convogliare le eventuali acque in aree non interferenti con i lavori.
Dal punto di vista idraulico l'intervento prevede che la portata del rio possa essere contenuta all'interno dell'alveo per un tempo di ritorno duecentennale

- dal punto di vista geotecnico dovrà essere redatta relazione geotecnica concernente le tensioni distribuite al terreno tramite le fondazioni, le caratteristiche delle opere di sostegno necessarie alla realizzazione del progetto. I dati dovranno essere congruenti con quelli forniti dallo strutturista (dati prestazionali dell'opera: tipo, vita nominale, classe d'uso) e dal geologo (modello geologico e stratigrafico del luogo).
Per consentire l'utilizzo delle terre e rocce da scavo quali sottoprodotti si dovrà fare riferimento al vigente DPR n.120/2017.
Per le terre da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni, il decreto introduce la necessità della predisposizione e trasmissione della *Dichiarazione di utilizzo.* Il produttore dovrà dimostrare che, per le terre destinate a ripristini, riempimenti o altri utilizzi del suolo, non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione e non costituiscano fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee. L'utilizzo delle terre nello stesso sito di escavazione è consentito a condizione che si disponga di un certificato analitico che garantisca la non contaminazione del materiale scavato.

- dal punto di vista strutturale le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione con livelli di sicurezza previsti dalle NTC.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i requisiti di sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU), di stati limite di esercizio (SLE) e di robustezza nei confronti di azioni eccezionali (incendio, esplosioni etc).
Rimane pertanto compito dell'Ingegnere Progettista la valutazione e la interpretazione definitiva dei dati geotecnici e la rispondenza alle necessità progettuali.
Preventivamente alla definizione del tipo di intervento strutturale dovranno essere approfondite le verifiche sullo caratteristiche e lo stato delle fondazioni dei vari fabbricati esistenti e valutata la interconnessione tra strutture murarie dei fabbricati e muri d'argine

- dal punto di vista progettuale l'intervento risulta complesso principalmente per la demolizione delle coperture e la ricostruzione degli argini in area urbanizzata; per quanto attiene alle opere di fondazione, stante la quota di imposta dei nuovi muri di argine esse potranno essere poggiate sul substrato roccioso affiorante e in giacitura favorevole a traverpoggio per l'intero tratto del rio.
  La necessità dell'adeguamento della sezione idraulica richiede un attenta programmazione degli interventi distinti in demolizione delle sponde, rifacimento argini e spalle della volta da demolire, allargamento del canale e approfondimento del fondo specie nei tratti dove sono presenti i fabbricati preesistenti o contemporanei alla realizzazione delle diverse coperture.
  Si ritiene necessario preventivamente prevedere un'opera di rinforzo e consolidamento nei tratti di muro d'argine/basamento dove la demolizione della volta possa causare delle criticità nella struttura degli edifici.
  Appare opportuno la realizzazione di micropali per i tratti dove è possibile posizionare la sonda (nel primo tratto in sponda sinistra dove è previsto l'allargamento del canale) mentre nei tratti dove la struttura d'argine è coincidente con il fabbricato sarà opportuno ricorrere a interventi di consolidamento mediante all'esecuzione di travi ancorate a monte da pali posizionati a cavalletto; chiodature o placcaggi dovranno essere predisposti nel tratto iniziale dell'ardine in sponda destra.
  l muri d'argine esistenti a monte della copertura e spalle dei vari tratti delle coperture ad arco, pur se poggiati su roccia, appaiono assai degradati e non adatti a sopportare nuovi carichi per cui si dovrà prevedere la loro ricostruzione ed eventualmente il loro consolidamento. Per le demolizioni e costruzione delle opere di sostegno e contenimento, dove richiesto dovrà essere adottata la tecnica "a campioni" in modo da non compromettere la stabilità dei manufatti esistente.
  Le operazione di scavo dovranno essere eseguite con tecniche e attrezzature che non creino vibrazioni a fabbricati esistenti. Tale operazione dovrà avvenire con la massima cautela e prudenza, soprattutto sotto il profilo delle vibrazioni, al fine di evitare sollecitazioni invasive che potrebbero arrecare squilibri alle strutture portanti dei fabbricati soprastanti e al contorno.

  Urge comunque segnalare che le opere in c.a. a valle della tombinatura richiedono urgenti interventi di prevenzione in particolar dove si evidenzia il degrado del calcestruzzo e urgenti interventi di consolidamento specie dove sono presenti fenomeni erosivi e di sottoescavazione delle fondazioni. L'abbassamento del fondo comporterà comunque la necessità di sottomurare le spalle dei ponti esistenti delle strade da e per Savignone.

- dal punto di vista normativo l'intervento non interferisce con le norme fissate dal Piano di Bacino del Po non si sono rilevati vincoli condizionanti la proposta progettuale

Sulla base di quanto sopra espresso e tenuto conto di quanto precisato in merito alle prescrizioni e ai necessari approfondimenti di tipi ingegneristico riguardo al tipo, al dimensionamento e calcolo delle strutture, si ritiene l'area compatibile a reperire l'intervento di progetto. Ulteriori approfondimenti potranno essere richiesti in fase di apertura di cantiere

IL GEOLOGO



TAV.1 CARTA GEOLOGICA GENERALE scala 1: 50.000



(da:Carta geologica d'Italia – Genova n.213)

Legenda

depositi alluvionali terrazzati
D_{n1-4} Depositi ghiaiosi e subordinati depositi sabbiosi posti a quote più elevate rispetto agli alvei attuali, coperti da una coltre colluviale, spesse volte pedogenizzata, di spessore variabile.
PLEISTOCENE - OLOCENE

UNITÀ TETTONICA ANTOLA

formazione del Monte Antola
FAN Torbiditi calcareo-marnose, talvolta siltose, in strati di spessore fino a metrico di calcareniti, marne e marne calcaree, alternate ad argilliti emipelagiche in strati centimetrici. Sono frequenti tracce di *Helminthoidea labyrinthica* e *Chondrites*. Oltre agli icnofossili, il contenuto paleontologico comprende foraminiferi planctonici e nannoplancton calcareo.
CAMPANIANO SUP.

argilliti di Montoggio
MGG Argilliti emipelagiche di colore nero e verdastro, in strati da centimetrici a decimetrici. Il tetto della formazione è caratterizzato da strati policromi, spesso rosso-vinati. Il contenuto paleontologico comprende nannoplancton calcareo.
CAMPANIANO

UNITÀ TETTONICA RONCO

formazione di Ronco
ROC Torbiditi costituite da areniti fini, siltiti marnose e argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici. Stratificazione piano-parallela. Il contenuto paleontologico comprende nannoplancton calcareo, mal conservato.
SANTONIANO SUP. - CAMPANIANO INF.
ROC_s Litofacies a strati da pluridecimetrici a metrici (ROC_s).

UNITÀ TETTONICA MONTANESI

argilliti di Montanesi
MTE Argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, con intercalazioni di arenarie quarzose fini, in strati da centimetrici a pluridecimetrici, prive di contenuto paleontologico.
CRETACICO SUP.?
MTE_p Litofacies a *pebbly mudstone*, con clasti angolosi di dimensioni da millimetriche a pluridecimetriche (MTE_p).

UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO

argilliti di Mignanego
MIG Torbiditi siltoso arenacee medio-fini in strati da centimetrici a pluridecimetrici, talora con intercalazioni di argilloscisti neri e torbiditi marnose a base calcareo-arenacea sottile in strati da decimetrici a metrici, prive di contenuto paleontologico.
CRETACICO SUP.?

Cretacico

● Localizzazione intervento

TAV.2 CARTA PLANIMETRICA GENERALE scala 1:400

Legenda


Fabbricati esistenti


Coperture impermeabilizzate


Coperture alluvionali miste a terreni rimaneggiati


Substrato roccioso


Substrato oggetto di abbassamento del profilo dell'alveo


Localizzazione sondaggio geognostico


Localizzazione carotaggi orizzontali (sezione longitudinale)


