

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

INZ7 - RIQUALIFICAZIONE VIA SPAZZINI VIA CONCILIAZIONE VIA MAZZUCHELLI

Relazione Geotecnica

| | |
|--|-------------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR | DIRETTORE LAVORI |
| Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio <i>(Ing. F. Taranta)</i> Data: <u>29 MAG 2020</u> | Data: _____ |

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA/DISCIPLINA | PROGR | REV |
|----------|-------|------|------|----------|------------------|-------|-----|
| I N O R | 1 2 | E | E 2 | R B | I N Z 7 0 0 | 0 0 1 | A |

| PROGETTAZIONE | | | | | | IL PROGETTISTA | |
|---------------|-------------|----------|----------|------------|----------|----------------|-----------------------------|
| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Data | |
| A | Emissione | Cardella | 15.05.20 | Becci | 15.05.20 | 15.05.20 | Data: <u>15.05.2020</u> |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |

CIG. 751447334A

File: INOR12EE2RBINZ700001A_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA S.r.l.

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA


ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RB IN Z70 0 001

Rev.
A

Foglio
2 di 20

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. LISTA GENERALE DEI SIMBOLI | 3 |
| 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO..... | 4 |
| 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 6 |
| 4. INDAGINI ESEGUITE..... | 7 |
| 5. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA | 7 |
| 6. CONDIZIONI DELLA FALDA | 8 |
| 7. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO | 9 |
| 8. PROBLEMATICHE LEGATE AL SISMA | 12 |
| 8.1. <i>DEFINIZIONE DEL SISMA DI PROGETTO.....</i> | <i>12</i> |
| 8.2. <i>VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO.....</i> | <i>13</i> |
| 8.3. <i>STABILITÀ DEL SITO IN CONDIZIONI SISMICHE.....</i> | <i>14</i> |
| 9. CONSIDERAZIONI | 15 |
| 10. RISULTATI DELLE INDAGINI | 16 |

1. LISTA GENERALE DEI SIMBOLI

| | | |
|-------------|---|--|
| γ | = | Peso dell'unità di volume totale |
| γ' | = | Peso di volume efficace del terreno |
| PI | = | Indice di plasticità |
| ϕ' | = | angolo di attrito interno |
| ν | = | Rapporto di Poisson |
| E' | = | Modulo di Young |
| E_u | = | Modulo non drenato |
| M | = | Modulo confinato |
| E_{ed} | = | Modulo edometrico |
| C_u | = | Resistenza al taglio non drenata |
| c' | = | Coesione in termini di tensione efficace |
| F_s | = | Fattore di sicurezza |
| σ'_p | = | Tensione di preconsolidazione |
| q_u | = | Capacità portante ammissibile |
| z | = | Profondità del piano campagna |
| K_0 | = | Coefficiente di spinta a riposo |
| K_a | = | Coefficiente di spinta attiva |
| OCR | = | Grado di sovra consolidazione |
| N_{spt} | = | Numero di colpi/30cm (Standard Penetration Test) |
| CPT | = | Prova penetrometrica statica |
| CPTU | = | Prova penetrometrica statica con piezocono |
| q_c | = | Resistenza di punta del penetrometro |

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Nella presente relazione si descrivono le caratteristiche relative alla riqualificazione della viabilità locale previsto nel comune di Mazzano in provincia di Brescia, nell'ambito delle sistemazioni extralinea delle viabilità connesse alla realizzazione della linea ferroviaria Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, lotto funzionale Brescia – Verona.

Gli interventi da effettuare riguardano la fresatura e successivo rifacimento dell'asfalto esistente e la contemporanea sistemazione dei marciapiedi dove presenti su Via Conciliazione e Via Spezzini e l'installazione di dissuasori di velocità su Via Mazzucchelli.

Nel dettaglio si descrivono gli interventi di riqualificazione delle vie interessate:

- **Via Spazzini:** Il tratto oggetto di intervento ha una estensione di circa 270 m, si sviluppa tra l'incrocio con Via S.Rocco e l'intersezione con Via Mazzucchelli e la stessa Via Conciliazione. La viabilità presenta una larghezza della carreggiata di 6.50 m, suddivisa su due corsie di marcia e solo per gli ultimi 45 m la viabilità è caratterizzata dalla presenza sul lato destro di un marciapiede di circa 2.00 m.

La situazione attuale non è ideale in quanto la pavimentazione stradale risulta a fine vita utile e soprattutto il marciapiede presenta fessure di varia natura che compromettono parzialmente l'utilizzo dello stesso.

L'intervento dovrà prevedere il rifacimento completo della pavimentazione stradale con la ricostruzione del marciapiede laterale in fregio alle abitazioni esistenti.

- **Via conciliazione:** ha una lunghezza complessiva di 1100 m, è caratterizzata da una corsia per senso di marcia di 3.00 m per complessivi 6.00 m di carreggiata, su entrambi i lati è presente un marciapiede di 1.50 m di larghezza.

Come nel caso precedente, pavimentazione stradale e marciapiedi presentano danni che compromettono la loro funzionalità e gli interventi da effettuare riguardano, come già trattato, ripavimentazione della viabilità e la riqualificazione dei percorsi pedonali esistenti.

- **Via Mazzucchelli** ha uno sviluppo di circa 1470 m, la sezione stradale ha una larghezza complessiva di 5.00 m la quale si riduce progressivamente a 3.50 m in prossimità del museo Mazzucchelli. La viabilità in oggetto viene percorsa ad alta velocità in quanto si sviluppa

completamente in rettilineo e questa situazione risulta altamente pericolosa perchè parallelamente a Via Mazzucchelli è presente un importante museo caratterizzato da un alto flusso turistico. L'intervento proposto è caratterizzato dall'installazione di n. 16 dissuasori di velocità di forma trapezoidale di altezza pari a 70 mm. in grado di limitare il più possibile la velocità di percorrenza e migliorare il livello di sicurezza degli utenti deboli. Quanto descritto è riportato in Figura 2-1.

