

**Committente:
NUOVA T.C.M. S.r.l.
COMUNE DI GRADARA (PU)**

**AMPLIAMENTO DI UN CAPANNONE INDUSTRIALE
UBICATO IN VIA GIOVANNI SANTI,
COMUNE DI GRADARA**

RELAZIONE GEOLOGICA

Sommario

1	<i>PREMESSE</i>	2
1.1	Normativa e Raccomandazioni Di Riferimento	3
2	<i>VINCOLISTICA</i>	4
2.1	Ubicazione	4
2.2	P.A.I.	5
2.3	Microzonazione Sismica - Comune Di Gradara	6
3	<i>NOTE DI MORFOLOGIA, IDROGRAFIA e GEOLOGIA</i>	7
4	<i>CARATTERIZZAZIONE e MODELLAZIONE GEOLOGICA</i>	9
4.1	Ricostruzione stratigrafica	9
4.2	Caratteristiche Geotecniche Dei Terreni	10
4.3	Coefficiente di Poisson.....	12
4.4	Modulo di young	12
4.5	Coefficiente di Reazione orizzontale (K_h) – pali trivellati diam. 600 mm.....	12
4.6	Indagine Sismica	14
5	<i>POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE</i>	18
6	<i>CONCLUSIONI</i>	20

Committente
NUOVA T.C.M. S.r.l.
COMUNE DI GRADARA (PU)

**AMPLIAMENTO DEL CAPANNONE INDUSTRIALE UBICATO IN
VIA GIOVANNI SANTI, COMUNE DI GRADARA.**

RELAZIONE GEOLOGICA

1 PREMESSE

Su incarico e per conto della committenza si esegue la presente relazione geologica per l'ampliamento del capannone industriale sito in Via Giovanni Santi, nel Comune di Gradara.

L'indagine geologica, mirata alla conoscenza dei terreni superficiali occupati dal nuovo immobile, oltre ad un rilievo diretto di campagna, si è avvalsa di:

- n.1 prova penetrometrica statica CPT;
- n.1 prova geofisica di superficie tipo MASW.

Tutte le conoscenze di cui sopra sono quindi utilizzate nel presente lavoro, riferito all'area oggetto di studio, per definire:

- l'inquadramento geologico;
- la stratigrafica superficiale dei terreni;
- le caratteristiche geotecniche e geofisiche dei litotipi presenti;
- la categoria del suolo di fondazione.

A fine relazione si allega la planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite, i grafici penetrometrici ed i tabulati della prova sismica.

1.1 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

D.M. 11.3.88

«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e successive istruzioni.

UNI ENV 1997 – 1 03.97 EUROCODICE 7

«Progettazione geotecnica.»

A.G.I. 1977

«Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.»

Delib. C.I. n.2 del 30.03.2004

«Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale Marecchia e Conca (PAI)» - (successive varianti e aggiornamenti).

D.M. 14.01.2008

«Norme tecniche per le costruzioni.»

Circolare 02.02.2009 n.617 C.S. LL.PP

«Norme Tecniche per le Costruzioni.»

2 VINCOLISTICA

2.1 UBICAZIONE

L'area in esame, ubicata ad ovest del centro abitato di Fanano, ricade nel Foglio 109 "Quadrante 109 I" della carta IGMI scala 1: 25.000, mentre in riferimento alla Carta Tecnica Regionale redatta in scala 1: 10.000 è posta all'interno del Foglio 268 Sezione 268050 (vedi cartografia allegata).

Il lotto è situato nella zona artigianale di Fanano in Via Giovanni Santi (Vedi Figura 1 tratta da Google Earth), tra la SP n.47 ed il Torrente Tavollo.



Figura 1: area in esame

2.2 P.A.I.

In base alla cartografia allegata al **Piano per l'Assetto Idrogeologico** redatto dall'Autorità di Bacino Conca-Marecchia (Variante 2016), Quadro Generale Tav.4.3 ed allegato 3 elaborato 8 Esondabilità attuale del Torrente Tavollo, di cui si riportano uno stralcio (Figura 2 e Figura 3), l'area in esame non ricade all'interno di aree sottoposte a vincolo idrogeologico ed aree esondabili.

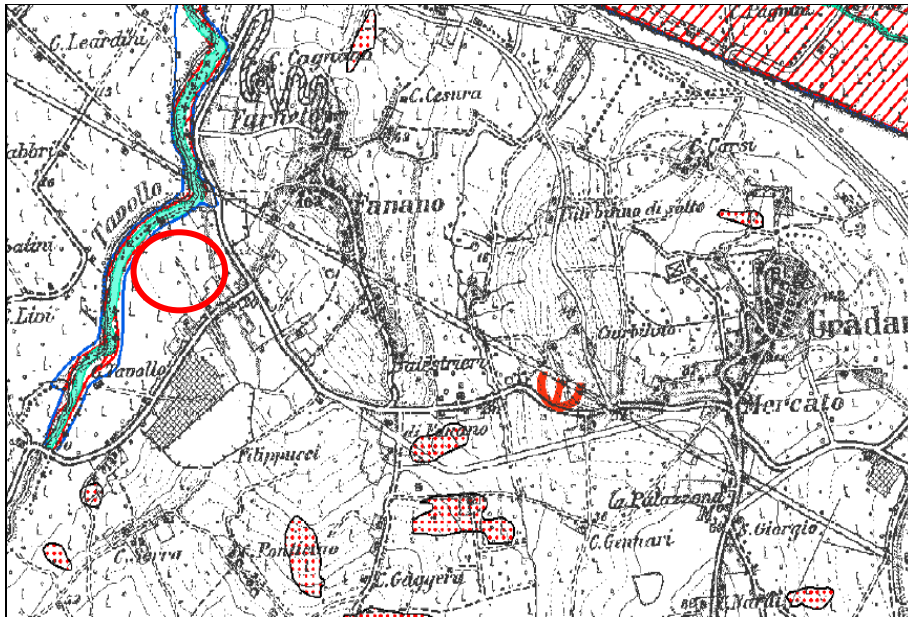


Figura 2

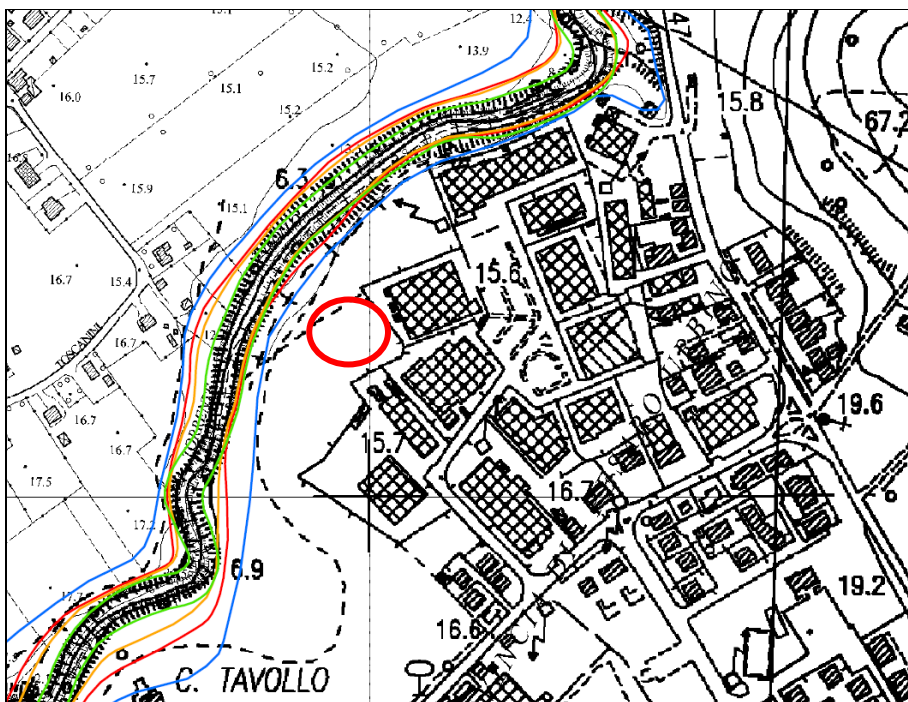


Figura 3

2.3 MICROZONAZIONE SISMICA - COMUNE DI GRADARA

In base alla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)¹ Figura 4, per il primo livello di approfondimento, l'area ricade all'interno della zona 05 (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali), suscettibile d'instabilità per liquefazione.

La zona si caratterizza per la presenza del deposito alluvionale (es. zona alluvionale di Fanano Bassa) con spessore presunto contenuto entro 25 m; si tratta di litotipi limoso-argillosi, argilloso-limosi, poco consistenti, talora moderatamente consistenti, con intercalazioni sabbiose e/o sabbioso limose e strati di ghiaie.

La microzonazione raccomanda lo svolgimento di indagini di approfondimento al fine di verificare la suscettibilità alla liquefazione posta la presenza della falda idrica superficiale (< 15 m p.c.) e di sedimenti fini, talora sabbiosi.

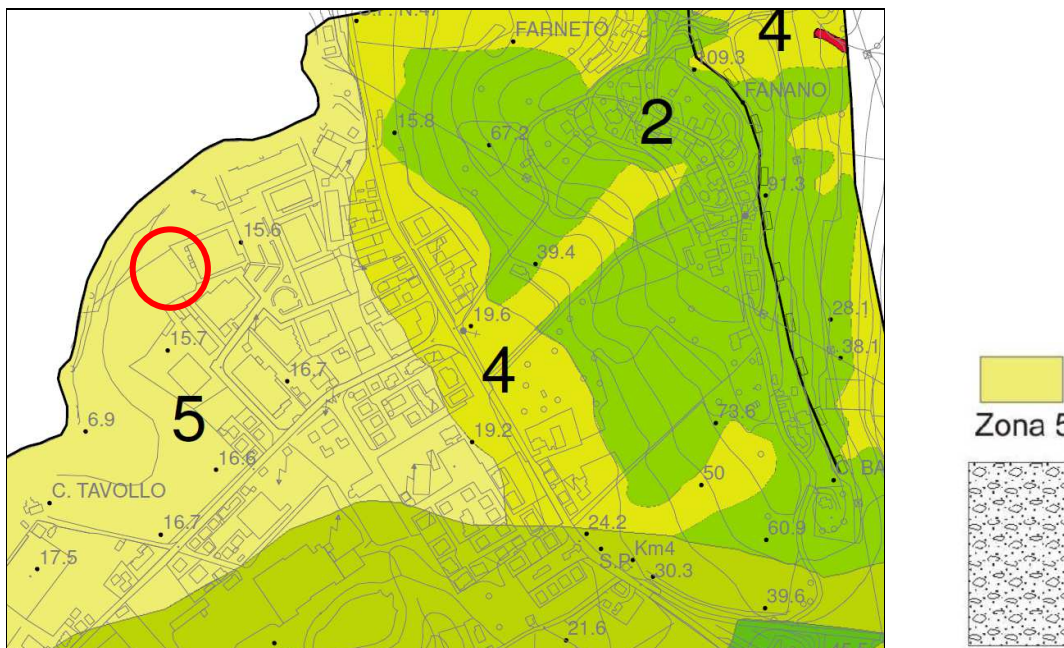


Figura 4



Limo argilloso, argilla limosa da poco a moderatamente consistente con intercalazioni sabbiose e/o sabbioso limose e strati di ghiaia. Spessore supposto 3-25 m.

¹ DL n.19 del 28.04.09 (convertito, con modificazioni, nella Legge 77 del 24.06.09) e attraverso l'OPCM 3907/10, (recepta a livello regionale dal DGR n.967/11).

3 NOTE DI MORFOLOGIA, IDROGRAFIA E GEOLOGIA

Morfologicamente siamo sui depositi alluvionali che presentano la tipica morfologia pianeggiante, in destra idrografica del torrente Tavollo, ad una quota di circa 15 m s.l.m.m.

I terreni alluvionali sono costituiti prevalentemente per i primi 15.0 ÷ 16.0 m da limo argilloso, argilla limosa con intercalazioni sabbioso-limose passanti in profondità ghiaie, ghiaie con sabbia e matrice limoso argillosa.

L'intero pacco alluvionale raggiunge uno spessore di circa 20.0-25.0 m e ricopre la formazione marina costituita da sabbie ed arenarie variamente cementate e alternate ad argille marnose.