Localizzazione misure rumore sismiche HVSR

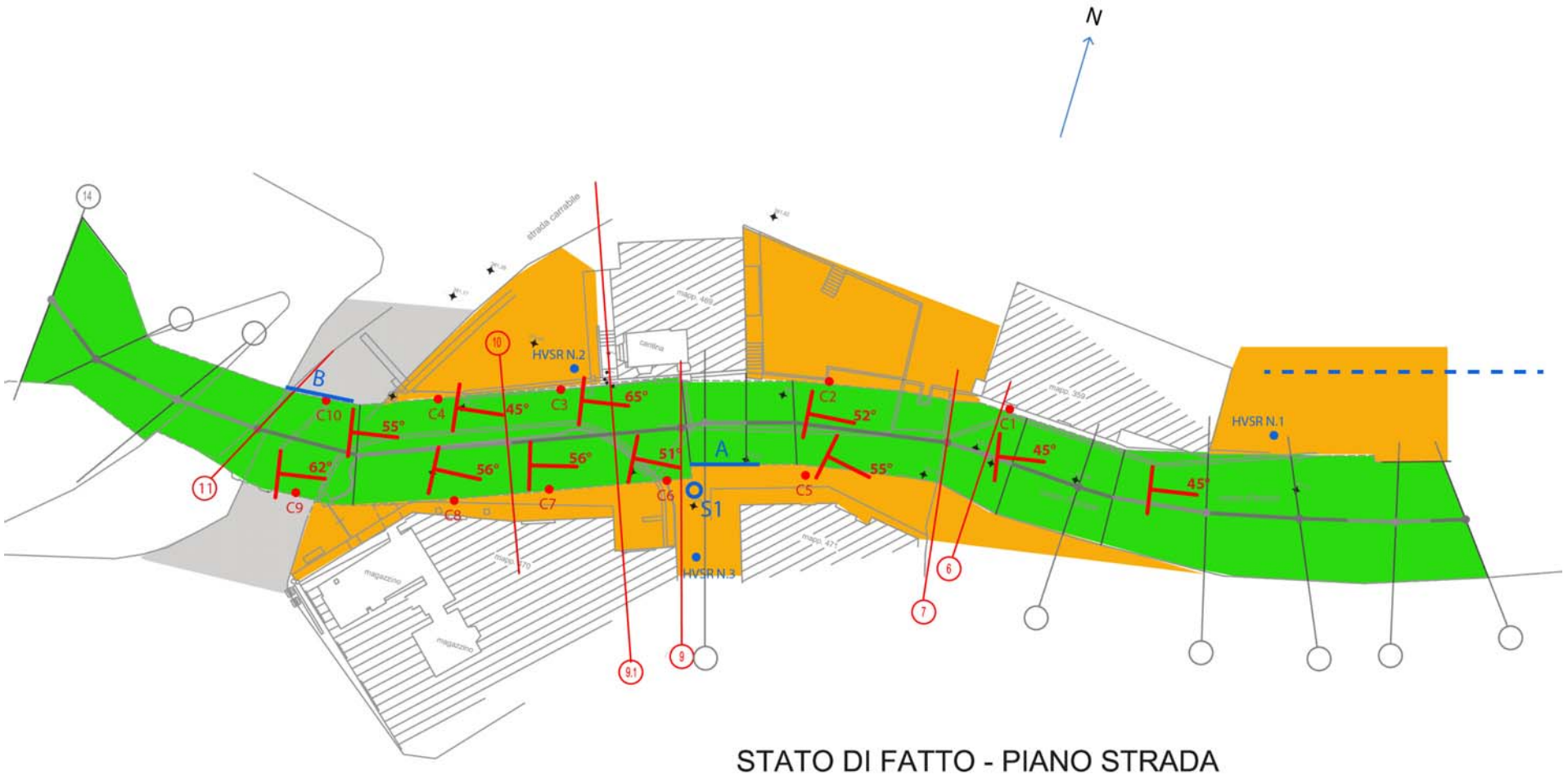
Stazione di rilievo geomeccanico (A e B)