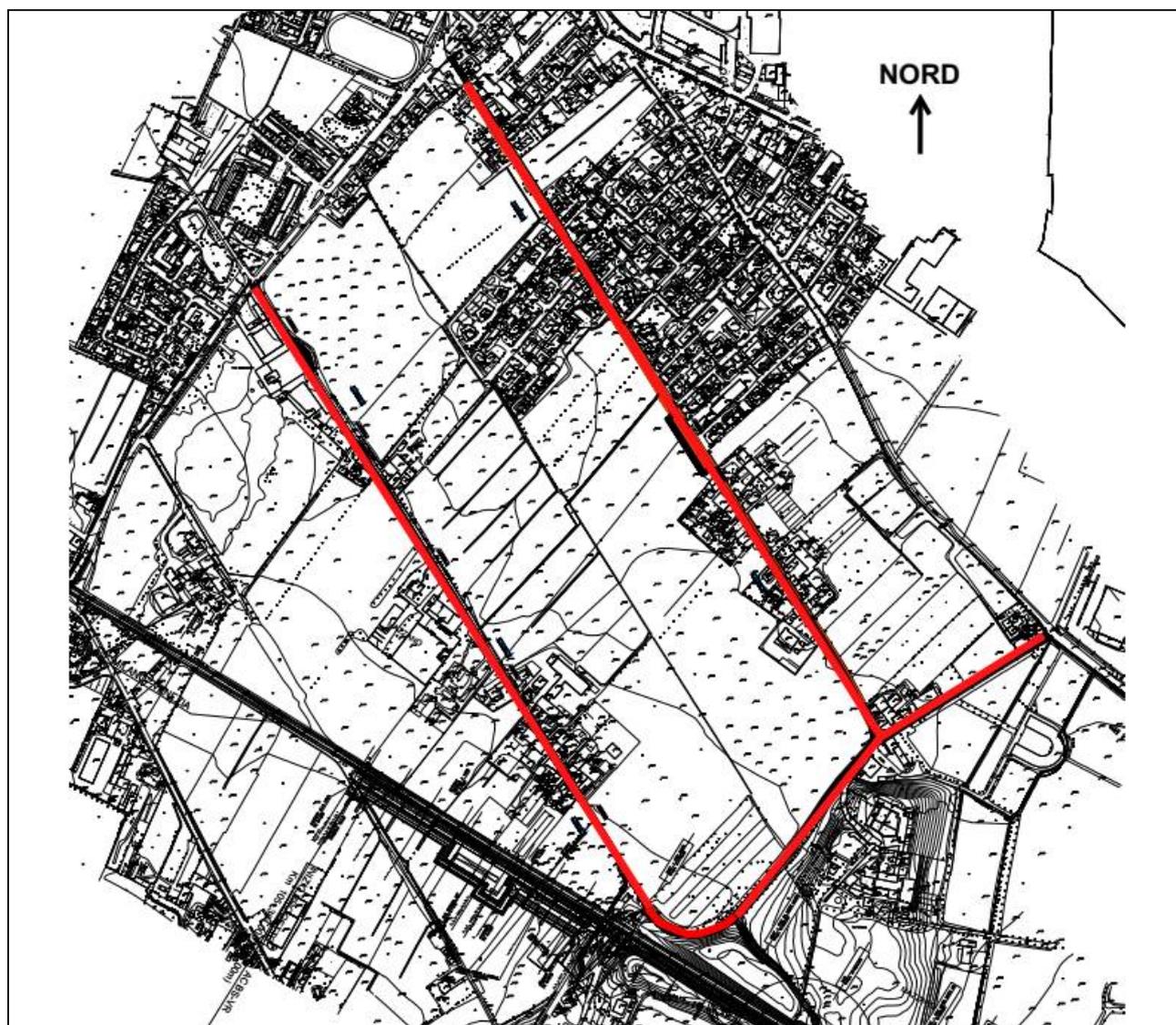
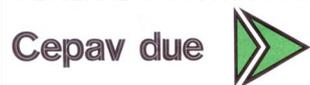


Figura 2-1. Planimetria della viabilità in oggetto

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RB IN Z70 0 001

Rev.
A

Foglio
6 di 20

3. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;

4. INDAGINI ESEGUITE

I sondaggi e i pozzetti ubicati nei pressi dell'opera in esame e presi in considerazione per la caratterizzazione geotecnica del sito sono riportati nella Tabella 4-1. Nel corso dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche SPT e prelevati campioni di terreno.

Tabella 4-1

| Sondaggio o Pozzetto (Denomin.) | Campagna d'indagine | Quota di Bocca foro (m slm.) | Lunghezza sondaggio (m) | Piezometro installato C=Casagrande TA=Tubo Aperto |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| S06 | 2001 | +143.29 | 40 | TA |
| SA202R083 | 2002 | +143.00 | 30 | TA |
| DS211 | 1992 | +152.00 | 30 | TA |
| 3SS408 | 2004 | +144.20 | 50 | TA |
| RI89_MASW_001 | 2018 | +143.13 | - | - |

5. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

La stratigrafia del sondaggio eseguito, assieme alle analisi granulometriche sui campioni rimaneggiati prelevati, evidenziano una prevalenza di ghiaia in matrice sabbiosa, talvolta sabbioso-limosa, con presenza di ciottoli. Lo spessore di terreno vegetale e/o riporto, individuato durante l'esecuzione dei sondaggi, risulta variabile tra 0.5m e 1.5m. Il sondaggio DS211 mostra la presenza di terreno a matrice fine nei primi 5.7m con una lente tra 10 e 12m di profondità. Tuttavia, tale sondaggio fa riferimento ad una quota maggiore di circa 10 m rispetto agli altri sondaggi più prossimi all'area in esame. Si conferma quindi la prevalenza di matrice grossolana per l'intera area in esame.

6. CONDIZIONI DELLA FALDA

Nella Tabella 6-1 si riportano le soggiacenze della falda misurate nei sondaggi attrezzati con piezometri più prossimi all'opera in oggetto.

In merito, nel presente elaborato si assumerà la quota della falda, in via del tutto cautelativa, alla quota massima registrata tra le letture dei piezometri considerati. Dalle letture risulta una profondità superiore ai 17m.

Tabella 6-1

| Sondaggio (Denomin.) | Quota Bocca foro (m s.l.m.m.) | Soggiacenza (m da boccaforo) | Quota assoluta (m s.l.m.m.) |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| S06 | +143.29 | assente | assente |
| SA202R083 | +143.00 | 22.90 | +120.10 |
| DS211 | +152.00 | assente | assente |
| 3SS408 | +144.20 | 17.15 | +127.05 |

7. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Si riporta, in Tabella 7-1, la stratigrafia di progetto assunta ed i valori stimati dei principali parametri geotecnici del terreno sulla base dei risultati delle prove SPT e delle prove di laboratorio ove disponibili.

