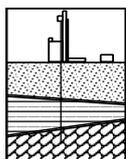


Comune	ACQUI TERME (PROVINCIA DI ALESSANDRIA)
Progetto	<b>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA COMUNALE VALLE BENAZZO</b>
Data	GENNAIO 2019
Committente	Amministrazione Comunale di Acqui Terme

## RELAZIONE GEOLOGICA

(D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento Nome Tecniche  
per le Costruzioni)



**Dott. Francesco Valle**

*Geologo*

Via V. Poggi 4/4 – 17100 SAVONA

tel. 019828156 - 3479072824

e-mail: [geolvalle@gmail.com](mailto:geolvalle@gmail.com)

Cod. fisc.: VLLFNC70C17C823S

P.IVA.: 02159710991



# SOMMARIO

<b>1.) PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE.....</b>	<b>2</b>
<b>3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI.....</b>	<b>3</b>
<b>4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>4</b>
<b>5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>6</b>
<b>7.) INDAGINI ESEGUITE .....</b>	<b>7</b>
7.1.) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DP) .....	7
7.2.) INDAGINE SISMICA MASW.....	10
<b>8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>10</b>
8.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE .....	10
8.2.) PARAMETRI GEOTECNICI.....	11
<b>9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....</b>	<b>12</b>
<b>10.) CONCLUSIONI .....</b>	<b>15</b>

## TAVOLE

**TAV.1 COROGRAFIA (SCALA 1:10.000)**

**TAV.2 PLANIMETRIA GENERALE (SCALA 1:500)**

**TAV. 3 E 4 SEZIONI GEOTECNICHE INTERPRETATIVE (1:100)**

**TA.5 PLANIMETRIA GOOGLE MAPS**

## ALLEGATI

**ALL.1 ISTOGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

**ALL.2 INDAGINE SISMICA MASW – RISULTANZE**

**ALL.3 PARAMETRI SISMICI DI SITO**

## **1.) PREMESSA**

La presente relazione predisposta dal geologo Francesco Valle, con studio in Savona, via Poggi n. 4, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Liguria al n. 409, è riferita all'area d'intervento presso il Comune di Acqui Terme in località Valle Benazzo.

### ***Intervento in progetto***

L'intervento in progetto prevede la messa in sicurezza di un tratto della strada comunale Valle Benazzo, di lunghezza circa 30m, tramite la realizzazione di una palificata a valle della stessa.

### ***Indagini eseguite***

- Rilievo geomorfologico e geologico di dettaglio dell'area
- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio.
- Esecuzione di n.3 prove penetrometriche dinamiche leggere.
- Esecuzione n. 1 prova sismica MASW
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative e per il calcolo delle caratteristiche meccaniche del terreno.

## **2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE**

L'area soggetta a indagine fa parte del territorio comunale di Acqui Terme (AL), ad una quota di circa 185 metri sul livello marino. L'area di studio si trova nella porzione mediana di un versante fortemente acclive rivolto a est, a una distanza di circa 3 km dal concentrico abitato di Acqui Terme.

La zona è cartografata sul Foglio 69 "ASTI" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), sul Foglio 194 "ACQUI TERME" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) e sulla sezione 194100 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte.

### **3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI**

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata:

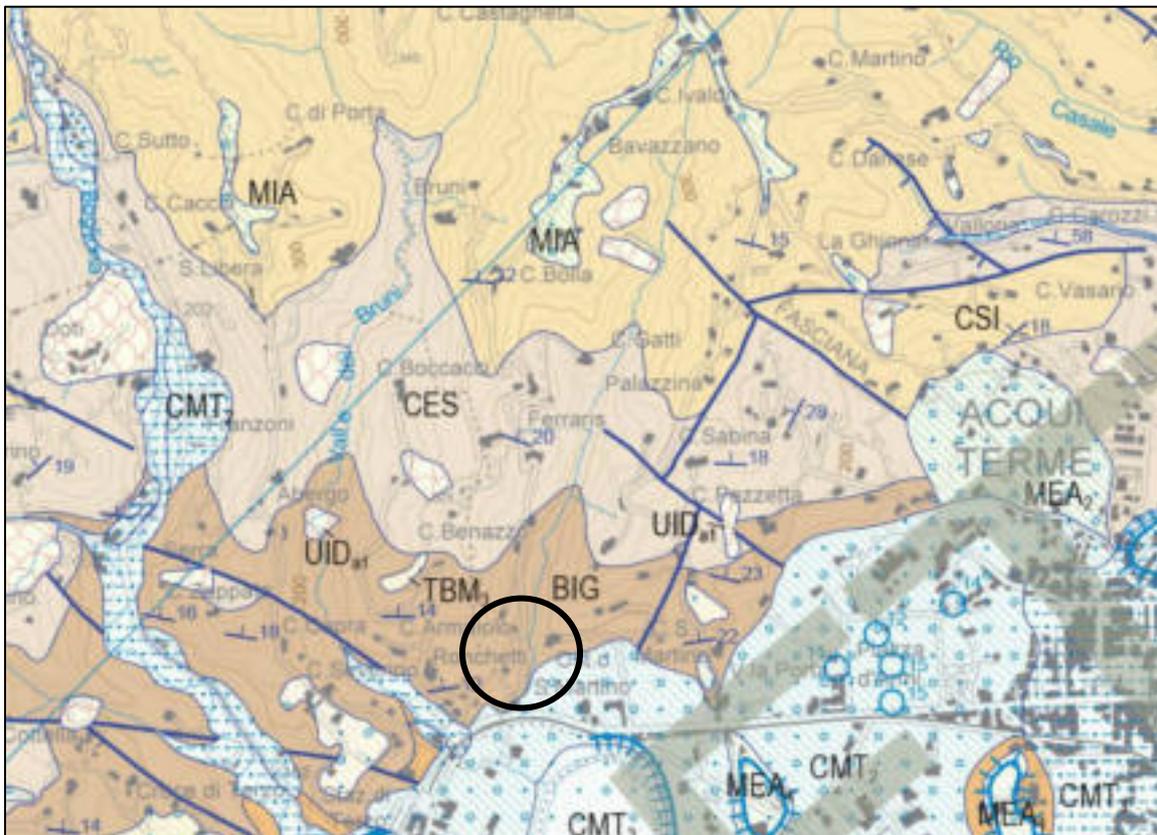
- D. M. 14 gennaio 2008  
"Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Decreto 17 gennaio 2018  
Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del C.S.LL.PP.  
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058  
Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

Per quanto riguarda i vincoli, si fa presente che l'area oggetto di relazione ricade in zona a tutela idrogeologica ai sensi del R.D. 3267/23, L.R. n. 45/89 e s.m e i.

#### 4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il substrato roccioso caratterizzante il territorio della zona è contraddistinto dalla presenza di successioni sedimentarie riferibili al Bacino Terziario Piemontese. Quest'ultimo si presenta come un'ampia depressione a sinclinale addossata all'Appennino Ligure, a Sud, e limitata a Nord dalla Collina di Torino, dallo Sperone di Tortona e dal margine della Pianura Padana. Si tratta di una sequenza di depositi marini, di riempimento di una vasta area, che, per effetto della subsidenza della zona settentrionale e del pulsare della catena alpina, presenta un tipico assetto monoclinale con immersione nord ed attenuazione delle pendenze verso la piana alessandrina. In questo settore, a causa dell'elevata subsidenza iniziata nel Pliocene e proseguita anche se con intensità decrescente fino al Quaternario Recente, la successione marina pliocenica raggiunge lo spessore di 2000 metri.

Nell'area d'indagine è presente la *Formazione di Bistagno*, la quale è descritta sul foglio N. 194 "ACQUI TERME" della Carta Geologica d'Italia 1:50.000, di cui di seguito viene riportato uno stralcio, come alternanze di marne e marne siltose con subordinate alternanze di arenarie medio-fini e peliti.



**Formazione di Bistagno**  
BIG  
Alternanze a stratificazione sottile di marne e marne siltose variamente silicizzate con caratteristica patina di alterazione bruno-rossastra. Sono presenti subordinate alternanze di arenarie medio-fini e peliti in strati decimetrico-metrici, localmente amalgamati, e intervalli marnosi. I livelli maggiormente silicizzati sono localizzati alla base e al tetto. Biozone a nannofossili calcarei MNN4b-MNN5a. Potenza variabile da 40 a 150 m. Depositi di scarpata (BIG). LANGHIANO INFERIORE p.p.

## **5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Le caratteristiche morfologiche generali della zona sono determinate sia dalla natura litologica e strutturale del substrato geologico e sia da fattori morfogenetici legati a processi di degradazione e/o alterazione dei versanti.

In particolare, l'assetto monoclinale delle successioni sedimentarie caratterizzanti il substrato, con immersione degli strati generalmente verso N-NO, impone acclività moderate nei versanti settentrionali (assetto "a franapoggio") ed acclività più elevate nei versanti meridionali e orientali (assetto "a reggipoggio"). Tale diversificazione è inoltre influenzata dalla natura del substrato roccioso e quindi dalla presenza di contrasti litologici aventi differenti caratteristiche meccaniche (per esempio il contatto tra formazioni marnose o argillose e di formazioni arenaceo-sabbiose).