Stendimento sismico prova MASW


Sezione geologiche



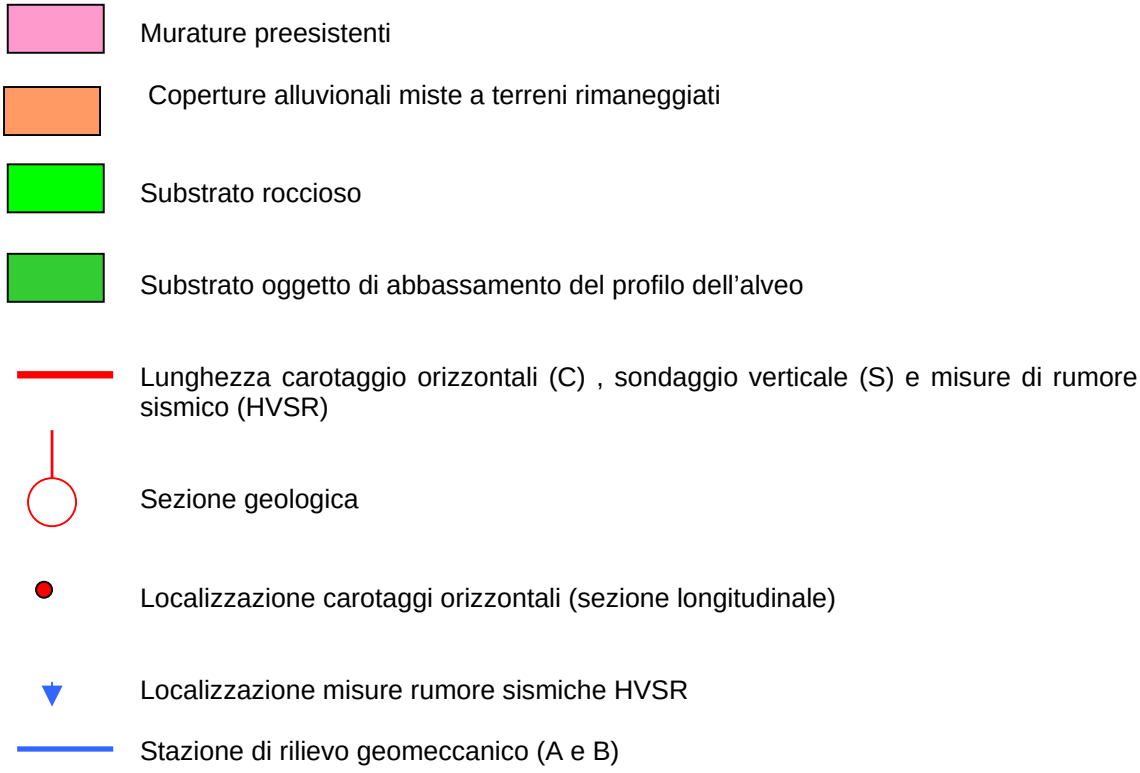
Giacitura di strato

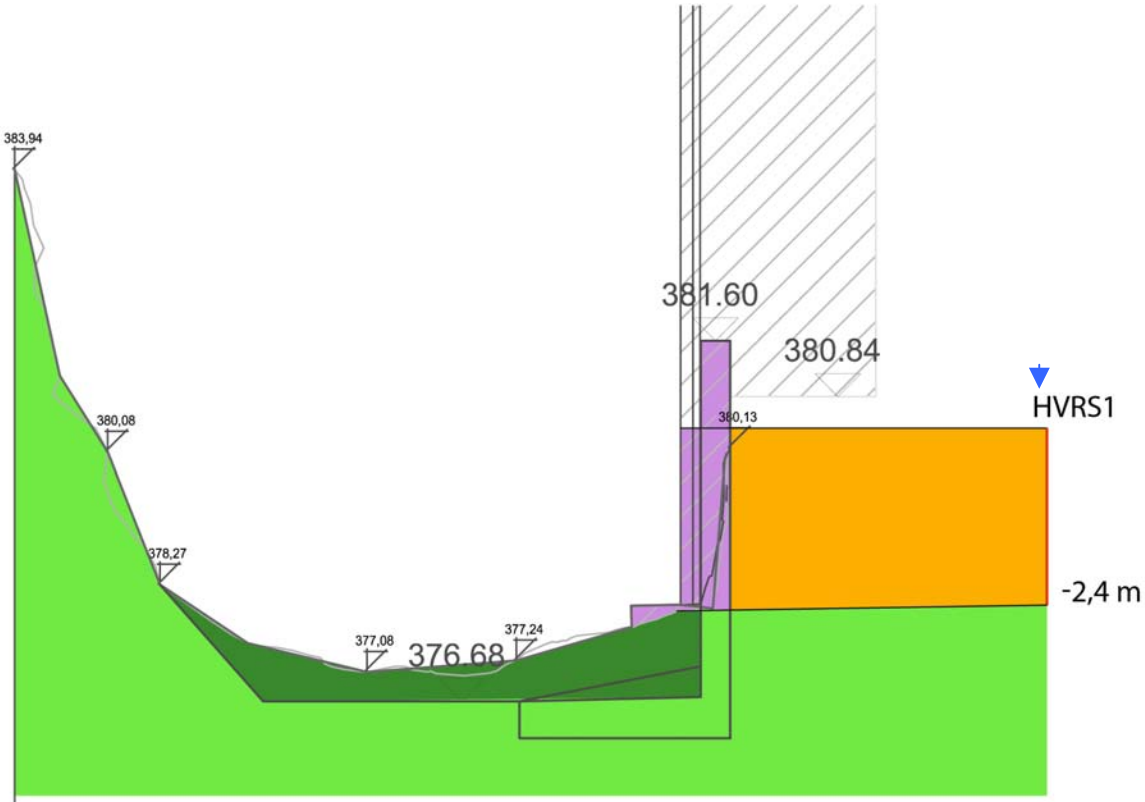


STATO DI FATTO - PIANO STRADA

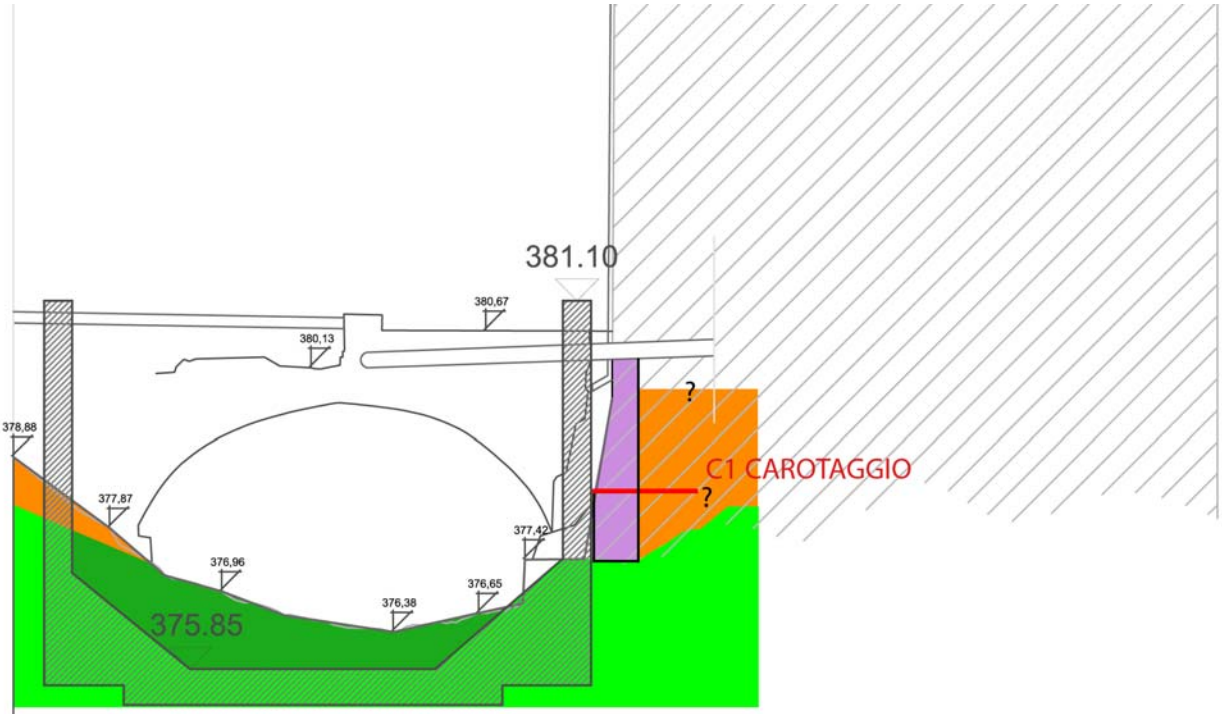
TAV.3 SEZIONI GEOLOGICHE scala 1:100 - 1:400