Dal rilievo diretto di campagna ed anche in base alla Carta del Rischio Idrogeologico elaborata dall'Autorità di Bacino Interregionale Conca-Marecchia, di cui si allega uno stralcio, l'intera area risulta libera da vincoli idrogeologici.

In corrispondenza dell'area indagata, la falda acquifera è rinvenibile generalmente ad una quota di circa -15.0-16.0 m dal p.c. all'interno del materasso ghiaioso, ghiaioso-sabbioso; non sono comunque da escludere locali innalzamenti del livello piezometrico.

In base alla Carta Geologica Regionale Figura 5 l'area in oggetto si trova in prossimità del contatto stratigrafico (a monte della SP n.47 Gradara), tra i terreni Messiniani rappresentati dalla formazione a Colombacci (FCO) ed i depositi alluvionali.

La FCO è costituita da sabbie ed arenarie variamente cementate alternate ad argille marnoso-siltose, mentre i depositi alluvionali di età riconducibile al Pleistocene sup./Olocene sono costituiti da limo argilloso, argilla limosa e ghiaie.

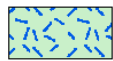


Figura 5

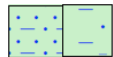
DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SISTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES 8)

(PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE)



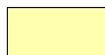
AES8b2 Depositi eluvio-colluviali



AES8bn Depositi alluvionali terrazzati
argille, limi e sabbie prevalenti con subordinate ghiaie

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE PLIOCENICA



FSD ARGILLE AZZURRE
(Pliocene inferiore p.p. - Pliocene superiore p.p.)

SUCCESSIONE MIOCENICA



FCO FORMAZIONE A COLOMBACCI
(Messiniano p.p.)

4 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Per determinare la stratigrafia locale, le caratteristiche geomeccaniche e geofisiche dei terreni, sono state eseguite:

- n.1 prova penetrometrica statica CPT;
- n.1 prova sismica di superficie tipo MASW.

4.1 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

Per la prova CPT è stato utilizzato un penetrometro tipo Pagani TG 73 da 200 kN, le cui caratteristiche costruttive (forniteci dall'impresa esecutrice delle indagini) sono:

<i>Rif. Norme</i>	<i>ASTM D3441-86</i>
<i>Diametro Punta conica meccanica (mm)</i>	<i>35.7</i>
<i>Angolo di apertura punta (°)</i>	<i>60</i>
<i>Area punta</i>	<i>10</i>
<i>Superficie manicotto</i>	<i>150</i>
<i>Passo letture (cm)</i>	<i>20</i>
<i>Costante di trasformazione Ct</i>	<i>10</i>

Con tale metodologia le aste sono infisse nel terreno con una velocità di avanzamento costante ed ogni 20 cm di avanzamento viene rilevata la resistenza offerta dai terreni stessi al passaggio della punta conica (R_p), il cui valore è espresso in kg/cm^2 .

La prova penetrometrica ha permesso di schematizzare la seguente stratigrafia:

CPT.1

dal	p.c.	a	1.0 m	terreno antropico e/o di alterazione
da	1.0 m	a	15.4 m	limo argilloso, argilla limosa nel complesso a media e talora medio-bassa consistenza; ($10 \leq R_p \leq 37$);
da	15.4 m	a	18.2 m	ghiaie, ghiaie con sabbia mediamente ad-densate con matrice e talora livelli limoso argillosi; ($25 \leq R_p \leq 350$);

Preso come riferimento la prova CPT1, ubicate come da planimetria ubicazione sondaggi allegata, è stata ricostruita una sezione litostratigrafica in corrispondenza del nuovo intervento (vedi Tav.1 scala 1:200).

4.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Sulla base dei dati emersi dalla prova penetrometrica CPT, di cui si riportano nel grafico sottostante (Figura 6) i valori delle resistenze alla punta, il terreno analizzato è stato suddiviso in tre differenti strati.

Per la caratterizzazione geomeccanica si fa riferimento alla prova penetrometrica statica ed alla bibliografia esistente su terreni simili, stimando la resistenza al taglio non drenata.

Il concetto di resistenza non drenata si applica ovviamente agli strati argilloso, argilloso-limosi che, nel caso in esame, sono quelli prevalenti.

Dalle figure seguenti si evince che fino alla quota di -15.4 m siamo in presenza di un materiale prevalentemente argilloso-limoso piuttosto omogeneo che si differenzia solamente per il grado di consistenza.

Dalla Figura 6 è inoltre possibile ricavare, in funzione delle singole resistenze alla punta, l'andamento della coesione non drenata c_u lungo la verticale indagata (vedi Figura 7).

Si prende come riferimento la seguente correlazione empirica che lega in modo direttamente proporzionale la resistenza non drenata c_u alla resistenza alla punta R_p :

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k}$$

dove:

q_c = resistenza alla punta misurata con la prova penetrometrica statica;

σ_{vo} = tensione verticale totale, valutata alla quota a cui viene misurata la resistenza alla punta;

N_k = fattore empirico che varia in funzione della storia del deposito. In argille tenere Lunne et. al. (1976) e Baligh et. al. (1980), suggeriscono un valore medio pari a 14; in argille sovraconsolidate intatte, Kjekstad et. al. (1978) indicano un valore medio pari a 17.

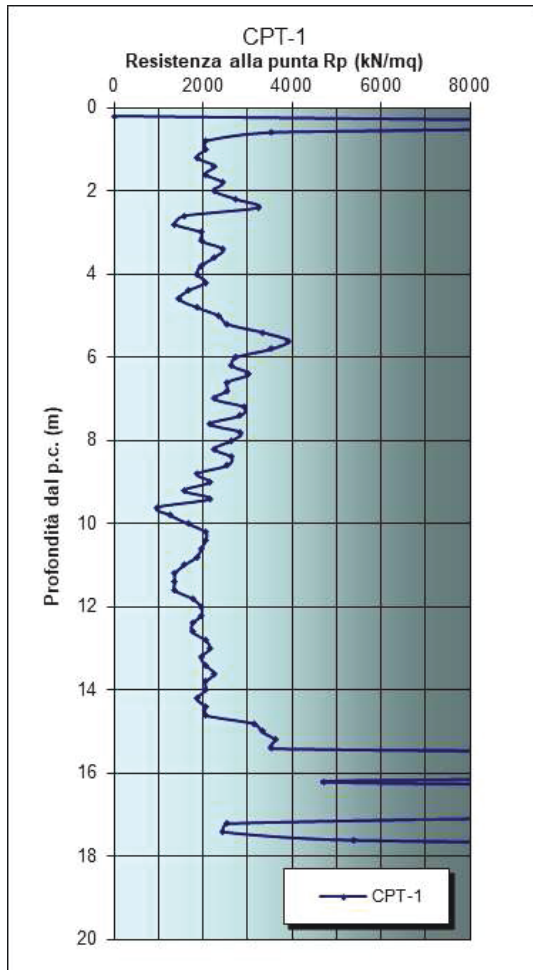


Figura 6

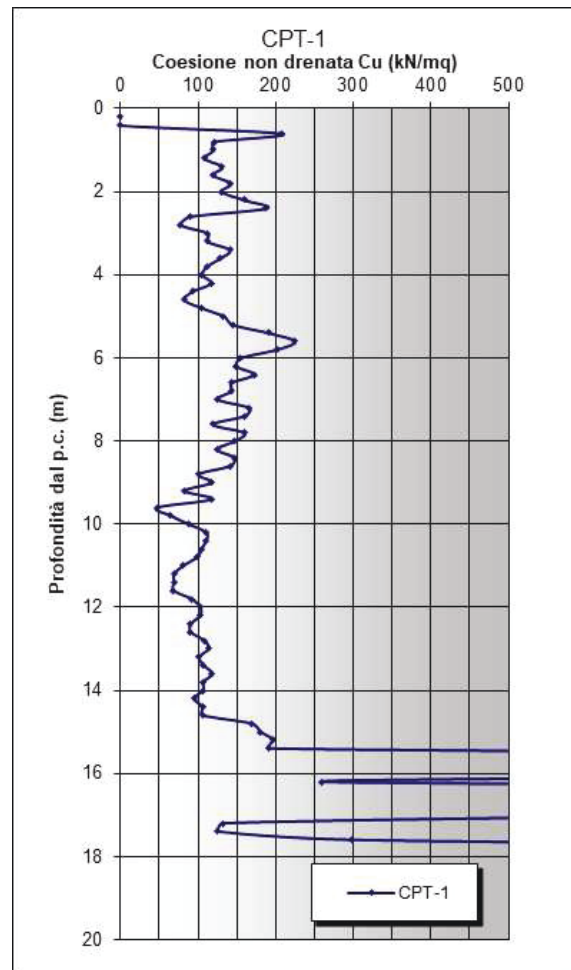


Figura 7

Da quanto sopra, per i litotipi individuati, si possono attribuire, cautelativamente, i seguenti parametri geotecnici:

Litotipo A: dal p.c. a 1.0 m

Terreno antropico e d'alterazione.

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	17	18	17
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	16	18	16

Litotipo B: da 1.0 m a 15.4 m

Limo argilloso, argilla limosa nel complesso a media e talora medio-bassa consistenza.

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	18	19	19
Angolo di resistenza al taglio	ϕ	gradi	20	22	20
Coesione non drenata	Cu	kPa	50	150	80
Modulo Edometrico	Ed	MPa	5	10	7

Litotipo C: da 15.4 m a 18.2 m

Ghiaie, ghiaie con sabbia mediamente addensate con matrice e talora livelli limoso argillosi.

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore Minimo	Valore Massimo	Valore Caratteristico
Peso di Unità di Volume	γ	kN/m ³	21	22	21
Angolo di resistenza al taglio	φ	gradi	34	40	36

4.3 COEFFICIENTE DI POISSON

Per i terreni in esame il Coefficiente di Poisson (ν), viene definito come segue:

1° strato (0.0 a -1.0 m)	terreno antropico	$\nu = 0.5$
2° strato (-1.0 a -15.2 m)	limo argilloso argilla limosa a media consistenza	$\nu = 0.4$
3° strato (-15.2 a -18.4 m)	ghiaia mediamente addensata	$\nu = 0.3$

4.4 MODULO DI YOUNG

Per i terreni in esame il Modulo di Young (E) o modulo elastico, in base alla bibliografia esistente, è stato definito come segue:

1° strato (0.0 a -1.0 m)	terreno antropico	$E = 150-250 \text{ kg/cm}^2$
2° strato (-1.0 a -15.2 m)	limo argilloso argilla limosa a media consistenza	$E = 200-400 \text{ kg/cm}^2$
3° strato (-15.2 a -18.4 m)	ghiaia mediamente addensata	$E = 500-1000 \text{ kg/cm}^2$

4.5 COEFFICIENTE DI REAZIONE ORIZZONTALE (K_h) – PALI TRIVELLATI DIAM. 600 MM

Per l'analisi dei pali sottoposti a forze orizzontali e nella verifica a svergolamento occorre conoscere il coefficiente di reazione orizzontale e per la sua determinazione sono disponibili diverse relazioni empiriche.

In questo caso il modulo viene determinato mediante la formula sperimentale di Chiarugi Maia; secondo tale formula il k_h è funzione di:

$$(1) \quad K_h = \frac{E_d}{D \times (1 - \nu^2)} \times \left(\frac{E_d \times D^4}{E_p \times J} \right)^{\frac{1}{12}}$$

dove:

- E_d = Modulo Edometrico;
- ν = Coefficiente di Poisson;
- E_p = Modulo elastico della sezione, se in c.a. $\{E_p = 18000 \times \sqrt{(R_{ck})}\}$;
- D = Diametro del palo;
- J = Momento d'inerzia della sezione se circolare $\{J = \pi \times D^4 / 64\}$.

Se varia la profondità in modo lineare (terreni NC oppure terreni incoerenti) $k_h = k_h \times z/D$; dove z è uguale alla profondità (valutata a metà dello strato).