Tabella 7-1

| Parametri | Strato 1 | Strato 2 |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Descrizione strato | Terreno coltivato o di riporto | sabbie e ghiaie |
| Profondità strato | Da 0.5 a 1.5 m dal pc. | In profondità |
| γ (kN/m ³) | 18.5 | 19.0 ÷ 20.0 |
| D_r (%) | - | 60÷100 |
| ϕ_k (°) | 30 | 36 |
| c' (kPa) | - | 0 |
| k_o (-) | 0.5 | 0.412 |
| OCR (-) | - | - |
| v_s (m/s) | 100÷200 | 250÷550 |
| E (MPa) | < 20 | 30÷120 |

Simbologia:

γ = Peso di volume;

k_o = Coefficiente di spinta del terreno a riposo;

c' = Coesione efficace;

ϕ' = angolo di attrito efficace;

OCR = Grado di sovra-consolidazione meccanico;

Per la stima di V_s si è utilizzata la relazione di Ohta&Goto con parametri relativi a ghiaie e sabbie, sulla base degli N_{spt} , per valutare le principali caratteristiche del terreno. Sono state utilizzate le correlazioni di letteratura per stimare i parametri caratteristici del terreno riportati in Tabella 7-1.

Nella determinazione di parametri di progetti riportati, in vista della natura prevalentemente granulare del terreno, si è operato come segue.

Orizzonti granulari

Dr è stimata da N₁, secondo quanto suggerito da Cubrinovski &, Ishihara K. (1999):

$$D_r = \sqrt{\frac{N_1 \cdot (e_{max} - e_{min})^{1.7}}{9}} \quad \text{con} \quad N_1 = N_{SPT} \sqrt{\frac{98kPa}{\sigma'_v}} \times \left(\frac{60\%}{78\%}\right)$$

(e_{max} - e_{min}) stimato dalla seguente Figura 7-1, sempre tratta dal citato riferimento.

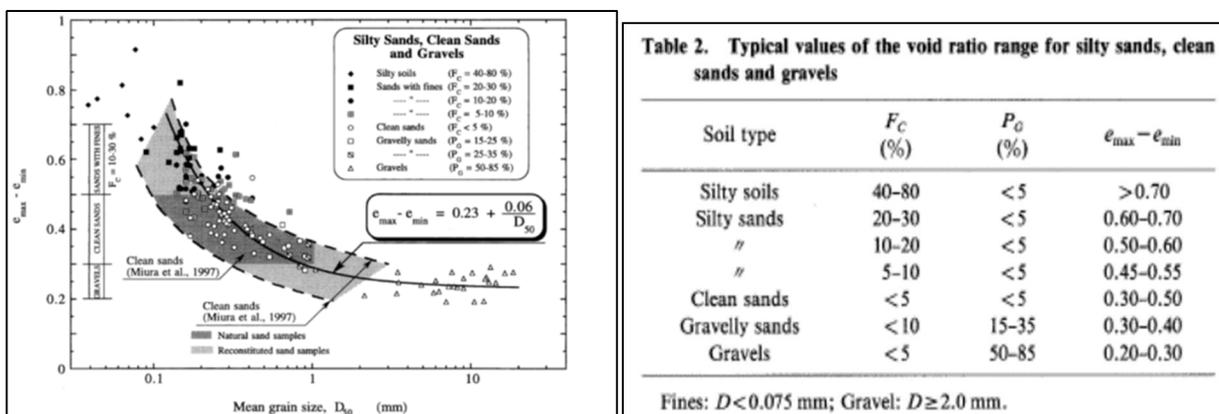


Figura 7-1. Cubrinovski &, Ishihara K. (1999)

L'angolo d'attrito di picco valutato, in accordo con Bolton (1986), come φ_P = φ_{CV} + Δφ,

Con Δφ valutato dalla Figura 7-2.

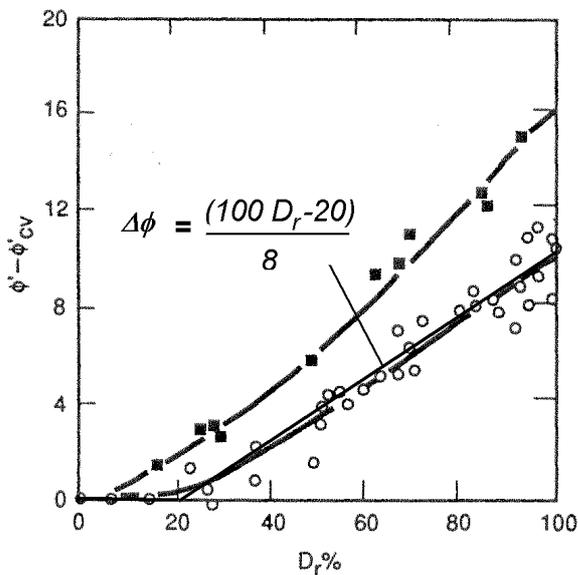


Figura 7-2: modificata da Fleming et al (1992)

Velocità di propagazione delle onde di taglio

La velocità delle onde S è stata stimata sulla base delle prove penetrometriche, per mezzo della nota relazione di Ohta & Goto (1978). Tali valutazioni dovranno poi essere sottoposte al vaglio di una sperimentazione diretta tramite prove sismiche in sito specifiche alla determinazione di tale parametro:

$$V_s[\text{m/s}] = C \cdot (N_{\text{SPT},60\%})^{0.171} \cdot (z) \cdot f_A \cdot f_G$$

con

$$C = 67.3$$

z = profondità in m da p.c.

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologia del deposito = 1.3

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica del deposito = 1.45

Modulo di taglio a piccole deformazioni

G_0 è calcolato sulla base della relazione:

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2$$

con

ρ = massa dell'unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio

L'andamento di G_0 con la profondità è stato determinato interpolando i risultati ottenuti dalle correlazioni con N_{SPT} .