Legenda

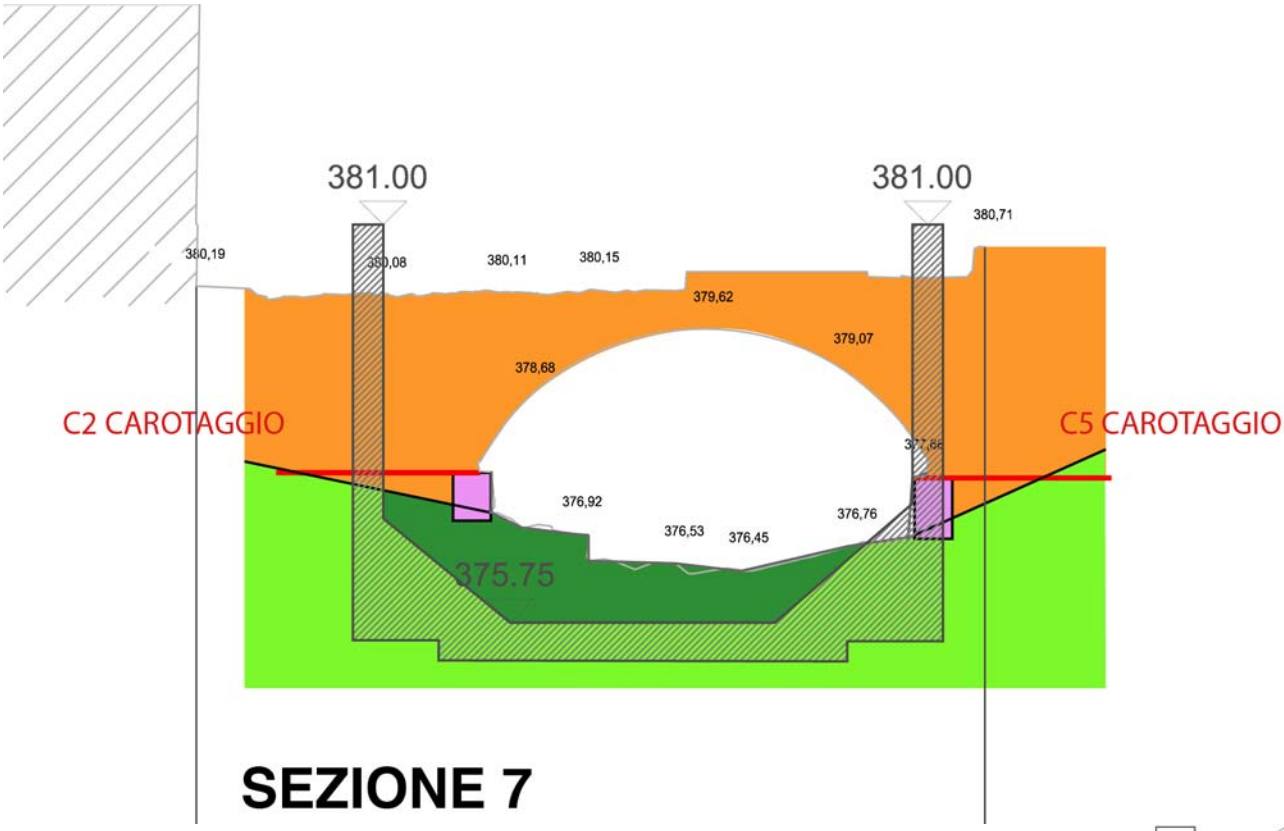




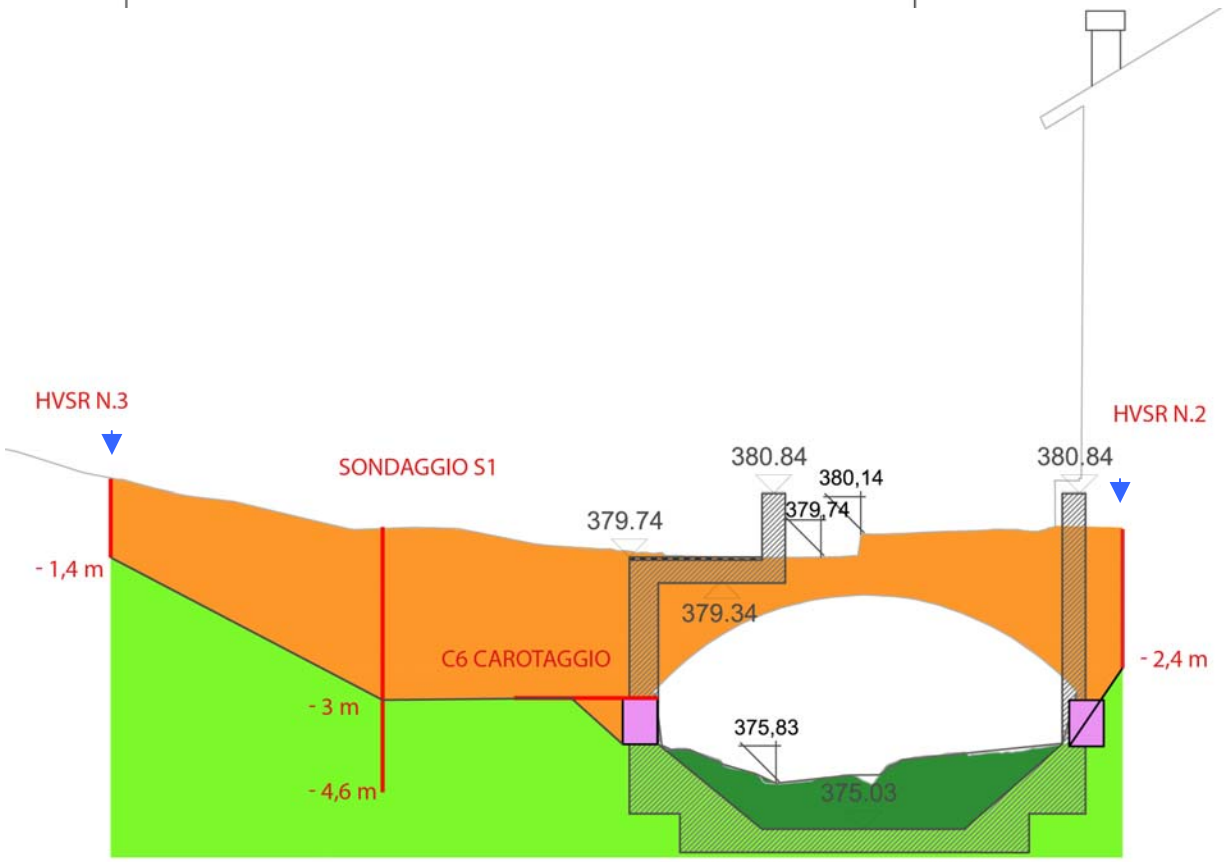
SEZIONE 3



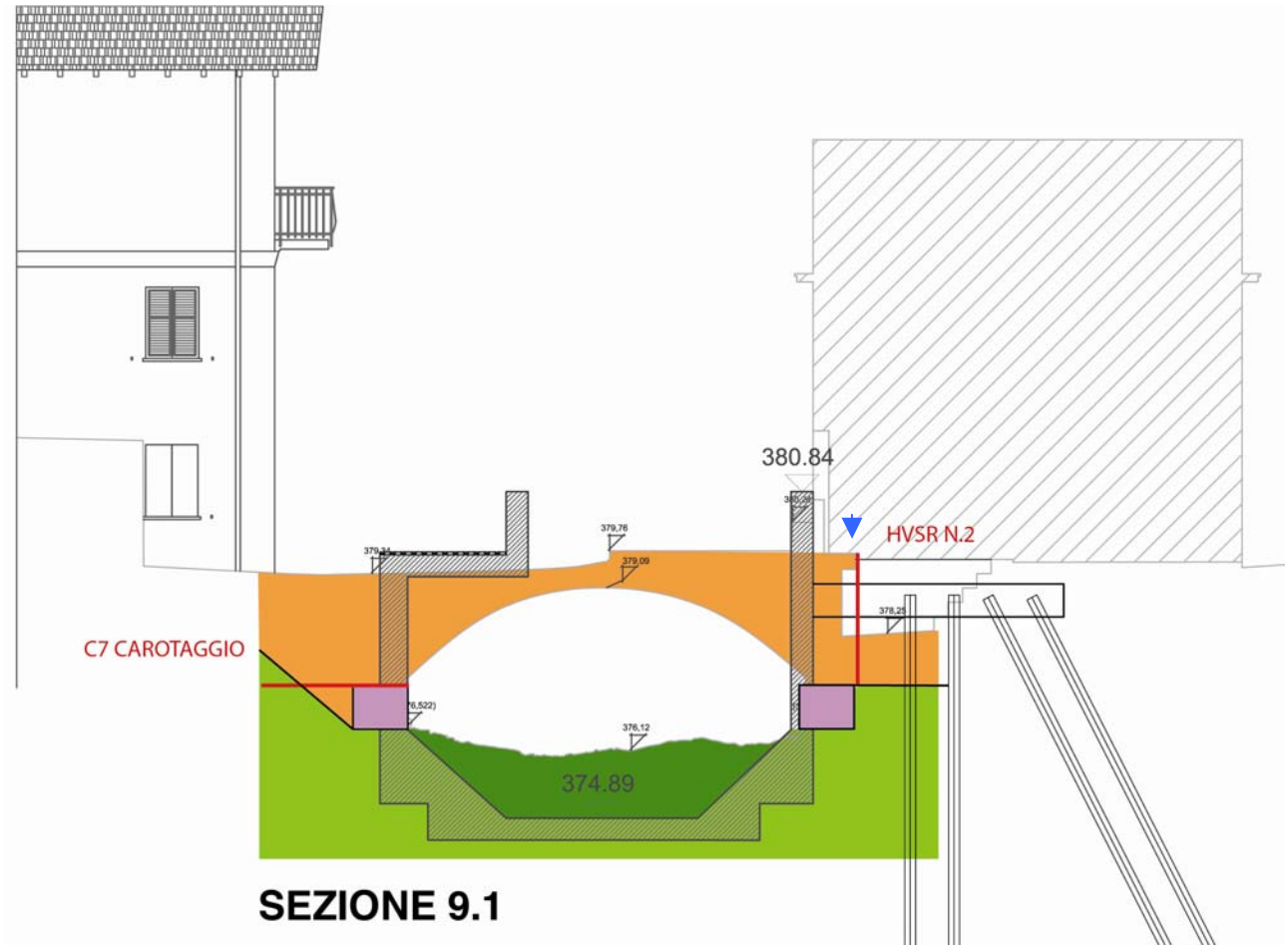
SEZIONE 6



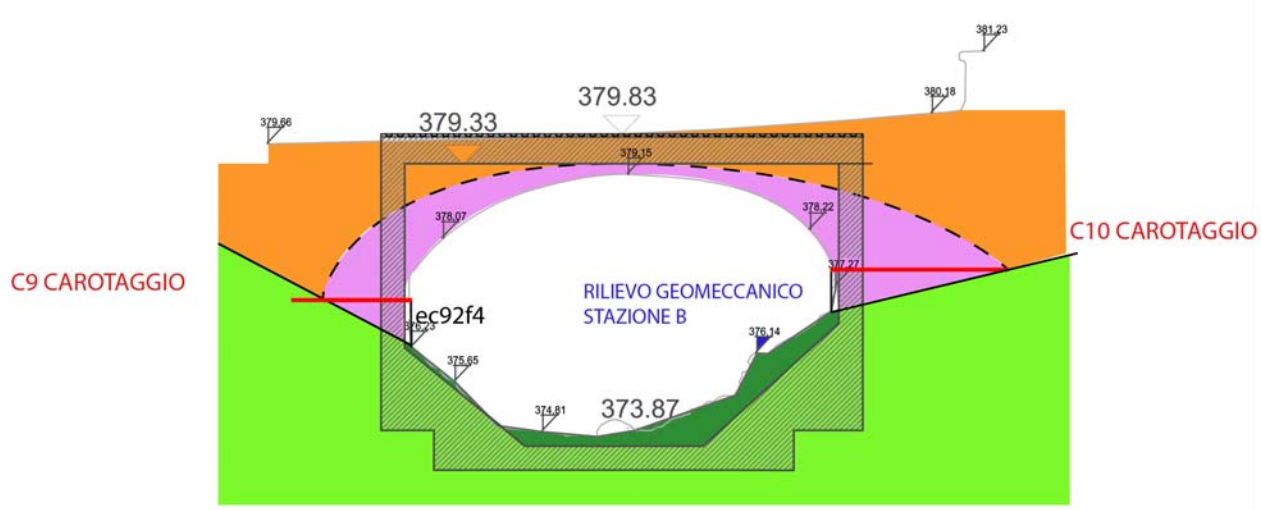
SEZIONE 7



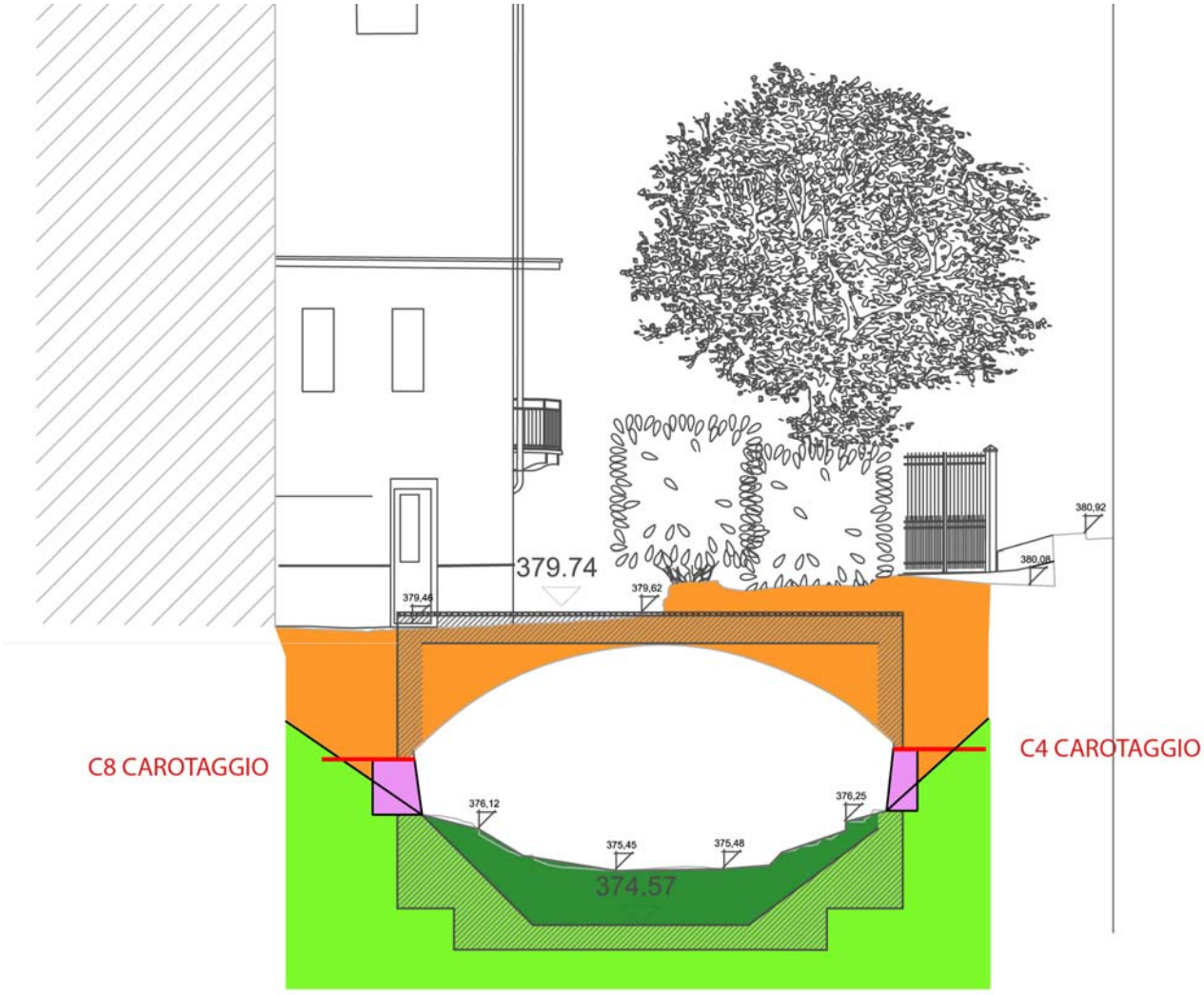
SEZIONE 9



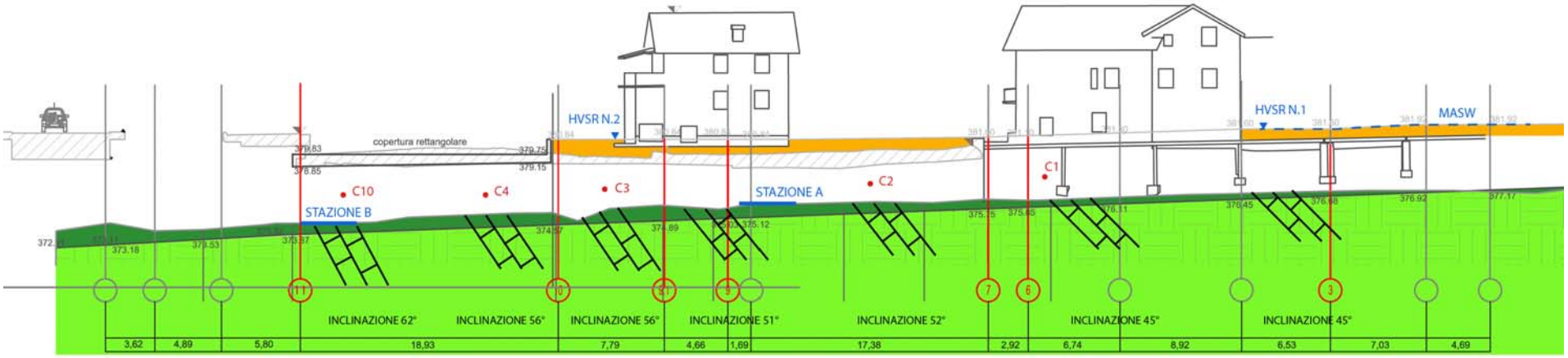
SEZIONE 9.1



SEZIONE 11


379.74
379,46
379,62
380,92
380,08
C8 CAROTAGGIO
C4 CAROTAGGIO
376,12
376,25
375,45
375,48
374.57

SEZIONE 10



STATO DI PROGETTO - PROFILO LONGITUDINALE

ALLEGATO 1 D0CUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

SONDAGGIO S1







	Profondità dal p.c	Spessore strati	Tipo di terreno
1	0.0 ÷ 1,0	1.0	Riporti (ciottoli,calcinacci,mattoni) con presenza impregnazioni idriche
2	1.0÷ 3-00	2.00	Limi argillosi con ghiaia (riporti)
3	3.00 ÷ 4.60	4.60	Substrato

CAROTAGGIO C1







carotaggi	Distanza	altezza	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C1	**4.2m** a monte dell'imbocco della galleria e 2.2m dallo spigolo del fabbricato	**1.0m**	**80mm**	**1,5m**	Sponda destra	**0.0-0-65** muro in pietra con legante malta e cemento con sabbia di fiume **0-65-0.90** terreno bruno grigiastro con ghiaia fine **0.90-1.50** terreno con rari ciottoli	Arresto del carotaggio per contrarietà del proprietario

CAROTAGGIO C2







carotaggi	Distanza	altezza	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C2	**8.5m** dal – l'imbocco galleria	**0.88 m**	**80mm** **80-66mm** **66mm**	**2,7m**	Sponda destra	**0.0-0.4** muro in cemento senza ferri **0.4-1,2** pietre e ghiaia di drenaggio **1.2-2.4** terreno con rari ciottoli e riporti **2.4-2.70** roccia alterata e fratturata	Muro sporge di 16cm Larghezza totale del spalla dell'arco muro 56 cm

CAROTAGGIO C3

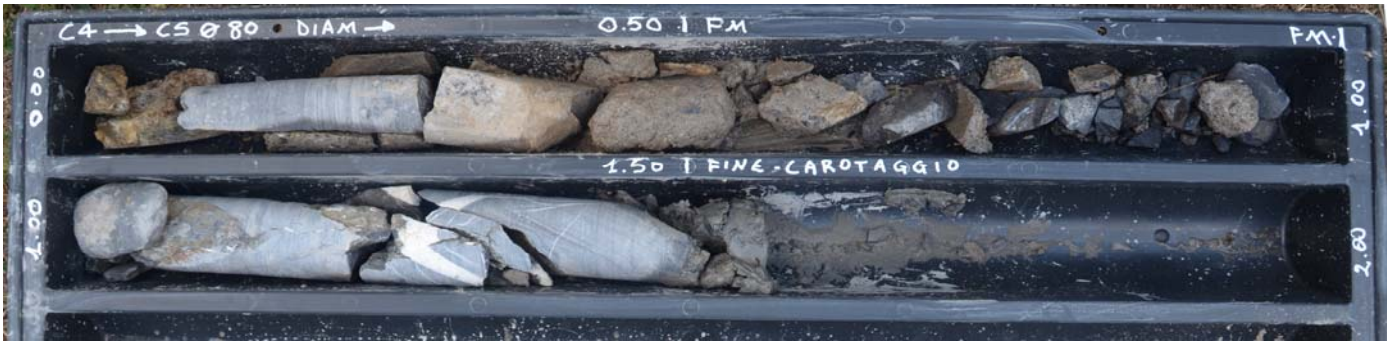




carotaggi	Distanza	altezza	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C3	**28m** dall'imbocco	**0.87 m**	**80mm**	**2,60m**	Sponda destra	**0.0-0.8** muro in pietra **0.8-2.3** ghiaia e pietre di drenaggio con terreno di riporto **2,3-2,60** roccia fratturata	Spalle arco mattoni