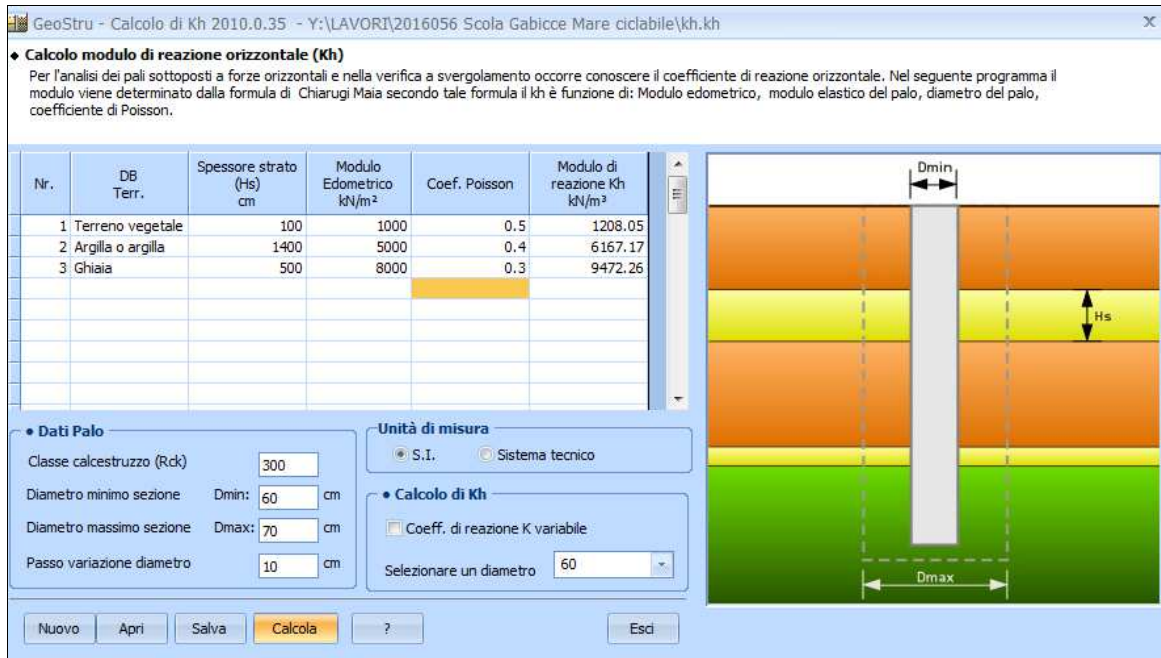


Figura 8

Suddiviso il terreno di fondazione in tre strati con caratteristiche pressoché omogenee:

- da 0.0 a -1.0 m terreno antropico
- da -1.0 m a -15.2 m limo argilloso argilla limosa a media consistenza
- da -15.2 m a -18.4 m ghiaia mediamente addensata

e sostituendo i valori nella formula (1) sono stati determinati, per un palo del diametro di 60 cm, i seguenti valori:

- 1° strato (0.0 a -1.0 m) $k_h = 100-1200 \text{ kN/m}^3$
- 2° strato (-1.0 a -15.2 m) $k_h = 6000-6500 \text{ kN/m}^3$
- 3° strato (-15.2 a -18.4 m) $k_h = 9000-10000 \text{ kN/m}^3$

Nell'eseguire i fori dei pali sarà necessario:

- verificare la stratigrafia per ogni singolo foro;
- eseguire il foro mediante l'utilizzo di camicie di rivestimento o l'ausilio di fanghi bentonitici.

- porre particolare attenzione nella pulizia del fondo foro e di svolgere tale operazione immediatamente prima del getto per evitare che i detriti di perforazione si depositano sul fondo.

4.6 INDAGINE SISMICA

4.6.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per individuare la categoria del suolo di fondazione è stato eseguito un profilo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) in corrispondenza all'area oggetto di studio.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo lo stendimento.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del DM 14/1/2008, la velocità media ponderata di propagazione delle onde di taglio nei primi 30.0 m di profondità è calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

nella quale il valore V_{s30} è riferito al piano campagna attuale e da cui si ottiene un valore pari a $V_{s30} = 250 \text{ m/sec}$.

Valore che identifica la categoria di terreni in: **CATEGORIA C**, corrispondente a *“Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille a media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec”*.

L'elaborato numerico della prova sismica riferito al piano campagna viene riportata a in allegato.

4.6.2 PARAMETRI SISMICI

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] Siti di riferimento.

Siti di riferimento

latitudine: 43,94484

longitudine: 12,74503



Figura 9

Sito 1	ID: 19414	Lat: 43,9324	Lon: 12,7265	Distanza: 2027,826
Sito 2	ID: 19415	Lat: 43,9329	Lon: 12,7959	Distanza: 4282,670
Sito 3	ID: 19193	Lat: 43,9829	Lon: 12,7953	Distanza: 5835,721
Sito 4	ID: 19192	Lat: 43,9824	Lon: 12,7258	Distanza: 4453,452

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1.0

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,048 g
Fo: 2,423
Tc*: 0,276 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,063 g
Fo: 2,561
Tc*: 0,277 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,184 g
Fo: 2,482
Tc*: 0,296 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,238 g
Fo: 2,524
Tc*: 0,310 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,610
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,712
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,009
Amax: 0,925
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,430
Cc: 1,570
St: 1,000
Kh: 0,063

Kv: 0,032
Amax: 2,576
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,340
Cc: 1,550
St: 1,000
Kh: 0,089
Kv: 0,045
Amax: 3,129
Beta: 0,280

5 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. *eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;*
2. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1g$;*
3. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
4. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
5. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$."*

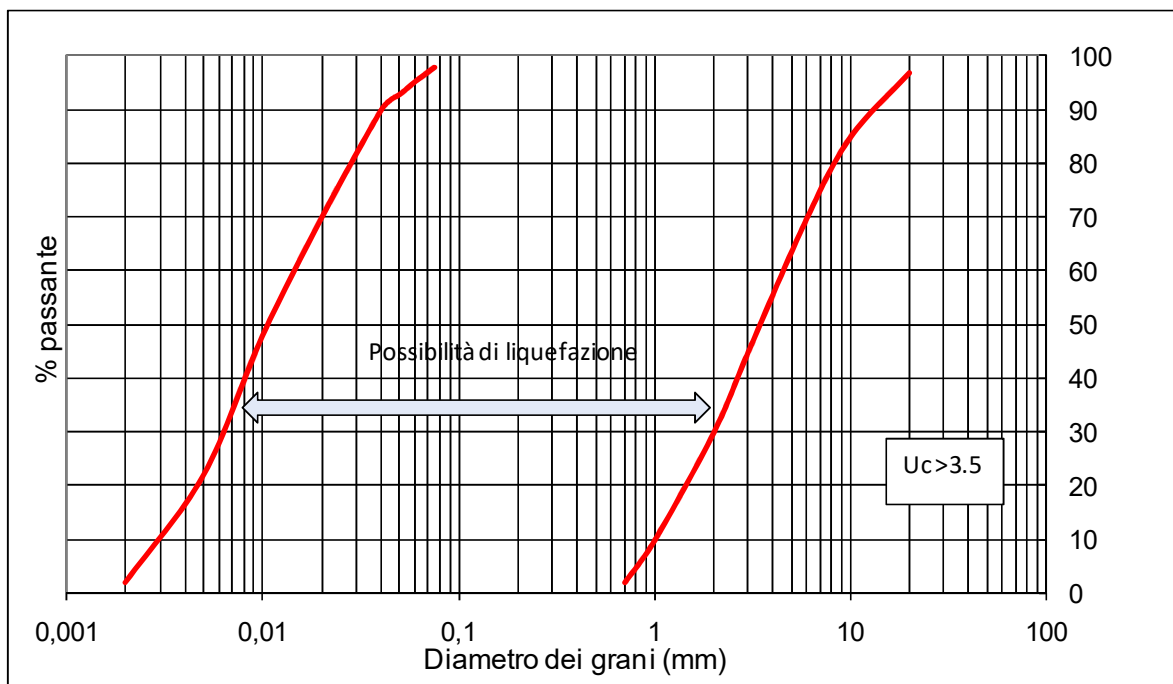


Figura 10

Nel caso in esame la falda è rinvenibile generalmente ad una quota superiore a 15.0 m dal p.c. (punto 3).

Nei primi 15.0 metri di profondità la stratigrafia, ricostruita puntualmente con la CPT.1, è caratterizzata da terreni argillosi-limosi e quindi esterni alle curve riportate nella Figura 10 (punto 5).

In base a quanto sopra riportato, la verifica a liquefazione può essere omessa.

6 CONCLUSIONI

Esaminata la vincolistica dell'area ed analizzati i risultati dell'indagine geognostica si attesta l'idoneità del sito dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico ad accogliere l'intervento in esame.

In accordo con il progettista, per evitare interferenze con il manufatto adiacente, sono previste fondazioni profonde.

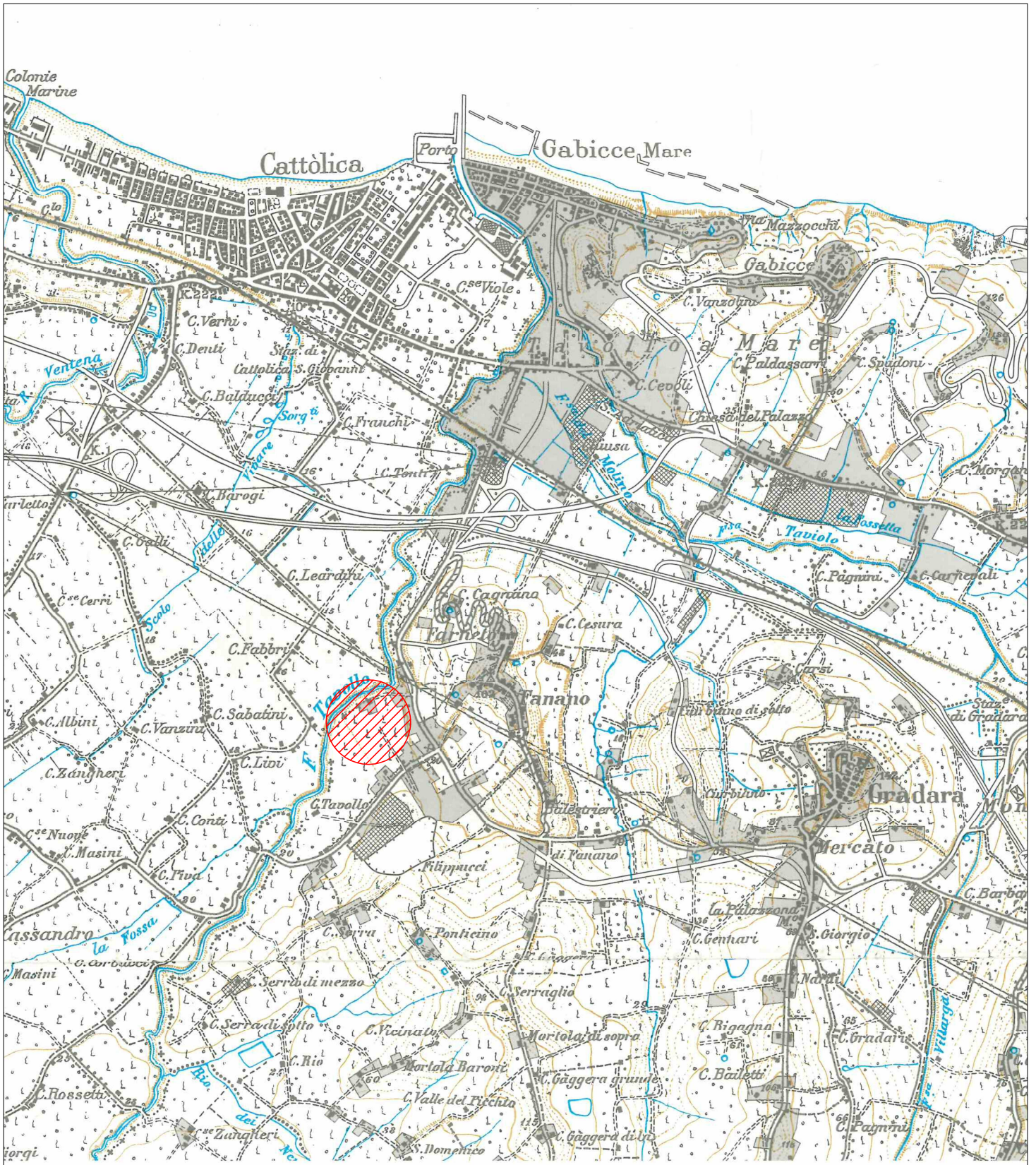
Ai terreni esaminati si è attribuita la categoria di sottosuolo C.