In questo contesto, l'area d'intervento si posiziona nella zona mediana di un versante collinare con pendenze elevate rivolto ad est, alla quota di circa 185 metri s.l.m.

Dal punto di vista della dinamica delle acque superficiali, l'area in oggetto non risulta essere influenzata dalla dinamica fluviale, benché si trovi a poche centinaia di metri dal corso di un piccolo rio il quale però non interferisce con il sito oggetto d'intervento; non si esclude, tuttavia, che vi possano essere fenomeni di corrivazione superficiale a seguito degli eventi metereologici più intensi.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei versanti, il rilievo dell'area e la cartografia tematica disponibile hanno consentito di escludere la presenza di dissesti gravitativi oltre a quello verificatosi in corrispondenza della porzione di strada oggetto di intervento.

## **6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in questione possono essere distinti due termini:

- **Coperture superficiali eluvio-colluviali e detritiche:** costituite prevalentemente da argille limose con spessore di circa un metro; risultano caratterizzate da permeabilità primaria da molto bassa a bassa.
- **Substrato marnoso:** costituito da marne siltose fratturate; sono caratterizzate da permeabilità per porosità bassissima o nulla e da una permeabilità secondaria variabile in funzione del grado di fratturazione della roccia.

Il substrato marnoso, sostanzialmente impermeabile in condizioni di integrità, può essere caratterizzato localmente da permeabilità secondaria connessa alla presenza di fratturazioni e/o fessurazioni indotte da fenomeni deformativi successivi alla sua genesi. La conducibilità idraulica secondaria del substrato risulta fortemente influenzata sia dalla giacitura delle anisotropie planari caratteristiche del substrato, sia dalla natura e granulometria del materiale di riempimento.

In tale contesto idrogeologico, considerata l'orografia dell'area, la stratigrafia dei terreni (orizzonte di copertura avente permeabilità bassa per porosità su substrato marnoso) e i dati delle indagini eseguite non si rileva la presenza di una falda acquifera vera e propria, ma solo una circolazione subcorticale che ha sede all'interno della coltre sciolta ed è strettamente connessa al regime meteorico stagionale (risulta ridotta o assente nelle stagioni asciutte).

## **7.) INDAGINI ESEGUITE**

Al fine di effettuare una adeguata caratterizzazione del sito, in relazione alla tipologia di opere a progetto, sono state condotte una serie di indagini in sito, mirate in particolare alla valutazione delle caratteristiche geotecniche del substrato, tramite il rilievo in sito.

Le indagini hanno compreso oltre al rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, la realizzazione di n.3 prove penetrometriche dinamiche leggere in prossimità della strada, nel settore interessato dalla realizzazione delle opere a progetto.

### **7.1.) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DP)**

Vengono di seguito sintetizzate le caratteristiche del penetrometro dinamico medio (DL30IT) che è stato impiegato:

Peso maglio	:	30,0 kg
Altezza di caduta maglio	:	20 cm
Lunghezza aste	:	1,0 m
Peso aste/m	:	2,4 kg
Avanzamento punta	:	10 cm
Diametro punta	:	35,6 mm
Angolo apertura punta	:	60°

Le prove consistono nell'introdurre nel terreno una punta a cono posta all'estremità di una batteria di aste mediante battitura alla testa dell'ultima asta da parte di un maglio di peso noto che cade da un'altezza costante. L'infissione avviene per tratti consecutivi di 10 cm misurando il numero di colpi ( $N_{10}$ ) necessari. La resistenza opposta dai terreni sciolti alla penetrazione della punta conica è funzione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni attraversati. Pertanto, l'interpretazione dell'istogramma (numero di colpi/profondità) permette di ottenere oltre che la stratigrafia di massima anche informazioni puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

### **Descrizione delle prove dinamiche (DP1-2-3)**

Le prove sono state posizionate all'interno dell'area d'indagine in modo da ottenere una corretta ricostruzione stratigrafica e una adeguata comprensione delle caratteristiche dei materiali (vedi anche Planimetrie TAVV. 2 e 4, ed ALL.1). La profondità raggiunta è stata di circa 2,2 metri nella prova 1, 1,0 metri nella prova 2 e 2,2 metri nella prova 3. Le prove hanno interessato la coltre superficiale e la porzione superiore alterata del substrato.

Durante l'esecuzione delle prove non si è rilevata la presenza di terreni saturi d'acqua.

La tabella esposta di seguito sintetizza le risultanze ottenute durante le prove.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DP1</b>		
<i>PROFONDITA' (m p.c.)</i>	<i>ORIZZONTE</i>	<i>LITOLOGIA</i>
0,00 m - 2,00 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limo sabbioso sciolto (Coltre detritica eluvio-colluviale)
2,00 m - 2,20 m (fine prova)	<b>B<sub>A</sub></b>	Marne e arenarie (Substrato alterato)
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DP2</b>		
<i>PROFONDITA' (m p.c.)</i>	<i>ORIZZONTE</i>	<i>LITOLOGIA</i>
0,00 m - 0,90 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limo sabbioso sciolto (Coltre detritica eluvio-colluviale)
0,90 m - 1,00 m (fine prova)	<b>B<sub>A</sub></b>	Marne e arenarie (Substrato alterato)
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DP3</b>		
<i>PROFONDITA' (m p.c.)</i>	<i>ORIZZONTE</i>	<i>LITOLOGIA</i>
0,00 m - 2,00 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limo sabbioso sciolto (Coltre detritica eluvio-colluviale)
2,00 m - 2,20 m (fine prova)	<b>B<sub>A</sub></b>	Marne e arenarie (Substrato alterato)

### **Caratterizzazione dei terreni tramite prove dinamiche**

I valori di resistenza dinamica RPD sono ricavati in funzione delle masse mobili e fisse del penetrometro dinamico e del numero medio di colpi  $N_{10}$  nelle condizioni meno addensate mediante "la formula degli Olandesi":

$$R_{pd} = M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M+P)] = M^2 \cdot H \cdot N / [A \cdot \delta \cdot (M+P)]$$

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standard Penetration Test), occorre applicare una correzione ai risultati delle prove DP, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

$$N_{SPT} = C_f N_{10}$$

dove  $C_f$  è un parametro correttivo sulla base delle differenti modalità esecutive (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) indispensabile per rapportare il numero di colpi dell'SPT con quelli del dinamico continuo effettivamente utilizzato:

$$C_f = \frac{M_1 \cdot H_1 \cdot Pl_1 \cdot Ap_1}{M_2 \cdot H_2 \cdot Pl_2 \cdot Ap_2}$$

Con riferimento al penetrometro usato, il coefficiente di correlazione  $C_f$  è pari a 0,78. La correlazione consente di ricavare i seguenti valori di NSPT per gli orizzonti incontrati:

Orizzonti	N <sub>10</sub>	N <sub>SPT</sub>
A <sub>1</sub>	12,7	9,9
B <sub>A</sub>	> 40	> 40

I parametri geotecnici calcolabili per terreni attraverso correlazioni dirette con il valore di NSPT sono i seguenti:

- angolo di resistenza al taglio  $\varphi$
- densità relativa

Il valore dell'angolo di attrito interno dei terreni attraversati nella penetrometria è valutabile con la correlazione di Yukitake Shioi & Jiro Fukuni (1982):

$$\varphi = (15 N_{SPT})^{1/2} + 15$$

mentre la densità relativa può essere determinata in via qualitativa con Terzaghi & Peck (1948) ed in via quantitativa dalla correlazione di Gibbs & Holtz (1957):

$$Dr(\%) = 21 (N_{SPT}/(\sigma+0,7))^{1/2}$$

dove  $\sigma$  è la pressione litostatica a metà strato. In generale l'orizzonte superficiale è caratterizzato da valori di densità medio-bassi.

Inoltre, per i terreni coesivi, i valori di NSPT consentono una stima della coesione non drenata  $C_u$  tramite la correlazione di Terzaghi & Peck:

$$C_u \text{ (kg/cmq)} = 0,067 * N_{SPT}$$

## 7.2.) INDAGINE SISMICA MASW

Nello specifico lo stendimento è stato effettuato mediante un sismografo DoReMi della "Sara electronic instruments" utilizzando 12 geofoni, con energizzazione a massa battente dal peso di 10 kg con piastra di battuta in alufer e di cui vengono allegate le risultanze (ALL.2).

L'elaborazione delle risultanze della prova attraverso lo specifico programma d'interpretazione (MASW di Vitantonio Roma) ha fornito valori della VSeq, riconducibili ai terreni di tipo A (vedi in dettaglio sempre ALL.2 e 3).

## 8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal confronto tra le informazioni ottenute con il rilevamento con i dati delle indagini eseguite è stato possibile ottenere una caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento.

### 8.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

L'assetto litostratigrafico locale può essere sintetizzato come segue:

- a) Orizzonte A<sub>1</sub> (coltre detritica eluvio-colluviale): orizzonte costituito da materiali medio-fini con clasti (sabbie limose) sciolte, lo spessore medio è di circa 2 metri.
  
- b) Orizzonte B<sub>A</sub> (substrato alterato): orizzonte costituito da marne e arenarie alterate e fratturate, presenta spessore variabile tra pochi decimetri e 1,5 metri circa.
  