CAROTAGGIO 4





carotaggi	Distanza	altezza	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C4	**36.4m** dal-l'imbocco	**1,0m**	**80mm**	**1,50m**	Sponda destra	**0.0-0.5** muro in pietra **0.5-1.0** pietre e ghiaia di drenaggio **1.0-1,50** roccia fratturata	Spalle arco mattoni

CAROTAGGIO 5





carotaggio	Distanza	altezza	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C5	**10m** dal bordo copertura	**0.65m**	**80mm** **66mm**	**2,6m**	Sponda sinistra	**0.0-0.4** muro in cemento senza ferri **0.4-1.2** pietre e ghiaia di drenaggio **1,2- 1,6** terreno con rari ciottoli e riporti **1.6-2,60** roccia alterata e livelli argillitici non campionabili	Muro sporge di 16cm Larghezza totale del spalla 56 cm

CAROTAGGIO 6





carotaggi	Distanza	altezza	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C6	**19.7m** dal-l'imbocco	**0.8m**	**80mm** **66mm**	**2.50m**	Sponda sinistra, inizio arco ribassato in mattoni	**0.0-0.6** muro in pietra **0.6-1.1**pietre e ghiaia di drenaggio **1.1-1,5** terreno alluvionale e riporti **1.5-2,50** roccia alterata	Spalle galleria arco in mattoni

CAROTAGGIO 7





carotaggi	Distanza	Altezza h	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C7	**27m** dal-l'imbocco	**0,5m**	**80mm** **66mm**	**2.10 m**	Sponda sinistra, inizio arco ribassato in mattoni	**0.0-1.0**muro in pietra **1.0-2.0** ghiaia di drenaggio **2-2.1** roccia fratturata	

CAROTAGGIO 8





carotaggi	Distanza	Altezza h	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C8	**34.2m** dal-l'imbocco	**0,9m**	**80mm** **66mm**	**1.70 m**	Sponda sinistra, inizio arco ribassato in mattoni	**0.0-0.8**muro in pietra **0.8-1.0**pietre e ghiaia di drenaggio **1.0-1,2** terreno alluvionale e riporti **1.2-1.70** roccia fratturata	

CAROTAGGIO 9







carotaggi	Distanza	Altezza h	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C9	**46m** dal-l'imbocco	**0.7m**	**80mm**	**2.00m**	Sponda sinistra	**0.0-1.5** muro in pietra con legante malta con sabbia di fiume **1.5-2** roccia	Arco di via alpini d'Italia