ALLEGATO (1)

- COROGRAFIA scala 1: 25.000
- RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO scala 1: 10.000
- RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO scala 1: 2.000
- CARTA GEOLOGICA scala 1: 5.000
- CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO PAI
QUADRO GENERALE-ALLEGATO 3 ESONDABILITA'
DEL TORRENTE TAVOLLO fuori scala

Corografia Scala 1:25.000

Foglio 109 - Quadrante 109 I



Area in esame

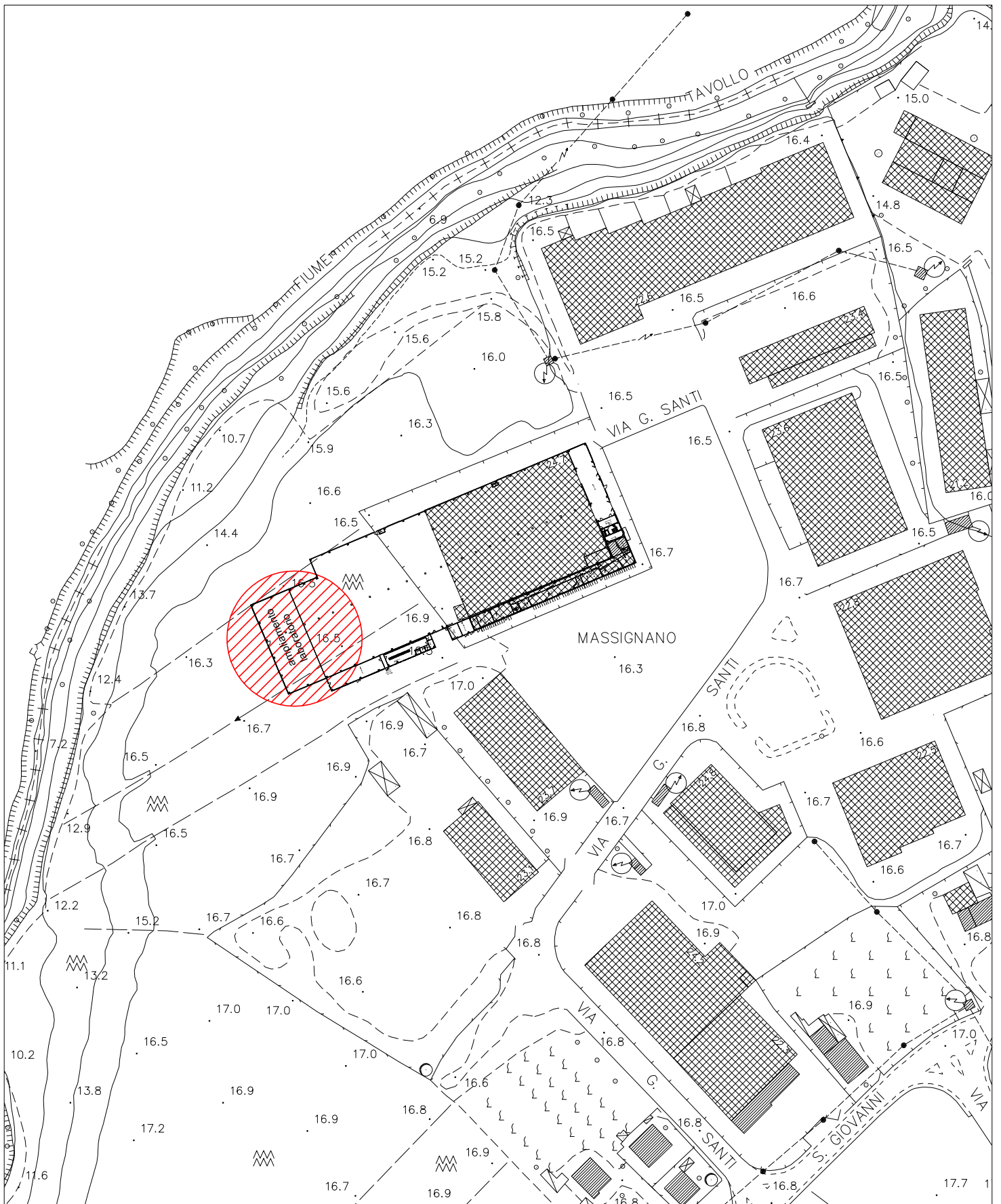
Rilievo aerofotogrammetrico Scala 1:10.000

Foglio 268 - Sezione 268050



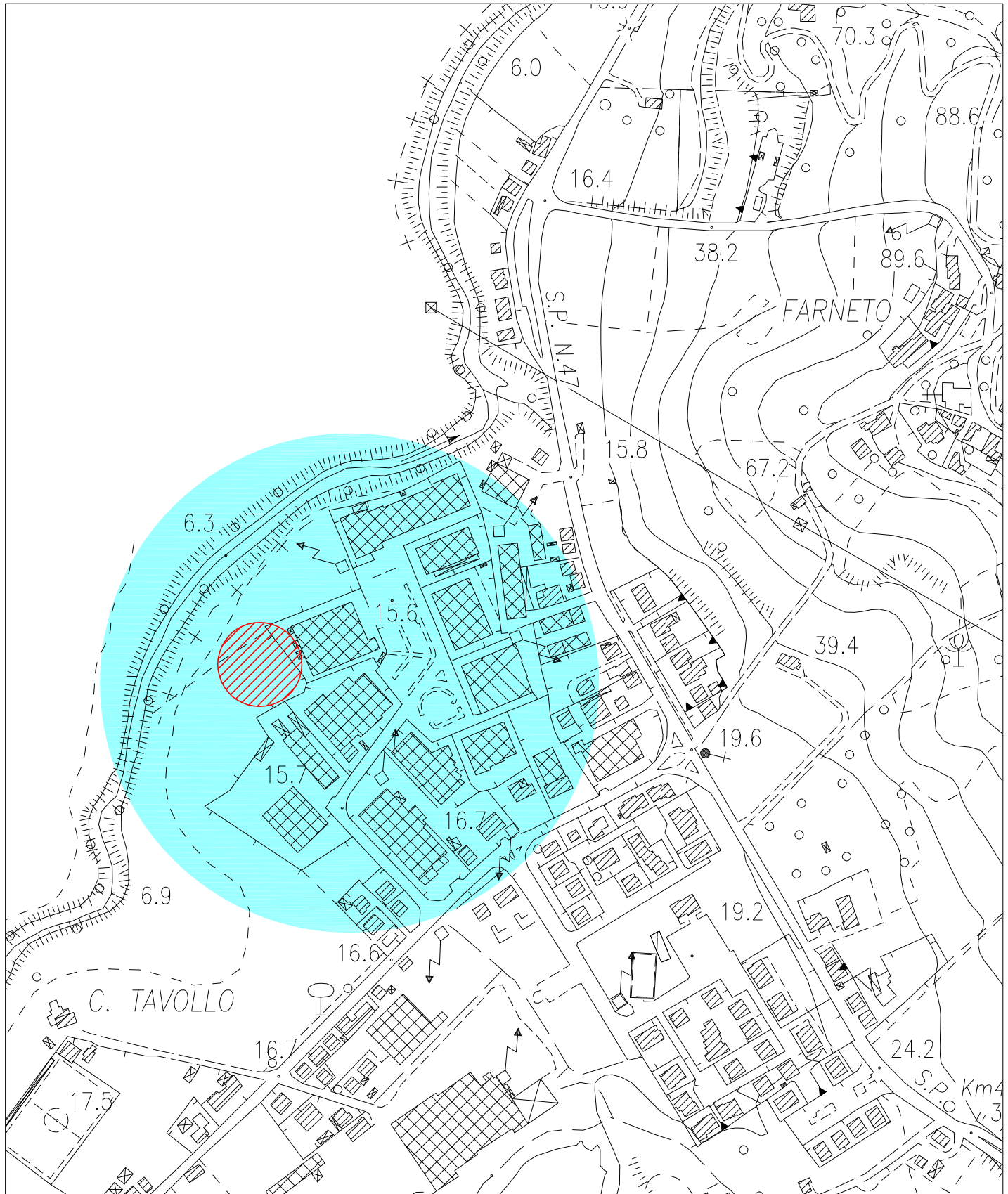
Area in esame

Rilievo aerofotogrammetrico Scala 1:2.000



Area in esame

Carta Geologica Scala 1:5.000



Area in esame



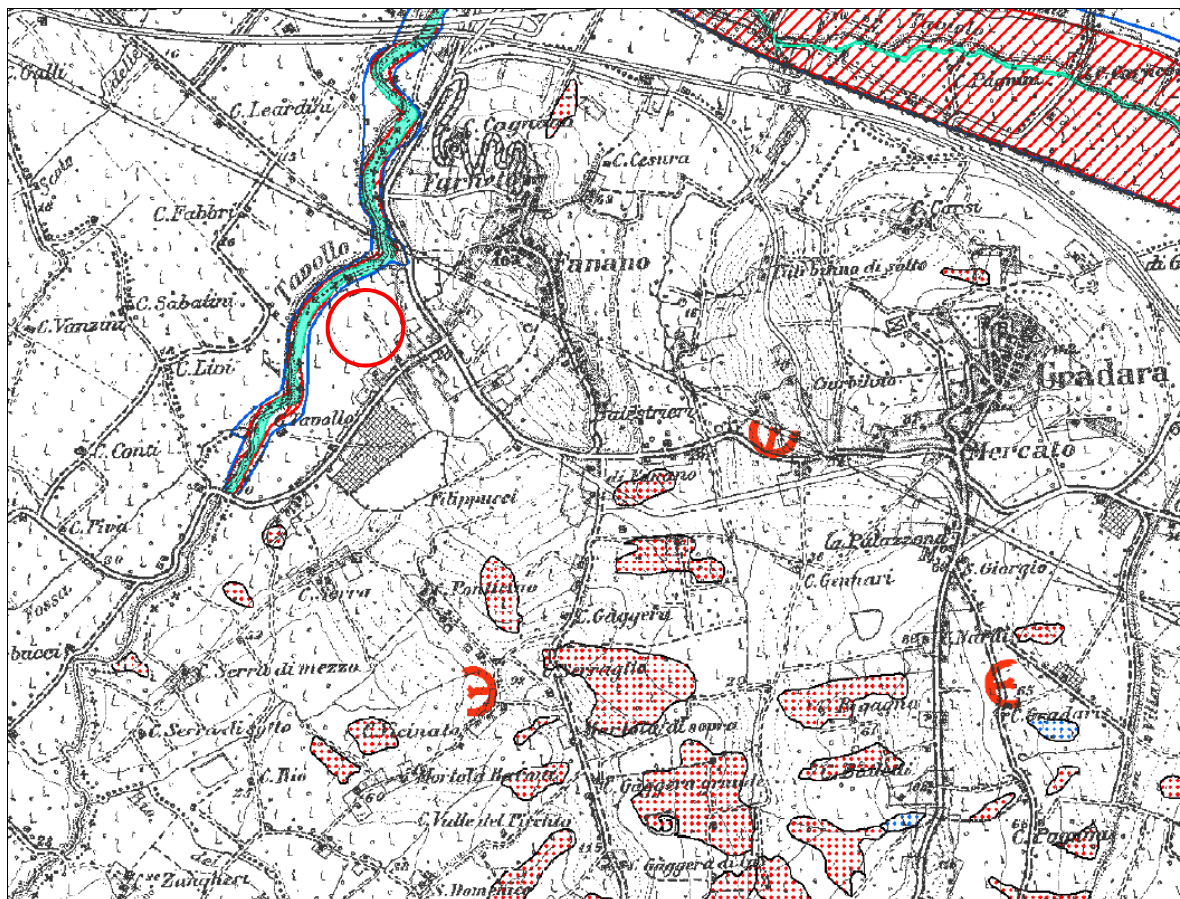
Depositi alluvionali

AUTORITA' INTERREGIONALE DI BACINO MARECCHIA E CONCA

PROGETTO DI PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Tav. 4-3 – Quadro Generale