- c) Orizzonte B (substrato): orizzonte costituito da marne e arenarie integre.

## 8.2.) PARAMETRI GEOTECNICI

La presente caratterizzazione geotecnica dei materiali deriva dai risultati delle prove eseguite e da dati bibliografici riferibili a prove in sito e di laboratorio su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici minimi e medi degli orizzonti litostratigrafici descritti in precedenza (con l'esclusione dello strato di riporto per cui si indica solo il peso di volume).

### **ORIZZONTE GEOTECNICO A<sub>1</sub>**

angolo di attrito efficace	$\phi'$	=	23-24° *
coesione drenata	$c'$	=	0-3 kPa *
peso di volume naturale	$\gamma'$	=	18 kN/m <sup>3</sup>
densità relativa	<b>Dr</b>	=	20-30 %
* condizioni drenate			

### **ORIZZONTE GEOTECNICO B<sub>A</sub>**

angolo di attrito dell'ammasso	$\phi'$	=	27-29° *
coesione dell'ammasso	$c'$	=	3-5 kPa *
peso di volume naturale	$\gamma'$	=	20 kN/m <sup>3</sup>
* condizioni drenate			

### **ORIZZONTE GEOTECNICO B**

angolo di attrito dell'ammasso	$\phi'$	=	29-31°
coesione dell'ammasso	$c'$	=	10-15 kPa
peso di volume naturale	$\gamma'$	=	23 kN/m <sup>3</sup>

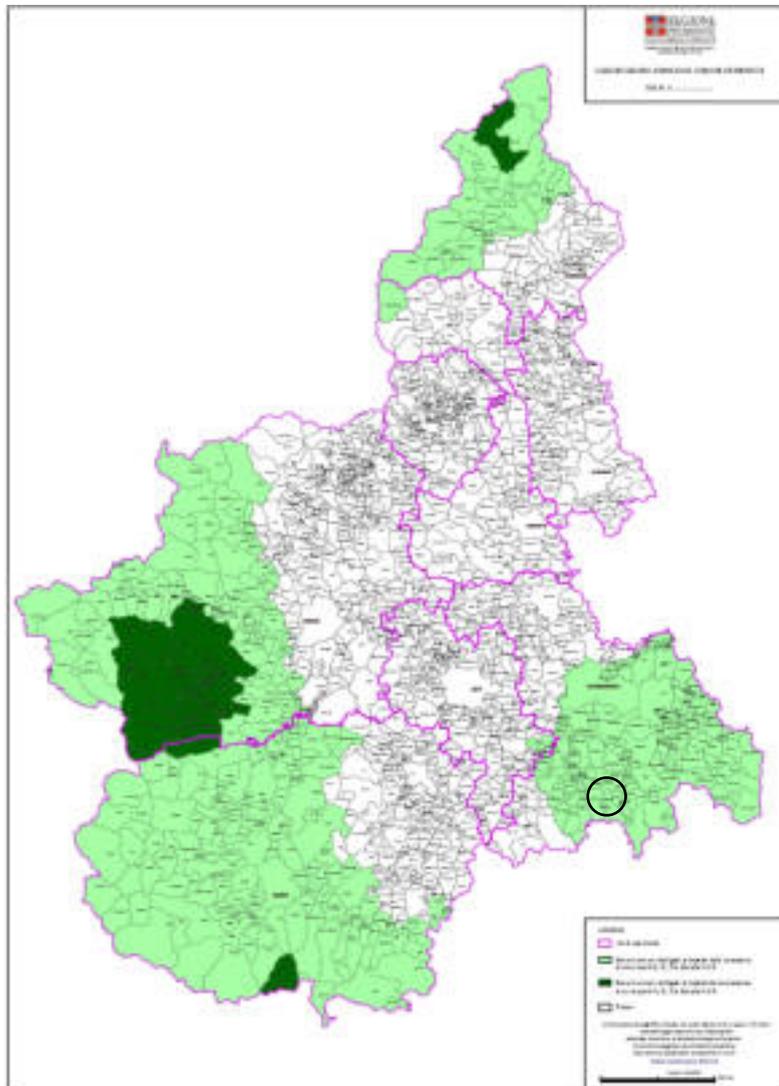
## 9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione delle azioni sismiche non avviene più, come in passato, per mezzo dell'obsoleto concetto di "Zone Sismiche", poiché si sa che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, già tenuti in conto dal *soil factor* S (un numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici). Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo ( $a_g$ ) i fattori amplificativi degli spettri ( $F_0$ ) ed i periodi  $T_c^*$  relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche. La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto infatti, sono funzione di questi tre parametri, che cambiano da sito a sito (Paolo Rugarli, 2009).

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza.

Per quanto attiene direttamente al territorio del **Comune di Acqui Terme**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n.3519/2006)", in **ZONA 3** (pericolosità bassa).

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.



### Parametri per la determinazione dell'azione sismica

Per il calcolo dell'azione sismica, gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione
- condizioni topografiche
- Classe d'uso opera e Vita nominale opera
- Parametri sismici di sito ( $T_r$ ,  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ )

### Determinazione della categoria di suolo di fondazione

Per la caratterizzazione fisica e geotecnica, si considera la velocità media delle onde di taglio al di sopra del bedrock sismico ( $V_{s_{eq}}$ ); la parametrizzazione delle velocità caratteristiche di questi terreni è stata ottenuta da dati bibliografici ricavati da prove geofisiche eseguite su terreni analoghi. I valori riscontrati, considerata la presenza di un ridotto livello di terreni scadenti superficiali, permettono di collocare il bedrock sismico a profondità superiore ai 30 metri, pertanto la  $V_{s_{eq}}$  corrisponde alla  $V_s$  dei primi 30 metri che nel sito di interesse ricade in **Categoria di suolo A**.

estratto da tabella 3.2.II - NTC 18

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

### Determinazione delle condizioni topografiche

estratto da tabella 3.2. III - NTC 18

Categoria	Descrizione
T2	Pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$

### Determinazione delle caratteristiche dell'opera

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, di seguito si riportano i valori considerati.

estratto da tabella 2.4.I - NTC 18

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di $V_N$ (in anni)
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50

*Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

***Determinazione dei parametri sismici di sito***

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso della costruzione, la vita nominale della costruzione per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite.

periodo di riferimento della costruzione

$T_r$ : periodo di ritorno evento sismico

$a_g$ : accelerazione di riferimento del terreno

$F_o$ : fattore di amplificazione spettrale massima

$T_c^*$ : periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

In allegato 3 si riportano i dati completi riferiti al sito.

## **10.) CONCLUSIONI**

L'intervento a progetto interesserà un settore del territorio Comunale di Acqui Terme, caratterizzato da una morfologia collinare con rilievi che presentano pendenze elevate. L'area di progetto è situata nella zona mediana di un versante esposto ad est, alla quota di circa 185 metri s.l.m. ed è costituito da un tratto di valle della strada comunale Valle Benazzo lungo circa 30m.

Geologicamente la zona è caratterizzata da una successione quaternaria di ambiente marino, attribuibile alla *Formazione di Bistagno*, che presenta immersione in direzione nord-nordovest rendendo il versante subito al di sopra del tratto interessato dall'opera a "traverpoggio-reggipoggio". Questa formazione è composta da alternanze di marne e marne siltose con subordinate alternanze di arenarie e peliti.

Ammantati sul substrato marnoso vi sono dei materiali di alterazione caratterizzati da granulometrie prevalentemente fini, con spessori medi intorno ai 2m e caratteristiche meccaniche scadenti.

Il ridotto livello di coperture sciolte è caratterizzato da una permeabilità medio - bassa per porosità mentre il substrato terziario è costituito da sedimenti perlopiù impermeabili; infatti i termini marnosi sono da considerare impermeabili; in ogni caso in questi materiali possono esistere dei piccoli acquiferi localizzati lungo i giunti di stratificazione e in corrispondenza di zone di fratturazione, ma anche al contatto coltre detritica-substrato. Pur non essendo presente una falda vera e propria, a seguito dei periodi di maggiore piovosità, si instaura una circolazione idrica all'interno della coltre di alterazione superficiale con possibile saturazione della stessa.

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

Le opere previste dal progetto saranno eseguite in un contesto già ampiamente antropizzato; tali opere, in quanto comunque limitate e 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 e geotecnica media descritte 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 movimenti terra legati all'intervento saranno ridotti e pertanto non comporteranno particolari implicanze dal punto di vista geologico – tecnico. Dovrà comunque essere posta particolare attenzione operativa vista sia la necessità di non interferire sulle fondazioni di contigui manufatti sia la sempre possibile presenza di sottoservizi.

L'intervento in progetto non comporterà sostanziali modifiche alle condizioni idrogeologiche in atto, in un'area che presenta una buona regimazione delle acque superficiali in eccesso che, raccolte per lo più dalle cunette di fascia e/o stradali vengono smaltite verso i collettori naturali di valle.

Non vengono pertanto richiesti particolari interventi di sistemazione idraulico-agraria che si discostino da una generale manutenzione periodica delle attuali vie di smaltimento.