CAROTAGGIO 10







carotaggi	Distanza	Altezza h	Diametro carotatrice	Lunghezza carotaggio	Posizione	stratigrafia	note
C10	**45.8m** dal-l'imbocco	**1.0m**	**80mm**	**3.00m**	Sponda destra	**0.0- 3.00** muro in pietra con legante malta con sabbia di fiume	Arco di via alpini d'Italia

ALLEGATO n.2 RISULTATI ANALISI MASW-ReMi

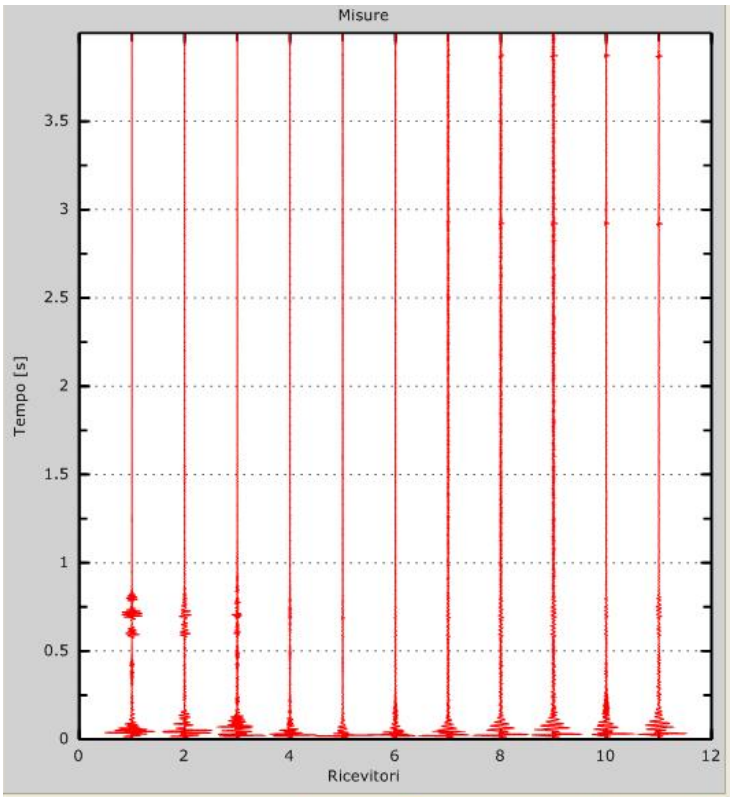


Figura 2.1: Tracce sperimentali masw

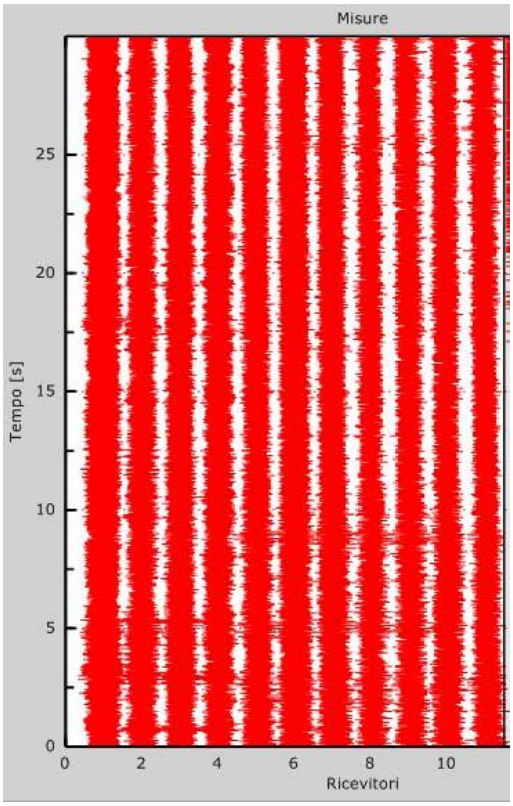


Figura 2.2: Tracce sperimentali re.mi

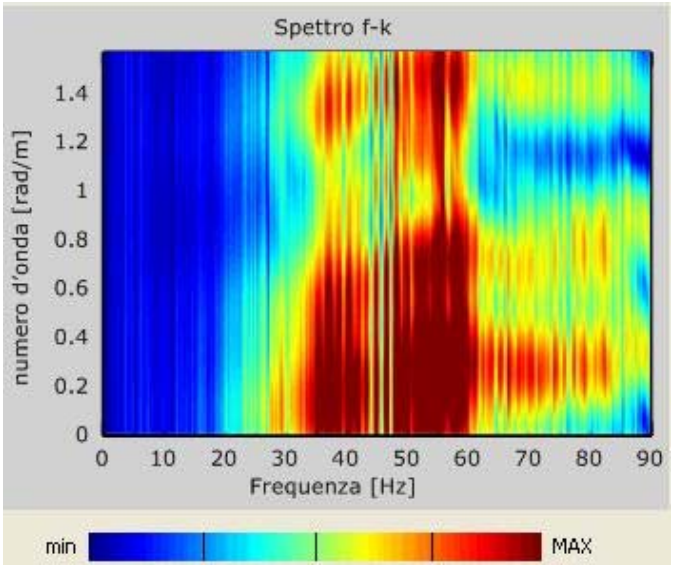


Figura 2.3: Curva dispersione sperimentale masw spettro f-k

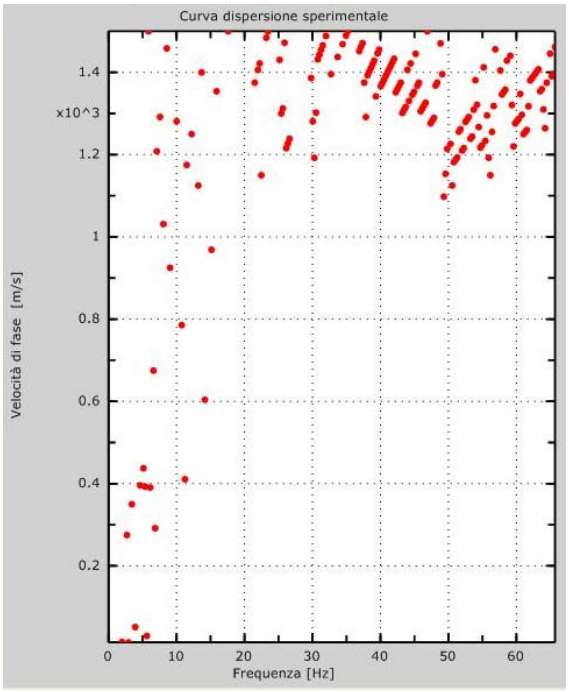


Figura 2.4: Curva dispersione sperimenta

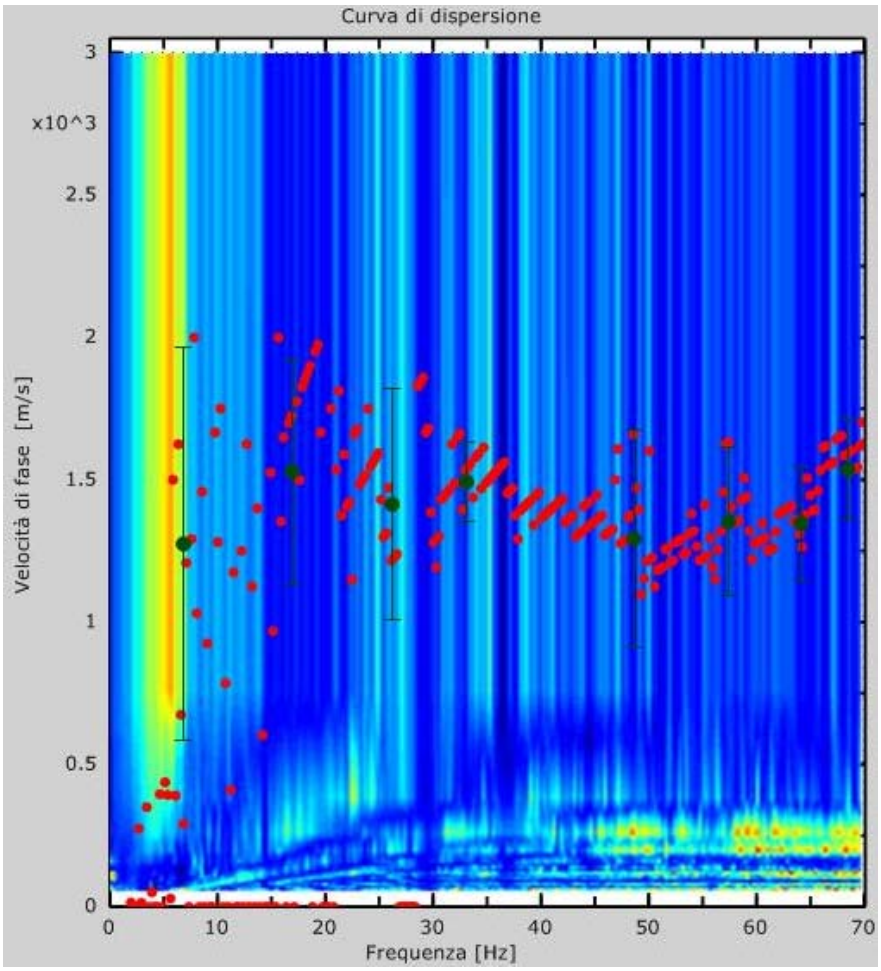


Figura 2.5: Curva di dispersione