Adottato dal Comitato Istituzionale con Deliberazione n. 2 del 30 marzo 2004
Variante Aprile 2016



(fuori scala)


 Area in esame


Legenda


 Limite dell'Autorità di Bacino

FASCE FLUVIALI

 Alveo (art.8)


 Fascia con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni nella situazione pre-interventi (art. 9)

 AVI - Fasce ad alta vulnerabilità idrologica


 Delimitazione della fascia di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 500 anni (art. 10)


AREE DI VERSANTE IN CONDIZIONI DI DISSESTO


 Calanchi (art.14)

 Aree in dissesto per fenomeni in atto (art. 14)

 Aree di possibile influenza del dissesto nelle frane di crollo (art. 15)


 Aree di possibile evoluzione del dissesto e frane quiescenti (art. 16)


 Abitati dichiarati da consolidare ex L.445/1908 nel territorio della Regione Emilia-Romagna (Art. 14, comma 3 lett. e; Art. 15, comma 3 lett. e; Art. 16, comma 3 lett. d)


 Aree verificate (art. 17)


AREE IN DISSESTO DA ASSOGGETTARE A VERIFICA (ART. 17)


 Attiva

 Quiescente

 Area non cartografabile attiva

 Area non cartografabile quiescente

 Codice identificativo di area a rischio elevato e/o molto elevato (Perimetrazione di cui all'Allegato 2A)

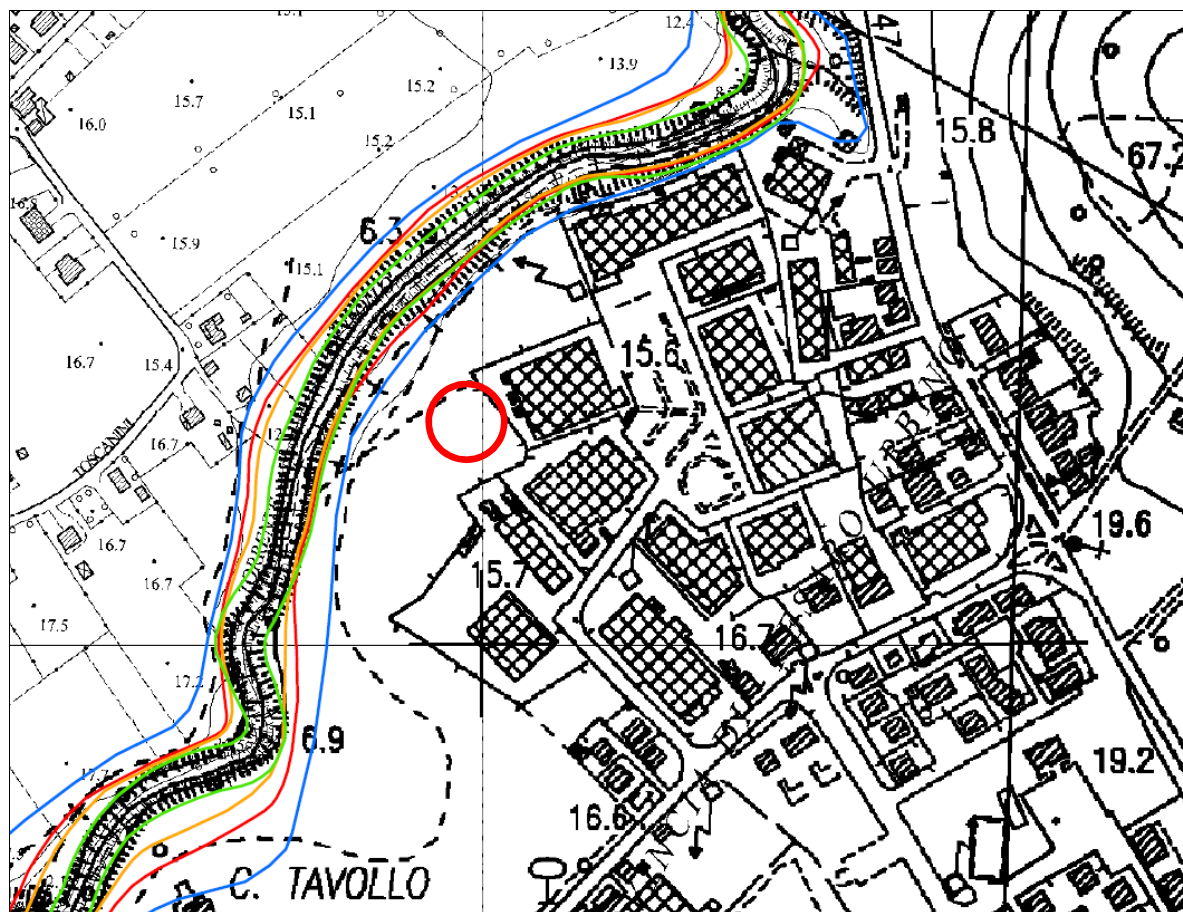
 Codice identificativo di area a pericolosità elevata e/o molto elevata (Perimetrazione di cui all'Allegato 2B)

AUTORITA' INTERREGIONALE DI BACINO MARECCHIA E CONCA

PROGETTO DI PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Allegato 3 Elaborato 8 Esondabilità Attuale del Torrente Tavollo

Adottato dal Comitato Istituzionale con Deliberazione n. 2 del 30 marzo 2004
Variante Aprile 2016



(fuori scala)

○ Area in esame

Legenda

Pericolosità idraulica attuale

— Alveo

▒ Zone o elementi a rischio

⊙ Attraversamenti a maggiore interferenza

Perimetrazione delle aree inondabili

per piene con tempi di ritorno:

— fino a 50 anni

— fino a 200 anni

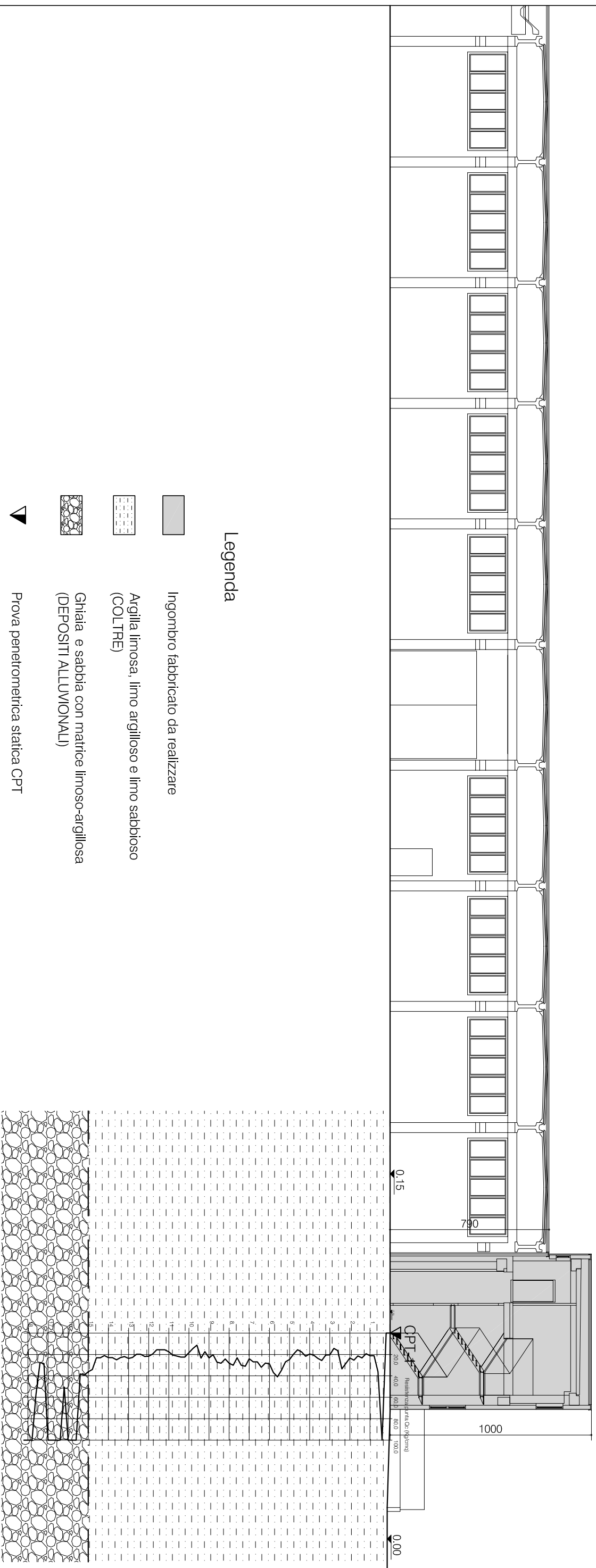
— fino a 500 anni

ALLEGATO (2)

- PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI scala 1: 1.000
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA scala 1:200

- GRAFICI E TABULATI PROVA PENETROMETRICA
- INDAGINE SISMICA MASW

Sezione A-A



Legenda

- Ingombro fabbricato da realizzare
- Argilla limosa, limo argilloso e limo sabbioso (COLTRE)
- Ghiaia e sabbia con matrice limoso-argillosa (DEPOSITI ALLUVIONALI)
- Prova penetrometrica statica CPT

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: STUIO S.G. ASSOCIATI

Cantiere:

Località: FANANO

Rif.: G17-250

Caratteristiche Strumentali PAGANI 73/200

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

OPERATORE
RONCI

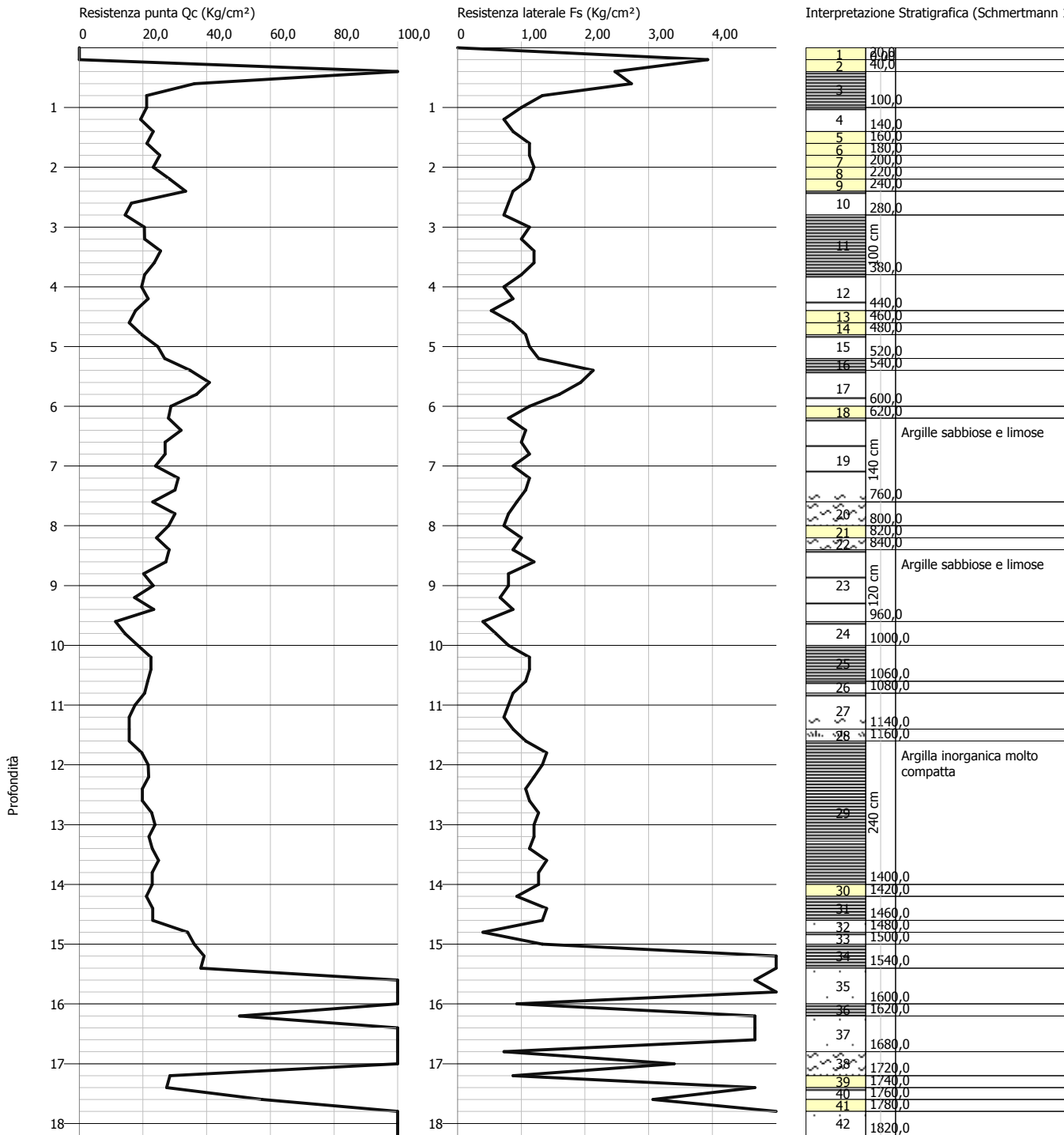
RESPONSABILE

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
 Strumento utilizzato... PAGANI 73/200
 Diagramma Resistenze qc fs