Gli eventuali materiali terrosi di risulta, non appartenendo alla famiglia delle "pietre verdi", potranno essere riutilizzati in sito o in altro sito seguendo le disposizioni del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del decreto legge 12.09.2014 n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 1.11.2014 n. 164". I materiali in esubero dovranno essere conferiti in discarica autorizzata.

Sulla scorta delle conoscenze litostratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche in possesso si esprime un parere di fattibilità geologica e geotecnica per la realizzazione dell'intervento edificatorio previsto.

Il progetto in questione è da ritenersi inoltre compatibile con la Normativa di PAI ricadendo in una zona che risulta al di fuori delle aree soggette ad esondazioni e/o dissesti ed ammissibile sia in relazione all'assetto idrogeologico dell'area evidenziato nel corso della perizia (ritenendosi insignificante ai fini dell'assetto idrogeologico del versante e non pregiudicandone l'attuale stabilità).

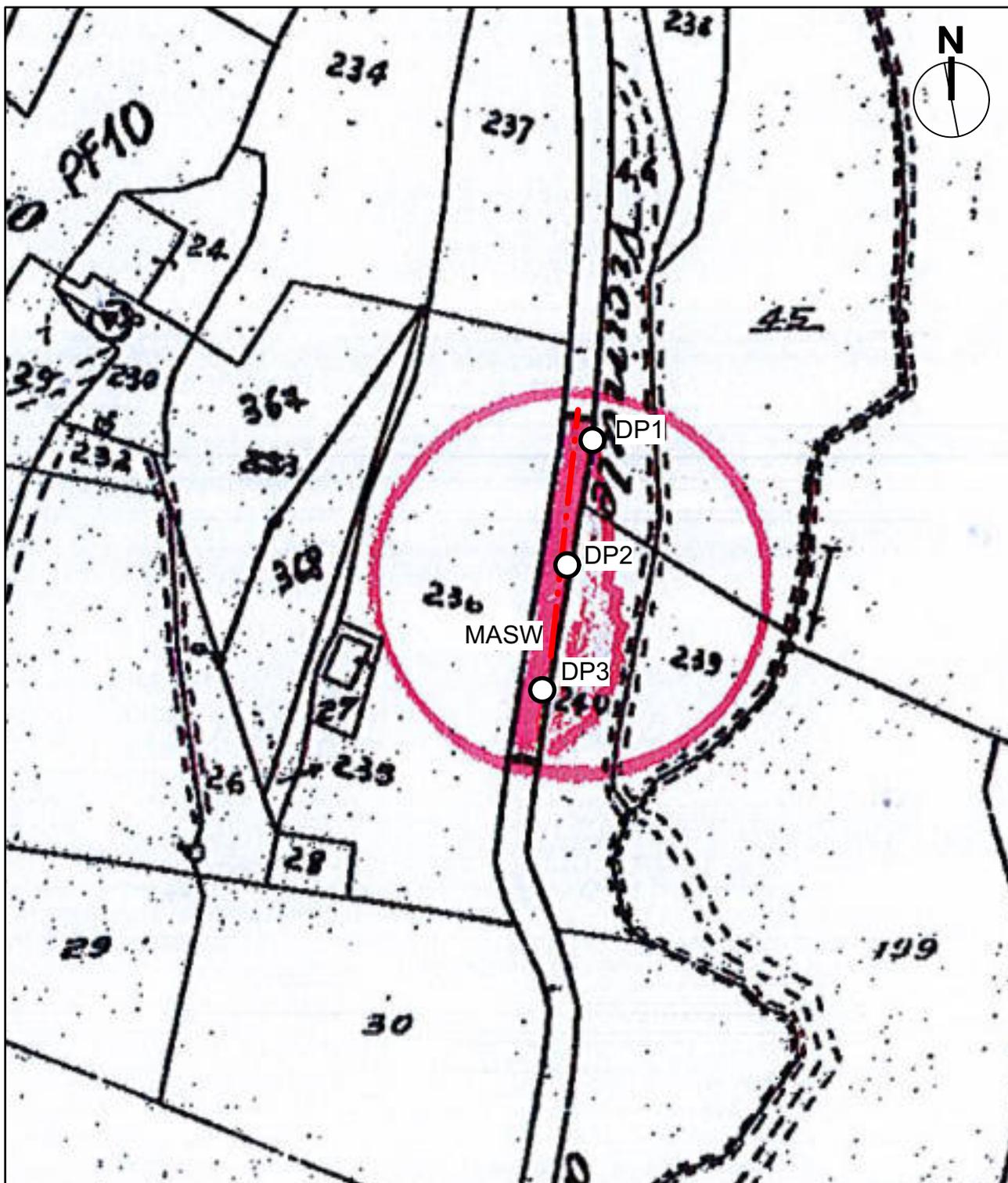
si può inoltre ritenere migliorativo sia ai fini dell'assetto idrogeologico sia della stabilità della strada e del versante.