Modulo elastico operativo

Il modulo elastico secante E , corrispondente a livelli di deformazione tipici per le opere in esame, è stimato sulla base della relazione:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

dalla quale si ricava: $E = 2G(1 + \nu)$

con G operativo (grandi deformazioni) assunto come aliquota del modulo di elasticità tangenziale massima: $G = 0.2 \cdot G_0$

In alternativa a questo, è possibile correlare direttamente E alla prova SPT tramite la relazione:

$$E = 2.5 \div 3 N_{\text{SPT}} \text{ [MPa]}$$

Le interpretazioni dei risultati sono riportate al paragrafo 10.

8. PROBLEMATICHE LEGATE AL SISMA

8.1. DEFINIZIONE DEL SISMA DI PROGETTO

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato. Si assume:

- vita nominale (V_N) dell'opera pari a 100 anni;
- classe d'uso III ($C_u = 1.5$);

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni.}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è: $P_{VR}(SLV) = 10\%$.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R (in anni), vale: $T_R(SLV) = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 1424 \text{ anni.}$

La definizione della categoria di sottosuolo, ai fini della determinazione dell'azione sismica, in accordo al punto §3.2.2 di NTC08, viene effettuata sulla base dei risultati delle prova RI89_MASW_001, la quale restituisce una $V_{s,30}$ pari a 506 m/s, la quale conduce all'attribuzione, in accordo con la Tabella 3.2.II di NTC08, di una categoria di sottosuolo tipo B. Di seguito i parametri sismici riferiti al comune di Mazzano (BS)

| | | | |
|---------|--|-------|----------|
| a_g | accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità; | | 0.2318 g |
| F_0 | valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale | | 2.4405 |
| T^*_c | periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale | | 0.2799 s |
| S_s | coefficiente di amplificazione stratigrafica | Cat B | 1.1737 |
| C_c | coefficiente che modifica il valore del periodo T_c | Cat B | 1.419 |
| S_T | coefficiente di amplificazione topografica - pianura | | 1.00 |

Tabella 8-1. Parametri sismici di riferimento

Da cui, l'accelerazione massima risulta quindi: $a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0.272g$

8.2. VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO

Al fine della valutazione della stabilità del sito in condizioni sismiche, oltre alla massima accelerazione, occorre stimare la Magnitudo attesa.

A questo proposito, è possibile riferirsi ai dati predisposti dall'INGV, (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) che costituiscono la base sulla quale sono state definite i livelli di sismicità recepiti dalla legge.

A questo riguardo sono rappresentati in forma grafica i contributi specifici di Magnitudo-distanza alla pericolosità sismica con $T_R = 2475$ anni.

Poiché tale periodo di ritorno è superiore a quello associato allo stato limite considerato nel progetto (SLV, $T_R=1424$) i valori di Magnitudo qui indicati sono coerenti con i valori di a_{max} .

Prevalgono contributi di terremoti caratterizzati da Magnitudo comprese tra 4.5 e 5.0.

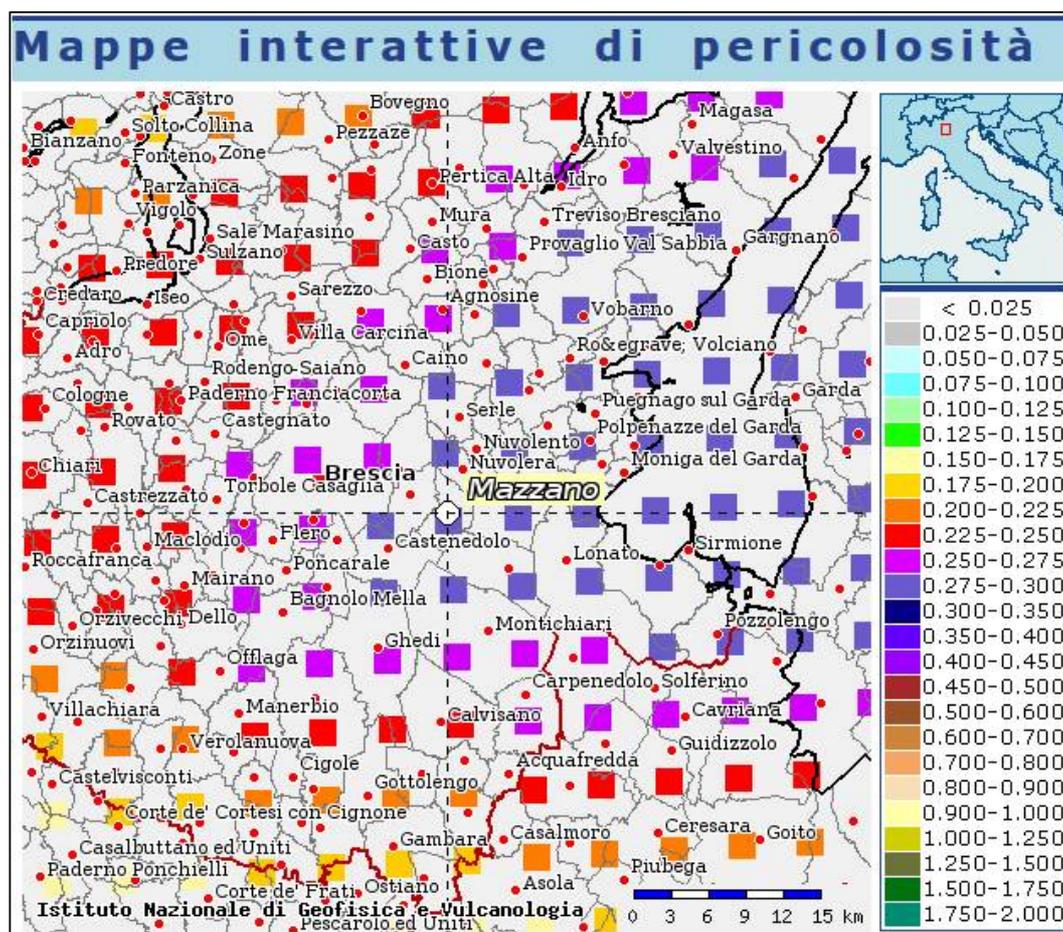


Figura 8-1: estratto mappa sismica INGV

8.3. STABILITÀ DEL SITO IN CONDIZIONI SISMICHE

In relazione:

- alle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali di fondazione,
- alla morfologia dell'area,
- ai livelli di sismicità di progetto,
- al livello della falda,

sulla base di Magnitudo attese prevalentemente comprese tra 4.5 e 5, si può ritenere che gli effetti prodotti dal terremoto in termini sia di sviluppo di pressioni interstiziali che di cedimenti siano trascurabili.