Committente : STUIO S.G. ASSOCIATI
 Cantiere :
 Località : FANANO

Data :18/12/2017

Scala 1:100



PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data

PAGANI 73/200
18/12/2017

Profondità prova

18,20 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	3,93	0,0	
0,40	158,0	217,0	158,14	2,47	64,02	1,56
0,60	36,0	73,0	36,14	2,73	13,24	7,55
0,80	21,0	62,0	21,14	1,33	15,89	6,29
1,00	21,0	41,0	21,14	1,0	21,14	4,73
1,20	19,0	34,0	19,28	0,73	26,41	3,79
1,40	23,0	34,0	23,28	0,87	26,76	3,74
1,60	21,0	34,0	21,28	1,13	18,83	5,31
1,80	25,0	42,0	25,28	1,13	22,37	4,47
2,00	23,0	40,0	23,28	1,2	19,4	5,15
2,20	28,0	46,0	28,41	1,13	25,14	3,98
2,40	33,0	50,0	33,41	0,87	38,4	2,6
2,60	16,0	29,0	16,41	0,8	20,51	4,88
2,80	14,0	26,0	14,41	0,73	19,74	5,07
3,00	20,0	31,0	20,41	1,13	18,06	5,54
3,20	20,0	37,0	20,55	1,0	20,55	4,87
3,40	25,0	40,0	25,55	1,2	21,29	4,7
3,60	23,0	41,0	23,55	1,2	19,63	5,1
3,80	20,0	38,0	20,55	1,0	20,55	4,87
4,00	19,0	34,0	19,55	0,73	26,78	3,73
4,20	21,0	32,0	21,69	0,87	24,93	4,01
4,40	17,0	30,0	17,69	0,53	33,38	3,0
4,60	15,0	23,0	15,69	0,87	18,03	5,54
4,80	19,0	32,0	19,69	1,07	18,4	5,43
5,00	24,0	40,0	24,69	1,13	21,85	4,58
5,20	26,0	43,0	26,83	1,27	21,13	4,73
5,40	34,0	53,0	34,83	2,13	16,35	6,12
5,60	40,0	72,0	40,83	1,93	21,16	4,73
5,80	36,0	65,0	36,83	1,6	23,02	4,34
6,00	28,0	52,0	28,83	1,13	25,51	3,92
6,20	27,0	44,0	27,97	0,8	34,96	2,86
6,40	31,0	43,0	31,97	1,07	29,88	3,35
6,60	26,0	42,0	26,97	1,0	26,97	3,71
6,80	26,0	41,0	26,97	1,13	23,87	4,19
7,00	23,0	40,0	23,97	0,87	27,55	3,63
7,20	30,0	43,0	31,1	1,13	27,52	3,63
7,40	29,0	46,0	30,1	1,07	28,13	3,55
7,60	22,0	38,0	23,1	0,93	24,84	4,03
7,80	29,0	43,0	30,1	0,8	37,63	2,66
8,00	27,0	39,0	28,1	0,73	38,49	2,6
8,20	23,0	34,0	24,24	1,0	24,24	4,13
8,40	27,0	42,0	28,24	0,87	32,46	3,08
8,60	26,0	39,0	27,24	1,2	22,7	4,41
8,80	19,0	37,0	20,24	0,8	25,3	3,95
9,00	22,0	34,0	23,24	0,8	29,05	3,44
9,20	16,0	28,0	17,38	0,67	25,94	3,86
9,40	22,0	32,0	23,38	0,87	26,87	3,72
9,60	10,0	23,0	11,38	0,4	28,45	3,51
9,80	13,0	19,0	14,38	0,6	23,97	4,17
10,00	17,0	26,0	18,38	0,8	22,98	4,35
10,20	21,0	33,0	22,52	1,13	19,93	5,02
10,40	21,0	38,0	22,52	1,13	19,93	5,02
10,60	20,0	37,0	21,52	1,07	20,11	4,97
10,80	19,0	35,0	20,52	0,87	23,59	4,24
11,00	16,0	29,0	17,52	0,8	21,9	4,57
11,20	14,0	26,0	15,66	0,73	21,45	4,66
11,40	14,0	25,0	15,66	0,87	18,0	5,56
11,60	14,0	27,0	15,66	1,07	14,64	6,83
11,80	18,0	34,0	19,66	1,4	14,04	7,12

12,00	20,0	41,0	21,66	1,33	16,29	6,14
12,20	20,0	40,0	21,79	1,2	18,16	5,51
12,40	18,0	36,0	19,79	1,07	18,5	5,41
12,60	18,0	34,0	19,79	1,13	17,51	5,71
12,80	21,0	38,0	22,79	1,27	17,94	5,57
13,00	22,0	41,0	23,79	1,2	19,83	5,04
13,20	20,0	38,0	21,93	1,2	18,28	5,47
13,40	21,0	39,0	22,93	1,13	20,29	4,93
13,60	23,0	40,0	24,93	1,4	17,81	5,62
13,80	21,0	42,0	22,93	1,27	18,06	5,54
14,00	21,0	40,0	22,93	1,27	18,06	5,54
14,20	19,0	38,0	21,07	0,93	22,66	4,41
14,40	21,0	35,0	23,07	1,4	16,48	6,07
14,60	21,0	42,0	23,07	1,33	17,35	5,77
14,80	32,0	52,0	34,07	0,4	85,18	1,17
15,00	34,0	40,0	36,07	1,33	27,12	3,69
15,20	37,0	57,0	39,21	5,27	7,44	13,44
15,40	36,0	115,0	38,21	5,33	7,17	13,95
15,60	250,0	330,0	252,21	4,67	54,01	1,85
15,80	300,0	370,0	302,21	6,0	50,37	1,99
16,00	250,0	340,0	252,21	0,93	271,19	0,37
16,20	48,0	62,0	50,35	4,67	10,78	9,28
16,40	310,0	380,0	312,35	4,67	66,88	1,5
16,60	330,0	400,0	332,35	4,67	71,17	1,41
16,80	300,0	370,0	302,35	0,73	414,18	0,24
17,00	139,0	150,0	141,35	3,4	41,57	2,41
17,20	26,0	77,0	28,48	0,87	32,74	3,05
17,40	25,0	38,0	27,48	4,67	5,88	16,99
17,60	55,0	125,0	57,48	3,07	18,72	5,34
17,80	216,0	262,0	218,48	5,33	40,99	2,44
18,00	310,0	390,0	312,48	0,0		0,0
18,20	350,0	0,0	352,62	0,0		0,0



**GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI**

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85
REV. 00
DATA 08/03/10
PAG. 1 DI 13

STUDIO S.G. ASSOCIATI



INDAGINE SISMICA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Via Giovanni Santi

FANANO (PU)

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Elaborato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 2 DI 13

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 – CENNI SUL METODO MASW	3
2.1 - PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE.....	3
2.2 – TECNICA MASW.....	4
3 – STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE	7
4 – ELABORAZIONE DATI	7
4.1 – DATI SPERIMENTALI.....	8
4.3 – CURVA DI DISPERSIONE.....	10
4.4 – PROFILO IN SITO.....	10
4.5 – RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE Vs30.....	13

Indice delle figure

Figura 1 – Foto aerea da Google Maps.....	3
Figura 2 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.	4
Figura 3 – Segnali sismici.....	4
Figura 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.	6
Figura 5 – Curva di dispersione delle velocità di fase.....	6
Figura 6 – Confronto fra le Curve di dispersione sperimentali.....	8
Figura 7 – Tracce sperimentali.....	9
Figura 8 – Curva dispersione sperimentale.....	9
Figura 9 – Curva di dispersione.....	10
Figura 10 – Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),.....	12
Figura 11 – Profilo Vs numerico.....	12

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 3 DI 13

1 - PREMESSA

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un'indagine geofisica consistente in un rilievo con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di caratterizzare il profilo sismico del sottosuolo.

Scopo dell'indagine è quello di definire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z) al fine di determinare il parametro Vs30 in accordo con O.P.C.M. 3274 e s.m.i, D.M.14.09.2005 e D.M. 14.01.2008.

La campagna di indagine è stata eseguita, su incarico dello Studio S.G. ASSOCIATI di Pesaro, il giorno 18 Dicembre 2017, in Via Giovanni Santi in località FANANO (PU).

Figura 1 – Foto aerea da Google Maps.



2 – CENNI SUL METODO MASW

2.1 - PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2). In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13		Allegati:
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

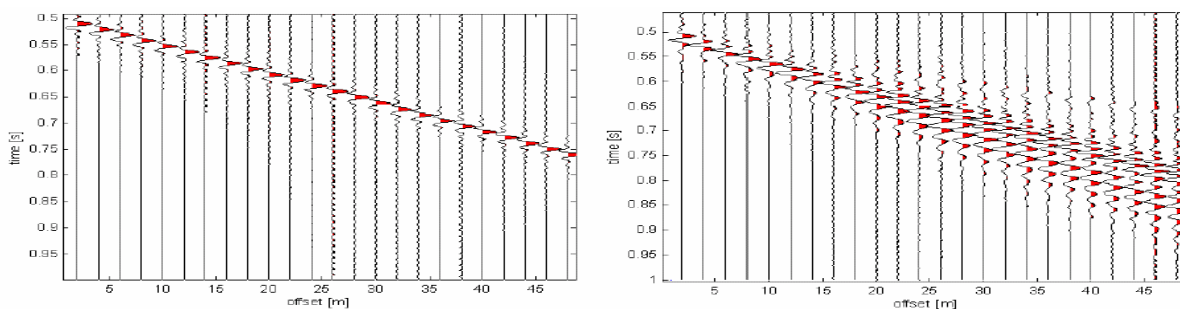
retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

Figura 2 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3). Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

Figura 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.



2.2 – TECNICA MASW

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali (a 4.5Hz) e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves); su quest'ultima si basa il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale; successivamente le tracce vengono analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o,

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 5 DI 13

detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo -REMI- (Zywicki, D.J., 1999); è qui impiegata la tecnica attiva così definita in quanto le onde superficiali sono generate artificialmente in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente o con fucile sismico). Tale metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni nei primi 30-50 m, in funzione della rigidezza del suolo.

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, la propagazione delle onde superficiali presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipende dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente (armoniche superiori).

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche con il metodo SWM è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con i singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

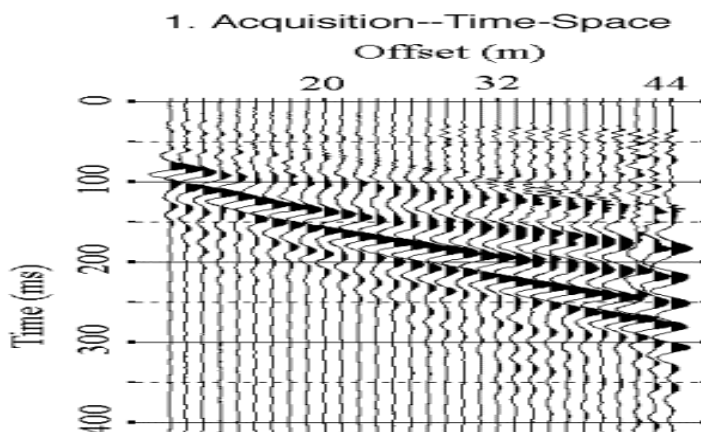
Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali può essere suddiviso nelle tre fasi di:

- 1) Acquisizione
- 2) Processing
- 3) Inversione

1) Acquisizione. Successive acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 4), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente), ai due estremi di uno stendimento rettilineo di geofoni.