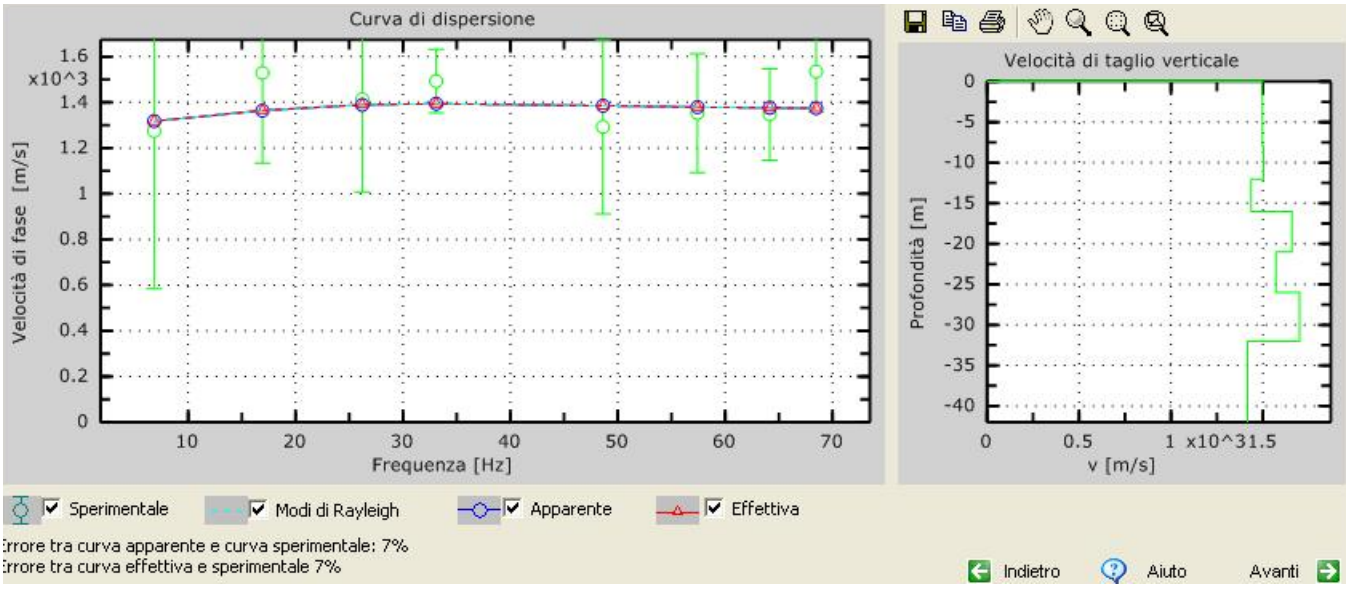
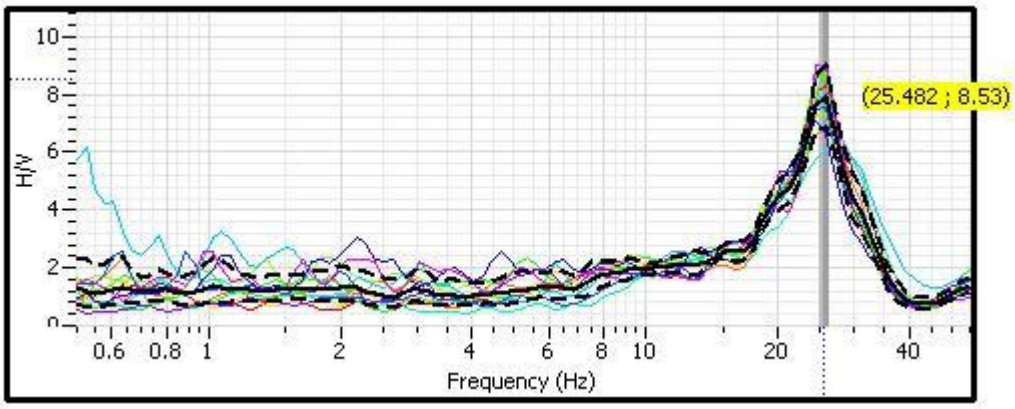


Figura 2.6: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

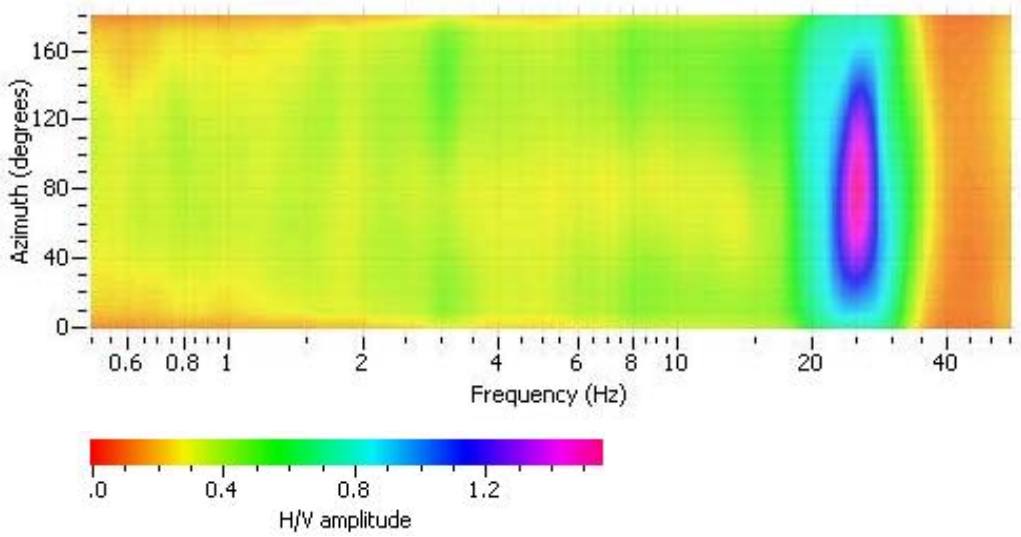
Figura 7: Profilo Vs numerico

ALLEGATO 3 RAPPORTO SPETTRALE HVSR

Prova hvrs n1 sponda destra



3.1 Spettro medio H/V e sua deviazione standard con ripulitura delle finestre

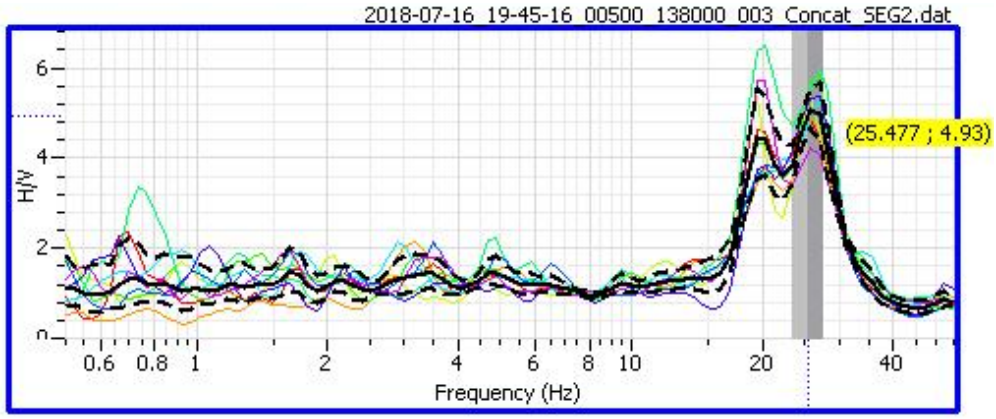


3.2 analisi del rumore sismico e sua direzionalità

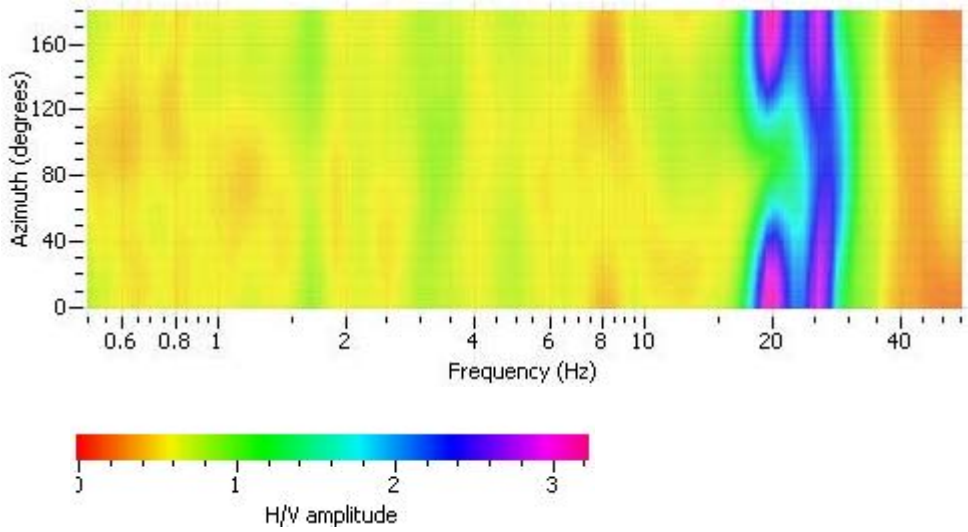


3.3 spetti delle singole componenti del moto (NS (linea verde) – EW (linea blu) – Z (linea rossa) da cui è stata ricavata la curva H/V La freccia evidenzia la forma a ogiva definita da un minimo locale della componente verticale Z che caratterizza la risonanza di natura stratigrafica