9. CONSIDERAZIONI

1. Sulla base degli interventi previsti nella WBS in oggetto (scarifica degli strati di usura e di binder delle pavimentazioni stradali esistenti e riqualificazione dei marciapiedi presenti) è lecito supporre che eventuali cedimenti minimi e rapidi del terreno (vista la natura prevalentemente granulare) siano stati già scontati durante l'attività dell'esistente viabilità ad oggi.
2. Eventuali zone dove il rifacimento delle viabilità e dei marciapiedi presenti occuperà zone dove si trova della vegetazione si raccomanda l'asportazione di uno strato sufficientemente spesso di terreno da garantire la completa rimozione di ogni materiale vegetale.

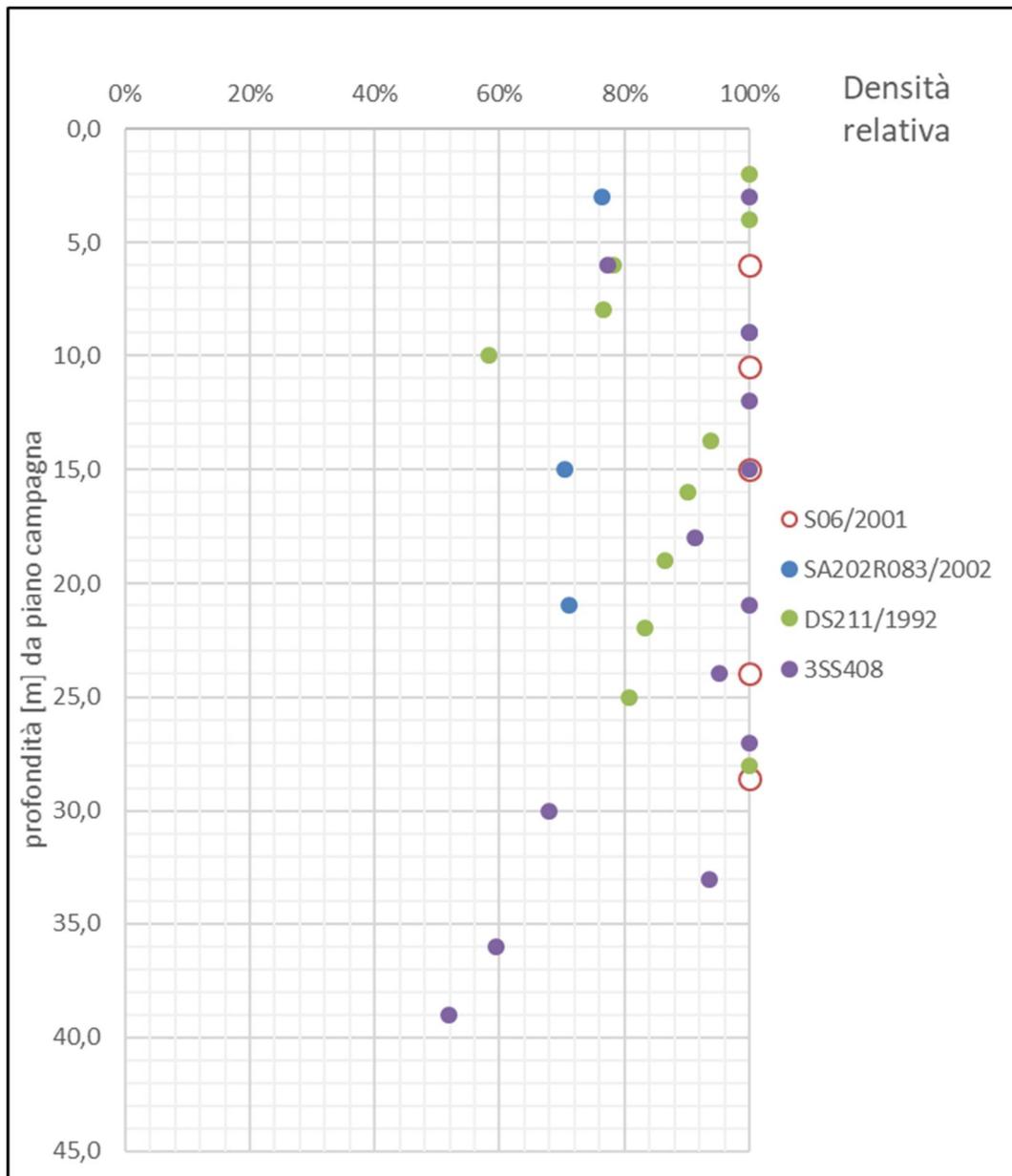


Figura 10-2. Andamento con la profondità della densità relativa D_R

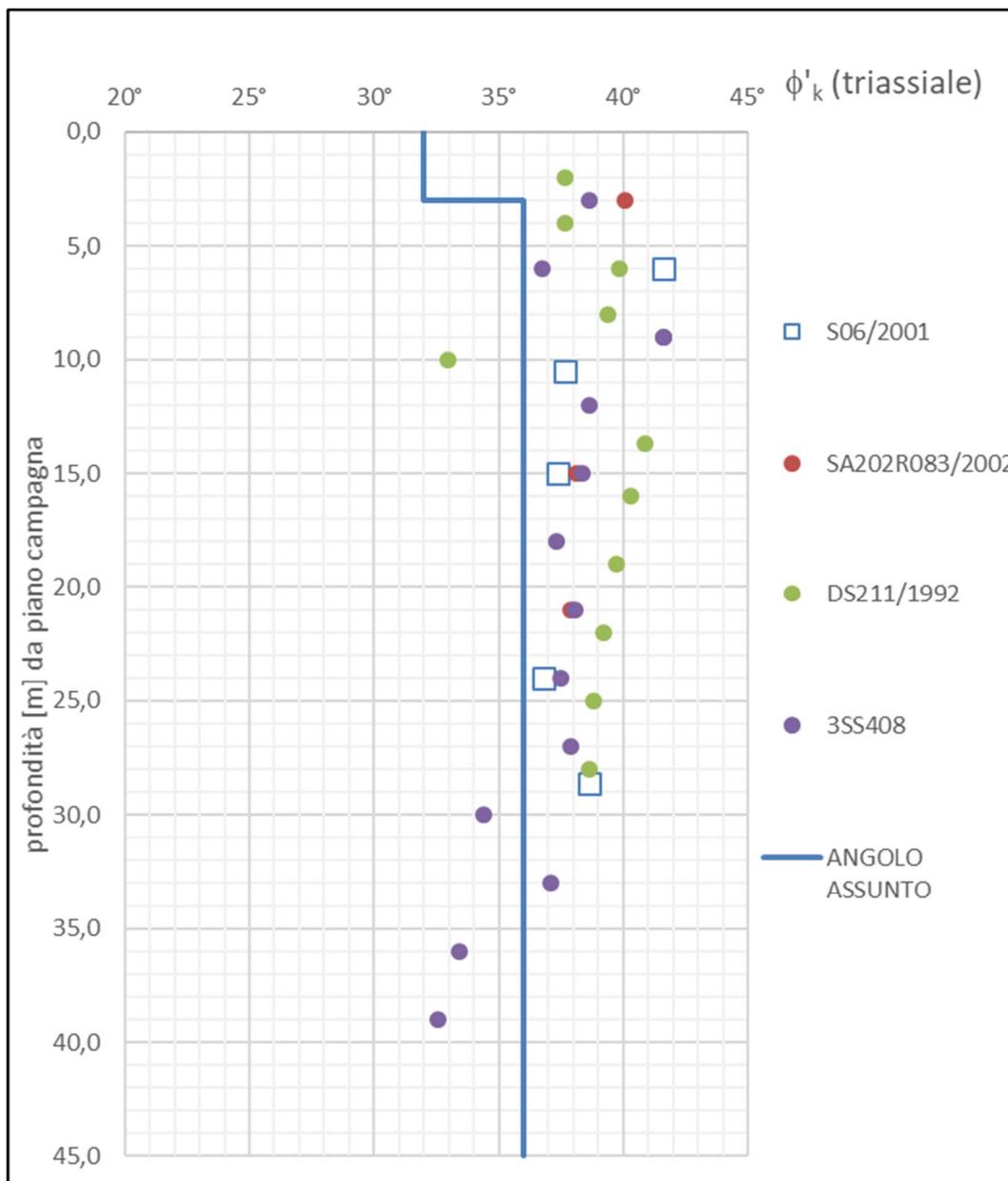


Figura 10-3. valori assunti dell'angolo di attrito del terreno con la profondità

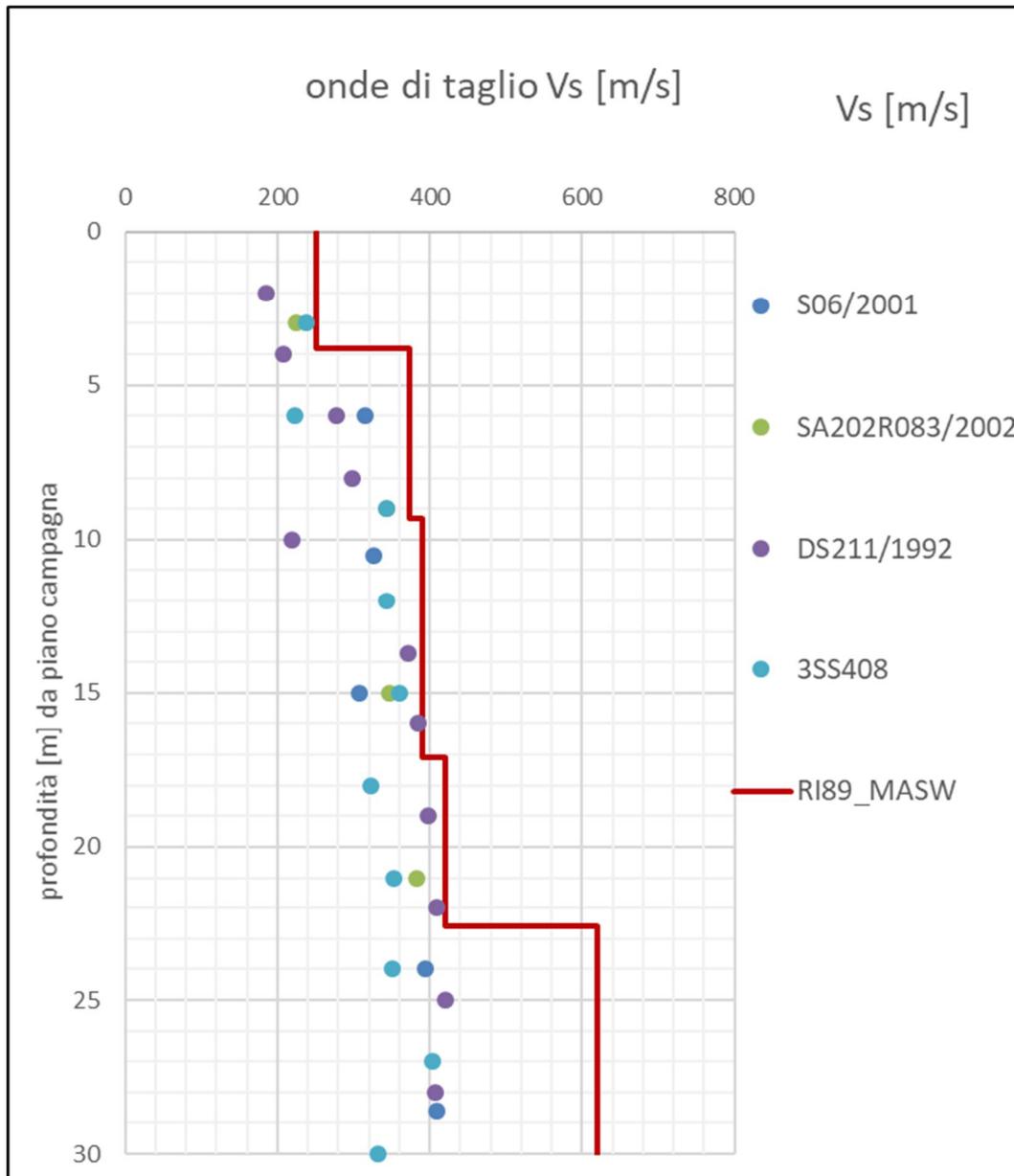


Figura 10-4: Andamento con la profondità della velocità delle onde di taglio

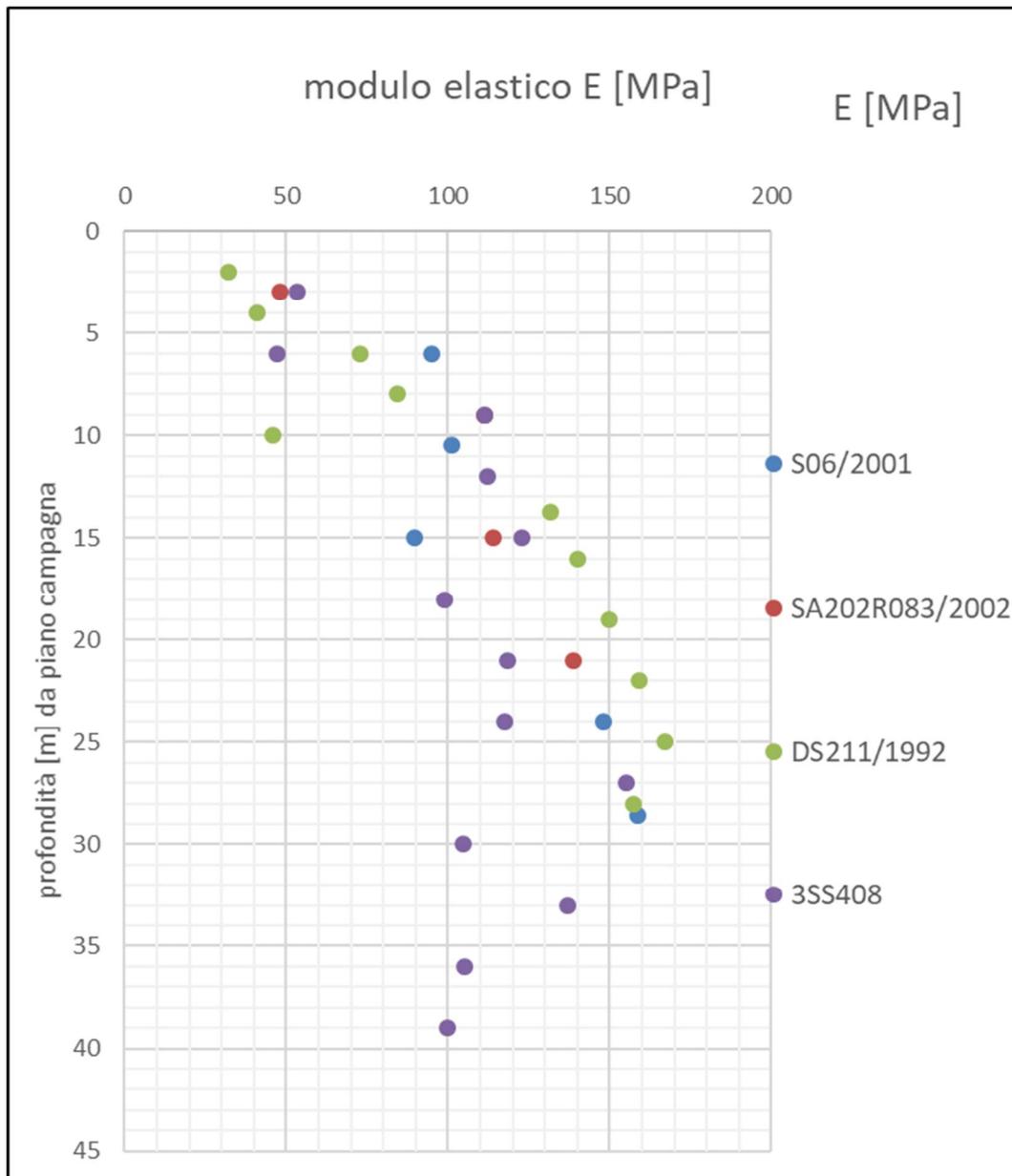


Figura 10-5. andamento con la profondità del modulo elastico E



Laboratorio per l'esecuzione e la certificazione di indagini geognostiche, prelievo campioni e prove in sito ai sensi della Circ. 7619/STC
Concessione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.- **Decreto n. 11244 del 30.11.2011**

**LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA
TRATTA MILANO-VERONA
LOTTO FUNZIONALE BRESCIA-VERONA**

**INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE PER IL
PROGETTO ESECUTIVO**

**MASW RI89_MASW_001_2018
SINTESI DEI RISULTATI**

Sede Legale: Via Mantova, 307 – 25018 Montichiari (BS) - Partita I.V.A. e C.F. n. 02323360988

Sede operativa : Via Enrico Fermi, 18 – 25013 Carpenedolo (BS)

Uffici : Via Antonio Meucci, 26 – 25013 Carpenedolo (BS)

Tel.: 030.9983413 - Fax: 030.9698872 - web: <http://www.singea.it> - E-mail: info@singea.it - PEC: singea@pec.singea.it