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

Figura 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

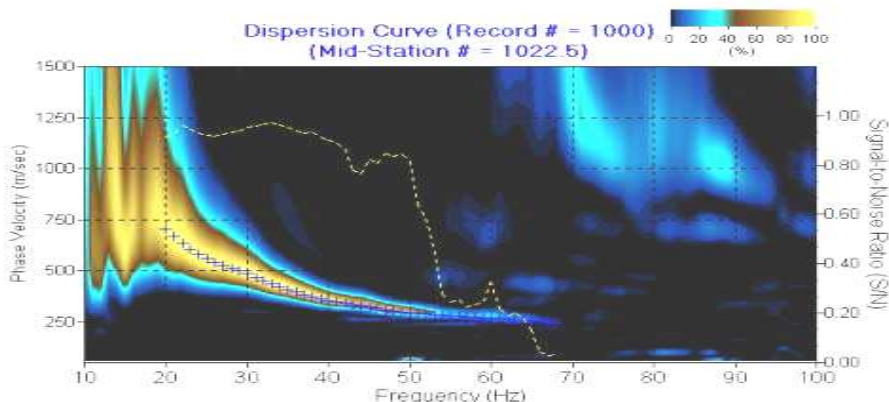


2 Processing. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 5);

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito; nel caso in esame il software si avvale del “metodo Roma” per ottenere la curva di dispersione apparente numerica (*Roma V. 2001 Automated Inversion of Rayleigh Geometrical Dispersion Relation for Geotechnical Soil Identification*, 3rd WCSC (World Conference on Structural Control), Como, April 2002). La metodologia più diffusa è l’analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d’onda).

Figura 5 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

2. Dispersion Curve Extraction--Frequency-Phase Velocity



3. Inversione. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

La fase di inversione –deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l’eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 7 DI 13

base di metodi semplificati ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Lo scopo è quello di 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 relativa tra le due curve

3 – STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments a 16 bit (registratore DOREMI), 24 geofoni a frequenza di 4.5 Hz e da un personal computer. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello metallico. L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo una stendimento lineare di 48 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2 m. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 2 m dal primo e dall'ultimo geofono.

I dati sono stati elaborati tramite il software MASW (V. Roma, 2007). L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fittine" con i valori sperimentali.

4 – ELABORAZIONE DATI

La prima fase dell'elaborazione consiste nell'ottenere le curve di dispersione di ogni acquisizione eseguita. Il confronto delle curve consente di scartare eventuali rilievi anomali (disturbati ad esempio dal rumore di fondo), quindi di scegliere un rilievo che risulti ripetibile e che garantisca quindi una buona rappresentatività (Fig.6).

Individuata una curva di dispersione affidabile occorre definire il range di frequenze utili entro cui è possibile assegnare i punti significativi su cui ricostruire il modello attendibile di Vs (piking) (fig.7). Alte frequenze sono relative ai primissimi strati del sottosuolo; alle basse frequenze (cioè per profondità relativamente alte) la curva di dispersione assume contorni poco definiti tendendo rapidamente all'asintoto verticale.

Si riportano in figura 6 le curve di dispersione delle acquisizioni; pur essendo i rilievi piuttosto ripetibili è evidente una forte dispersione a frequenze superiori a 25 Hz; ciò è imputabile alle prevalentemente alle attività industriali in corso (questi effetti sono evidenti anche sull'andamento delle tracce sperimentali in figura 7). Le frequenze elevate riguardano comunque l'immediato sottosuolo costituito nel caso in esame da pavimento industriale in CLS e sottofondo.

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

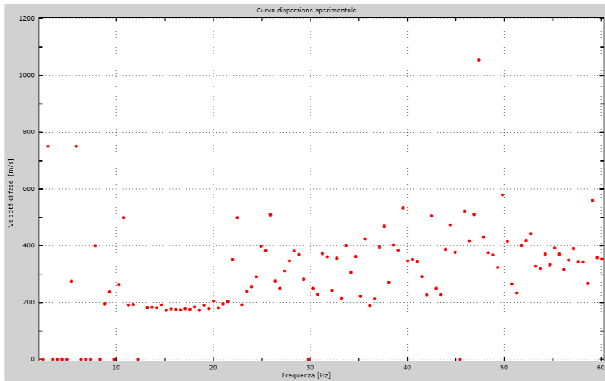
SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

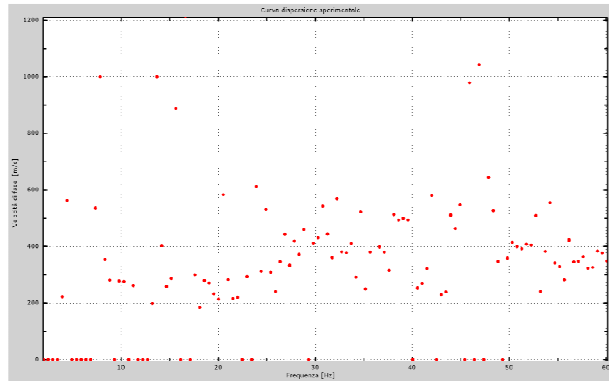
MOD. 85
 REV. 00
 DATA
 08/03/10
 PAG. 8 DI 13

Figura 6 – Confronto fra le Curve di dispersione sperimentali relative a diverse acquisizioni (Curve di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh, rappresentazione generata dal Software "MASW 2007")

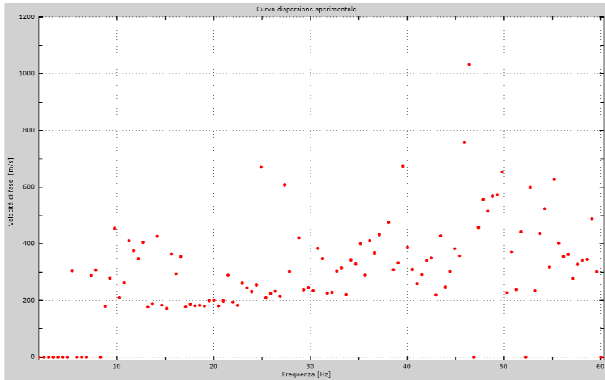
Traccia 01



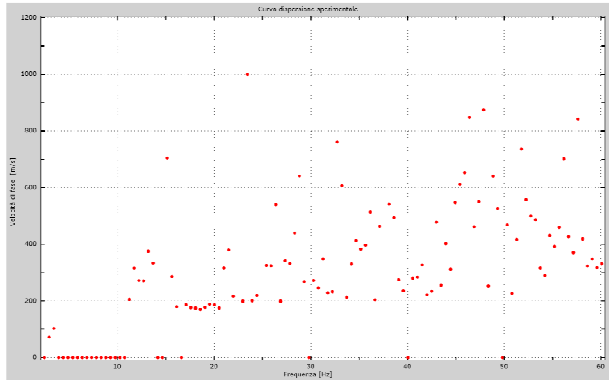
Traccia02



Traccia 05



Traccia 06



4.1 – DATI SPERIMENTALI

Nome del file della traccia: 2017-12-18_11-28-59_02000_00200_024_Acquis.drm
 Numero di ricevitori.....24
 Numero di campioni temporali2000
 Passo temporale di acquisizione 1 ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi24
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999 ms

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

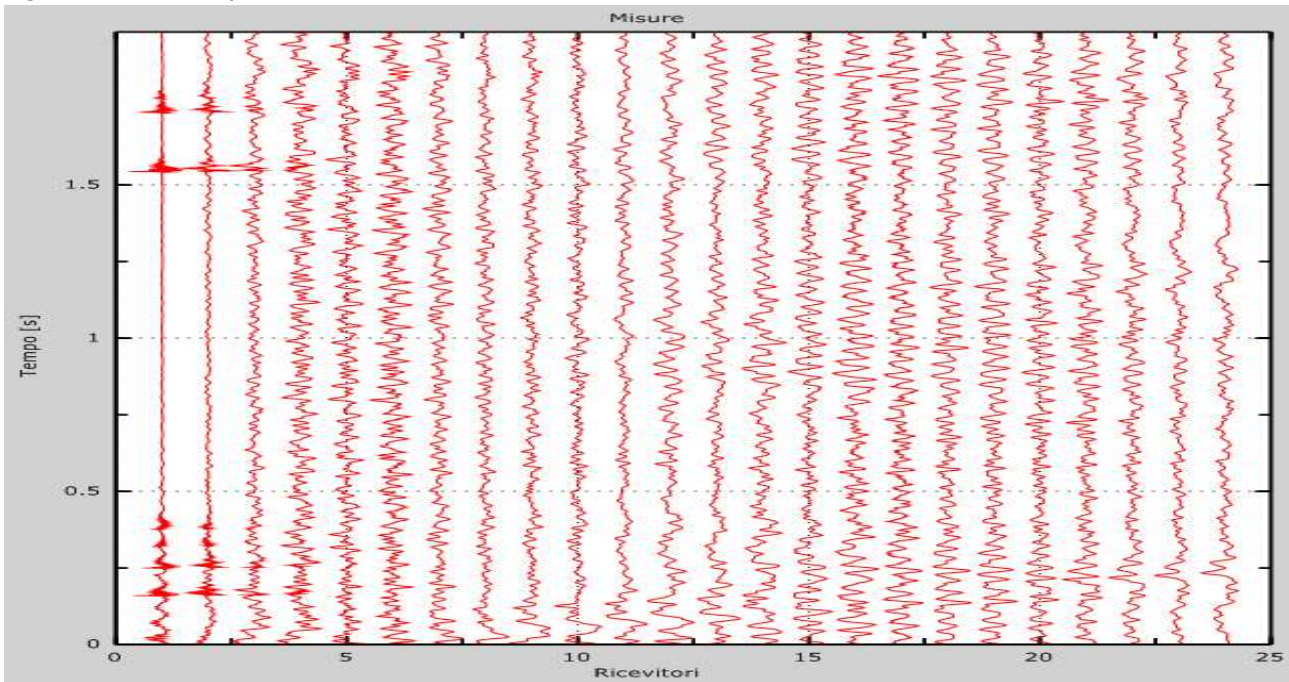
REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 9 DI 13