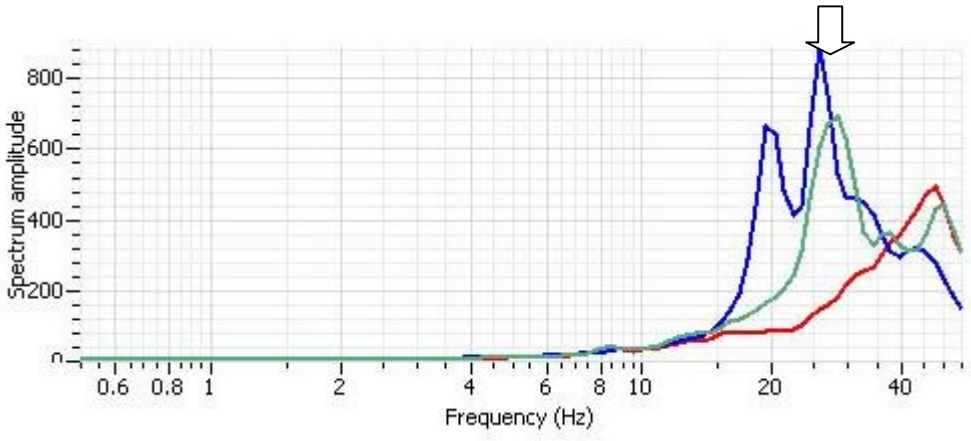
Prova hvrs n2 sponda destra



3.4 Spettro medio H/V e sua deviazione standard con ripulitura delle finestre

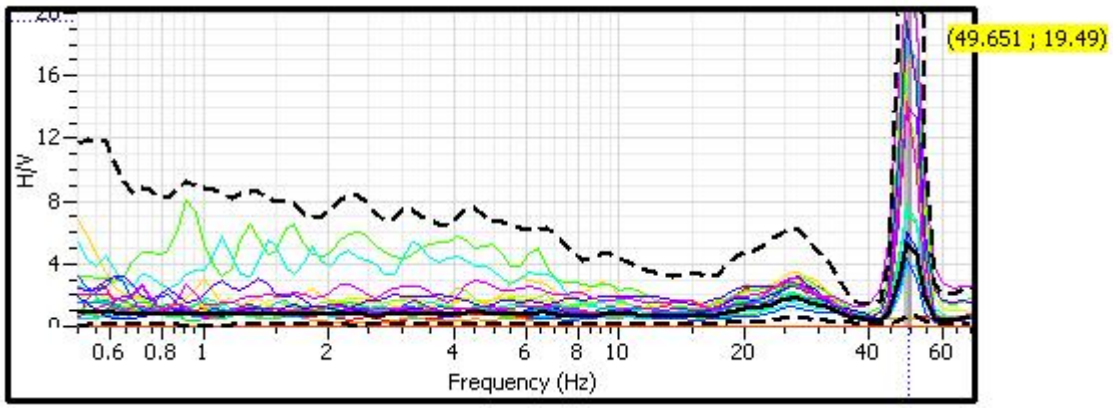


3.5 analisi del rumore sismico e sua direzionalità

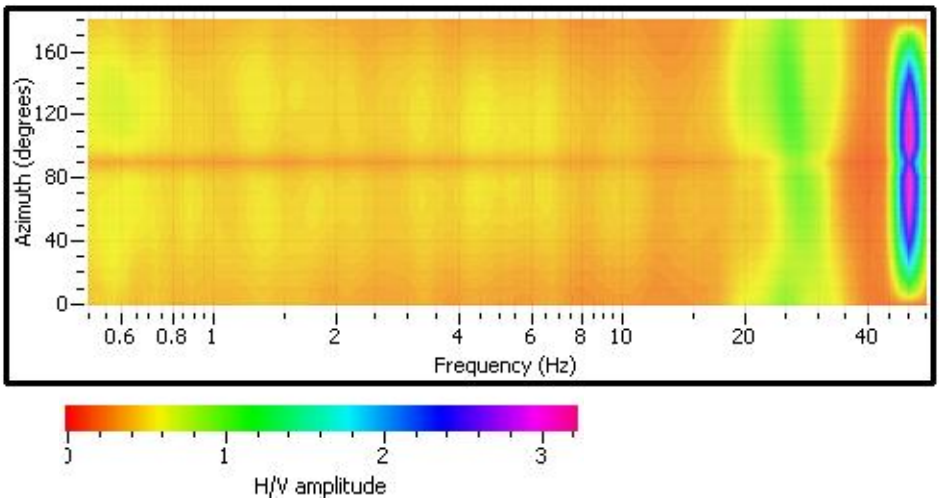


3.6 spetti delle singole componenti del moto (NS (linea verde) – EW (linea blu) – Z (linea rossa) da cui è stata ricavata la curva H/V La freccia evidenzia la forma a ogiva definita da un minimo locale della componente verticale Z che caratterizza la risonanza di natura stratigrafica

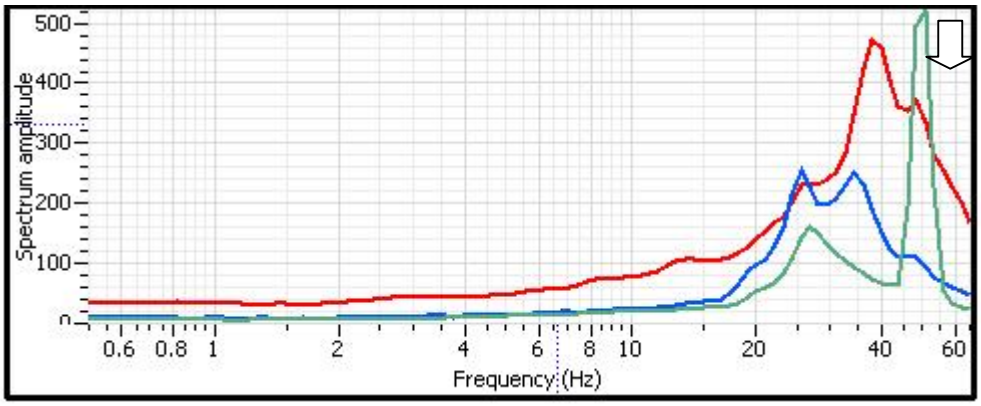
Prova hvrs n3 sponda sinistra



3.7 Spettro medio H/V e sua deviazione standard con ripulitura delle finestre



3.8 analisi del rumore sismico e sua direzionalità



3.9 spetti delle singole componenti del moto (NS (linea verde) – EW (linea blu) – Z (linea rossa) da cui è stata ricavata la curva H/V La freccia evidenzia la forma a ogiva definita da un minimo locale della componente verticale Z che caratterizza la risonanza di natura stratigrafica



Prova MASW con la freccia è indicata la localizzazione prova HVSR n.1



prova HVSR n.2



prova HVSR n.3

ALLEGATO 4
PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC

Sito in esame.
latitudine: 44,557727
longitudine: 8,98131
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	*ID: 16252*	*Lat: 44,5475*	*Lon: 8,9308*	*Distanza: 4156,173*
Sito 2	*ID: 16253*	*Lat: 44,5502*	*Lon: 9,0009*	*Distanza: 1761,318*
Sito 3	*ID: 16031*	*Lat: 44,6001*	*Lon: 8,9971*	*Distanza: 4877,529*
Sito 4	*ID: 16030*	*Lat: 44,5975*	*Lon: 8,9271*	*Distanza: 6161,969*

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	*81*	*%*
Tr:	*30*	*[anni]*
ag:	*0,027*	*g*
Fo:	*2,475*	
Tc:*	*0,198*	*[s]*

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	*63*	*%*
Tr:	*50*	*[anni]*
ag:	*0,034*	*g*
Fo:	*2,517*	
Tc:*	*0,213*	*[s]*

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	*10*	*%*
Tr:	*475*	*[anni]*
ag:	*0,090*	*g*
Fo:	*2,455*	
Tc:*	*0,277*	*[s]*

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	*5*	*%*
Tr:	*975*	*[anni]*
ag:	*0,119*	*g*
Fo:	*2,458*	
Tc:*	*0,282*	*[s]*

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2008

SLO:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,312
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,400
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,022
Kv: 0,011
Amax: 1,059
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,042
Kv: 0,021
Amax: 1,405
Beta: 0,290

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 44.556768
longitudine: 8.980263