Savona, Gennaio 2019

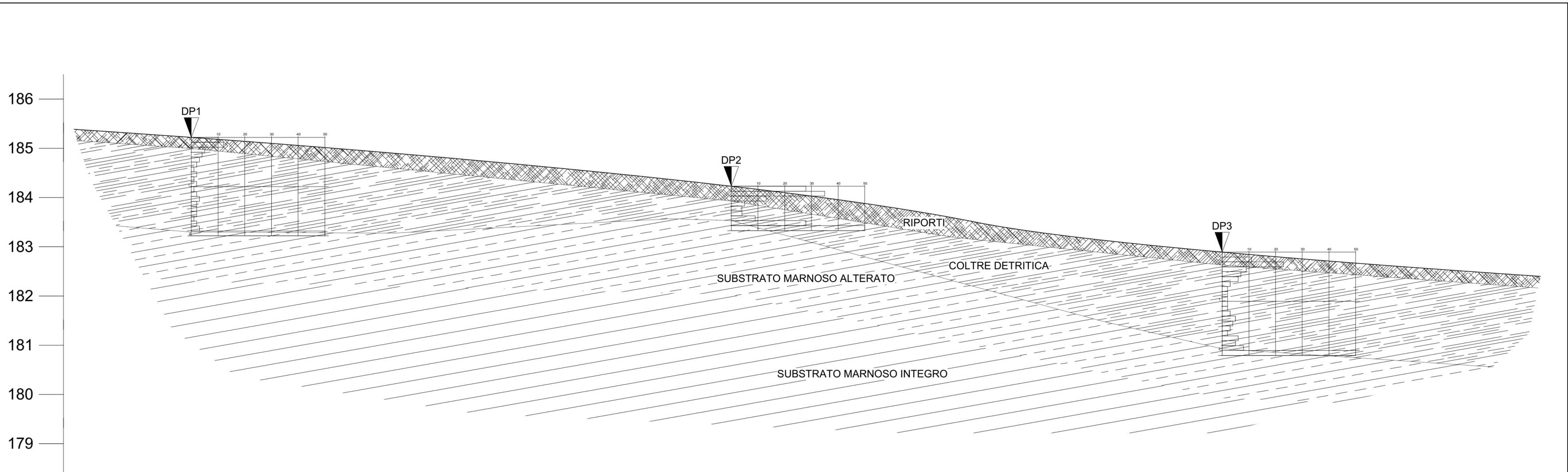




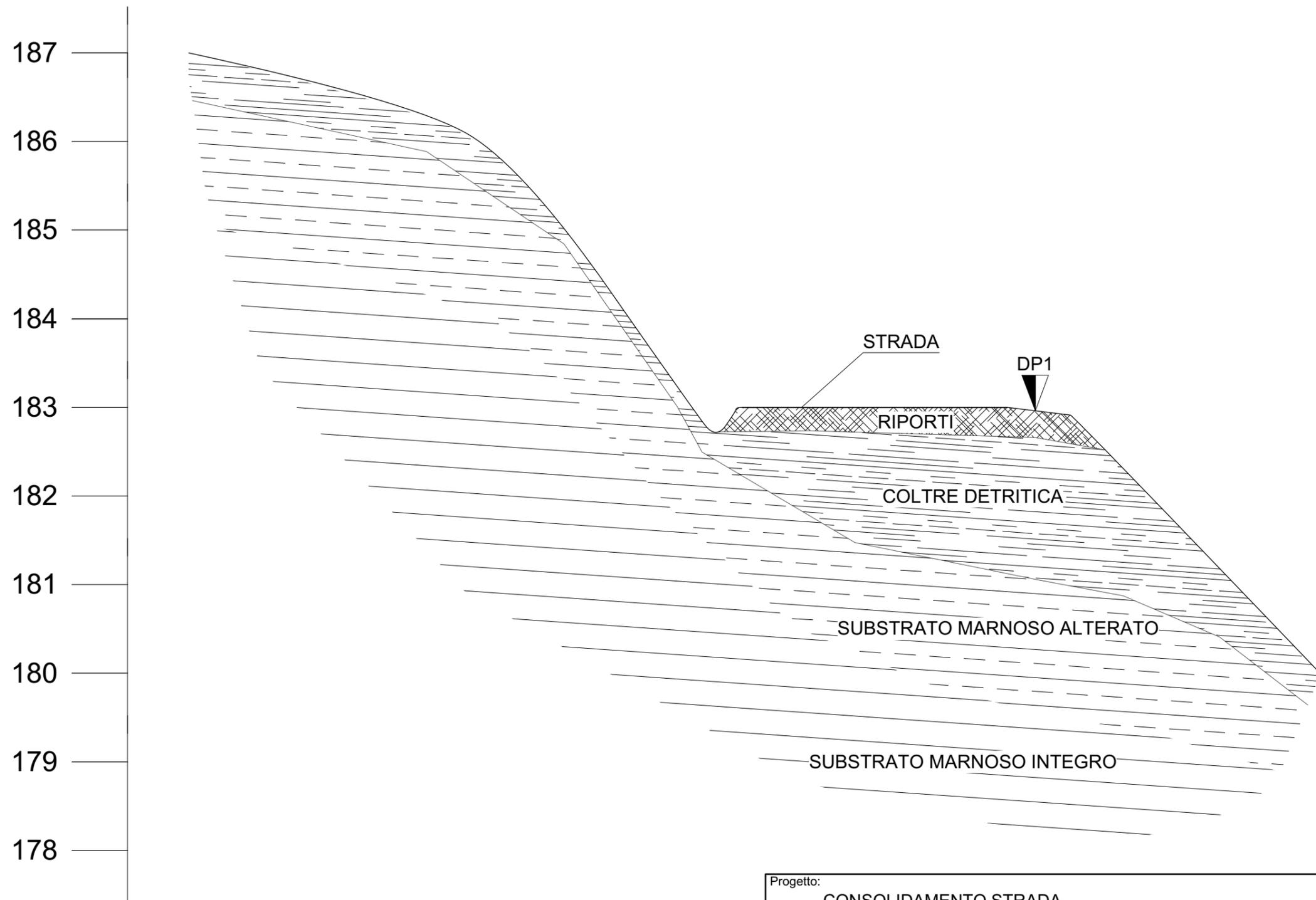
Progetto: <b>CONSOLIDAMENTO STRADA</b>	tavola: <h1>01</h1>
Committente: <b>COMUNE DI ACQUI TERME</b>	vs: 01
Località/Comune: <b>ACQUI TERME (AL)</b>	data: <b>21.01.2019</b>
Elaborato: <b>COROGRAFIA_STRALCIO CTR 194100</b>	scala: <b>1:10.000</b>



Progetto: CONSOLIDAMENTO STRADA	tavola:  <b>02</b>
Committente: COMUNE DI ACQUI TERME	vrs: 01
Località/Comune: ACQUI TERME (AL)	data: 21.01.2019
Elaborato: PLANIMETRIA CATASTALE_UBICAZIONE PROVE	scala: 1:500



Progetto:	CONSOLIDAMENTO STRADA	tavola:	<b>03</b>
Committente:	COMUNE DI ACQUI TERME	vrs: 01	
Località/Comune:	ACQUI TERME (AL)	data:	21.01.2019
Elaborato:	SEZIONE GEOTECNICA INTERPRETATIVA A-A'	scala:	1:50



Progetto: CONSOLIDAMENTO STRADA	tavola: <b>04</b>
Committente: COMUNE DI ACQUI TERME	vrs: 01
Località/Comune: ACQUI TERME (AL)	data: 21.01.2019
Elaborato: SEZIONE GEOTECNICA INTERPRETATIVA B-B'	scala: 1:50



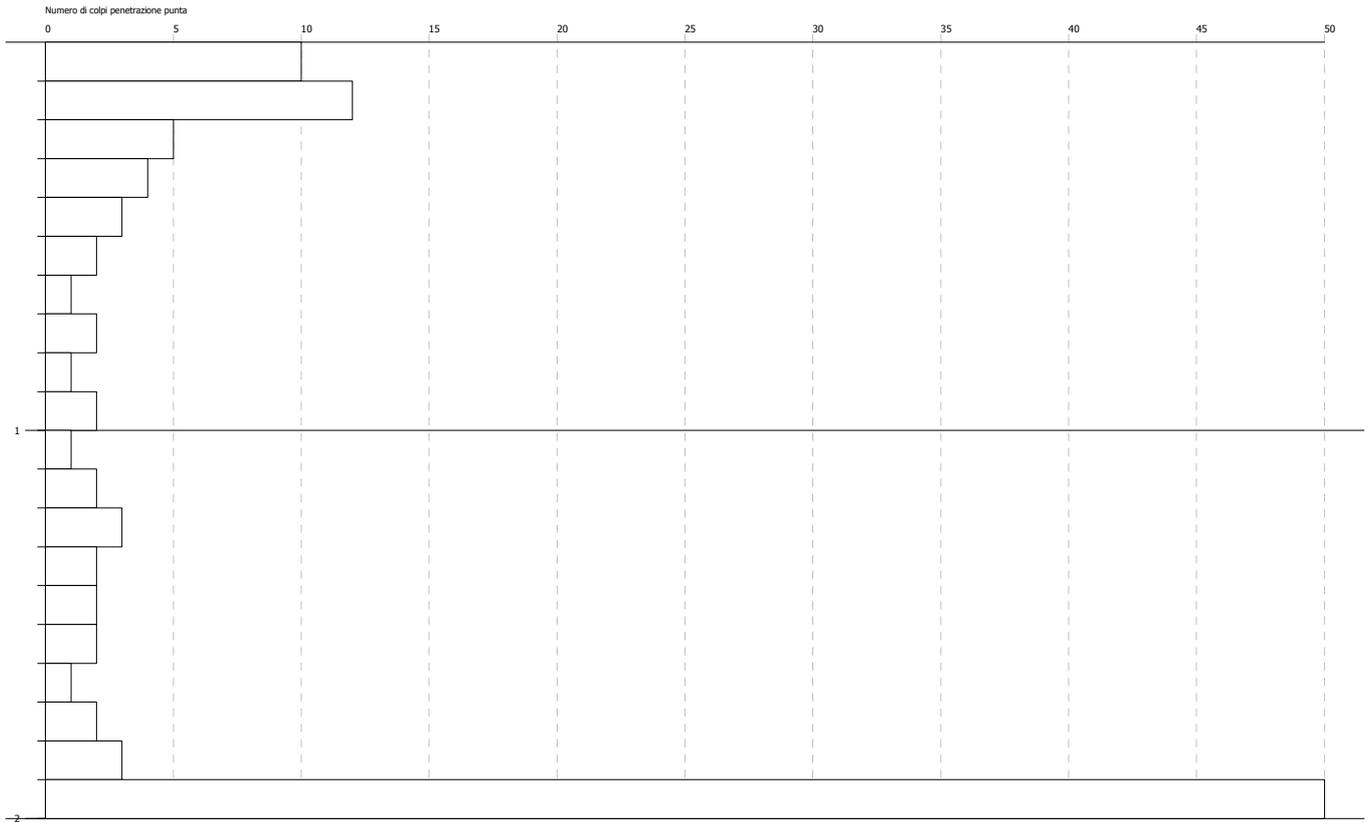
Progetto: <b>CONSOLIDAMENTO STRADA</b>	tavola:  <h1 style="text-align: center;">05</h1>
Committente: <b>COMUNE DI ACQUI TERME</b>	vrs: 01
Località/Comune: <b>ACQUI TERME (AL)</b>	data: <b>21.01.2019</b>
Elaborato: <b>PLANIMETRIA GOOGLE MAPS</b>	scala: <b>1:500</b>

Progetto: CONSOLIDAMENTO STRADA	allegato:  <b>01</b>
Committente: COMUNE DI ACQUI TERME	vrs:01
Località/Comune: ACQUI TERME (AL)	data: 21.01.2019
Elaborato: ISTOGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	scala:

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI**

Committente: Comune di Acqui Terme  
Cantiere: Palificata strada  
Località: Acqui Terme (AL)

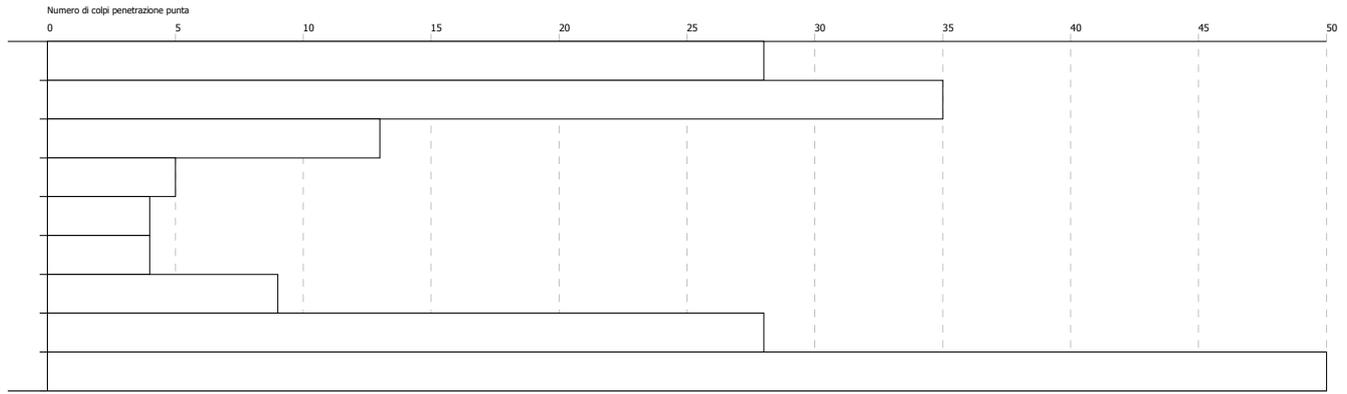
Data: 16-01-2019



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI**

Committente: Comune di Acqui Terme  
Cantiere: Palificata strada  
Località: Acqui Terme (AL)