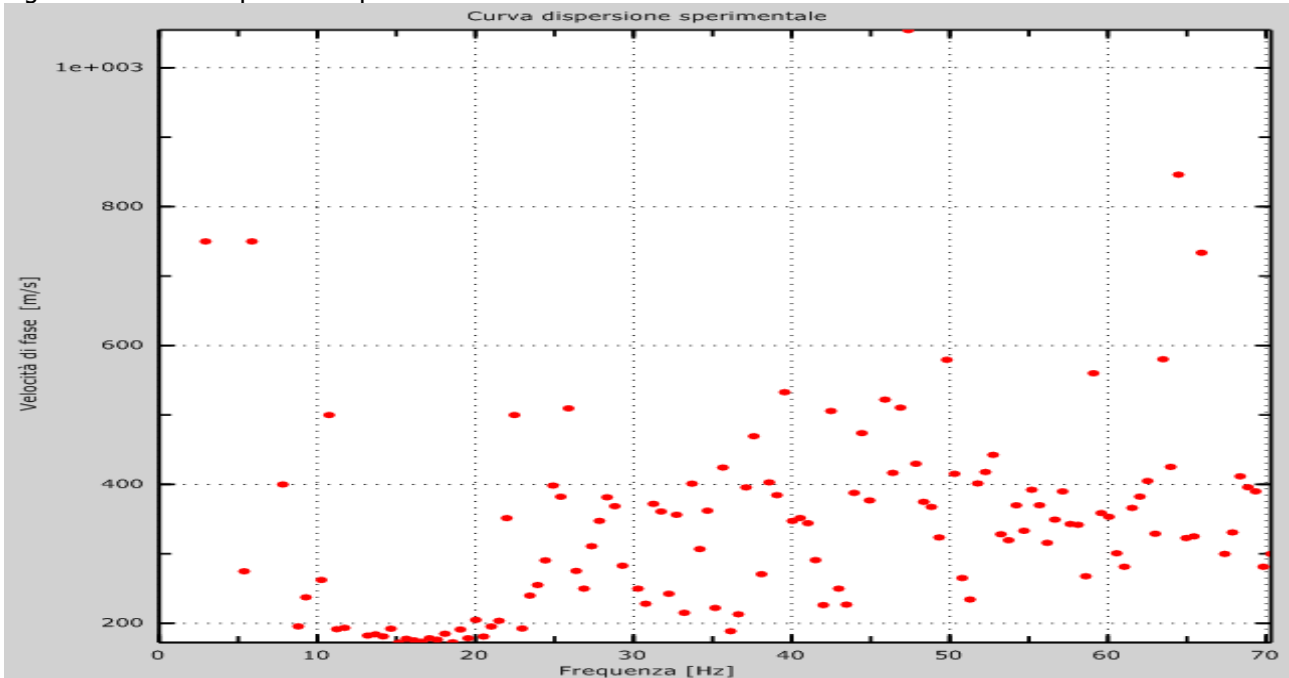
Figura 7 – Tracce sperimentali



4.2 – RISULTATI DELLE ANALISI

Frequenza finale = 70 Hz; Frequenza iniziale = 2Hz

Figura 8 – Curva dispersione sperimentale



Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

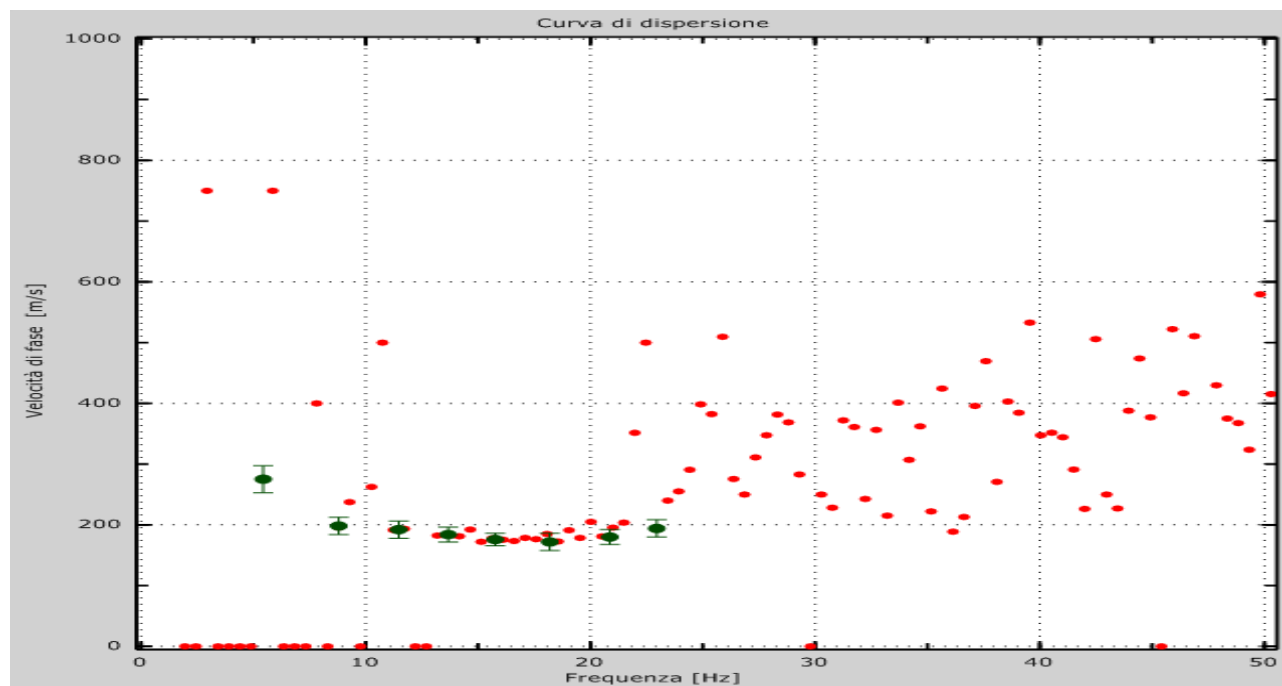
PAG. 10 DI 13

4.3 – CURVA DI DISPERSIONE

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.43553	275.165	252.876	297.453
8.7993	198.168	183.985	212.352
11.4671	192.089	177.906	206.273
13.671	183.985	171.827	196.142
15.7588	175.88	165.748	186.011
18.1947	171.827	157.644	186.011
20.8625	179.932	167.775	192.089
22.9503	194.116	179.932	208.299

Figura 9 – Curva di dispersione



4.4 – PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio)3
 Spaziatura ricevitori [m]2 m
 Numero ricevitori24
 Numero modi51
 Numero iterazioni25
 Massimo errore [%]5.000000e+000

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 11 DI 13

Strato 1

h [m].....	16
z [m].....	-16
Densità [kg/m ³].....	1950
Poisson.....	0.48
Vs [m/s].....	200
Vp [m/s].....	965
Vs min [m/s].....	108
Vs max [m/s].....	300
Vs fin.[m/s].....	189

Strato 2

h [m].....	10
z [m].....	-26
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson.....	0.48
Vs [m/s].....	350
Vp [m/s].....	2185
Vs min [m/s].....	100
Vs max [m/s].....	525
Vs fin.[m/s].....	428

Strato 3

h [m].....	0
z [m].....	-00
Densità [kg/m ³].....	2100
Poisson.....	0.2
Vs [m/s].....	450
Vp [m/s].....	550
Vs min [m/s].....	153
Vs max [m/s].....	675
Vs fin.[m/s].....	337

Tabella di riepilogo delle Velocità di taglio del modello elaborato

Modello 1			
Strato	Spessore(m)	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	1	1	189
2	4	5	428
3	15	20	337

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

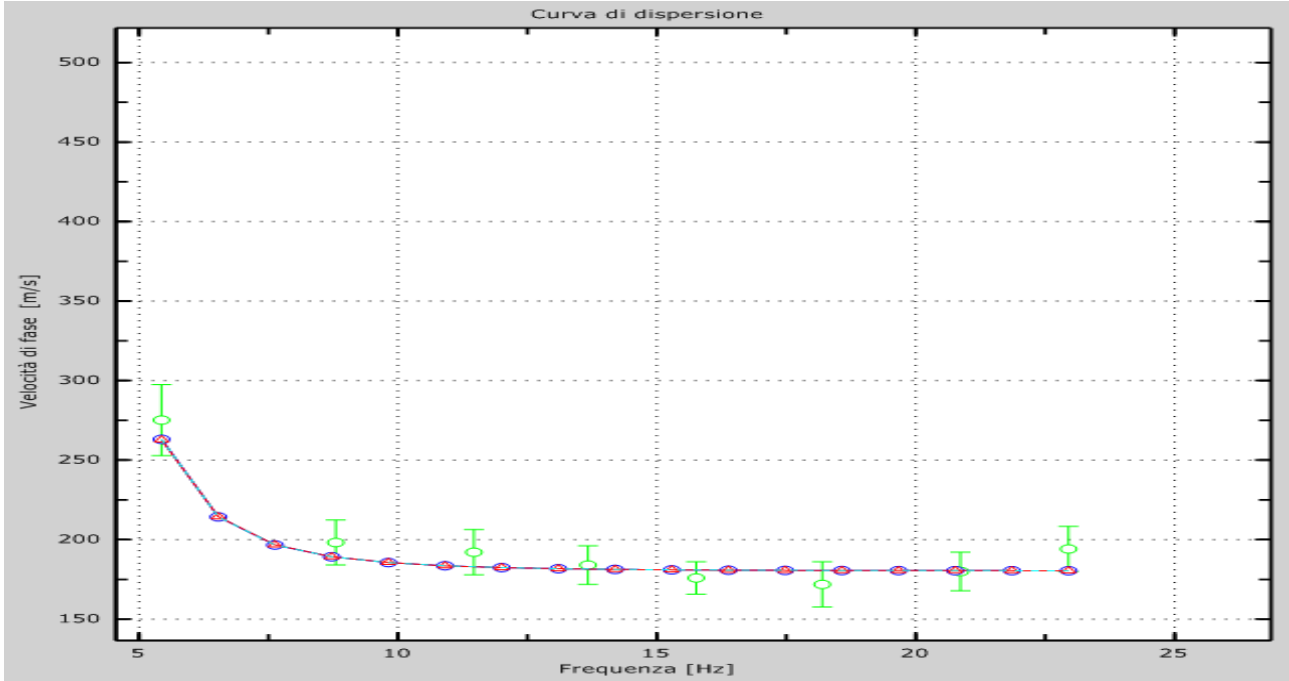
Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

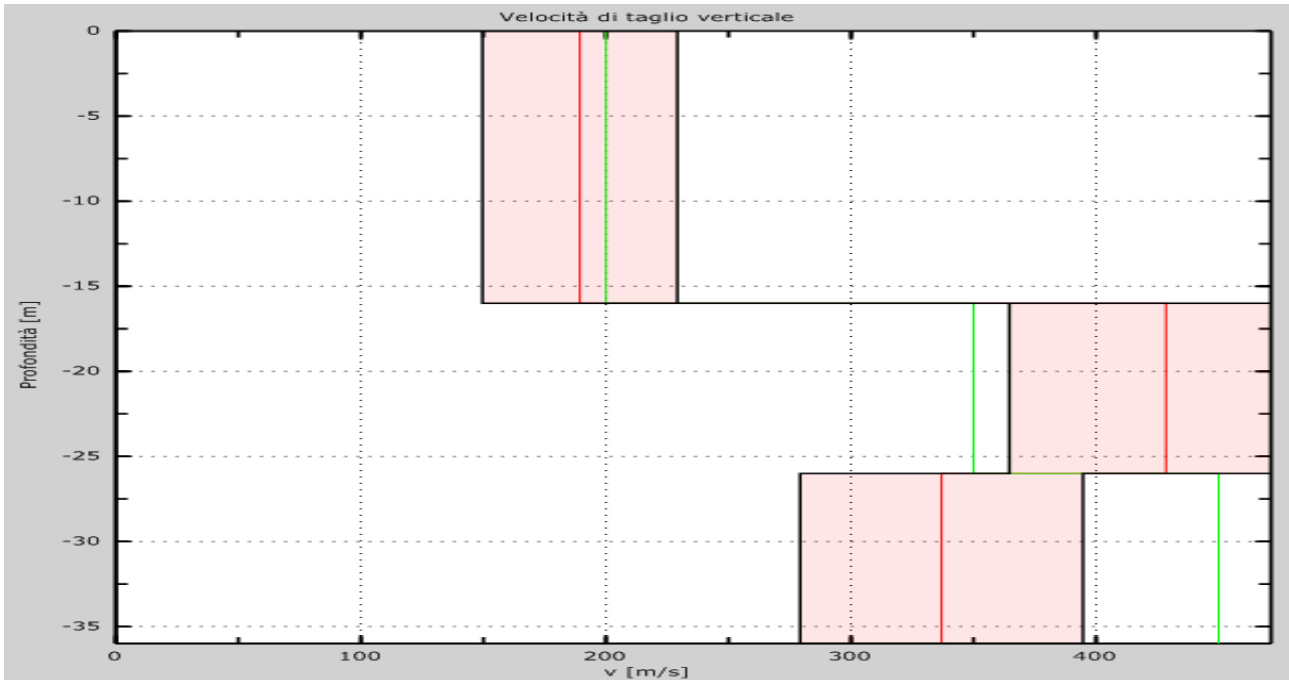
MOD. 85
 REV. 00
 DATA
 08/03/10
 PAG. 12 DI 13

Figura 10 – Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Figura 11 – Profilo Vs numerico



Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85
 REV. 00
 DATA
 08/03/10
 PAG. 13 DI 13

4.5 – RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE Vs30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione delle onde di taglio, entro 30 m di profondità. Si fa riferimento all’espressione in calce, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“*Norme tecniche per le costruzioni*”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale: piano campagna)

Vs30 = 250 m/s

compatibile con la **categoria di sottosuolo tipo C**

Rif.: G17-250	Esec: 18.12.2017	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 13	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Elaborato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>