MASW RI89_MASW_001_2018



Masw RI89_MASW_001_2018 – Ubicazione stesa Masw



Masw RI89_MASW_001_2018 – Stesa sismica

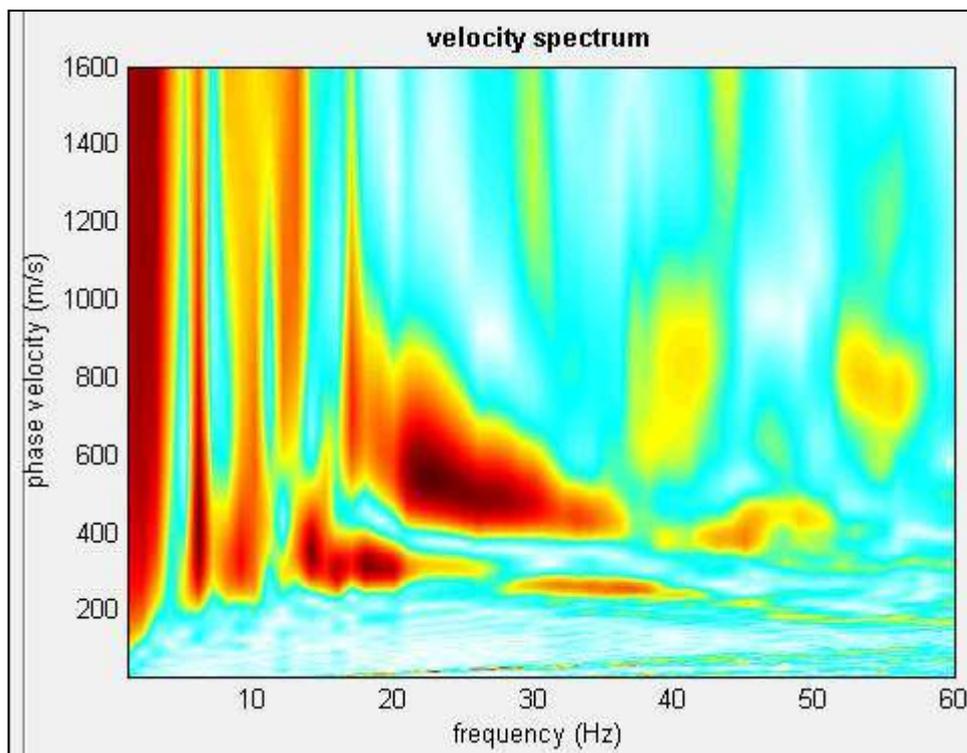


1. RISULTATI

L'analisi delle Onde di Rayleigh tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio (V_s), come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{S-EQ} per la sezione indagata.

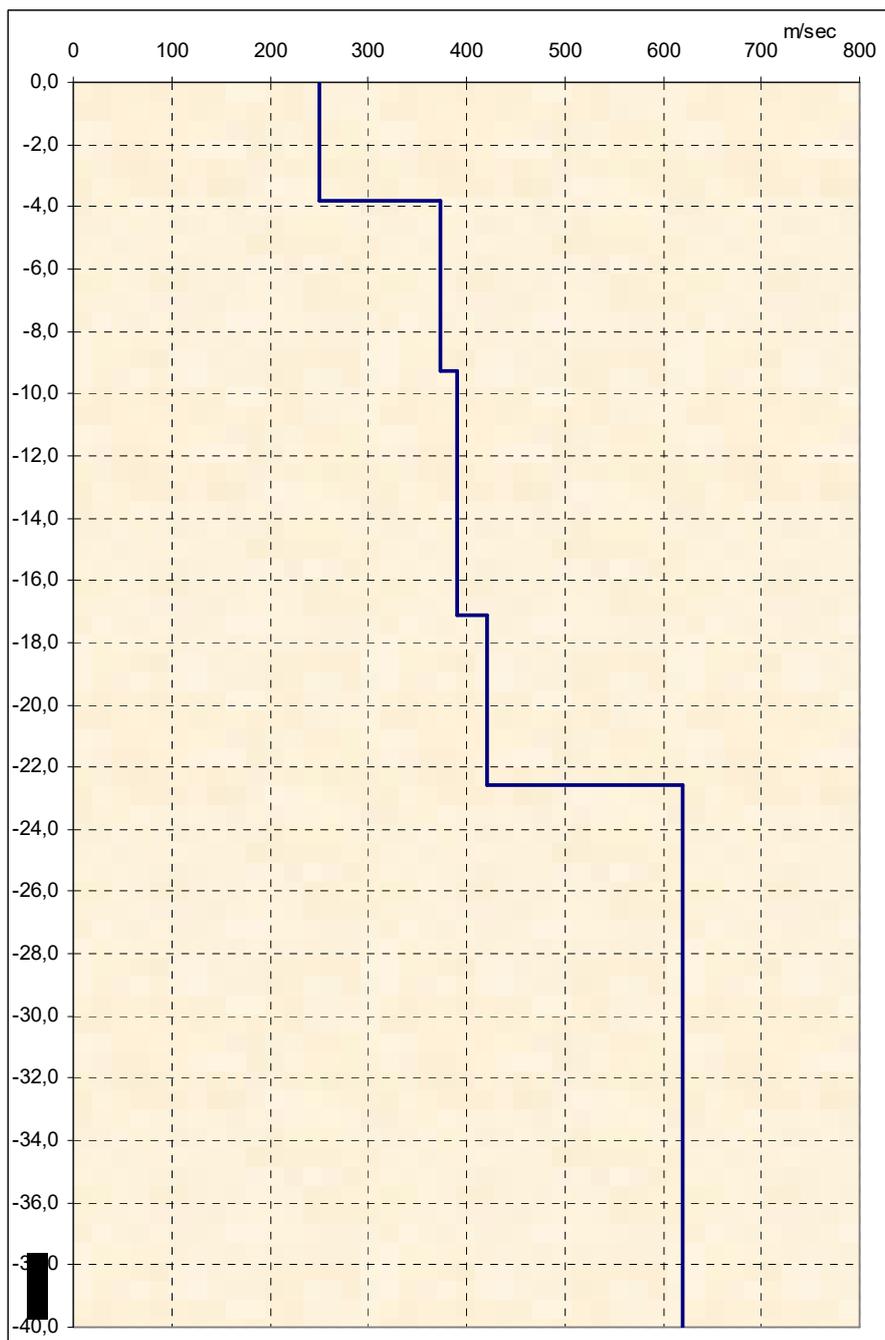
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m da quota fondazioni (come nel caso in oggetto), la velocità equivalente delle onde di taglio V_{S-EQ} è definita dal parametro V_{S-30} , ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (N.T.C. 2018 3.2.2).

I valori di V_{S-30} sono quindi riferiti ai primi 30 m a partire quota fondazioni, considerate a -10,00 m da p.c..



Masw RI89_MASW_001_2018 – Curva di dispersione

| TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA | | |
|----------------------------|--------------|-------------------------|
| PROFONDITÀ DA P.C. (m) | SPESSORE (m) | VELOCITÀ ONDE S (m/sec) |
| -3,8 | 3,8 | 251 |
| -9,3 | 5,5 | 374 |
| -17,1 | 7,8 | 391 |
| -22,6 | 5,5 | 421 |
| -40,0 | 17,4 | 620 |



Masw RI89_MASW_001_2018 – Grafico velocità Vs profondità

Il valore V_{S-EQ} , in questo caso V_{S-30} da quota fondazioni è **506 m/sec**.

Pertanto, la **categoria del litotipo equivalente è la B:**

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”