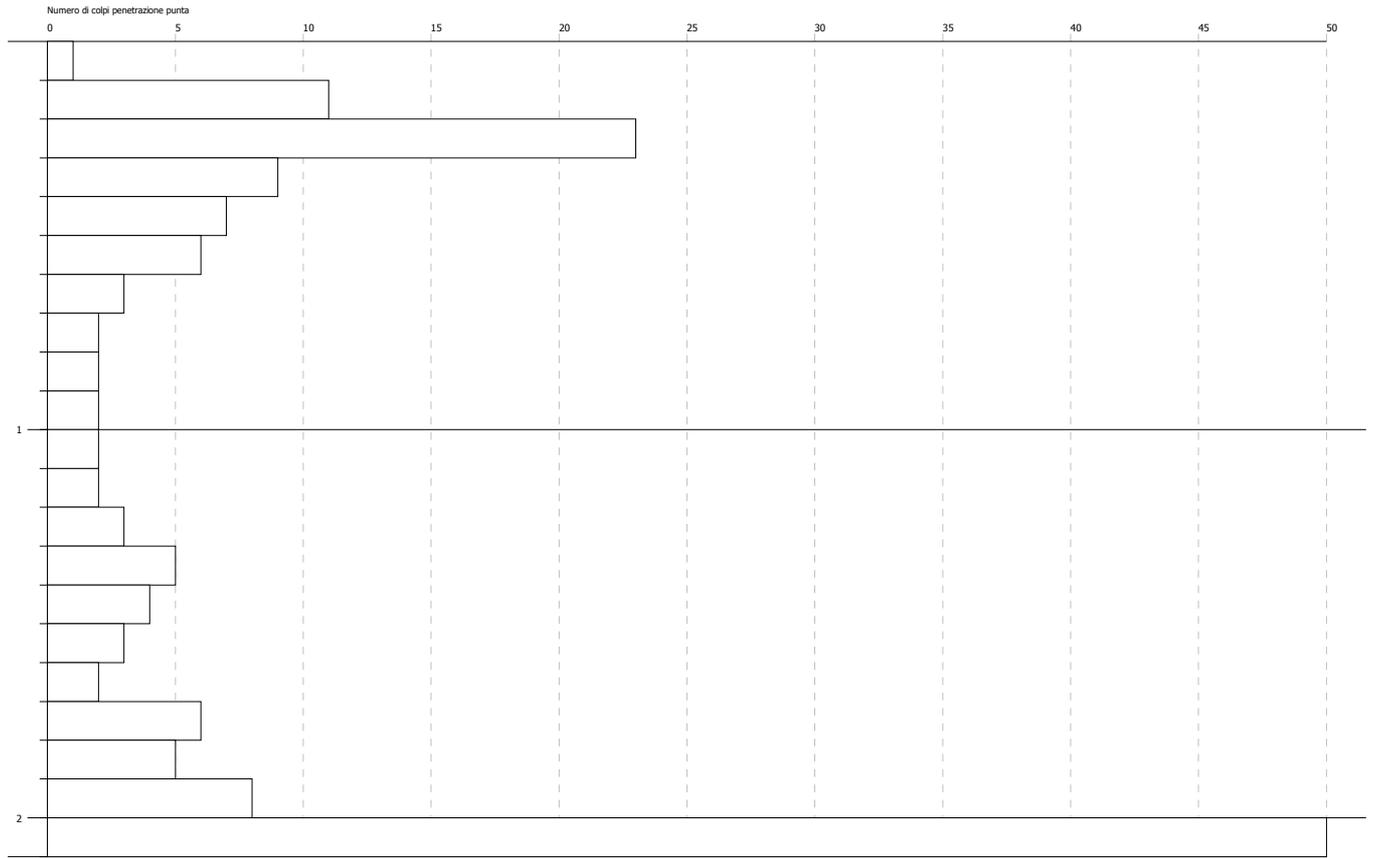
Data: 16-01-2019



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI**

Committente: Comune di Acqui Terme  
Cantiere: Palificata strada  
Località: Acqui Terme (AL)

Data: 16-01-2019



Progetto: CONSOLIDAMENTO STRADA	allegato:  <b>02</b>
Committente: COMUNE DI ACQUI TERME	vrs:01
Località/Comune: ACQUI TERME (AL)	data: 21.01.2019
Elaborato: INDAGINE SISMICA MASW - RISULTANZE	scala:

# Risultati delle analisi MASW

Autore: Francesco Valle  
Sito: Acqui Terme (AL)  
Data: 21/01/2019

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

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24  
Distanza tra i sensori:.....0m  
Numero di campioni temporali .....2000  
Passo temporale di acquisizione ..... 1ms  
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 ..... 1999ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

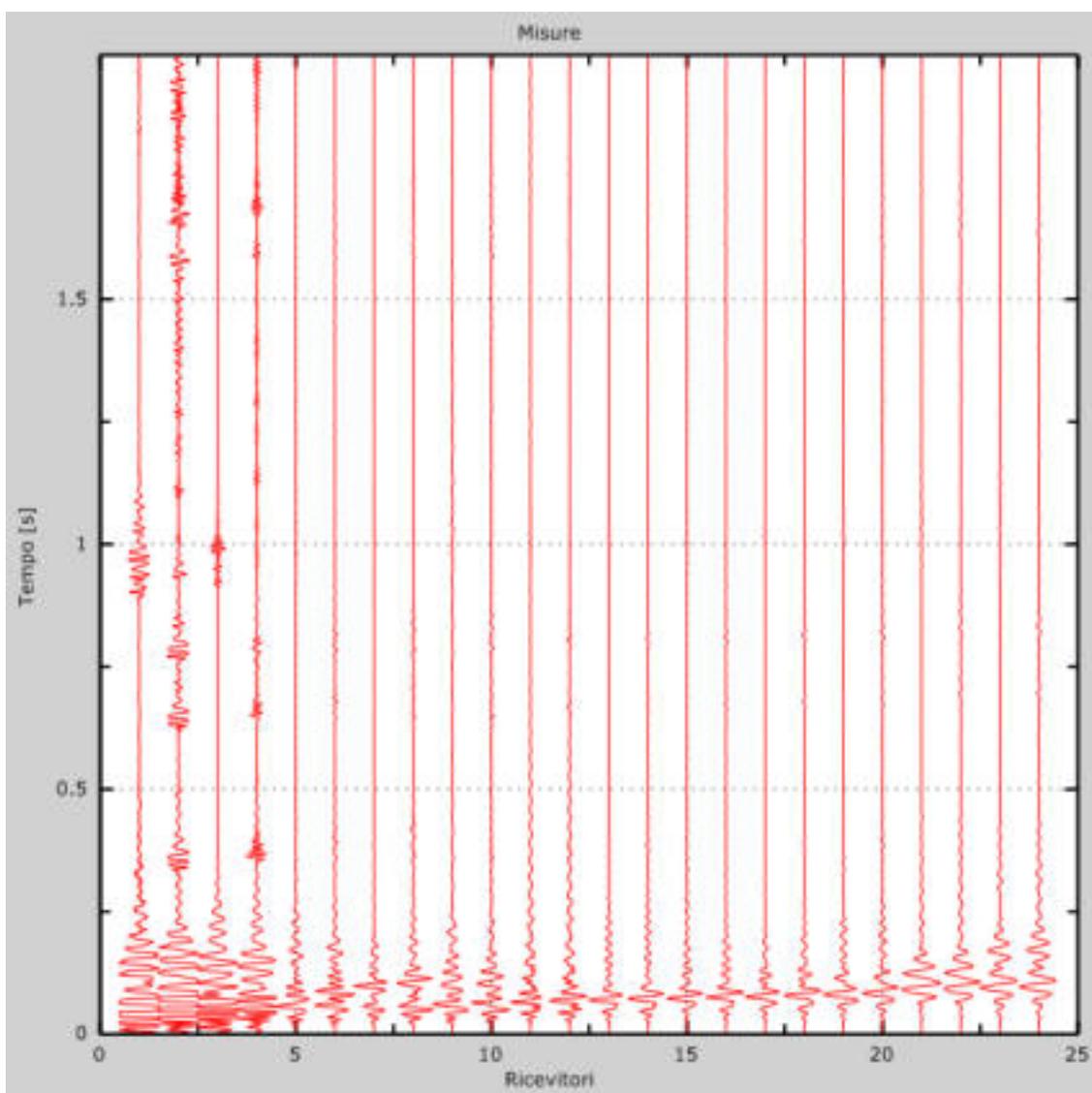


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale..... 2Hz

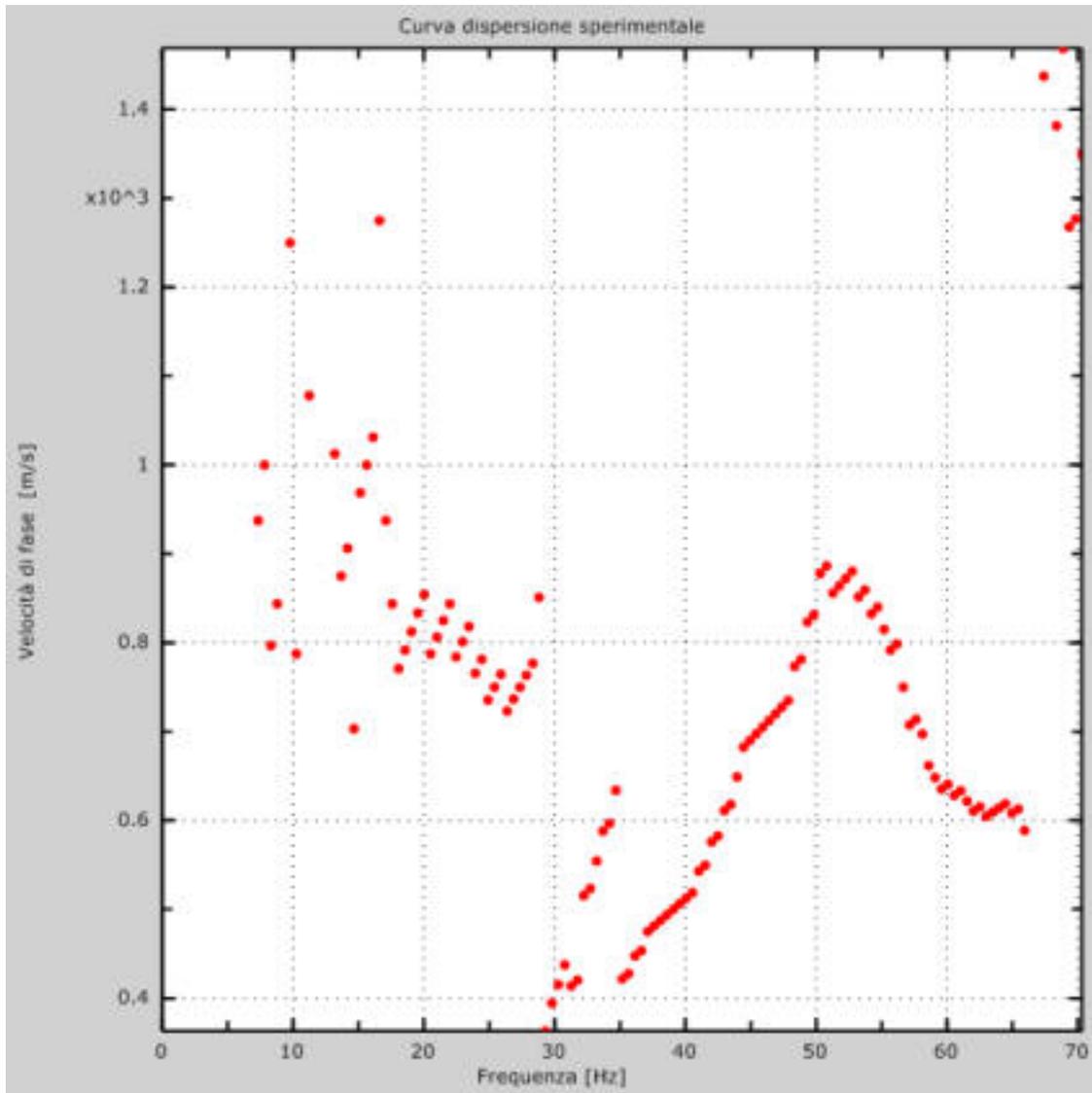


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12  
Numero di campioni temporali .....3.26787e-312  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 119998ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

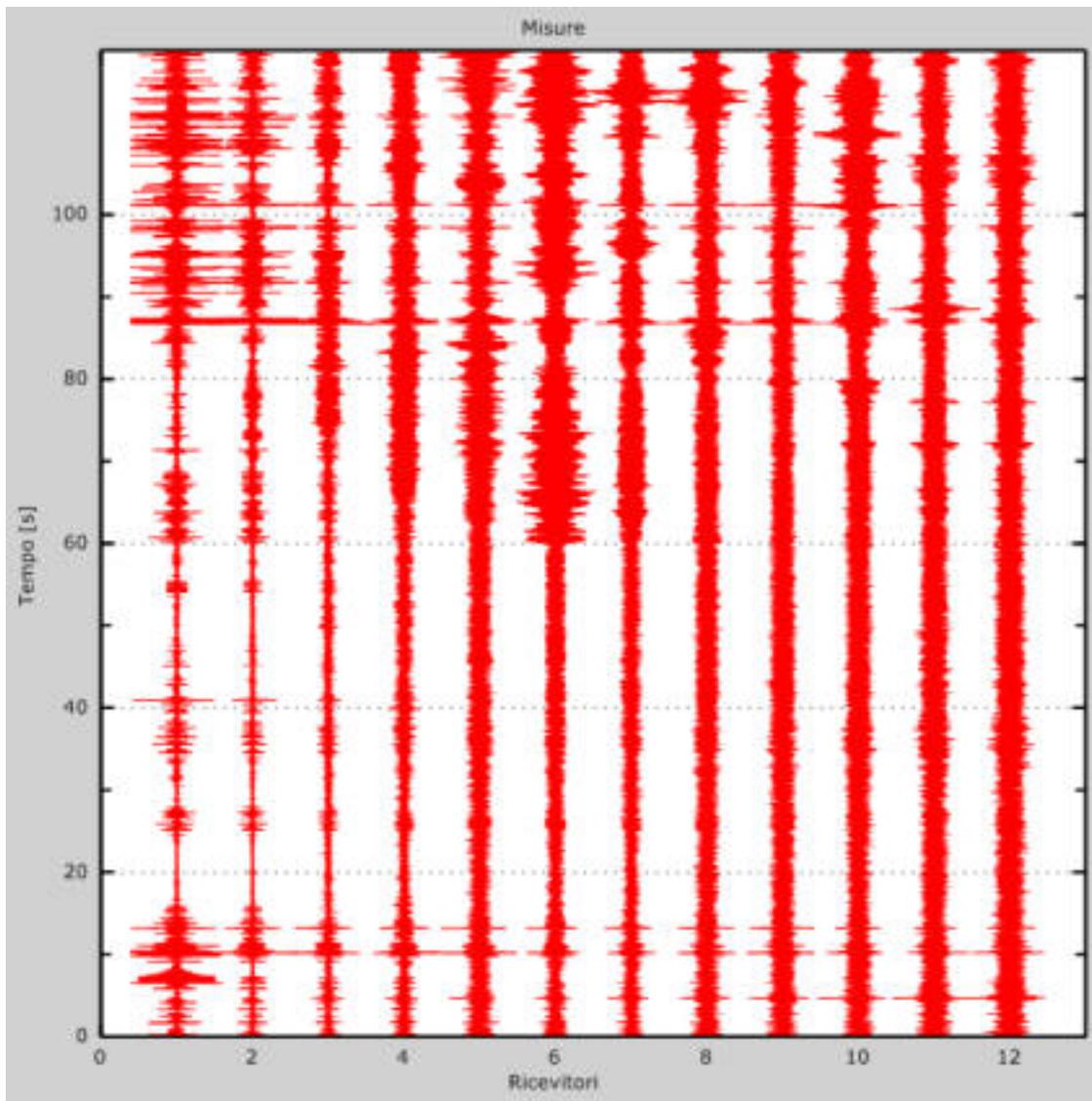


Figura 3: Tracce sperimentali

## 4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
15.7227	1006.25	905.625	1106.88
19.165	817.708	735.938	899.479
22.6074	789.205	710.284	868.125
26.0498	750	675	825
29.4922	375.501	337.951	413.051
32.9346	537.347	483.612	591.082
34.3963	625.079	591.288	658.87
36.377	450.605	405.544	495.665
39.8193	509.688	458.719	560.656
43.2617	615.278	553.75	676.806
46.7041	717.375	645.638	789.113
50.1465	863.945	777.551	950.34
53.5889	857.422	771.68	943.164
57.0312	716.129	644.516	787.742
60.4736	630.215	567.194	693.237
63.916	613.594	552.234	674.953

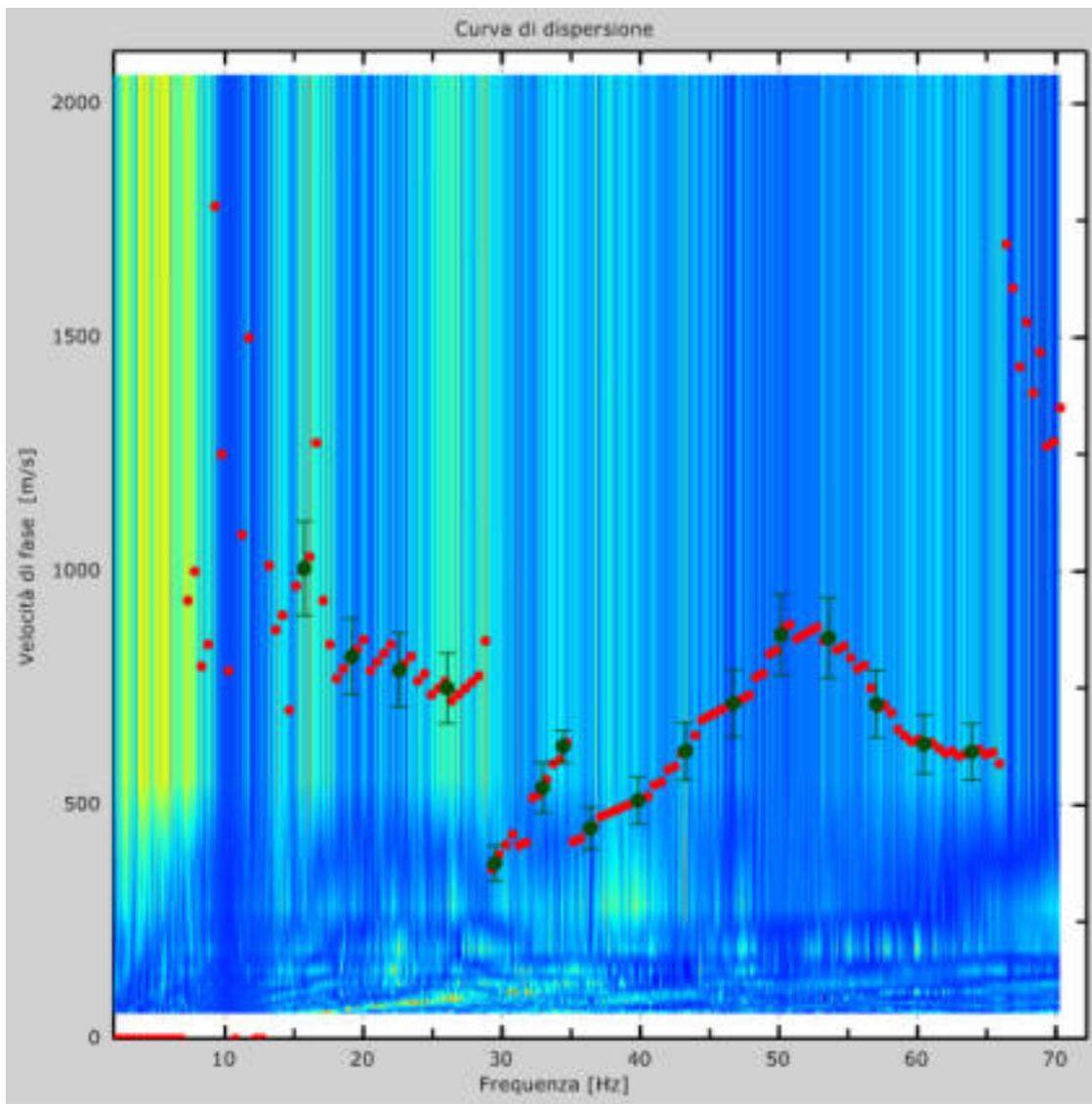


Figura 4: Curva di dispersione

## 5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	6
Spaziatura ricevitori .....	1.5m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi .....	2
Numero iterazioni .....	0
Massimo errore [%] .....	0.000000e+000
Consenti forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

### Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1800
Poisson .....	0.35
Vs fin.[m/s] .....	300

### Strato 2

h [m].....	2
z [m].....	-4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.33
Vs fin.[m/s] .....	1100

### Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-7
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.33
Vs fin.[m/s] .....	800

### Strato 4

h [m].....	3
z [m].....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000
Poisson .....	0.33
Vs fin.[m/s] .....	410

### Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-14
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000

Poisson .....0.33  
 Vs fin.[m/s] .....1000

### Strato 6

h [m].....0  
 z [m].....-∞  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2100  
 Poisson .....0.33  
 Vs fin.[m/s] .....1300

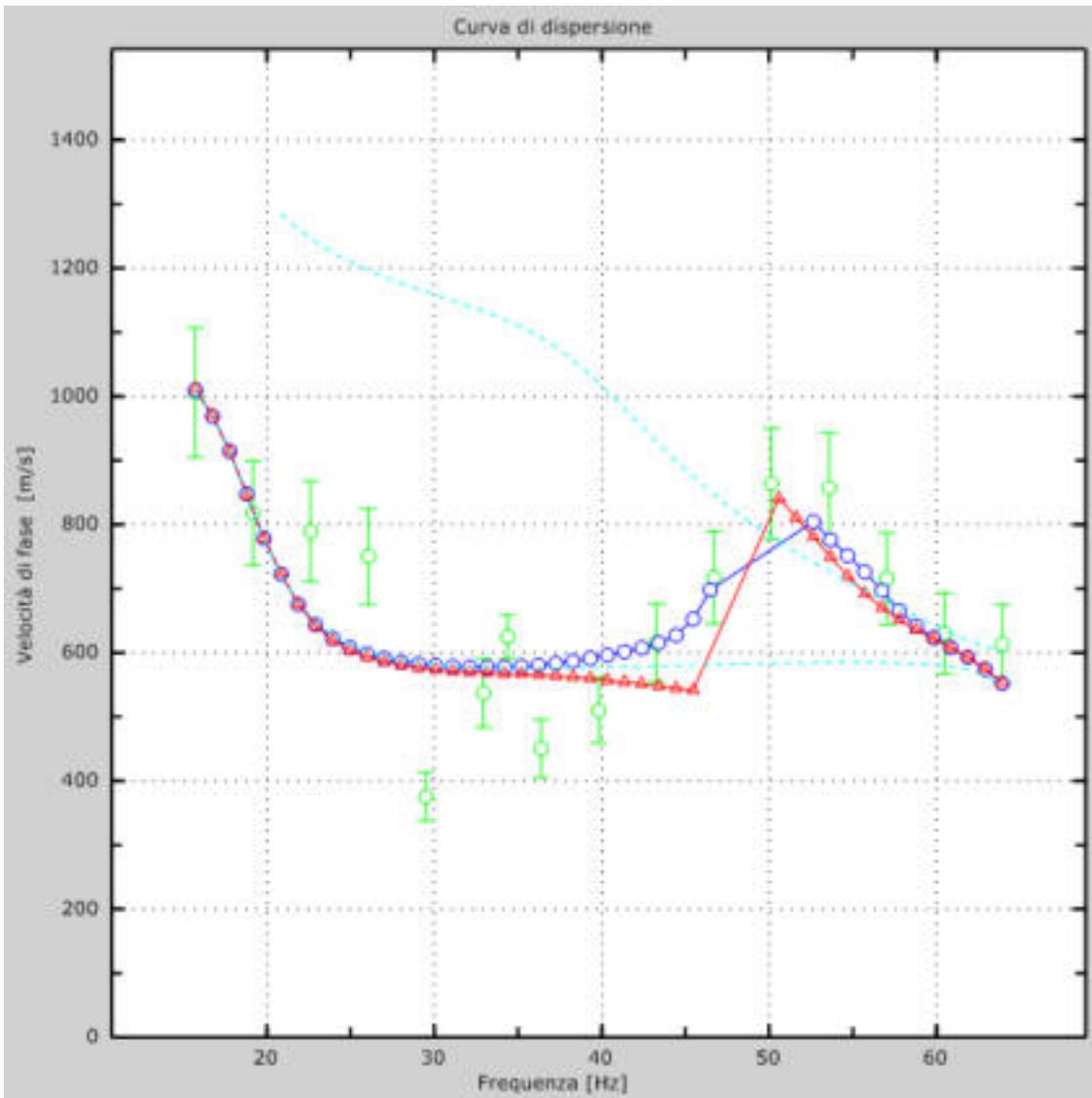


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



## 6 - Risultati finali

Piano di riferimento  $z=0$  [m].....0

$V_{seq}$  [m/s].....836

La normativa applicata è il Decreto 17 gennaio 2018

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.

Non esiste uno strato di alterazione di spessore maggiore di 3m

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

**Tipo di suolo** .....**A**

# **Appendice**

## **Tipo di suolo**

Tipo A: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Progetto: CONSOLIDAMENTO STRADA	allegato:  <b>03</b>
Committente: COMUNE DI ACQUI TERME	vrs:01
Località/Comune: ACQUI TERME (AL)	data: 21.01.2019
Elaborato: PARAMETRI SISMICI DI SITO	scala:

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

### Sito in esame.

latitudine: 44,679430 [°]

longitudine: 8,434987 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15579	44,677480	8,428554	552,9
Sito 2	15580	44,680440	8,498673	5036,6
Sito 3	15358	44,730350	8,494444	7357,9
Sito 4	15357	44,727400	8,424266	5400,9

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,018	2,586	0,160
Danno (SLD)	63	50	0,023	2,551	0,189
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,054	2,578	0,289
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,069	2,579	0,306

## Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,200	0,000	--	0,212	--
SLD	1,000	1,000	1,200	0,013	0,007	0,274	0,470
SLV	1,000	1,000	1,200	0,025	0,012	0,637	0,380
SLC	1,000	1,000	1,200	0,000	--	0,811	--

Geostru